



UNIVERSITAT DE  
BARCELONA

## Uso endoscópico del colgajo pericraneal para la reconstrucción nasal y de base de cráneo

Alfonso Santamaría Gadea

**ADVERTIMENT.** La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX ([www.tdx.cat](http://www.tdx.cat)) i a través del Dipòsit Digital de la UB ([diposit.ub.edu](http://diposit.ub.edu)) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX ni al Dipòsit Digital de la UB. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX o al Dipòsit Digital de la UB (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

**ADVERTENCIA.** La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR ([www.tdx.cat](http://www.tdx.cat)) y a través del Repositorio Digital de la UB ([diposit.ub.edu](http://diposit.ub.edu)) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR o al Repositorio Digital de la UB. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR o al Repositorio Digital de la UB (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

**WARNING.** On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX ([www.tdx.cat](http://www.tdx.cat)) service and by the UB Digital Repository ([diposit.ub.edu](http://diposit.ub.edu)) has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized nor its spreading and availability from a site foreign to the TDX service or to the UB Digital Repository. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service or to the UB Digital Repository is not authorized (framing). Those rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.



Universitat de Barcelona



# Uso endoscópico del colgajo pericraneal para la reconstrucción nasal y de base de cráneo

---

Tesis presentada por

**Alfonso Santamaría Gadea**

Unidad de Rinología y Base de Cráneo,

Servicio de Otorrinolaringología, Hospital Clínic

Para obtener el título de doctor por la Universidad de Barcelona

Dirigida por

**Dr. Isam Alobid Alobid**

**Dr. Joaquim Enseñat Nora**









# Agradecimientos

---

En primer lugar, gracias al Dr. Isam Alobid que tanto me ha apoyado y ayudado durante estos años de formación. Gracias por confiar en mí desde el primer momento, por iniciarme en el mundo de la investigación y transmitirme el amor por la rinología. Empezaste siendo mi tutor y has terminado siendo un amigo.

Gracias también a mi Codirector de tesis, el Dr. Joaquim Enseñat, por la ayuda prestada e instruirme en las bases de la neurocirugía.

Al mismo tiempo, agradecer al Dr. Bernal todo el soporte y las enseñanzas que me ha transmitido mucho más allá de la otorrinolaringología. Gracias por capitanear este gran servicio de Otorrinolaringología del Hospital Clínic de Barcelona.

No puedo olvidarme del resto de mis adjuntos del servicio. Gracias por hacer que mi paso por la residencia haya sido una etapa llena de aprendizaje, motivación y grandes momentos.

Esa misma etapa que no hubiese tenido color sin mis compañeros. Gracias al Dr. Cristóbal Langdon, por todo lo que me ha enseñado, por ese ánimo de superación infatigable. Al Dr. Mauricio López, por esa paciencia perseverante, por esa justicia infinita y por esos ratos *afterwork* que tan necesarios son en algunos momentos. A las Dras. Paula Mackers y Anna Nogués, con las que comprobé que en el trabajo, al igual que en la vida, los momentos de dificultad siempre se pasan mejor en compañía.

No puedo olvidarme de quien despertó en mí el amor por la medicina desde pequeño, el Dr. Victor Rebaje. Gracias por iniciarme en este camino.

Gracias a mi familia, mis padres y mi hermano, los que me enseñaron que el camino del trabajo y el esfuerzo siempre trae sus recompensas. Gracias por apoyarme, por estar siempre a mi lado aunque sea desde la distancia. Gracias por estar siempre juntos, en los buenos y en los malos momentos.

Y por último, gracias a Andrea, mi compañera de viaje. Gracias por soportarme, aguantarme, apoyarme y saber reconducirme en los momentos de fatiga. Gracias por aguantar mis historias, mis cuentos y películas. Gracias por ser para mí un referente de constancia y tesón. Gracias porque siempre has confiado y creído en mí. Gracias porque cada etapa a tu lado es un regalo para mí.

*“Tú puedes soñar, crear, diseñar y construir el lugar más increíble del mundo, pero se necesita gente para que esto se convierta en realidad”,*

*El Rey León.*





# Índice

---

<b>Lista de figuras</b>	<b>13</b>
<b>Lista de publicaciones</b>	<b>17</b>
<b>Abreviaturas</b>	<b>19</b>
<b><u>1. Introducción</u></b>	<b>21</b>
<b>Capítulo 1: Anatomía del colgajo pericraneal</b>	<b>23</b>
<b>Capítulo 2: Anatomía endoscópica nasal y de base de cráneo</b>	<b>31</b>
2.1. <u>Anatomía endoscópica nasal</u>	32
2.2. <u>Anatomía endoscópica de base de cráneo</u>	41
<b>Capítulo 3: Historia de la cirugía endoscópica</b>	<b>49</b>
3.1. <u>Inicios de los endoscopios</u>	50
3.2. <u>Desarrollo de la cirugía nasosinusal</u>	53
3.3. <u>Desarrollo de la cirugía endoscópica nasosinusal</u>	54
3.4. <u>Desarrollo de la cirugía endoscópica de base de cráneo</u>	55

<b>Capítulo 4: Historia del colgajo pericraneal</b>	<b>59</b>
4.1. <u>CP en la cirugía endoscópica de base de cráneo</u>	66
4.2. <u>CP en la cirugía endoscópica de reconstrucción nasal</u>	68
<b><u>2. Hipótesis y objetivos</u></b>	<b>71</b>
Hipótesis general	73
Hipótesis específica	73
Objetivos generales	74
Objetivos específicos	74
<b><u>3. Trabajo experimental</u></b>	<b>77</b>
Primer estudio	79
Segundo estudio	89
Resumen de los estudios	99
<b><u>4. Discusión</u></b>	<b>107</b>
Introducción del CP	110
Análisis radiológico preoperatorio. Límites del CP	114
Reconstrucción endoscópica de base de cráneo con CP	118
Reconstrucción endoscópica de septum nasal con CP	120
<b><u>5. Conclusiones</u></b>	<b>125</b>
<b><u>6. Bibliografía</u></b>	<b>129</b>







# Lista de figuras

---

**Figura 1:** Anatomía del cuero cabelludo

**Figura 2:** Irrigación colgajo pericraneal

**Figura 3:** Drenaje venoso colgajo pericraneal

**Figura 4:** Entrada fosas nasales

**Figura 5:** Cornete medio

**Figura 6:** Meato medio

**Figura 7:** Rinofaringe

**Figura 8:** Seno esfenoidal

**Figura 9:** Celda de Onodi

**Figura 10:** Abordaje transcribiforme

**Figura 11:** Abordaje transtuberculum-transplanum

**Figura 12:** Primeros endoscopios

**Figura 13:** Endoscopios modernos

**Figura 14:** Procedimiento de Caldwell-Luc

**Figura 15:** Abordaje transesfenoidal de Hardy

**Figura 16:** Abordaje endoscópico transesfenoidal

**Figura 17:** Reconstrucción abierta de base de cráneo con CP

**Figura 18:** Tasa complicaciones colgajo pericraneal

**Figura 19:** Colgajo pericraneal lateral

**Figura 20:** Reconstrucción cutánea con CP

**Figura 21:** Reconstrucción endoscópica de base de cráneo con CP

**Figura 22:** Reconstrucción septal con CP

**Figura 23:** “Money Box Approach” Reconstrucción base de cráneo

**Figura 24:** Estudio radiológico reconstrucción base de cráneo

**Figura 25:** Estudio radiológico reconstrucción septal

**Figura 26:** Estudio clínico reconstrucción base de cráneo

**Figura 27:** “Money box approach” Reconstrucción septal





# Lista de publicaciones

---

## Primer estudio:

**Santamaría A**, Langdon C, López-Chacon M, Cordero A, Enseñat J, Carrau R, Bernal-Sprekelsen M, Alobid I.

*Radio-anatomical analysis of the pericranial flap "money box approach" for ventral skull base reconstruction* Laryngoscope. 2017 Nov;127(11):2482-2489

Doi: 10.1002/lary.26574

## Segundo estudio:

Alobid I, Langdon C, López-Chacon M, Enseñat J, Carrau R, Bernal-Sprekelsen M, **Santamaría A**.

*Total septal perforation repair with a pericranial flap: Radio-anatomical and clinical findings.* Laryngoscope. 2017 Nov 8. [Epub ahead of print]

Doi: 10.1002/lary.26966



# Abreviaturas

---

**CP, Colgajo pericraneal**

**SO, Supraorbitaria**

**ST, Supratroclear**

**TS, Temporal superficial**

**CENS, Cirugía endoscópica nasosinusal**

**LCR, Líquido cefalorraquídeo**

**TC, Tomografía computarizada**

**CEA, Cirugía endoscópica avanzada**

**CAE, Conducto auditivo externo**

**RT, Radioterapia**





# 1. Introducción

---



## **Capítulo 1:**

### Anatomía del colgajo pericraneal

## Capítulo 1: Anatomía del colgajo pericraneal

El colgajo pericraneal (CP) está formado por el periostio externo del hueso craneal (pericráneo) y por el tejido conectivo laxo suprayacente. Representan las dos capas más internas del cuero cabelludo compuesto por (Figura 1):<sup>1-3</sup>

- Piel
- Tejido celular subcutáneo
- Galea aponeurótica: compuesta por el musculo frontal anteriormente y el occipital posteriormente. En su zona media, la galea aponeurótica une los dos extremos de ambos músculos.<sup>4</sup>
- Tejido conectivo laxo: compuesto por un núcleo de colágeno rodeado de tejido vascularizado. Esta capa permite la movilidad del cuero cabelludo sobre el pericráneo, que se encuentra fijado al hueso craneal.<sup>5,6</sup>
- Pericráneo: periostio del hueso craneal. Presenta una capa fibrosa externa donde predominan los vasos sanguíneos y nervios, y una capa interna compuesta principalmente por fibras elásticas y un mayor componente celular. El pericráneo tiene un potencial osteogénico bajo y, por lo general, no regenera los defectos óseos.<sup>1,7</sup>

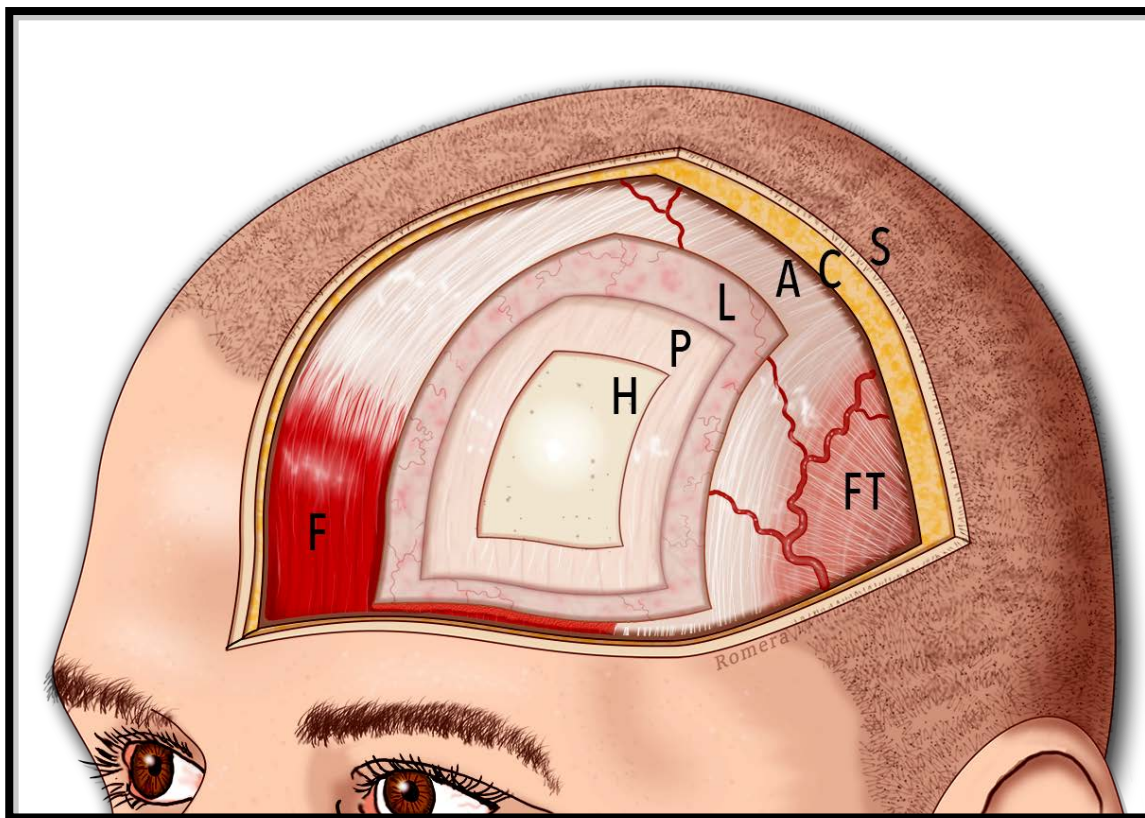


Figura 1: Anatomía del cuero cabelludo.

Esquema de las 5 capas que componen el cuero cabelludo. S: Skin (Piel). C: subCutaneous tissue (Tejido celular subcutáneo). A: Aponeurosis (galea aponeurótica) L: Loose connective tissue (Tejido conectivo laxo). P: Pericranium (Pericráneo). Forman el acrónimo SCALP en Inglés, cuero cabelludo en español. H: Hueso. F: musculo Frontal. FT: Fascia Temporal.

En el área temporal, el pericráneo se continúa con la fascia temporal, también conocida como fascia temporal profunda, que recubre el musculo temporal. Superficialmente a la fascia temporal se encuentra una capa de tejido conectivo laxo denominada fascia innominada en algunos textos. Esta superficie está cubierta por la fascia temporoparietal o fascia temporal superficial, capa por la que circulan la arteria temporal superficial con su correspondiente drenaje venoso y las ramas frontales del nervio facial. Esta última capa se continúa con la galea aponeurótica. Por último, estas superficies quedan recubiertas por el tejido celular subcutáneo y la piel.<sup>2,8</sup>

La irrigación del cuero cabelludo proviene, anteriormente, de las arterias supraorbitarias (SO) y supratrocleares (ST). También presenta irrigación a dicho nivel de las arterias angulares y arterias del dorso nasal, ramas terminales de la arteria facial. A nivel lateral, la irrigación proviene principalmente de las arterias temporales superficiales (TS) y de las arterias auriculares posteriores, ramas terminales de la carótida externa. Posteriormente, la irrigación es gracias a las arterias occipitales. Existen anastomosis descritas entre la irrigación anterior y lateral del cuero cabelludo, comunicando así el sistema de la carótida interna con el de la carótida externa.<sup>9,10</sup>

El CP pediculado anteriormente recibe su irrigación de las arterias SO y ST principalmente (Figura 2). Las arterias SO presentan un mayor calibre que las arterias ST en la mayoría de los casos.<sup>11</sup> Ambas arterias son ramas de la arteria oftálmica y emanan de la cavidad orbitaria hacia el cuero cabelludo a través reborde orbitario superior.<sup>12</sup> En el caso de las arterias SO, atraviesan el arco orbitario a través de una escotadura o foramen a unos 30 mm de la línea media. El foramen está presente solo en el 30% de los casos. Las arterias ST surgen del reborde orbitario a unos 22 mm de la línea media.<sup>13</sup> Ambos pares de arterias se dividen en:

- Ramas superficiales: circulan por el tejido celular subcutáneo e irrigan la parte más superficial del cuero cabelludo.
- Ramas profundas: circulan por el tejido conectivo laxo y el pericráneo irrigando ambas capas profundas.

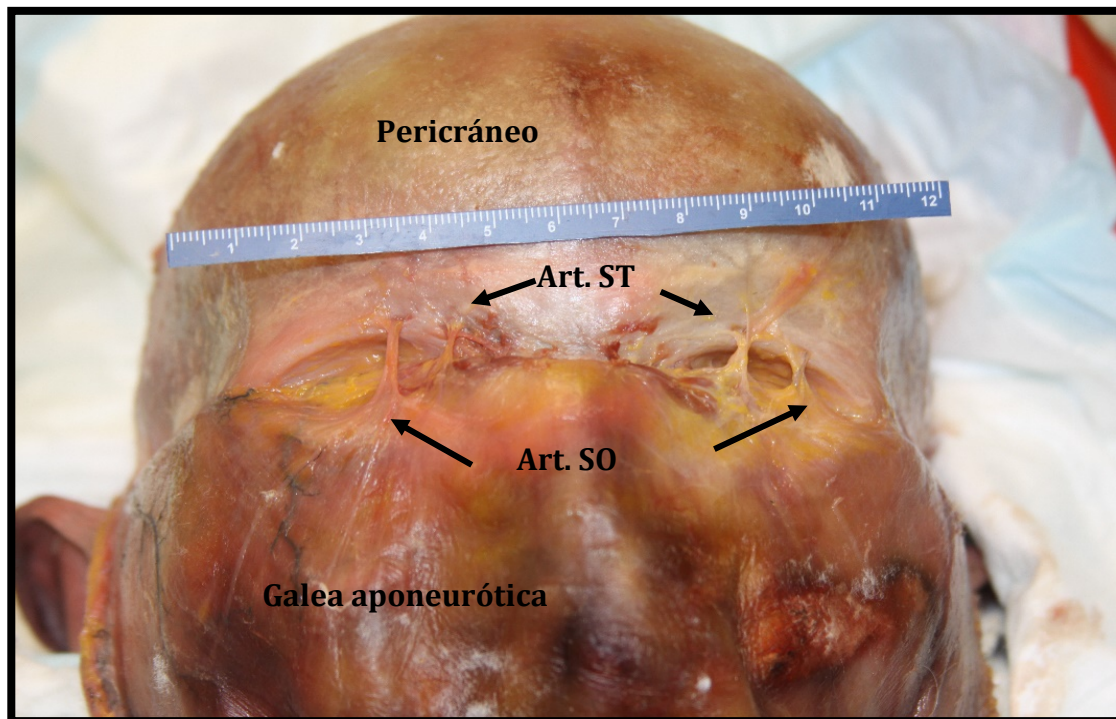


Figura 2: Irrigación colgajo pericraneal.  
Imagen de estudio en cadáver sobre la irrigación del colgajo pericraneal. SO: Supraorbitaria.  
ST: Supratroclear.

Esta división, se produce a nivel del reborde orbitario o proximal al mismo, en el 80-90% de los casos en ambas arterias. En el resto de los casos la división se produce distalmente a la salida de la arteria por el reborde orbitario. Este punto es importante en la disección del colgajo, ya que para evitar dañar la irrigación del colgajo durante su elevación es recomendable conservar los 10 mm superiores al reborde orbitario.<sup>12</sup>

Existe un mayor número de ramas profundas provenientes de las arterias SO respecto a las arterias ST. Al mismo tiempo, las ramas provenientes de las arterias SO presentan un mayor calibre medio.<sup>12</sup>



El drenaje venoso (Figura 3) circula paralelo a la irrigación arterial. Tanto el drenaje venoso profundo proveniente del pericráneo, como el sistema venoso superficial, donde drena la galea aponeurótica, se unen junto con el sistema venoso temporal superficial en un tronco venoso común: vena transversa supraorbitaria.<sup>14</sup>

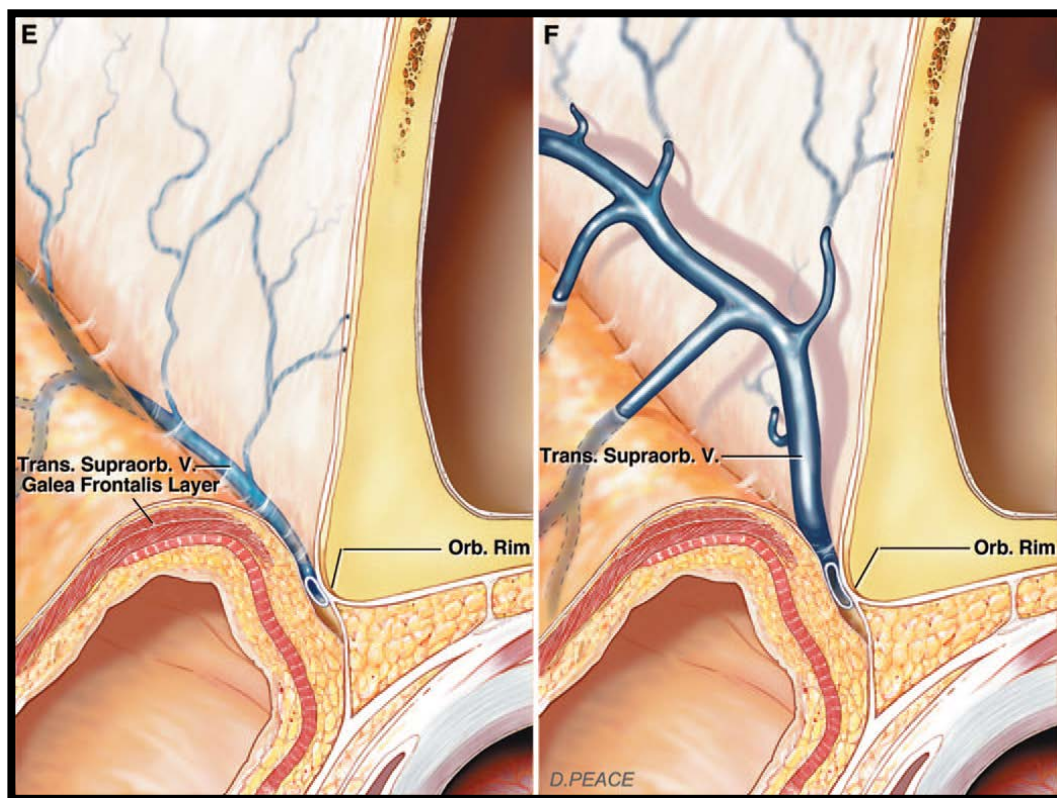


Figura 3: Drenaje venoso colgajo pericraneal.  
Esquema sobre el drenaje venoso del colgajo pericraneal. E: vena transversa a nivel del reborde orbitario. F: vena transversa superior al nivel del reborde orbitario.<sup>12</sup>

Al igual que en el resto del organismo, el sistema venoso presenta más variabilidad anatómica que el sistema arterial, pero en la mayoría de los casos la vena transversa se sitúa a nivel del reborde orbitario o superior a este.<sup>12</sup>

La sensibilidad del área frontal discurre junto con las ramas arteriales del mismo nombre. Las ramas profundas de los nervios SO son las responsables de la sensibilidad del pericráneo, sin embargo, la sensibilidad de la galea aponeurótica, tejido celular subcutáneo y piel la recogen las ramas superficiales de los nervios SO. En el caso de los nervios ST, solo presentan ramas superficiales que se introducen y terminan a nivel del músculo corrugador superciliar, justo por encima del reborde supraorbitario. Todas estas ramas vienen recogidas por la primera rama del nervio trigémino que circula por la cavidad orbitaria.<sup>14-16</sup>



## **Capítulo 2:**

---

### Anatomía endoscópica nasal y de base de cráneo

## Capítulo 2: Anatomía endoscópica nasal y de base de cráneo

Es primordial el conocimiento de la anatomía nasal y de las características propias de la visión endoscópica para la correcta realización de cirugías endoscópicas naso-sinusales.

### 2.1. Anatomía endoscópica nasal

La cavidad nasal está dividida en dos cavidades contiguas por un fino tabique dispuesto en el plano sagital. Estas cavidades se denominan fosas nasales. Se encuentran limitadas anteriormente por las narinas, que la conectan con el exterior, y posteriormente por las coanas, que desembocan en la rinofaringe. Se hallan situadas superiormente a la cavidad bucal e inferiormente a la base de cráneo y huesos propios nasales.

En una visión endoscópica al entrar en la cavidad nasal por la narina, alcanzamos el vestíbulo nasal y nos encontramos con el septum nasal medialmente y la cabeza del cornete inferior lateralmente (Figura 4). Si continuamos avanzando mínimamente sobre el suelo de la fosa nasal y paralelo a la dirección del paladar, apreciaremos la totalidad del cornete inferior a nivel lateral y el septum nasal medialmente. En este momento, se podrá apreciar a nivel más posterior el arco coanal que constituye el final de la fosa nasal e inicio de la rinofaringe.

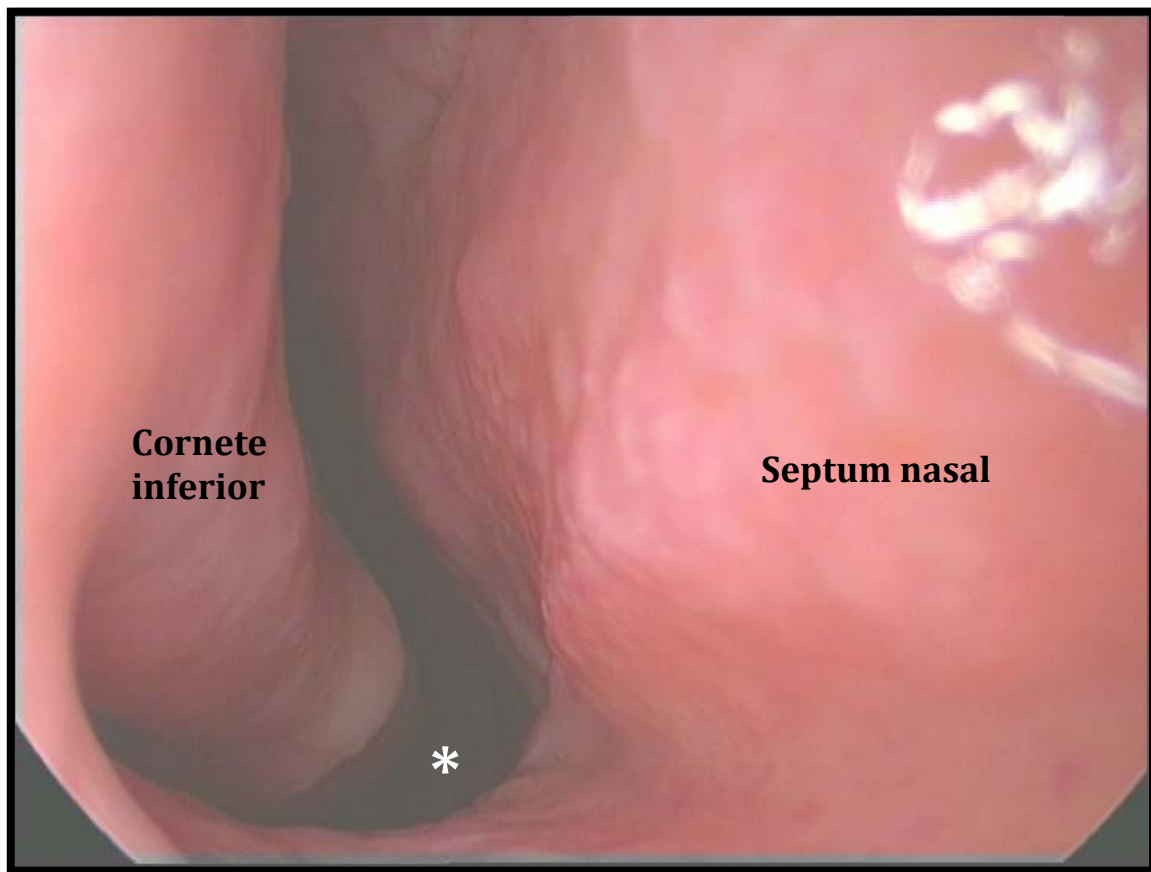


Figura 4: Entrada fosas nasales.  
Visión endoscópica de la entrada de la fosa nasal derecha. Apareciendo el septum a la derecha, la cabeza del cornete inferior a la izquierda y el suelo inferiormente. \*: Coana

Situándonos inferior y lateralmente al cornete inferior, nos introducimos en el meato inferior. Una estructura importante que drena al meato inferior, es el conducto nasolagrimal mediante la válvula de Hasner, punto final del sistema lagrimal. Está situada en la zona más superior de meato, en el área de unión del cornete inferior con la pared medial del seno maxilar.

Posicionándonos en el vestíbulo nasal de nuevo, al elevar e introducir la punta del endoscopio visualizaremos la cabeza del cornete medio y su lugar de inserción anterior en la pared lateral nasal, uno de los puntos de referencia más importantes de la Cirugía Endoscópica Nasosinusal (CENS) (Figura 5).

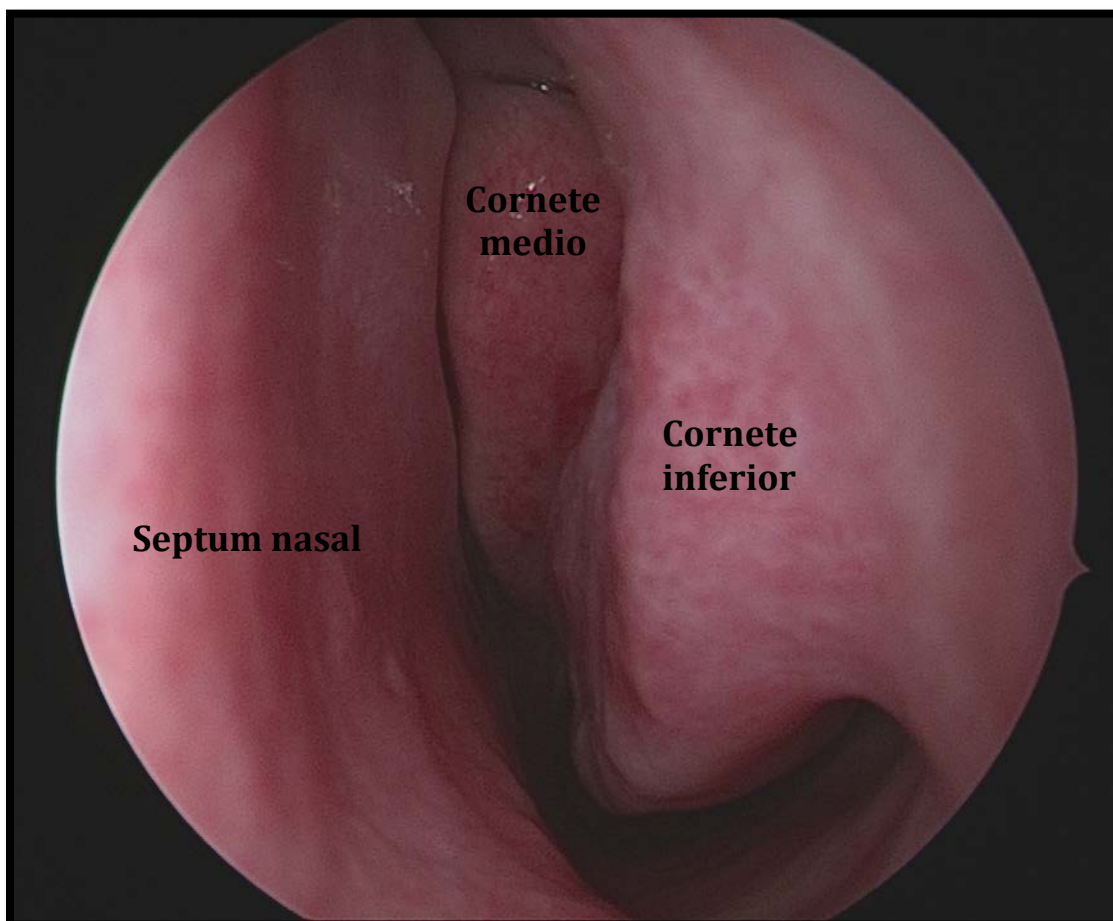


Figura 5: Cornete medio.  
Visión endoscópica de la cabeza del cornete medio de una fosa nasal izquierda. Visualizando inferiormente el cornete inferior y medialmente el septum

Gracias a una luxación medial del cornete medio logramos visualizar el meato medio (Figura 6). A este meato drenan el seno maxilar, el seno etmoidal anterior y el seno frontal. A nivel medial, la primera estructura que identificamos se denomina apófisis unciforme, perteneciente al hueso etmoidal. El lugar más frecuente de inserción de esta estructura es la lámina papirácea. Se identifica como un surco poco profundo, justo detrás de la fosa lagrimal. Es la estructura ósea que nos impide la visión del ostium natural del seno maxilar. Lateralmente a la apófisis unciforme nos encontramos con la lámina papirácea, que constituye una de las porciones de la pared medial de la orbital. En la parte más posterior del meato medio identificamos la bulla etmoidal que se inserta en

la base de cráneo y recubre el etmoides anterior. Entre estas dos estructuras mencionadas anteriormente, (apófisis unciforme y bulla etmoidal) se encuentra una hendidura denominada hiato semilunar. En la zona anterolateral de la axila del cornete medio se encuentra la celda de agger nasi, la primera del etmoides anterior.

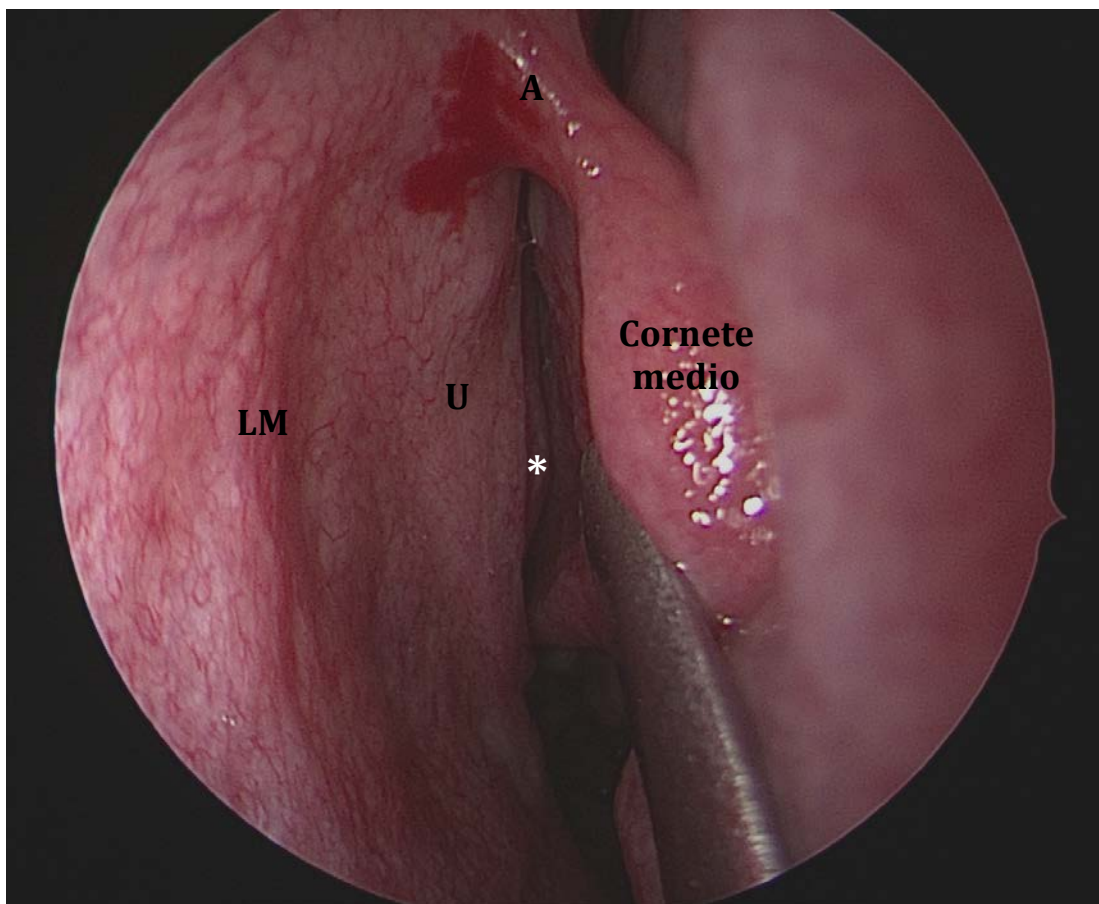


Figura 6: Meato medio.  
Visión endoscópica del meato medio. A: Axila del cornete medio. U: Unciforme. LM: Línea maxilar. \*: Bulla etmoidal.

Luxando el cornete medio hacia lateral se puede apreciar el cornete superior y el meato superior que este delimita. En este meato se encuentra el drenaje del seno etmoidal posterior. Medialmente al cornete superior, a unos 15 mm sobre el arco coanal, encontramos el ostium natural del seno esfenoidal. En algunas ocasiones existe un cuarto cornete, denominado cornete supremo.



En la zona más superior de la fosa nasal entre las estructuras turbinales y el septum nasal encontramos el techo de las fosas nasales. La zona más anterior es oblicua y está formado por los cartílagos laterales y los huesos propios. Posteriormente a esa porción el techo de las fosas nasales se torna horizontal y está constituido por la lámina cribosa del hueso etmoides. Es una fina lámina de hueso perforada por las fibras olfatorias.

Atravesando la coana nos encontramos con la rinofaringe o cavum, en la que lateralmente descubrimos los rodetes tubáricos, el lugar de drenaje de la trompa de Eustaquio (Figura 7).

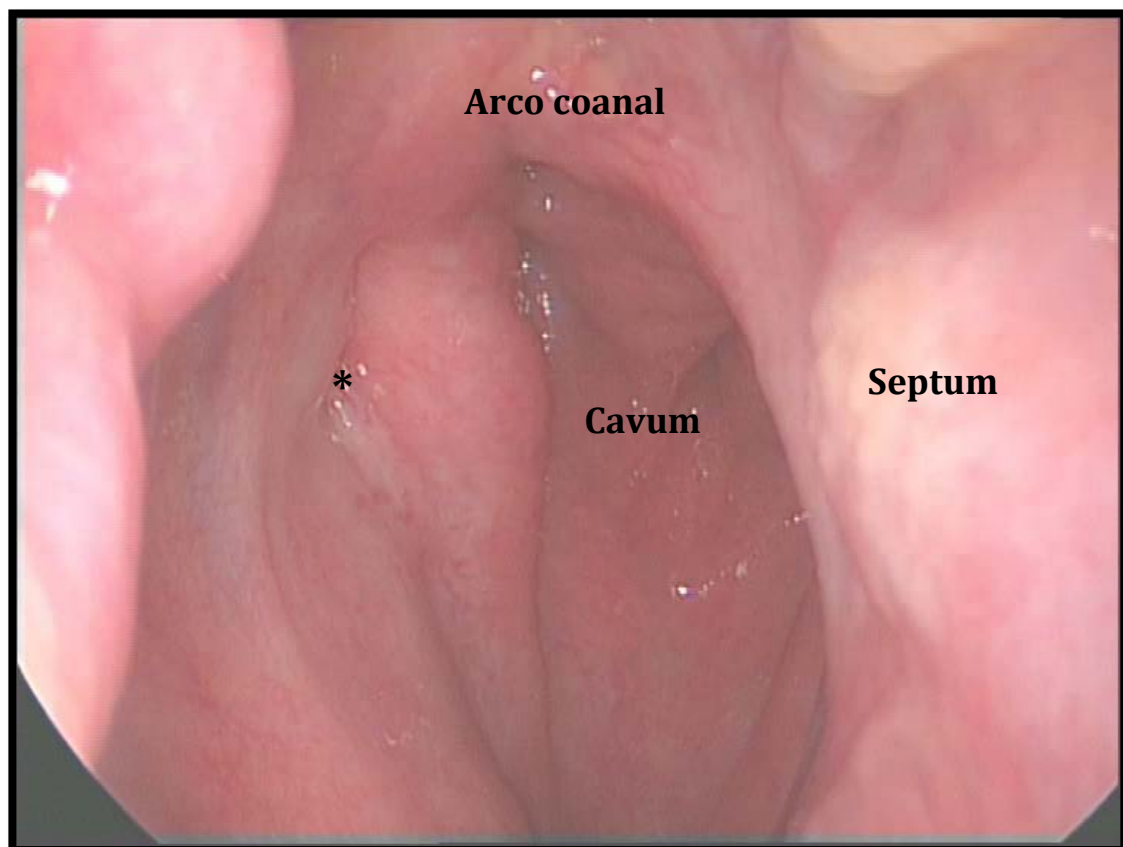


Figura 7: Rinofaringe.  
Visión endoscópica de la rinofaringe o cavum. Se aprecia el arco coanal y la zona más posterior del septum, junto con la entrada a la trompa de Eustaquio (\*).

a. Seno maxilar:

Cavidad situada lateralmente a las fosas nasales e inferiormente a la órbita. Su pared posterior coincide con la pared anterior de las fosas pterigopalatina e infratemporal. Por su techo circula (suelo de la órbita) el nervio infraorbitario que corresponde a la segunda rama del nervio trigémino. Su ostium natural se encuentra oculto bajo la apófisis unciforme. En algunos casos, se visualiza un ostium maxilar sin la retirada de la apófisis unciforme, se considera entonces un ostium accesorio. En la pared lateral nasal, posterior a la pared posterior del seno maxilar encontramos la salida de la arteria esfenopalatina, rama de la arteria maxilar, justo detrás de una pequeña cresta ósea denominada cresta etmoidal y perteneciente al hueso palatino. En algunas ocasiones, existen celdas etmoidales que se introducen en el seno maxilar y se denominan celdas de Haller.

b. Senos etmoidales:

Su límite superior está formado por la base de cráneo. Lateralmente limitado por la lámina papirácea y medialmente por el cornete medio o superior en sus inserciones en la base de cráneo.

- El etmoides anterior está constituido por múltiples celdas de las que destaca la bulla etmoidal. También incluye las celdas de agger nasi y las celdas suprabulbares, situadas entre la bulla etmoidal y el receso frontal. Su límite posterior es la lámina basal del cornete medio. Existe un canal óseo que cruza el etmoides anterior de lateral a medial y de posterior a anterior. Normalmente se encuentra adherido a la base de cráneo y que contiene la arteria etmoidal anterior, rama de la arteria oftálmica.

- El etmoides posterior está situado inferiormente a la base de cráneo, entre la lámina basal del cornete medio y la raíz tabicante o cara anterior del esfenoides. También está atravesado por un conducto óseo que contiene la arteria etmoidal posterior. En este caso, toma una dirección de lateral a medial pero de anterior a posterior o perpendicular a la dirección de las fosas nasales.

c. Seno frontal:

Es el seno más superior situado en la parte anterior de la fosa craneal anterior formando parte del techo orbitario. Se encuentra en el espesor del propio hueso frontal y está dividido en dos por un tabique interfrontal. Su trayecto de drenaje se denomina receso frontal y está delimitado por la lámina papirácea lateralmente, la apófisis unciforme y la agger nasi anteriormente, la lámina vertical del cornete medio medialmente y la bulla etmoidal o celdas suprabulbares posteriormente. El ostium del seno frontal se considera el lugar más estrecho de este receso. Para acceder al receso frontal es necesario resecar la apófisis unciforme y normalmente requiere el uso de endoscopios angulados para su correcta visualización.

d. Seno esfenoidal:

Se encuentra situado en el cuerpo del hueso esfenoides. Se halla dividido en dos por un tabique completo que puede insertarse en la línea media o en estructuras importantes como la carótida interna. Su ostium natural se sitúa en la pared anterior del rostrum esfenoidal y drena a unos 15 mm sobre el arco coanal. Su cara posterior representa la pared anterior de la silla turca. En su

zona media, localizamos el relieve de la hipófisis, encontrando lateralmente a ella la impronta ósea de las arterias carótidas internas en su porción parasellar (Figura 8). Por encima de los relieves carotideos encontramos los nervios ópticos que circulan desde el quiasma hasta el orificio orbitario. Entre las arterias carótidas y los nervios ópticos encontramos los recesos óptico-carotídeos, tanto el lateral, habitualmente mucho más marcado, como el medial. En algunos casos, en la zona lateral del seno esfenoidal también llega a apreciarse la impronta de la segunda rama del nervio trigémino que circula hasta el orificio rotundum y fisura orbitaria inferior. En el ángulo inferolateral del seno se halla el canal pterigoideo que alberga el nervio vidiano y la arteria pterigoidea, que circulan desde la fosa pterigopalatina hasta el foramen lacerum. Representan una importante referencia para localizar la arteria carótida interna en su porción petrosa.

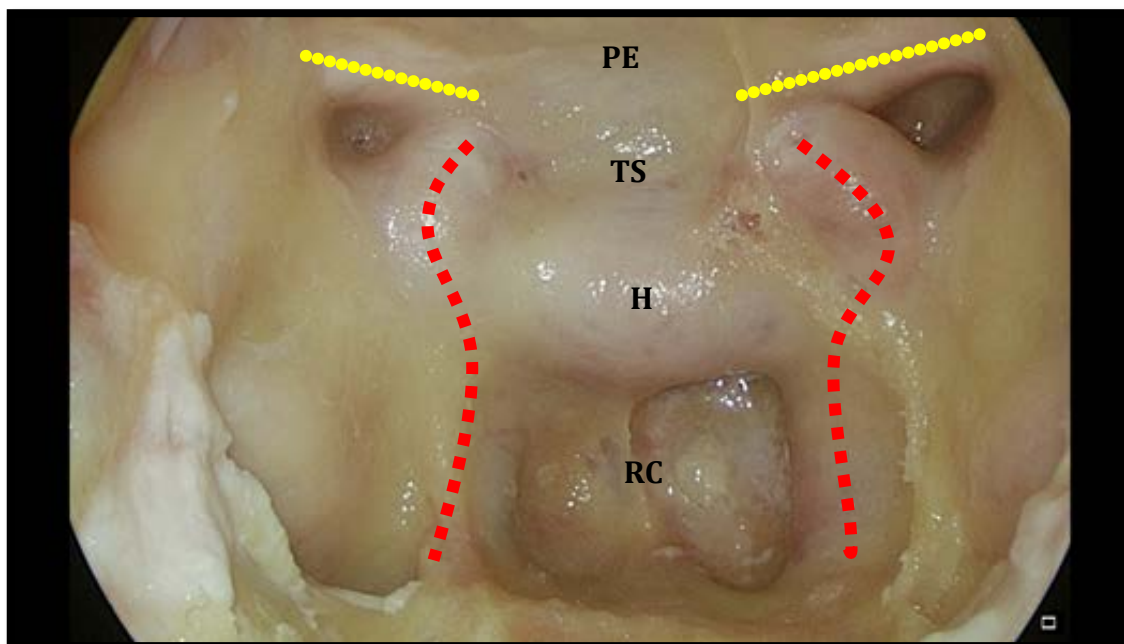


Figura 8: Seno esfenoidal.

Imagen endoscópica del seno esfenoidal. H: Hipófisis. Línea roja discontinua: Arterias carótidas. Línea amarilla discontinua: Nervios ópticos. PE: Planum esfenoidal. RC: Receso clival TS: Tuberculum sellae \*: Receso óptico-carotídeo lateral.

En algunos casos de senos esfenoidales poco neumatizados, puede no apreciarse ninguna estructura. Estos senos son denominados senos esfenoidales tipo conchal y son más característicos en los individuos de menor edad. Su techo está formado por el planum esfenoidal. El suelo de este seno constituye el techo de la rinofaringe.

En algunos casos encontramos celdas etmoidales muy neumatizadas que se introducen en el esfenoides, se denominan celdas de Onodi (Figura 9).

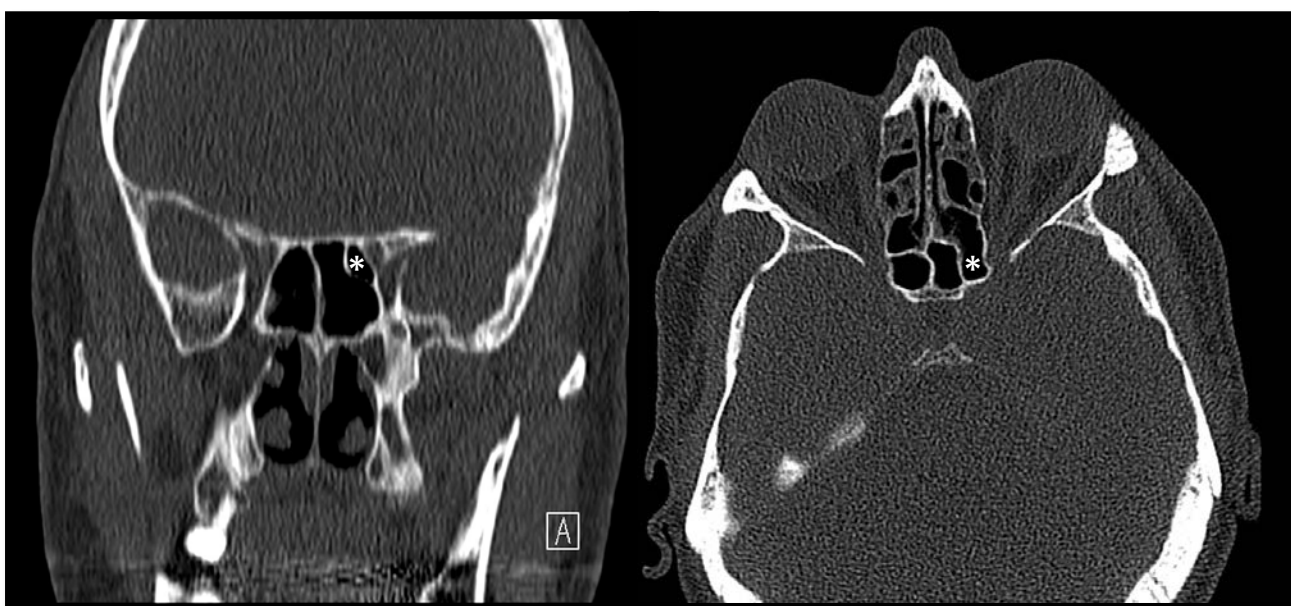


Figura 9: Celda de Onodi.

Imagen de un TC donde se aprecia una celda etmoidal que se introduce en el seno esfenoidal izquierdo, denomina celda de Onodi (\*). A la derecha imagen de un corte coronal y a la izquierda imagen de un corte axial.

Existen dos vías para acceder a este seno, a través de su ostium natural o del etmoides posterior. Para la primera vía es necesario luxando el cornete medio y superior hacia lateral y ampliar su ostium natural inferiormente para evitar daños en estructuras importantes. En el segundo caso es necesario haber realizado una etmoidectomía completa y realizar la apertura del fino tabique óseo que separa ambos senos, logrando así la comunicación entre uno y otro.

## 2.2. Anatomía endoscópica de base de cráneo: <sup>17</sup>

El cráneo puede dividirse en su porción superior, la llamada bóveda craneal, y su porción inferior, denominada base de cráneo. Esta última porción está compuesta por los huesos: frontal, etmoidal, esfenoidal, temporal y occipital. Presenta dos superficies, la superficie interna o endocraneal que está en contacto con el encéfalo y la superficie externa o exocraneal. Ambas superficies se encuentran conectadas por una multitud de fisuras, forámenes y canales. Al mismo tiempo la base de cráneo está dividida en tres segmentos:

- Fosa anterior: Situada superiormente a la cavidad nasal y las orbitas. Compuesta por el hueso frontal, la lámina cribosa del etmoides y las alas menores del esfenoides. Alberga los lóbulos frontales y en su superficie basal corren los bulbos olfatorios. Su límite posterior lo constituye el tuberculum sellae.
- Fosa media: Formada por el cuerpo del esfenoides en su zona central, denominada silla turca, que alberga la hipófisis. Lateralmente está constituida por las alas mayores del esfenoides y los huesos temporales que alojan los lóbulos temporales.
- Fosa posterior: Se extiende desde el límite posterior de la silla turca, el dorsum sellae hasta la porción posterior del hueso occipital. Formada por la porción posterior del cuerpo esfenoidal, las porciones posteriores de los huesos temporales y el hueso occipital. Ampara los lóbulos occipitales, el cerebelo y el tronco del encéfalo.

Existe multitud de patologías nasales que pueden presentar afectación de base de cráneo incluyendo tumores, complicaciones de patología inflamatoria nasal o fístulas o herniaciones. Por otro lado, también existe patología endocraneal con un limitado acceso externo, donde el abordaje endoscópico permite un acceso más directo y con menor agresión a las estructuras adyacentes. Por todo ello, paralelo al avance en las dos últimas décadas de la CENS y el tratamiento de patología endonasal cada vez más compleja y extensa, se han desarrollado numerosos abordajes endoscópicos de la base de cráneo.

a. Abordaje transcribiforme:

Este abordaje permite el paso endoscópico a la fosa craneal anterior y el acceso al lóbulo frontal y la vía olfatoria. Representa uno de los lugares de afectación intracraneal más habituales de los tumores rinosinuales. Al mismo tiempo representa un lugar frecuente de meningo-encefaloceles y fístulas de líquido cefalorraquídeo (LCR). Puede ser la vía de elección en la mayoría de los meningiomas de surco olfatorio.

El límite anterior del abordaje es el receso frontoetmoidal y el posterior el planum esfenoidal. Lateralmente este abordaje está delimitado por ambas láminas papiráceas. Puede realizarse unilateral o bilateralmente, donde la línea media está definida por el septum nasal a nivel nasal y la cresta galli a nivel endocraneal. Las estructuras importantes en este abordaje están compuestas por las orbitas, y estructuras vasculares como las arterias etmoidales y las cerebrales anteriores y sus ramas frontopolar y fronto-orbitaria.

Los primeros pasos del abordaje están compuestos por la preparación endonasal, en donde se debe realizar una etmoidectomía completa bilateral (o unilateral) y la identificación y cauterización de las arterias etmoidales anteriores y posteriores. La distancia entre ambas se estima entre un 10-12 mm. Al mismo tiempo, se debe realizar una amplia esfenoidotomía y una septectomía superior que permitan el correcto manejo del instrumental y el endoscopio. En muchas ocasiones también es necesario visualizar la pared posterior del seno frontal mediante abordaje ampliado de ambos senos (Draf tipo III). Una vez expuesta toda la base de cráneo anterior se realiza su apertura con el fresado y retirada del hueso etmoidal (Figura 10). Es importante ser cuidadoso en la disección de la cresta galli debido a su fuerte unión con la duramadre. Tras la completa exposición de la duramadre se efectúa la apertura de la misma logrando alcanzar la cara inferior de los lóbulos frontales. En esta maniobra es importante no dañar las ramas de las arterias cerebrales anteriores.

La disección de la duramadre a nivel del ángulo etmoido-orbitario es útil para la reconstrucción final del defecto, al utilizar este espacio para la introducción de los límites del colgajo realizando una reconstrucción “*underlay*”.



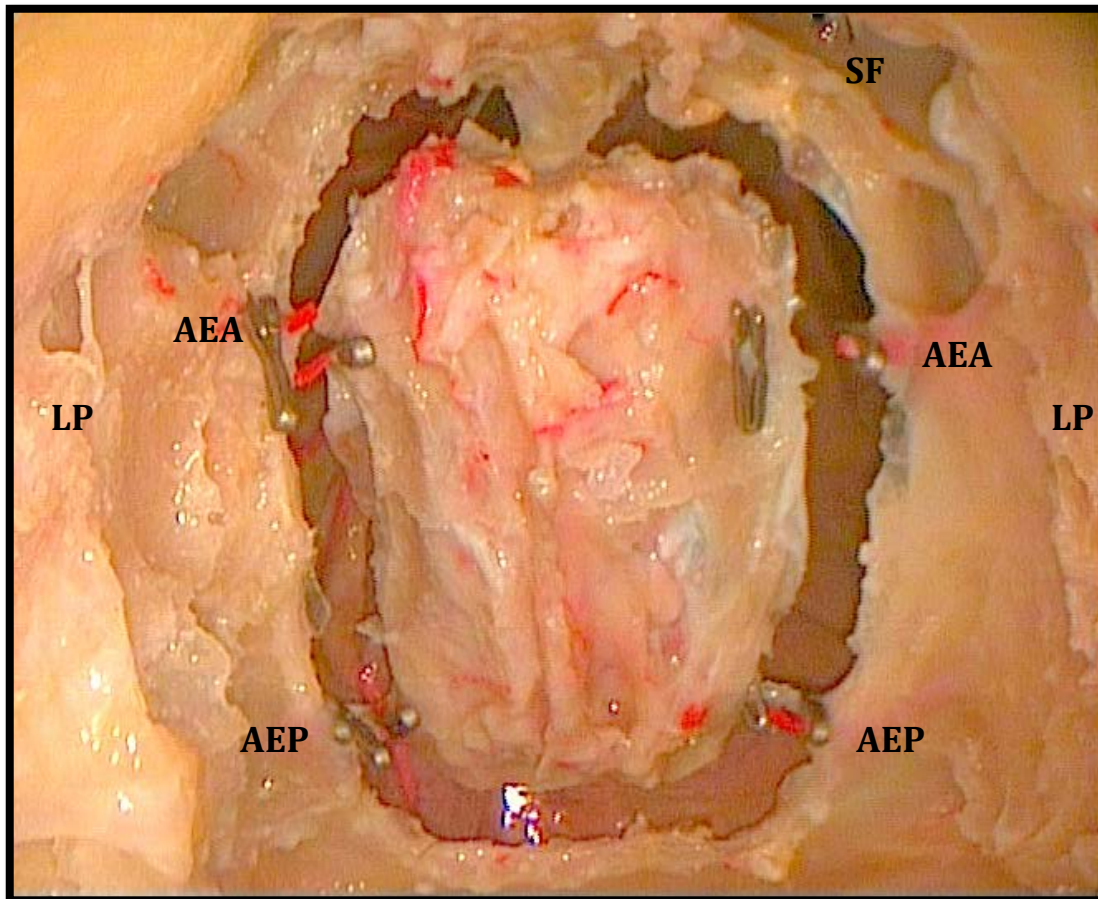


Figura 10: Abordaje transcribiforme.  
Visión endoscópica de un abordaje transcribiforme bilateral con fresado del techo etmoidal. LP: Lámina papirácea. SF: Seno frontal. AEA: Arteria etmoidal anterior. AEP: Arteria etmoidal posterior.

b. Abordaje transplanum-transtuberculum:

Este abordaje nos permite el acceso a la zona central de la fosa craneal media. Es muy utilizado para el tratamiento de patología hipofisaria (adenomas y macroadenomas) así como meningiomas, craneofaringiomas, quistes de Rathke, meningo-encefaloceles.

La pared posterior del seno esfenoidal se encuentra esculpida por la impronta de numerosas estructuras primordiales. A nivel central encontramos una prominencia que corresponde con la hipófisis, limitada anteriormente por el

tuberculum sellae y posteriormente por el dorsum sellae. Bajo la hipófisis se encuentra un receso denominado receso clival. Hay que tener en cuenta el grado de neumatización del seno esfenoidal, la posibilidad de tener dehiscencias óseas en la pared posterior del seno esfenoidal así como la dirección de los tabiques interesfenoidales. Todo ello ha de ser revisado en la tomografía computarizada (TC) preoperatoria.

El abordaje de esta área requiere una amplia esfenoidotomía bilateral con resección de sus tabiques internos, una etmoidectomía posterior y una septectomía posterior. Una vez expuesta toda la pared posterior del seno esfenoidal se realiza la apertura de la base de cráneo, siendo la zona más segura la zona central de la prominencia hipofisaria. Con una fresa diamantada se adelgaza dicha área hasta lograr exponer la duramadre. Tras ello y dependiendo de la patología a tratar y su extensión se retirara en mayor o menor media el resto de la pared ósea esfenoidal. La duramadre se abre en el mismo punto para evitar el daño de estructuras vasculares (Figura 11).

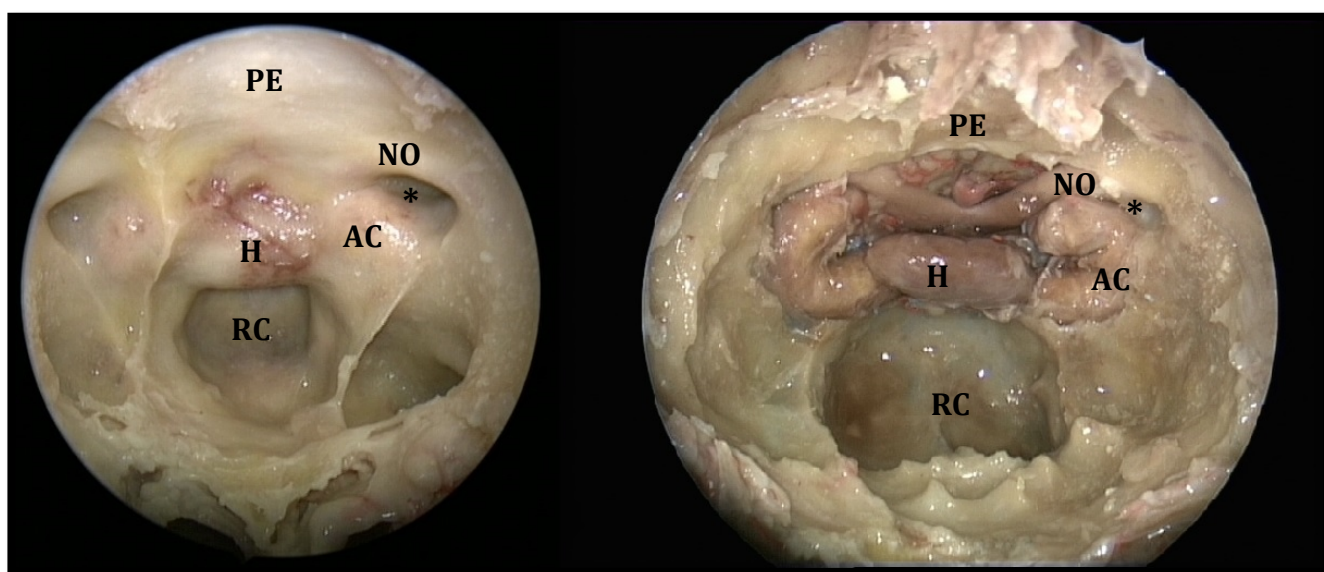


Figura 11: Abordaje transtuberculum-transplanum.

Visión endoscópica del seno esfenoidal en un abordaje transtuberculum-transplanum. H: Hipófisis. AC: Arteria carótida. NO: Nervio óptico. PE: Planum esfenoidal. RC: Receso clival \*: Receso óptico-carótideo lateral.

Además de las estructuras neurovasculares que protruyen en la pared posterior esfenoidal, en este abordaje a nivel intracraneal nos encontramos con estructuras muy importantes entre las que cabría destacar: seno cavernoso, quiasma óptico, el tallo hipofisario que atraviesa el diafragma hipofisario, las arterias hipofisarias superior e inferior, las arterias oftálmicas y las arterias cerebrales anteriores y su comunicante.

c. Abordaje transclival:

Este abordaje permite el acceso a la zona central de la fosa craneal posterior. Sus indicaciones principales son el tratamiento de tumores como los cordomas, condrosarcomas, granulomas de colesterol o meningiomas.

Los límites de la disección están marcados por el suelo de la silla turca superiormente, el agujero mango inferiormente y las arterias carótidas internas, en su porción paraclival, lateralmente. Además de las estructuras neurovasculares a tener en consideración en el abordaje transplanum-transtuberculum, es importante tener presente la arteria vertebrobasilar y sus ramas que circula en la cara posterior del clivus, el tronco del encéfalo y los pares craneales.

Este abordaje requiere un extenso trabajo endonasal en el que se incluye una amplia esfenoidotomía, con exéresis de la parte posterior del septum nasal y del rostrum esfenoidal. Suele ir asociado a otras maniobras que mejoren la localización y la maniobrabilidad, como las turbinectomías o antrostomías maxilares. El suelo del seno esfenoidal se fresa por completo para conectar el receso clival con la rinofaringe. Es necesario la apertura de la mucosa de la

rinofaringe, fascia bucofaríngea y lateralización de los músculos largos de la cabeza y del cuello, para encontrar la zona inferior del clivus. El canal pterigoideo nos sirve de referencia para encontrar el foramen lacerum y la arteria carótida interna en su porción petrosa, antes de iniciar su porción paraclival, lo que nos marca el límite lateral de la disección. El clivus se fresa desde el suelo de la silla turca hasta el foramen magnum hasta exponer la duramadre. La duramadre se abre para acceder al contenido intracraneal.

d. Abordaje unión cráneo-vertebral:

Abordaje que permite el acceso a patologías que afecten la zona baja de la fosa craneal posterior como tumores (cordomas, meningiomas, condrosarcomas) o patología medular por compresión normalmente relacionada con el proceso odontoideo. Muy asociado al abordaje anterior, siendo en ocasiones una extensión del mismo. En este caso, la trompa de Eustaquio representa el límite lateral del abordaje. En aquellos casos en los que la patología supere el límite inferior del paladar suele ser necesario realizar un abordaje transoral combinado para la zona más inferior.



## **Capítulo 3:**

### Historia de la cirugía endoscópica

## Capítulo 3: Historia de la cirugía endoscópica

En las últimas dos décadas se ha producido un gran desarrollo de la cirugía endoscópica nasosinusal, logrando convertirse en la técnica de elección en la mayor parte de la patología nasosinusal.

### 3.1. Inicios de los endoscopios

Los primeros escritos sobre la cirugía endoscópica datan de Hipócrates (460-375 A.C.) en el *Corpus hippocraticum*. En ella realiza unas de las primeras descripciones de la anatomía nasal. En aquellos años no se lograba una adecuada iluminación y visión de las cavidades nasosinusales, por lo que las técnicas quirúrgicas endoscópicas estaban asociadas a una gran morbi-mortalidad.<sup>17-18</sup>

No fue hasta el siglo XIX, en 1806, en el que Phillipp Bozzini presentó su publicación “Der Lichtleiter, eine Erfindung zur Anschauung innerer Theile und Krankheiten nebst der Abbildung” (El conductor lumínico, un invento para la observación de los órganos internos y sus enfermedades). En ella describió el “Lichtleiter” o conductor lumínico, un tubo o conducto metálico con espejos que reflejaban la luz de una vela permitiendo la exploración endoscópica de cavidades orgánicas, principalmente genitourinarias (Figura 12). Dada su precariedad no fue muy aceptada por la comunidad científica pero sentó las bases para el desarrollo de los endoscopios.<sup>19</sup>



Figura 12: Primeros endoscopios.  
“Lichtleiter” de Phillip Bozzini.<sup>19</sup>

Sin embargo, es a Desormeaux al que se le denomina habitualmente como “padre de la endoscopia”, ya que fue el primero en acuñar el término “endoscopia”. Además, presentó en 1853 una versión de un cistoscopio en la academia de medicina de París, logrando ser el primero en usar un endoscopio para fines diagnósticos y terapéuticos. Años más tarde, en 1879, un urólogo alemán llamado Nitze, mejoró este diseño presentando un cistoscopio iluminado por una lámpara externa.<sup>20</sup>

Las dificultades de una correcta iluminación y visualización de las cavidades anatómicas retrasaron el desarrollo de la cirugía endoscópica. No fue hasta mediados del siglo XX, cuando Hopkins diseñó su “rod-lens telescope”, un tubo ocupado por lentes tubulares con mínimos espacios de aire en su interior (Figura 13). A este gran descubrimiento se le sumó el desarrollo de un sistema de transmisión de luz fría mediante un cable de fibra óptica. El



acuerdo de colaboración entre los dos visionarios permitió que en 1967 se iniciase la fabricación y venta de los primeros endoscopios rígidos tal y como los conocemos en la actualidad.<sup>21</sup>

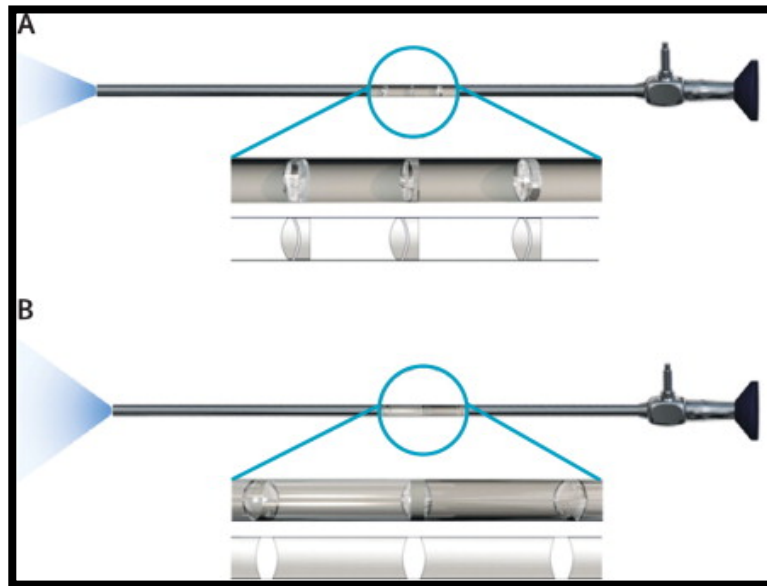


Figura 13: Endoscopios modernos. Comparativa entre el endoscopio de Nitze (A) y el de Hopkins "rod-lens telescope" (B).<sup>21</sup>

El desarrollo de este sistema de iluminación y visión permitió iniciar el uso de endoscopios en procedimientos quirúrgicos, que junto con los sistemas de cámaras y grabación constituyen hoy en día el abordaje más frecuente para el tratamiento de la patología nasosinusal.

### 3.2. Desarrollo de la cirugía nasosinusal

En la historia se han descrito múltiples procedimientos quirúrgicos de la cavidad nasosinusal, desde los ya mencionados escritos de Hipócrates sobre la anatomía nasal y sus técnicas para el tratamiento de fracturas o pólipos nasales, hasta las disecciones en cadáver de Leonardo da Vinci.<sup>22</sup> También habría que resaltar a Molinetti en 1675, quien fue el primero en relatar el abordaje del seno maxilar por vía externa desde el pómulo. No obstante, fueron Caldwell<sup>23</sup> y Luc<sup>24</sup> en 1893 y 1897, respectivamente, quienes describieron el abordaje del seno maxilar con la apertura de su pared anterior, con la consiguiente comunicación nasal con una meatotomía inferior (Figura 14). Este abordaje representó la técnica de referencia para tratar la patología maxilar durante muchas décadas.

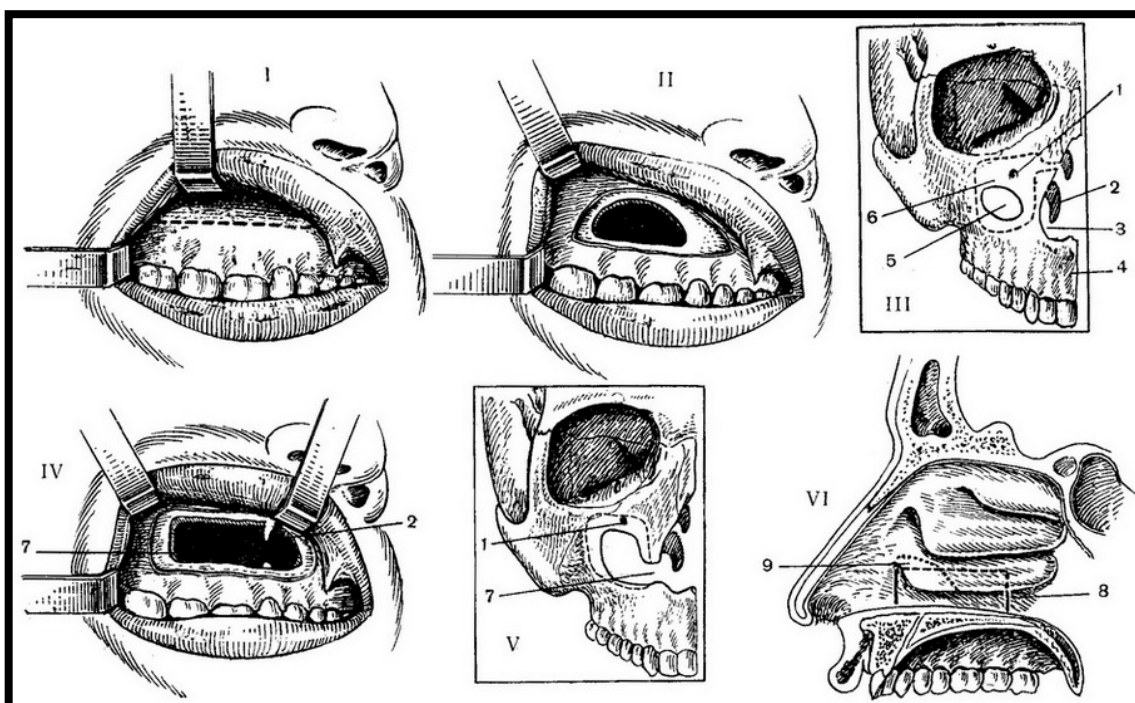


Figura 14: Procedimiento de Caldwell-Luc.  
("Caldwell-Luc". Medicalency. web)

El inicio de la cirugía etmoidal se le atribuye a Riberi en 1838. Además, desde 1893 hasta 1907 Grundwald, Hajek, Rouge, Killian y Uffenorde también contribuyeron con el desarrollo de instrumental específico y la mejora de los procedimientos.<sup>17</sup>

En la patología del seno frontal es importante destacar a Lothrop<sup>25</sup>, quien en 1898 detalló lo que hoy, realizado de manera endoscópica, se conoce como Draf III.<sup>26</sup> Esta técnica está basada en la apertura del suelo del seno frontal, tomando como límites laterales las láminas papiráceas, junto con la resección del tabique interfrontal.

A pesar del gran desarrollo de la cirugía nasosinusal durante finales del siglo XIX y principios del XX, la cirugía nasosinusal estaba basada en abordajes externos y o procedimientos intranasales con resultados pobres y asociados a una gran morbi-mortalidad.<sup>22</sup>

### 3.3. Desarrollo de la cirugía endoscópica nasosinusal

Los primeros pasos se realizaron en 1901, cuando Hirschman introdujo un cistoscopio para visualizar el seno maxilar a través de una fístula oroantral. Sin embargo, fue Messerklinger quien en 1967<sup>27,28</sup> estudió el sistema de drenaje y de aclaramiento mucociliar de los senos paranasales. Messerklinger inició el cambio del microscopio por el endoscopio en la cirugía naso sinusal y es considerado uno de los padres de la cirugía endoscópica moderna.<sup>17</sup> Estas técnicas no lograron toda la aceptación esperada hasta que en 1985 uno de los discípulos de Messerklinger, Stammberger<sup>29-30</sup> publicó sus resultados. Fue en aquel tiempo cuando se instauró o generalizó el concepto “Cirugía Endoscópica

Nasosinusal” (CENS) (Funcional Endoscopic Sinus Surgery, FESS). Ese concepto fue implantado y popularizado en EEUU por Kennedy.<sup>31</sup>

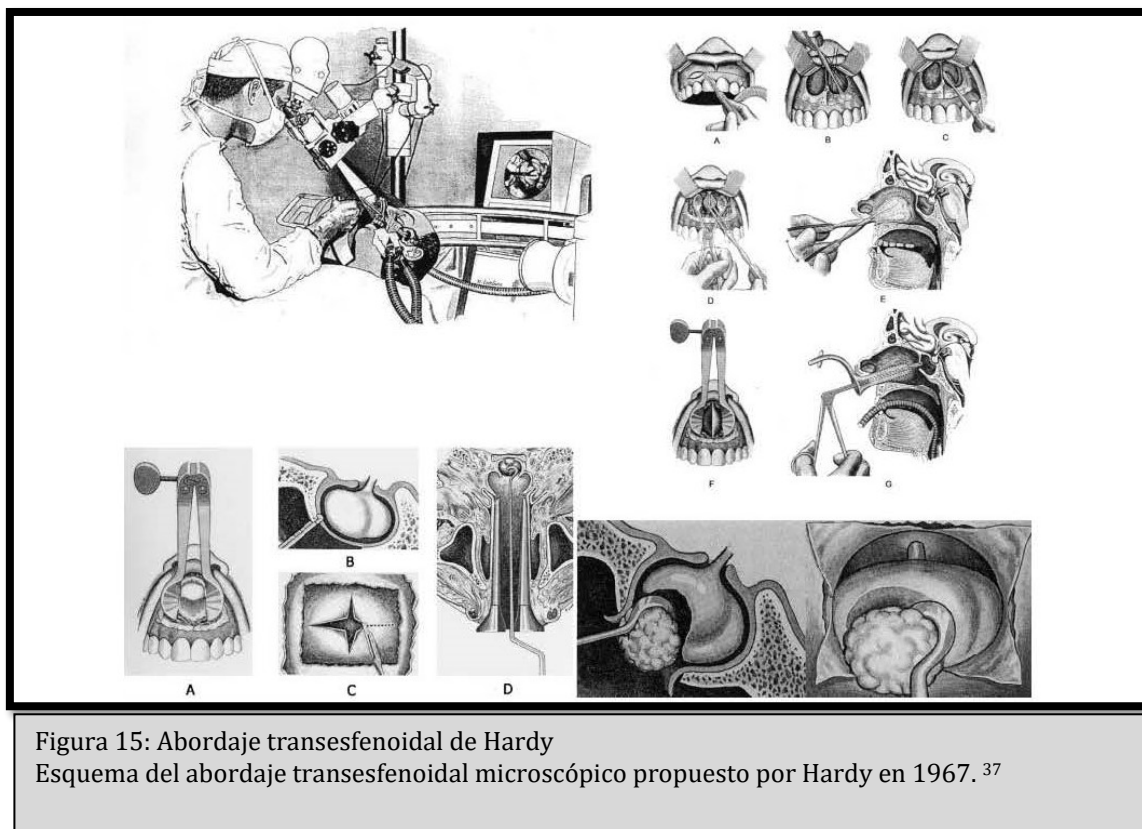
Desde entonces, numerosos trabajos se han publicado sobre este abordaje proponiendo mejoras en las técnicas quirúrgicas y logrando, junto con el avance del instrumental específico y las técnicas de imagen realizar, procedimientos cada vez más avanzados y complejos como la “Cirugía Endoscópica Avanzada” (CEA) para patología de base de cráneo.

### 3.4. Desarrollo de la cirugía endoscópica de base de cráneo

Los médicos egipcios ya describieron la vía endonasal para extraer el cerebro a través de la cavidad nasal como parte de su proceso de momificación.<sup>32</sup> Sin embargo, fue en 1907 cuando Schloffer realiza las primeras descripciones de la ruta transesfenoidal como acceso a la glándula hipófisis. Es el primero en realizar la exéresis de un tumor hipofisario por vía endonasal utilizando una rinotomía lateral ampliada. Durante aquella década se realizaron múltiples variaciones en la forma y tamaño de las incisiones cutáneas de este abordaje, como la incisión transeptal de Hirsch.<sup>33</sup> Pocos años más tarde, en 1910, Halstead<sup>34</sup> describió el acceso sublabial, en el que realizaba una incisión gingivolabial para alcanzar la cavidad nasal y posteriormente la hipófisis. Las importantes alteraciones estéticas, funcionales y las altas tasas de infecciones y mortalidad, originaron que estas técnicas quedasen en el olvido durante las primeras décadas del siglo XX.

En los años 50 y 60, fueron Dott en Edimburgo y Guiot en París quienes recuperaron estas técnicas, siendo Guiot en 1963<sup>35</sup> el primero en realizar un

abordaje endoscópico transesfenoidal.<sup>18</sup> Durante esa misma década, Hardy<sup>36,37</sup> implantó el uso del microscopio en los abordajes transesfenoidales, mejorando la iluminación y la visión del campo quirúrgico sin presentar ninguna complicación grave (Figura 15).<sup>33</sup>



Simultáneamente a la mejora de los endoscopios y al desarrollo de la CENS, se iniciaron las primeras colaboraciones entre otorrinolaringólogos y neurocirujanos en la cirugía endoscópica de base de cráneo. En los años 90, fruto de esta cooperación, se publicó la primera serie de resección endoscópica endonasal de tumores hipofisarios por Jankowski en 1992.<sup>38</sup> No obstante, fueron Jho y Carrau<sup>39</sup> quienes describieron detalladamente y estandarizaron el abordaje endonasal endoscópico de la patología hipofisaria (Figura 16).<sup>17</sup> A continuación, otros grupos de neurocirujanos y otorrinolaringólogos publicaron sus series y aportes a esta nueva técnica.<sup>40-42</sup>

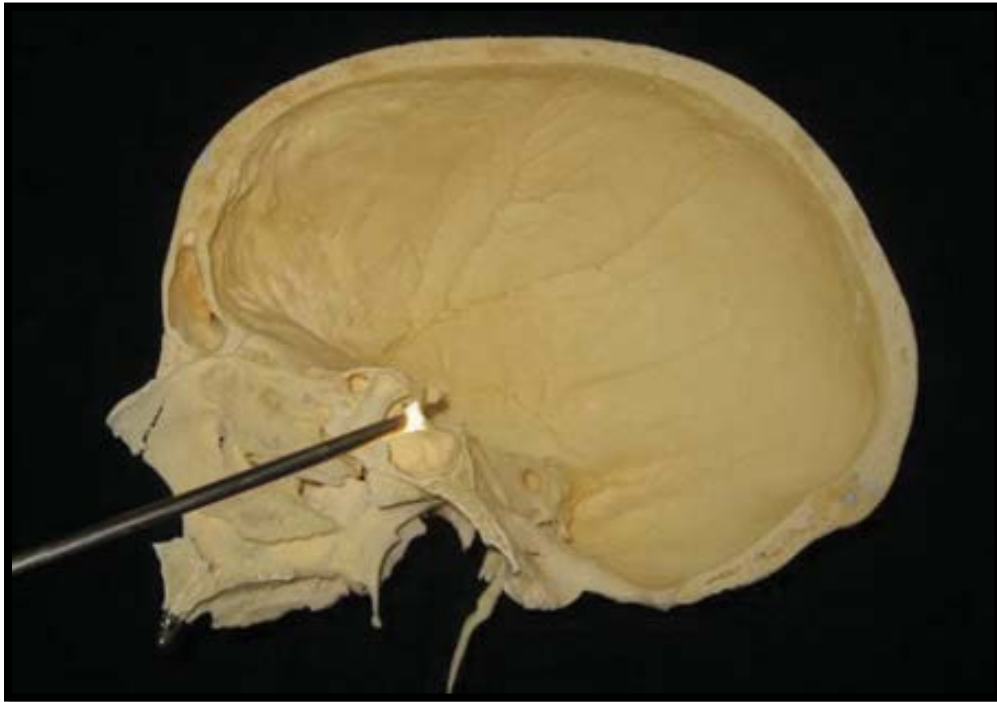


Figura 16: Abordaje endoscópico transesfenoidal  
Esquema del abordaje transesfenoidal endoscópico.<sup>17</sup>

El abordaje endoscópico permitía una mejor visión e iluminación de la región sellar y parasellar, permitiendo visualizar áreas hasta ese momento inaccesibles por otros abordajes. Todo ese progreso, junto con el la mejora constante de técnicas de imagen e instrumental específico y el desarrollo de sistemas de navegación y eco-doppler, ha permitido que el abordaje endoscópico sellar sea solo el inicio de la cirugía de base de cráneo. La cirugía endoscópica hipofisaria fue la precursora de la CEA.



## **Capítulo 4:**

---

### Historia del colgajo pericraneal



## Capítulo 4: Historia del colgajo pericraneal

La primera publicación en la que se denomina al pericráneo como “colgajo pericraneal” data de 1978, en la que Wolfe<sup>43</sup> describió una serie de tres casos, en los que el CP se utilizó como cobertura de injertos de hueso libre para reconstruir defectos del hueso frontal y área temporal. No describió ninguna complicación ni necrosis del colgajo.

Previamente a esta publicación, existen varias en las que se describe el uso de pericráneo como colgajo aleatorizado, junto con el resto de las capas del cuero cabelludo, para reconstrucciones tras cirugías craneofaciales, incluso en cirugías del seno frontal.<sup>44-47</sup>

En 1981 se publicó un trabajo<sup>48</sup> que analizó la ultraestructura del cuero cabelludo. En ese trabajo se describe el gran componente vascular de la capa externa del pericráneo, lo que facilitaría el uso del colgajo con un pedículo pequeño. También relata la presencia de abundantes fibroblastos y algún osteoblasto en la capa más interna, lo que podría ayudar en la regeneración ósea.

Ese mismo año se describió la primera reconstrucción de base de cráneo con CP. El grupo de Johns ME<sup>7</sup> describió una serie de casos de 4 pacientes con tumores rinosinuales con afectación de base de cráneo. Todos ellos fueron sometidos a una resección completa con un abordaje craneofacial externo. Los autores detallan el uso del CP pediculado anteriormente para la reconstrucción de la duramadre junto con un colgajo osteoplástico lateral.

Ulteriormente, se publicaron varios artículos donde se describían las virtudes del CP para la reconstrucción de la base de cráneo anterior.<sup>49-50</sup>

Sin embargo, fue de nuevo el grupo de Johns ME<sup>51</sup> quienes en 1988 publicaron la serie de casos más detallada y amplia, con 14 casos. En ella, los autores relatan con precisión la técnica de disección del CP y la posterior reconstrucción de base de cráneo anterior (Figura 17). Sugieren que un CP de 10-15 cm es suficiente para alcanzar las clinoides anteriores y mencionan una tasa de éxito del 95% del colgajo y una tasa libre de complicaciones del 90%. Los autores describen un caso de necrosis tardía del colgajo en un paciente que requirió radioterapia adyuvante tras la cirugía. Al mismo tiempo que la necrosis del colgajo, se produjo una importante afectación cutánea y necrosis simultánea de una porción de la duramadre y del lóbulo frontal. No obstante, no encontraron ningún caso de prolapso o herniación cerebral o de la duramadre.

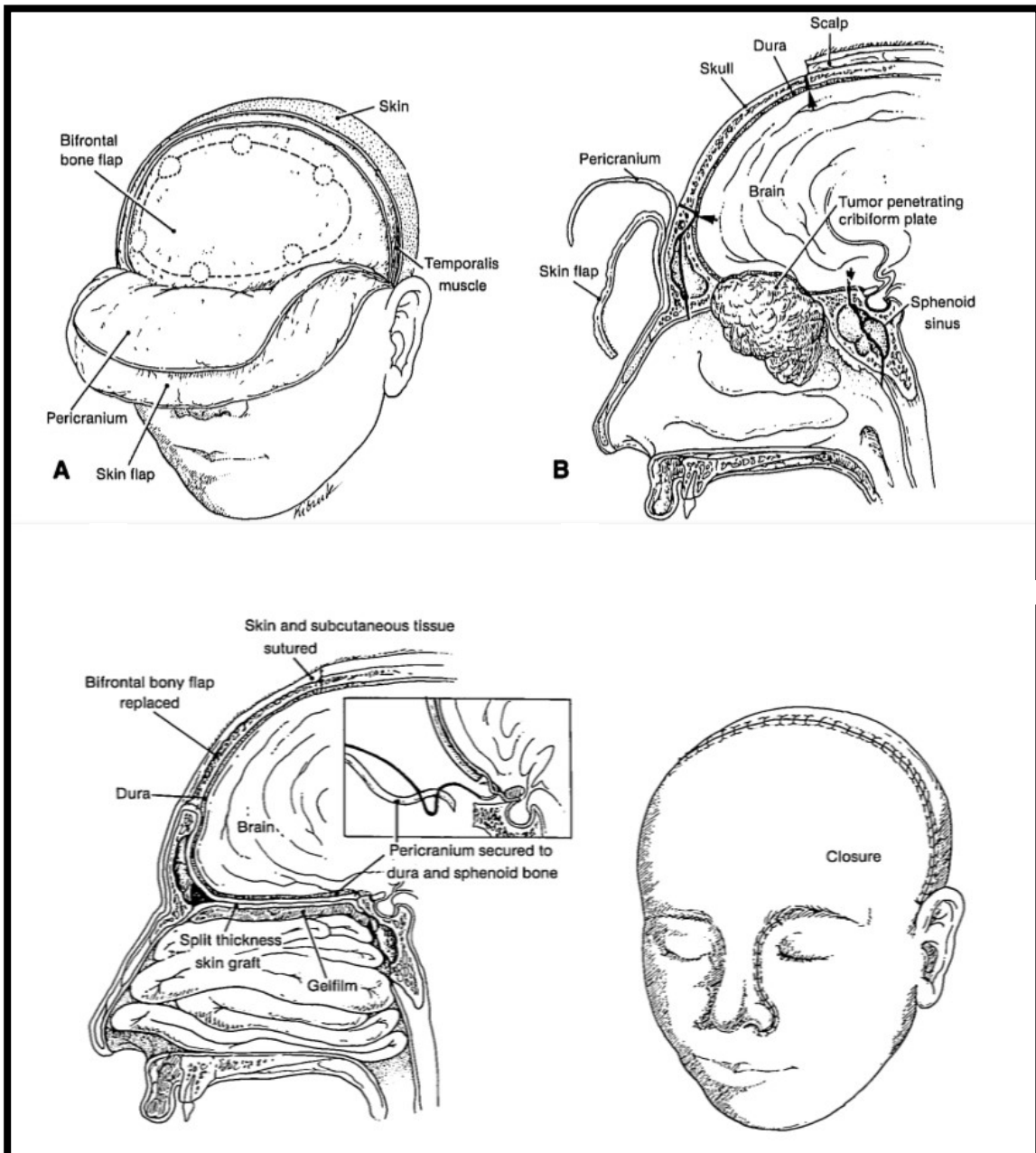


Figura 17: Reconstrucción abierta de base de cráneo con CP. Esquema de la elevación del colgajo pericraneal y las osteotomías para la reconstrucción de base de cráneo tras una exéresis tumoral.<sup>51</sup>

Argenta en 1985<sup>1</sup> publicó un estudio anatómico con cadáveres inyectados, donde realizaron una minuciosa descripción de la técnica quirúrgica y remarcaron la gran versatilidad y rica vascularización del colgajo. En ese trabajo también reunió los distintos usos relatados hasta la fecha del CP y

mostró una serie de 7 casos en los que utilizaron el CP para diversas reconstrucciones.

Tras las primeras descripciones del CP, y probablemente debido a sus propicias características<sup>1,2</sup>, el uso del CP ha sido ampliamente descrito en la literatura. Clásicamente, las indicaciones del CP han estado fundamentadas en reconstrucciones cráneo-faciales con abordajes externos. Su mayor utilidad está basada en la mencionada reconstrucción de base de cráneo tras resecciones cráneo faciales abiertas o traumatismos (Figura 18).<sup>7,49-62</sup>

	Pericranial flap not used (1)	Pericranial flap used (2)	This series
No. series	3	5	1
CSF fistula	16%	2%	0
Intracranial infection (early & late)	13%	5%	0
Mortality (all causes)	6%	2%	0

Figura 18: Tasa complicaciones colgajo pericraneal  
Análisis de las principales complicaciones (fístula LCR o infección SNC) entre aquellas series con reconstrucción de base de cráneo con CP o sin CP.<sup>63</sup>

El CP también ha sido largamente representado en la reconstrucción u obliteración del seno frontal tras traumatismos, resecciones tumorales,<sup>64-69</sup> rinosinusitis crónicas refractarias al tratamiento médico-quirúrgico habitual<sup>70</sup> o reconstrucciones orbitarias<sup>1,71-75</sup> y de defectos cutáneos o faciales (Figura 19).

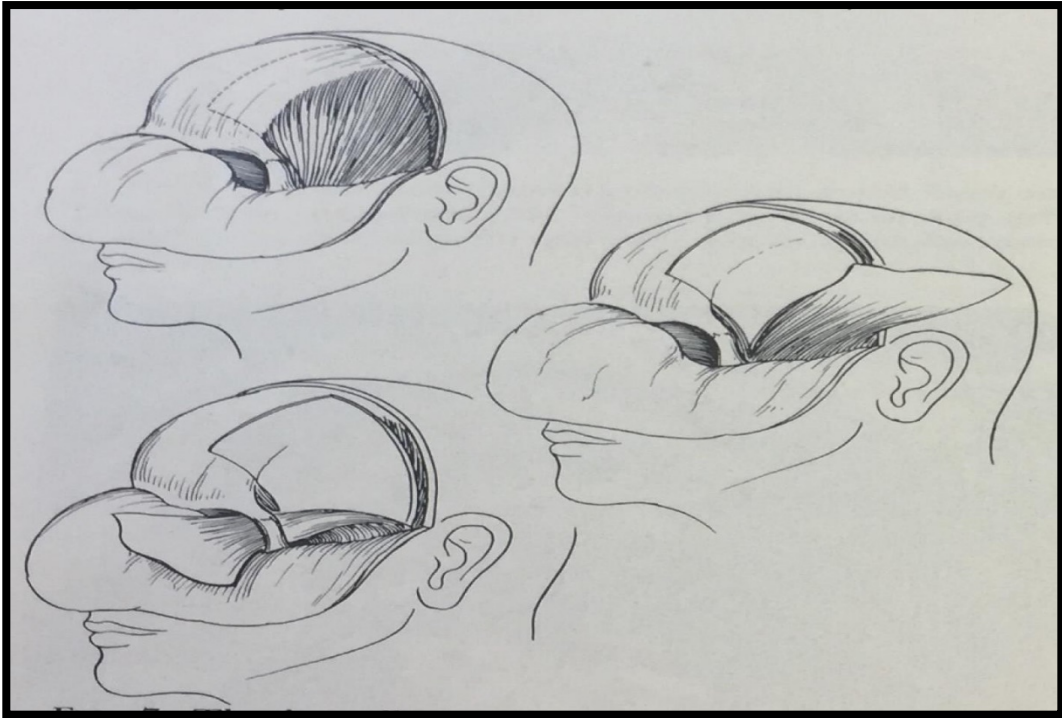


Figura 19: Colgajo pericraneal lateral. Ilustración que nos muestras un CP tunelizado reconstruyendo una fístula naso-cutánea.<sup>1</sup>

Al mismo tiempo, en la reconstrucción de defectos cutáneos el CP ha sido principalmente asociado a la reparación de defectos del cuello cabelludo<sup>76-79</sup> y a reconstrucciones faciales<sup>80-85</sup> (Figura 20).

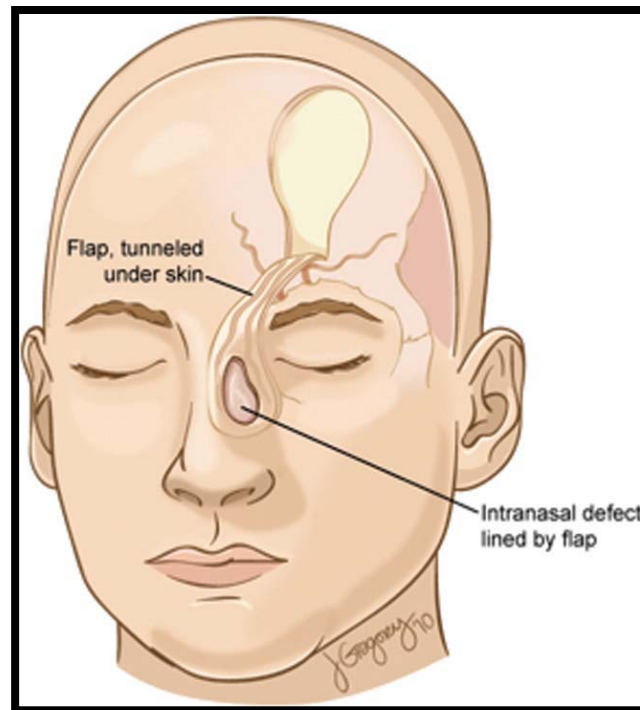


Figura 20: Reconstrucción cutánea con CP. Ilustración que muestra un CP reconstruyendo una fístula naso-cutánea.<sup>86</sup>

Debido al avance de la CENS en estas dos últimas décadas, el CP pasó de ser una de las principales opciones reconstructivas a estar desplazado por la cirugía endoscópica y las opciones reconstructivas endonasales, como el colgajo nasoseptal<sup>87</sup> o de pared lateral<sup>88,89</sup>. Sin embargo, el mismo desarrollo de la CENS abrió una puerta para el uso endoscópico del CP tanto en la reconstrucción septal como en la cirugía de base de cráneo.

#### 4.1. CP en la cirugía endoscópica de base de cráneo:

En 2009, Zanation et al.<sup>90</sup> describieron por primera vez el uso endoscópico del CP en la cavidad nasal para la reconstrucción de base de cráneo. Se realizó un análisis anatómico en cadáver y la presentación de un caso clínico de una paciente con un estesioblastoma. En este caso, se efectuó una disección endoscópica del CP con dos pequeñas incisiones a nivel coronal. El CP fue introducido en la cavidad nasal por medio de una osteotomía e incisión cutánea a nivel del nasion. Posteriormente, se perpetró la reconstrucción de base de cráneo anterior con el CP con visión y manejo endoscópico.

El mismo grupo continuando la técnica descrita,<sup>91</sup> presentaron una serie de 10 casos con tumores de base de cráneo con resección y reconstrucción endoscópica con CP unilateral. Tuvieron una tasa de éxito total sin encontrar complicaciones. Al mismo tiempo efectuaron un análisis radiológico en 8 pacientes en el que concluyeron que el CP presentaba un área y longitud suficiente para reconstruir endoscópicamente toda la base de cráneo ventral.

Recientemente se han publicado varios estudios en los que plantean variaciones a la técnica descrita por Zanation et al.<sup>90</sup> Engle y su grupo<sup>92</sup> plantearon un estudio en cadáver en el que añadían una isla de hueso craneal al extremo distal del CP para la reconstrucción de base de cráneo (Figura 21). Sin embargo, otras series describen que no es necesario la reconstrucción ósea.<sup>93</sup> Majer y colaboradores<sup>94</sup> presentaron una nota clínica en la que describieron el seno frontal como puerta a la cavidad nasal. García-Fernández en 2017<sup>95</sup> presentó una serie de 10 casos reconstruidos con CP exitosamente,

en los que realizó una disección endoscópica del CP con la incisión vertical en la glabella como única incisión para lograr la disección e introducción del CP en la cavidad nasal.

Existen publicaciones que ya incluyen la reconstrucción endoscópica de base de cráneo con CP como una de las primeras opciones en aquellos casos en no estén disponibles los colgajos endonasales pediculados.<sup>96-98</sup> Sin embargo, muy pocas series han analizado sus resultados, limitándose a relatar múltiples técnicas reconstructivas endoscópicas de base de cráneo en las que se incluyen un pequeño número de casos con CP.<sup>98,99</sup>

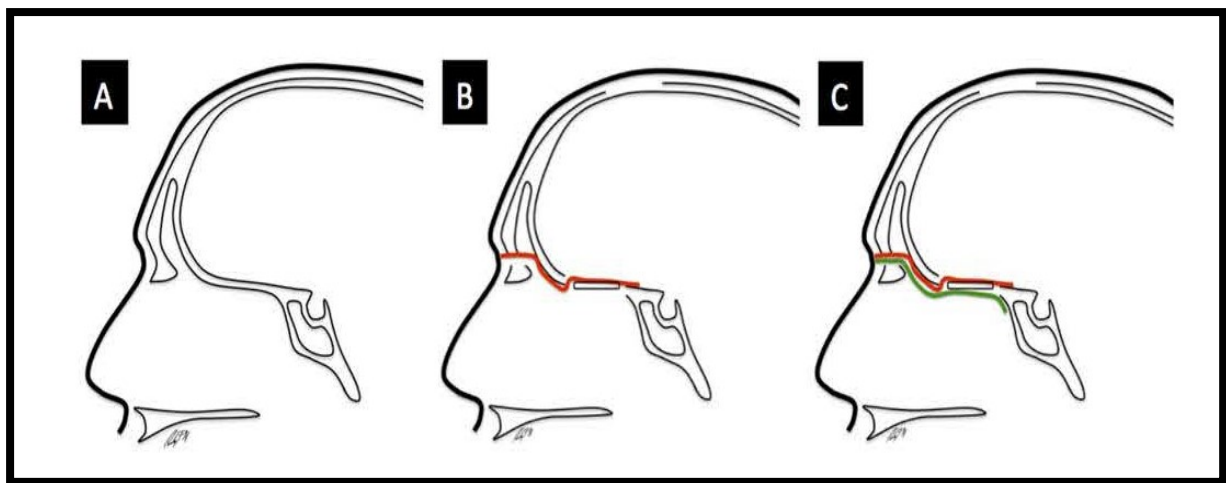


Figura 21: Reconstrucción endoscópica de base de cráneo con CP.  
Reconstrucción de base de cráneo con CP y porción de hueso craneal.<sup>92</sup>



## 4.2 CP en la cirugía endoscópica de reconstrucción nasal:

Las perforaciones septales presentan una prevalencia del 0,9-2,5% de la población general.<sup>100,101</sup> Las cirugías, procesos inflamatorios o infecciosos, traumatismos y el uso drogas por vía nasal representan sus principales causas.<sup>102,103</sup> Su tratamiento quirúrgico está indicado en aquellas perforaciones sintomáticas pese al tratamiento conservador.<sup>104</sup> Paloma y colaboradores,<sup>105</sup> pioneros en la reconstrucción septal de CP, presentaron un caso clínico donde se reconstruyó una perforación septal cartilaginosa con un abordaje de rinoplastia abierta (Figura 22). Los autores realizaron una descripción detallada de la técnica quirúrgica, pero no estudiaron las consecuencias o la posibilidad de aplicar esta técnica en otros pacientes. Posteriormente, Keleş y colaboradores<sup>106</sup> modificaron la técnica mencionada anteriormente al añadir injertos óseos de hueso craneal entre las dos capas de CP, sin embargo esta técnica solo fue realizada en cadáver. Recientemente, Williams y colaboradores<sup>107</sup> describieron el uso de la fluoresceína intraoperatoria para el estudio de la irrigación del colgajo durante la cirugía, y usaron el CP para la reparación de una perforación septal de tamaño medio (1,7 x 1,7 cm). En todos de estos casos, se realizaron abordajes externos para el manejo y colocación del CP y en ninguno se realizó reconstrucción de una perforación septal total.

En conclusión, hasta nuestro conocimiento no existen ningún estudio en la literatura que describa el uso endoscópico de la CP en la reconstrucción nasal o septal.

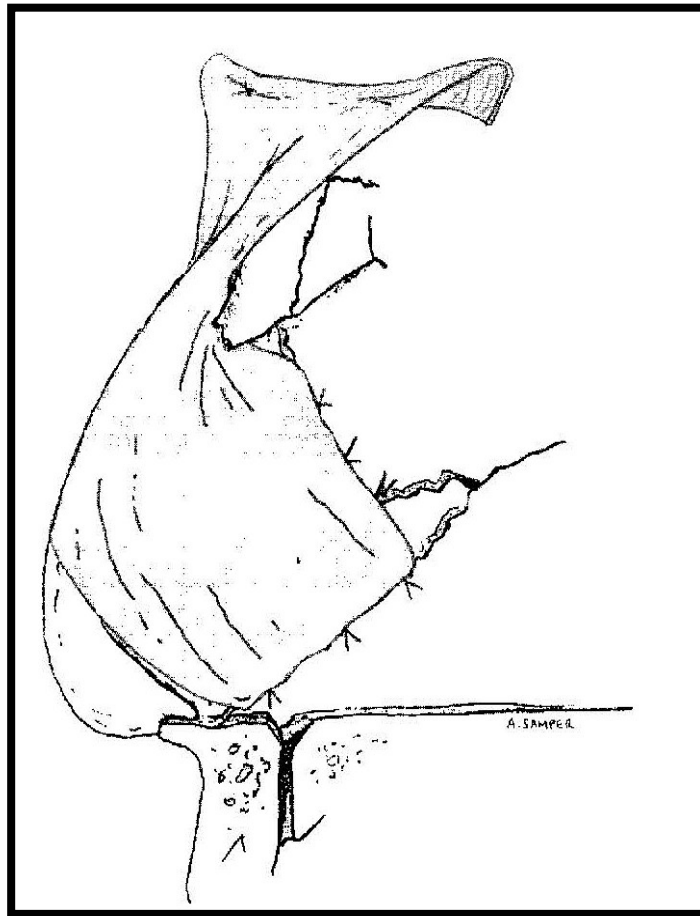


Figura 22: Reconstrucción septal con CP.  
Reconstrucción septal con CP y rinoplastia abierta. <sup>105</sup>



## **2. Hipótesis y objetivos**

---



## Hipótesis general

El manejo endoscópico del colgajo pericraneal es una técnica viable y útil en la reconstrucción de la base de cráneo y de la totalidad del septum nasal.

## Hipótesis específicas

- Primer estudio: Colgajo pericraneal y base de cráneo

El colgajo pericraneal tiene un tamaño y características que permiten la reconstrucción endoscópica completa de la *base de cráneo*.

- Segundo estudio: Colgajo pericraneal y septum nasal

El colgajo pericraneal tiene un tamaño y características que permiten la reconstrucción endoscópica completa del *septum nasal*.

## Objetivos generales

Estudiar las características anatómicas, radiológicas y clínicas del colgajo pericraneal en la reconstrucción de base de cráneo y del septum nasal.

## Objetivos específicos

- Primer estudio: Colgajo pericraneal y base de cráneo

Estudio anatómico: Analizar las características del CP y la viabilidad de las técnicas de reconstrucción endoscópica de los distintos abordajes de base de cráneo.

Estudio radiológico: Planificación preoperatoria y estandarización del tamaño del CP según los distintos abordajes requeridos en las cirugías endoscópicas extendidas de base de cráneo.

Estudio clínico: Estudio de su aplicación en pacientes reales y resultados de su uso.

- Segundo estudio: Colgajo pericraneal y septum nasal

Estudio anatómico: Analizar las características del CP y la viabilidad de la reconstrucción endoscópica de la totalidad del septum nasal. Al mismo tiempo, estudiar la irrigación sanguínea del CP.

Estudio radiológico: Planificación preoperatoria de la reconstrucción del septum nasal. Estandarizar el tamaño del CP para las reparaciones septales.

Estudio clínico: Estudio de su aplicación en pacientes reales y resultados de su uso.





### **3. Trabajos experimentales**

---



**Primer estudio:**

---

**Reconstrucción endoscópica de la base de cráneo con colgajo pericraneal**

Santamaría A, Langdon C, López-Chacon M, Cordero A, Enseñat J, Carrau R, Bernal-Sprekelsen M, Alobid I. Radio-anatomical analysis of the pericranial flap "money box approach" for ventral skull base reconstruction Laryngoscope. 2017 Nov;127(11):2482-2489

*The Laryngoscope*  
© 2017 The American Laryngological,  
Rhinological and Otological Society, Inc.

## Radio-Anatomical Analysis of the Pericranial Flap “Money Box Approach” for Ventral Skull Base Reconstruction

Alfonso Santamaría, MD; Cristóbal Langdon, MD; Mauricio López-Chacon, MD;  
Arturo Cordero, MD; Joaquim Enseñat, MD, PhD; Ricardo Carrau, MD, PhD;  
Manuel Bernal-Sprekelsen, MD, PhD; Isam Alobid, MD, PhD

**Objectives/Hypothesis:** To evaluate the versatility of the pericranial flap (PCF) to reconstruct the ventral skull base, using the frontal sinus as a gate for its passage into the sinonasal corridor “money box approach.”

**Study Design:** Anatomic-radiological study and case series.

**Methods:** Various approaches and their respective defects (cribriform, transtuberculum, clival, and craniovertebral junction) were completed in 10 injected specimens. The PCF was introduced into the nose through the uppermost portion of the frontal sinus (money box approach). Computed tomography (CT) scans ( $n = 50$ ) were used to measure the dimensions of the PCF and the skull base defects. The vertical projection of the external ear canal was used as the reference point to standardize the incisions for the PCF.

**Results:** The surface area and maximum length of the PCF were  $121.5 \pm 19.4 \text{ cm}^2$  and  $18.3 \pm 1.3 \text{ cm}$ , respectively. Using CT scans, we determined that to reconstruct defects secondary to transcribriform, transtuberculum, clival, and craniovertebral approaches, the PCF distal incision must be placed respectively at  $-3.7 \pm 2.0 \text{ cm}$  (angle  $-17.4 \pm 8.5^\circ$ ),  $-0.2 \pm 2.0 \text{ cm}$  (angle  $-1.0 \pm 9.3^\circ$ ),  $+5.5 \pm 2.3 \text{ cm}$  (angle  $+24.4 \pm 9.7^\circ$ ),  $+8.4 \pm 2.4 \text{ cm}$  (angle  $+36.6 \pm 11.5^\circ$ ), as related to the reference point. Skull base defects in our clinical cohort ( $n = 6$ ) were completely reconstructed uneventfully with the PCF.

**Conclusions:** The PCF renders enough surface area to reconstruct all possible defects in the ventral and median skull base. Using the uppermost frontal sinus as a gateway into the nose (money box approach) is feasible and simple.

**Key Words:** Cerebrospinal fluid leak, dural defect, endoscopic endonasal skull base surgery, pedicled flap, pericranial flap, skull base reconstruction.

**Level of Evidence:** NA

*Laryngoscope*, 00:000–000, 2017

### INTRODUCTION

The introduction of vascularized flaps for skull base reconstruction after expanded endonasal approaches (EEA) has reduced the incidence of postoperative cerebrospinal fluid (CSF) leaks to less than 5%.<sup>1</sup> Meanwhile, most surgeons consider that reconstruction of the skull base bone is not necessary for the vast majority of patients.<sup>2,3</sup>

The pedicled nasoseptal flap and lateral nasal wall flaps are considered to be the workhorses for the

reconstruction of the majority of large skull base defects.<sup>3–6</sup> However, intranasal vascularized flaps are not always available, either because of tumor involvement, or due to previous resection of the nasal septum and nasal wall compromising the flap paddle or its vascular supply. The pedicled pericranial flap (PCF) has been proposed as an alternative option for skull base reconstruction.<sup>5,7</sup>

The PCF was first described in 1978<sup>8</sup> and has been adopted for different surgical applications because of its excellent vascularity and sturdiness.<sup>9–12</sup> It is mainly supplied by the supraorbital (SO) arteries and could also be supplemented by the supratrochlear (ST) arteries.<sup>13</sup>

Zanation et al.<sup>14</sup> reported the endoscopic harvesting and application of a PCF. The authors observed minimal adverse effect on cosmetic appearance, as well as a superior visualization, which helped avoid torsion of the pedicle. Subsequently, Patel et al.<sup>7</sup> proposed unilateral, endoscopically assisted harvesting and placement, transposing the PCF into the nasal cavity through a small nasionectomy. In their study, frontal sinus patency was preserved in all cases, and all flaps covered the entire skull base defect.

The main objective of this study was to present an anatomic and radiological description of various modifications and indications of the PCF, and show a small case series using the PCF to repair large skull base defects in

From the Rhinology and Skull Base Unit, Department of Otorhinolaryngology (A.S., C.L., M.L.-C., A.C., M.B.-S., I.A.), Hospital Clinic, University of Barcelona, Barcelona, Spain; Department of Neurosurgery (J.E.), Hospital Clinic, University of Barcelona, Barcelona, Spain; Department of Otolaryngology–Head and Surgery (R.C.), The Ohio State University Wexner Medical Center, Columbus, Ohio, U.S.A.; August Pi i Sunyer Biomedical Research Institute (A.S., C.L., M.L.-C., M.B.-S., I.A.), Barcelona, Spain; Biomedical Research Networking Center on Respiratory Diseases (A.S., C.L., M.L.-C., M.B.-S., I.A.), Madrid, Spain.

Editor's Note: This Manuscript was accepted for publication February 9, 2017.

The authors have no other funding, financial relationships, or conflicts of interest to disclose.

This work was supported by a research project from Olympus (Hamburg, Germany) and Storz (Tuttingen, Germany) companies by offering instruments and equipment to perform the dissection approaches.

Send correspondence to Isam Alobid, MD, Rhinology and Skull Base Unit, Department of Otorhinolaryngology, Hospital Clinic, Barcelona, c/Villarreal 170, 08036 Barcelona, Spain. E-mail: isamalobid@gmail.com

DOI: 10.1002/lary.26574

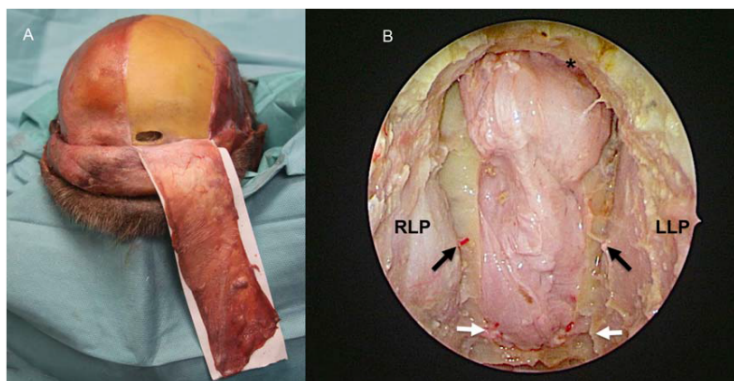


Fig. 1. (A) Osteotomy in the uppermost portion of the frontal sinus in the cadaveric specimen. (B) Total anterior skull base (cribriform plate) underlay reconstruction with a PCF in the cadaveric specimen. \*Frontal sinus. Black arrows: anterior ethmoidal artery. White arrows: posterior ethmoidal artery. LLP = left lamina papyracea; PCF = pericranial flap; RLP = right lamina papyracea. [Color figure can be viewed in the online issue, which is available at [www.laryngoscope.com](http://www.laryngoscope.com).]

patients with limited reconstructive options. A prior clinical note advocated the use of the frontal sinus as a gate for the PCF, called the “mailbox slot technique.”<sup>15</sup> However, our study, using the uppermost frontal sinus as a gateway (“money box approach”) strives to offer insights regarding radio-anatomical characteristics of the PCF in addition to presenting outcomes in a small series of patients.

## MATERIALS AND METHODS

The study comprises three parts: an anatomical study based on cadaver dissections, a computed tomography (CT) scan analysis, and a small case series of patients with skull base tumors.

### Anatomical Study

Injected fresh adult cadaveric specimens ( $n = 10$ ; seven males) were dissected at the Barcelona Skull Base Laboratory. The introduction of the PCF into the nasal cavity and the reconstruction of the skull base were performed as follows. Draf type III (endoscopic Lothrop) including the removal of the interfrontal septum, superior part of the nasal septum, and frontal sinus floor, was performed using a 45° endoscope (4 mm, 18 cm; Storz, Tuttlingen, Germany).<sup>16</sup> A coronal incision at the vertex of the scalp, extending laterally to the level of the root of the helices, was carried to a depth between the galea and the loose areolar tissue of the scalp to identify the dissection plane. Careful dissection was undertaken to ensure that the PCF was not divided, especially if an extended length of the flap was needed.<sup>17</sup> In addition, it has been highly recommended to avoid dissecting the first centimeter above the orbital rim to prevent injury to the neurovascular pedicles.<sup>13</sup> Then, the periosteum was incised according to the extension required for the various skull base defects. Laterally, it was incised along the temporal lines, and medially it was incised by midline, thus using only half of the available frontal pericranium (unilateral PCF). PCF was elevated proximally to approximately 1 cm above the supraorbital rims to avoid damaging the deep branches of the SO and ST arteries.<sup>13</sup> Sinus transillumination helped to identify the upper margin of the frontal sinus. Then, the anterior plate over the upper portion of the frontal sinus was drilled to open a window 30 mm wide and 10 mm high (Fig. 1A). Under endoscopic visualization (Olympus Europe, Hamburg, Germany), the PCF was transposed through the frontal osteotomy along the posterior wall of the frontal sinus into the nose. Finally, the skull base

defect was reconstructed in an underlay fashion (Fig. 1B). Length and surface area of the PCF, as well as the distances from midline and the ST and SO arteries, were measured in each specimen. The midline at the level of the orbital rim is a clear anatomic landmark that is easy to locate during surgery. It facilitates the identification of vessels and nerves and consequently avoids damaging them during the dissection of the PCF.

### Radiological Study

The aim of the radiological study was to ensure that the potential donor area of the PCF was adequate to reconstruct the skull base. The institutional review board approved this study. Fifty deidentified, adult CT angiographies (over 18 years of age), without any previous sinus or skull base pathology, were analyzed. These CT angiographies had been obtained for intracranial pathology (i.e., stroke) in a cohort of patients with a mean age of  $71.1 \pm 12.6$  (41–90) years; 52% were women. To investigate the potential effect of age on the outcome, the sample was divided into three groups: younger than 60 years old, 61 to 70 years old, and older than 70 years.

The radiological study used high-resolution craniofacial CT scans (0.6-mm slices) with multiplanar reconstruction. We estimated the size of the PCF needed to reconstruct skull base defects starting from the upper portion of frontal sinus to planum sphenoidale (e.g., after an extended transcribriform resection) to the posterior sella (trans-sellar resection), and trans-clival resections and approaches reaching the craniocervical junction.

Potential lengths and surface areas of the PCF and corresponding skull base defects were measured using an open source Digital Imaging and Communications in Medicine viewer (Osirix; Pixmeo, Bernex, Switzerland) (Table I) (Fig. 2A). First, the distance between the orbital rim and the uppermost portion of the anterior wall of the frontal sinus at the midpoint of the sagittal plane was calculated. Second, the length of the posterior wall of the frontal sinus was measured. Taking into account the potential contraction upon healing, 30% was added to each measurement for the final length. This overestimation ensured complete closure of the defects of the skull base.

The posterior wall of the external ear canal (EEC) was used as the reference point to measure the length and angles needed to reconstruct the skull base (Fig. 2A). It is essential to collect the data before the periosteum incision to calculate the size and dimension of the PCF needed to reconstruct the skull defect and the place where the incision should be made.



TABLE I.  
Summary of Measurements and Landmarks Related to the Skull Base and Pericranial Flap (n = 50).

Measurements and Landmarks	Abbreviations	Figure No.
Orbital rim and the uppermost portion of the anterior wall of frontal sinus	ORRF	2A
Length of the posterior wall of the frontal sinus	LPF	2A
Posterior wall portion of frontal sinus to anterior wall of sphenoid sinus	AD	2A
Anterior wall of sphenoid sinus to posterior clinoid process	TD	2A
Posterior clinoid process to posteroinferior portion of clivus	CD	2A
Posteroinferior portion of clivus to anteroinferior portion of atlas	CVD	2A
Orbital rim to the vertical projection of the posterior wall of the ear canal on the skull	LPCF	2A
Length of the PCF to reconstruct a defect of a transcribriform approach	$(ORRF + LPF + AD) * 30\% = \text{TCrIA}$	—
Length of the PCF to reconstruct a defect of a transtuberulum approach	$(ORRF + LPF + AD + TD) * 30\% = \text{TTA}$	—
Length of the PCF to reconstruct a defect of a clival approach	$(ORRF + LPF + AD + TD + CD) * 30\% = \text{CA}$	—
Length of the PCF to reconstruct a defect of a craniovertebral junction approach	$(ORRF + LPF + AD + TD + CD + \text{CVD}) * 30\% = \text{CVA}$	—

All measurements were taken from the midpoint of the sagittal plane. It was assumed that the PCF needed to be one-third (30%) larger to complete healing with potential side effects of a scar contracture.

AD – anterior skull base defect; CA – clival approach; CD – clival defect; CVA – craniovertebral junction approach; CVD – craniovertebral junction defect; LPCF – length of pericranial flap; LPF – length of the posterior wall of frontal sinus; PCF – pericranial flap; ORRF – orbital rim to the roof of the frontal sinus; TD – tuberculum defect; TCrIA – transcribriform approach; TTA – transtuberulum approach.

### Case Series Study

The ethics committee of our institution approved the study, and all patients gave their signed informed consent (No: CEIC-2011-6599). A cohort of six consecutive patients with sino-nasal tumors involving the skull base underwent EEA requiring reconstruction of the skull base with a PCF.

### Statistical Analysis

All standard deviations and 95% confidence intervals were calculated using MATLAB (version 2015a; MathWorks, Natick, MA), after checking the normality assumption of the variables with the Jarque-Bera test. Wilcoxon rank sum test probes the null hypothesis that male and female data are samples from continuous distributions with equal medians, against the alternative that they are not. The test assumes that the two samples are independent and equivalent to a Mann-Whitney *U* test. The differences between the cohorts were also tested with the same method. A *P* value of less than .05 was considered statistically significant.

## RESULTS

### Anatomical Study

PCF dissection and reconstruction were performed by the same surgeons (A.S. and C.L.). The PCF afforded sufficient area to cover all the defects of the skull base (Fig. 1B). Surface area and length of the unilateral PCF was  $121.5 \pm 19.4 \text{ cm}^2$  and  $18.3 \pm 1.3 \text{ cm}$ , respectively, without significant differences between men and women.

### Radiological Study

Dimensions of the skull base defects as well as the length and the surface area of the PCF are summarized in Table II. Distances and angles required to design the appropriate PCF dimensions to match the various skull base defects are summarized in Table III. All measurements were significantly higher in men than women (Tables II and III) except for 1) the distance from the orbital rim to the roof of the frontal sinus, 2) the length of cribriform plate, and 3) the distance from the orbital rim to the vertical projection of the posterior wall of the ear canal on the skull.

These measurements showed no significant differences between the age groups.

To simplify all measurements and formulate practical recommendations amenable to daily practice, we used the vertical projection of the EEC on the skull as the reference point of the sagittal view (Fig. 2A). The mean distance from this point to orbital rim was  $15.0 \pm 0.9 \text{ cm}$  (Table II). The plus (+) and minus (–) signs indicate the two possible directions of measurement: The minus sign (–) runs from the reference point to the orbital rim, and the plus sign (+) runs from the reference point to the occiput.

Measurements obtained during the CT scan study demonstrated an average distance from the orbital rim to the roof of the frontal sinus of  $1.7 \pm 0.7 \text{ cm}$ , to the posterior wall of frontal sinus of  $3.0 \pm 0.6 \text{ cm}$ , and an average length of the cribriform plate of  $4.1 \pm 0.4 \text{ cm}$ .

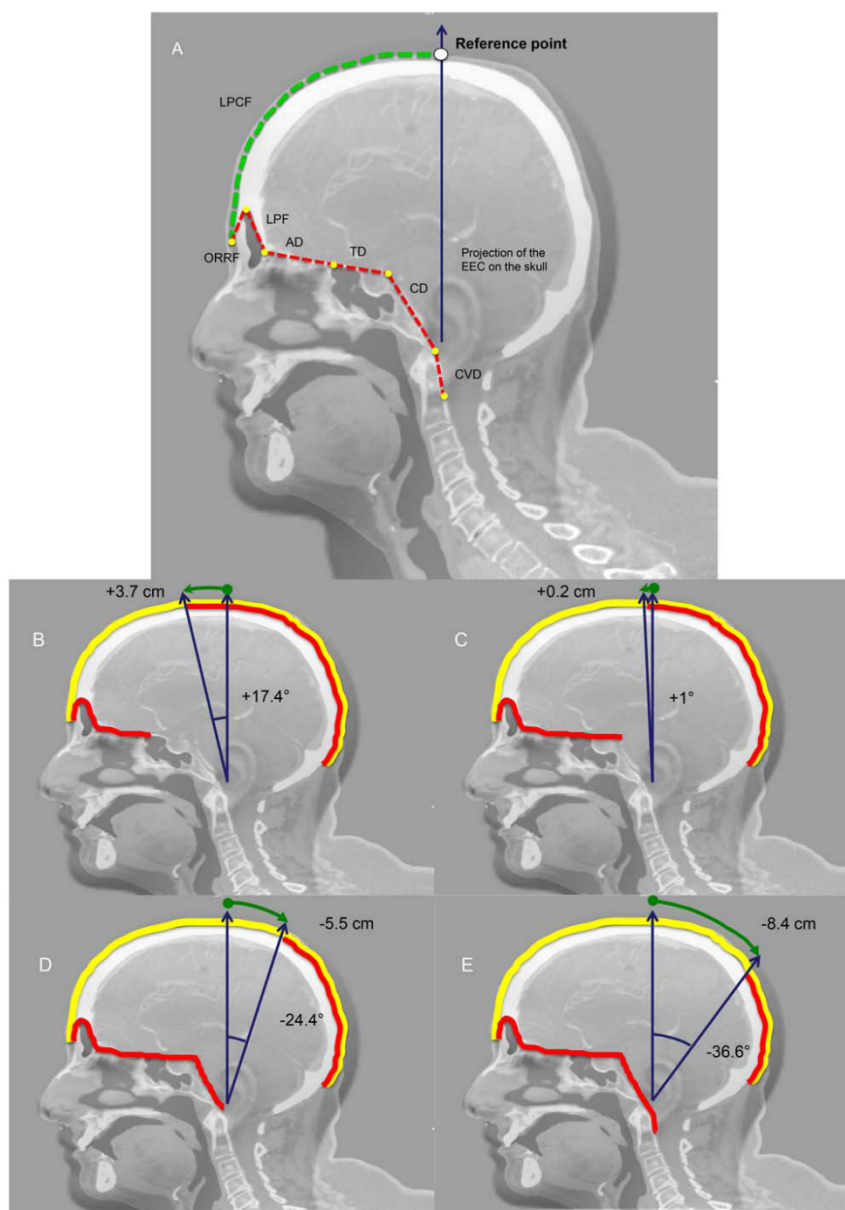


Fig. 2. (A) Measurements performed in the computed tomography scan study in the midline of the sagittal plane. (B–E) Yellow line: skin. Red line: pericranial flap. Green line: the distance from the reference point to the limit of the flap needed to reconstruct the different approaches. Blue line: the angle from the reference point to the limit of the flap needed to reconstruct the different approaches. (B) Transcribriform approach. (C) Transtuberculum approach. (D) Clival approach. (E) Craniovertebral junction approach. AD = anterior skull base defect; CD = clival defect; CVD = craniovertebral junction defect; EEC = external ear canal; LPCF = length of pericranial flap; LPF = length of the posterior wall of frontal sinus; ORRF = orbital rim to the roof of the frontal sinus; TD = tuberculum defect.

Consequently, the PCF length required for the reconstruction of a transcribriform approach defect can be calculated as the distance between the starting point of the flap, at the level of the orbital rim (at the midpoint of the sagittal plane), to the anterior wall of sphenoid sinus, plus 30% considering potential retraction after scarring. The mean distance was  $11.3 \pm 1.9$  cm. Based on these measurements, the distal incision of the PCF should preferably be performed at  $-3.7 \pm 2.0$  cm (angle  $-17.4 \pm 8.5^\circ$ ) from the vertical projection of the EEC on the skull (Fig. 2B).

The mean distance from the anterior wall of sphenoid sinus to the posterior clinoid process (transtuberculum-transplanum approach) was  $2.7 \pm 0.4$  cm; consequently, the mean PCF length needed was  $14.8 \pm 1.9$  cm. The distal PCF incision needed be placed at  $-0.2 \pm 2.0$  cm (angle  $-1.0 \pm 9.3^\circ$ ) to the vertical projection of the EEC on the skull (Fig. 2C).

The mean distance from the posterior clinoid process to the posteroinferior portion of clivus (clival approach) was  $4.3 \pm 0.4$  cm, and the length of the PCF to reconstruct the maximum defect was  $20.5 \pm 2.2$  cm.



TABLE II.  
Computed Tomography Scan Results of the Measurements  
and Landmarks Related to the Skull Base and Pericranial  
Flap (n = 50).

Measurements and Landmarks	Mean $\pm$ SD (cm)		95% CI
ORRF	1.7 $\pm$ 0.7	M	1.9 $\pm$ 0.8
		F	1.5 $\pm$ 0.6
LPF	3.0 $\pm$ 0.6	M	3.1 $\pm$ 0.7*
		F	2.8 $\pm$ 0.5
AD	4.1 $\pm$ 0.4	M	4.2 $\pm$ 0.4
		F	3.9 $\pm$ 0.4
TD	2.7 $\pm$ 0.4	M	2.8 $\pm$ 0.4*
		F	2.6 $\pm$ 0.3
CD	4.3 $\pm$ 0.4	M	4.5 $\pm$ 0.5*
		F	4.2 $\pm$ 0.3
CVD	2.2 $\pm$ 0.3	M	2.3 $\pm$ 0.3*
		F	2.1 $\pm$ 0.2
LPCF	15.0 $\pm$ 0.9	M	15.2 $\pm$ 0.9
		F	14.8 $\pm$ 1.0
TCrIA	11.3 $\pm$ 1.9	M	12.0 $\pm$ 2.0*
		F	10.7 $\pm$ 1.6
TTA	14.8 $\pm$ 1.9	M	15.7 $\pm$ 2.0*
		F	14.0 $\pm$ 1.5
CA	20.5 $\pm$ 2.2	M	21.6 $\pm$ 2.3*
		F	19.4 $\pm$ 1.5
CVA	23.3 $\pm$ 2.3	M	24.5 $\pm$ 2.4*
		F	22.2 $\pm$ 1.6

All measurements were taken from the midpoint of the sagittal plane.  
\*There are significant differences between males and females.  
AD – anterior skull base defect; CA – clival approach; CD – clival defect; CI – confidence interval; CVA – craniovertebral junction approach; CVD – craniovertebral junction defect; F – female; LPCF – length of pericranial flap; LPF – length of the posterior wall of frontal sinus; M – male; ORRF – orbital rim to the roof of the frontal sinus; SD – standard deviation; TCrIA – transcribriform approach; TD – tuberculum defect; TTA – transutuberculum approach.

Therefore, the distance needed to the projection of the EEC was  $+5.5 \pm 2.3$  cm (angle  $+24.4 \pm 9.7^\circ$ ) (Fig. 2D).

Finally, the mean distance from the posteroinferior portion of the clivus to the anteroinferior portion of the atlas (craniovertebral approach) was  $2.2 \pm 0.3$  cm. Thus, the total length of PCF for reconstructing this maximum defect was  $23.3 \pm 2.3$  cm. Here, the distance to the projection of the EEC was  $+8.4 \pm 2.4$  cm (angle  $+36.6 \pm 11.5^\circ$ ) (Fig. 2E).

### Case Series Study

Six adult patients (4 women, 2 men) were enrolled (mean age =  $54.5 \pm 20.0$ /range = 38–75) (Table IV). Five patients had no intranasal vascularized reconstructive options because of tumor extension. In the other patient, nasal septum involvement was suspected; however, the postoperative analysis showed a schwannoma of the olfactory groove not involving the septum. In all patients, a complete resection of the tumor was achieved, and the reconstruction of skull base defect was

performed with a PCF (Fig. 3). Four patients underwent postoperative radiotherapy.

A standard coronal incision was used to harvest the PCF. A 2-mm beveled frontal osteotomy through the external aspect of the frontal bone (money box approach) was performed. This osteotomy became wider in the inner face of the frontal bone. The PCF was also marked by two suture threads (right and left) to introduce it through the osteotomy under external and endoscopic control. This narrow osteotomy seems to avoid a cosmetic defect. However, some judgment is required, and if the surgeon suspects the possible impingement of the flap, the osteotomy should be widened accordingly. The height of the frontal sinus in the sagittal plane was  $2.5 \pm 0.8$  (rang = 1.1–3.7 cm), and the money box approach was performed in the uppermost portion of the anterior frontal wall. This procedure was carried out by transillumination through the nasal cavity. The mean distance between the frontal sinus osteotomy and the orbital rim (floor of the sinus) was  $1.7 \pm 0.7$  (rang = 0.5–3.3 cm). Therefore, there is no standardized distance for the money box, and each case should be analyzed individually depending on the sinus pneumatization.

The entire mucosa of the posterior wall frontal sinus was removed through endoscopic approach (Draf III). In patients with lateral recess of large frontal sinus, a combined endoscopic and external removal of the mucosa was performed by means of frontal osteotomy. Therefore, when the PCF is introduced through the uppermost portion of the frontal sinus it adheres to the sinus posterior wall. This technique accelerates tissue healing and avoids mucocele formation.

CT measurements matched with the measurements during surgery. In our cohort, the reference point was used to perform the preoperative radiological measurements of the PCF according to the intended approach. The PCF dissection was based on preoperative measurements in each patient. In all cases, the PCF was sufficient for the total reconstruction of the defect (Table IV).

All of our patients required resection of the dura. A multilayer technique with a fascia lata inlay between the brain and the dura was used, and then we placed the flap between the bone and the dura. The pedicle of the flap comes from the anterior direction and covers the posterior wall of the frontal sinus. At this point, the underlay flap was introduced to reconstruct the whole defect. The PCF was positioned with the periosteal surface facing the nasal cavity, and was bolstered in place with absorbable hemostatic material and expandable packing sponges. These were removed three days postoperatively. A wound suction drain was employed at the donor site, followed by meticulous closure and light scalp dressing to prevent subcutaneous hematoma. The drain was removed 2 days postoperatively.

In addition, the patient was placed on bed rest with the head of the bed elevated approximately  $15^\circ$  to  $30^\circ$  for 3 days. Patients were advised not to blow their nose, and to sneeze with the mouth open during the immediate postoperative phase. Stool softeners were prescribed to decrease abdominal straining, and systemic cephalosporins

TABLE III.  
Results of the Measurements and Landmarks Related to the Reconstruction of the Defects of the Different Approaches of the Skull Base With a Pericranial Flap (n = 50).

Measurements and Landmarks	Mean ± SD	95% CI
Transcribiform approach	-17.4 ± 8.5°	M
		F
	-3.7 ± 2.0 cm	M
		F
Transtuberculum approach	-1.0 ± 9.3°	M
		F
	-0.2 ± 2.0 cm	M
		F
Clival approach	+24.4 ± 9.7°	M
		F
	+5.5 ± 2.3 cm	M
		F
Craniovertebral junction approach	+36.6 ± 11.5°	M
		F
	+8.4 ± 2.4 cm	M
		F

All measurements were taken from the midpoint of the sagittal plane.

The minus sign (-) indicates the direction of the measurement from the reference point to the orbital rim, smaller than the reference point. The plus sign (+) indicates the direction of the measurement from the reference point to the occiput, longer than the reference point.

\*There are significant differences between males and females.

CI – confidence interval; F – female; M – male; SD – standard deviation.

were given during the first 7 postoperative days. No lumbar drainage was used in any case.

All patients were discharged after 5 to 7 days. No CSF leaks, necrosis of the PCF, facial nerve dysfunction, esthetic deformity, frontal mucocoeles, or sinusitis due to blocked drainage of the sinuses were encountered at a mean follow-up of 10 months (range = 6–20 months).

## DISCUSSION

In this radio-anatomical cadaveric study, we present a novel technique to tailor and introduce the PCF through the uppermost frontal sinus, which we have called the money box approach. The study presents an assessment of those measurements needed to allow a

precise planning of the dimensions of the PCF. Following the measurements and having proven the feasibility of the surgical technique, a short case-series of six patients subsequently underwent EEA with a successful reconstruction using the PCF via money box technique.

The introduction of the PCF in the uppermost portion of the frontal sinus, avoids the dissection of the area of supraorbital and supratrochlear arteries. This reduces the risk of damaging the pedicle during dissection. Moreover, when introduced at this point, the PCF is attached to the posterior wall of the frontal sinus and remains attached to the bone at the level of the anterior skull base until the entire defect is covered. This favors its adhesion to the bone and hinders the detachment of the flap. After reconstruction, as the flap covered the posterior

TABLE IV.  
Characteristics of the Cohort of Patients (n = 6).

No.	Age (y)/ Gender	Pathology	Approach	Radiotherapy	Follow-up (mo)	Length of the PCF (cm)	Distal Limit of the PCF
1	66/M	Adenocarcinoma of intestinal type	Transtuberculum + transcribiform	Postoperative	20	13.1 cm	-2.0 cm (-5.9°)
2	49/F	Esthesioneuroblastoma	Transcribiform	Postoperative	10	10.8 cm	-3.9 cm (-19.3°)
3	75/F	Adenocarcinoma of intestinal type	Transcribiform	Postoperative	8	11.0 cm	-3.2 cm (-15.9°)
4	73/F	Mucosal melanoma	Transtuberculum + transcribiform	No	8	12.5 cm	-3.0 cm (-14.2°)
5	26/M	Schwannoma olfactory groove	Transcribiform	No	8	11.6 cm	-3.5 cm (-16.6°)
6	38/F	Esthesioneuroblastoma	Transcribiform	Postoperative	6	10.6 cm	-4.8 cm (-21.1°)

The length of the PCF was the size of the flap needed to reconstruct the entire defect (transcribiform or transtuberculum) plus 30%. The distal limit of the PCF was measured from the reference point according to the approach used.

M – male; F – female; PCF – pericranial flap.

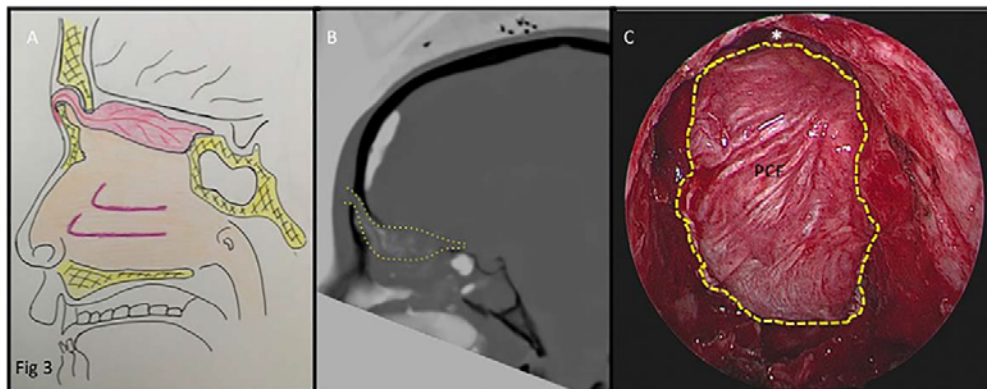


Fig. 3. (A) Illustration of the final results of the reconstruction of the skull base with the PCF through frontal osteotomy. (B) Computed tomography scan demonstrating the pericranial flap covering the entire anterior skull base. Yellow dots show the limits of the flap. (C) Endoscopic image showing a complete intraoperative reconstruction of the anterior skull base defect with a pericranial flap. \*Frontal sinus. PCF = pericranial flap. [Color figure can be viewed in the online issue, which is available at [www.laryngoscope.com](http://www.laryngoscope.com).]

wall of the frontal sinuses, the frontal sinuses remained air filled and kept the drainage pathways free.

One of the advantages of the PCF is its versatility regarding potential surface area and length (i.e., reach), as theoretically it can be extended to the occiput. Because the vascular supply of its more posterior aspect depends on the occipital arteries, we assume that the longer the flap, the higher the risk of distal flap necrosis.

Preoperative radiological analysis can be helpful in designing the PCF size and guiding the surgeon to properly estimate where incisions are best placed to avoid flaps miscalculation. The PCF might be an option for skull base reconstruction when the nasoseptal flap is not available and postoperative radiotherapy is planned.<sup>18,19</sup>

Unlike other studies, the PCF was introduced endoscopically in the uppermost aspect of the anterior wall of the frontal sinus and adhered to its posterior wall. Therefore, nasal bone fractures or esthetic changes of the nasal dorsum were avoided. Use of the frontal sinus as a gateway to the nasal cavity is a feasible and simple method. It avoids manipulation of the frontal lobe as compared to external frontal craniotomy. Patel et al.<sup>7</sup> reported a reconstruction of dural defects after endonasal skull base resection of invasive tumors with an onlay PCF (n = 10). They concluded that the PCF provided an adequate option for endonasal reconstruction of cranial base defects and could be harvested using endoscopic assistance.

The technique presented in this study avoids the possibility of the flap rotating on itself as described by Patel et al.,<sup>7</sup> thus vascular compression and torsion can be expected to be less frequent. Furthermore, because our frontal osteotomy is around 1.7 cm from the orbital rim and not at the level of the nasion, there is no need to dissect the flap further inferiorly, thus reducing the risk of pedicle damage. The PCF enters through the frontal osteotomy in a way that is similar to that of an open approach; the superficial surface is placed in contact with the frontal lobe. We added a frontal sinusotomy (Draf III)

to allow better drainage from the frontal sinus and also permit unilateral drainage of both sinuses if one side becomes narrowed by scar. In the case of postoperative stenosis of the frontal recess, the PCF pedicle can be sacrificed to restore ventilation of the sinus once the healing is complete. However, none of our patients presented frontal sinus disease in the postoperative time (mean = 10 months). The PCF was flipped through the uppermost portion of the frontal sinus running along its posterior wall, consequently allowing proper sinus drainage.

In the patient cohort (n = 6), endonasal vascularized flaps could not be used because of the tumor invasion. One case turned out to be a benign tumor, although a preoperative biopsy was positive for olfactory neuroblastoma. No CSF leaks or cosmetic or nasal complications were encountered after a mean of 10 months follow-up.

The PCF is not a new procedure, and it has been used to repair the anterior skull base for several decades. The present study developed an easy and practical guide to better calculate the size of the flap, and shows that the flap can be introduced into the frontal sinus and then the nasal cavity through a small 2-mm osteotomy at 1.7 cm from orbital rim.

This study suggests the following conclusions:

1. The PCF renders enough tissue to reconstruct all defects in the ventral skull base. Prior chemotherapy and radiation does not seem to be a contraindication for this type of reconstruction.
2. To reconstruct a transcribriform defect, the PCF distal incision should be carried at approximately 4 cm (angle 20°) from the vertical projection of the EEC on the skull.
3. To reconstruct a transtuberculum defect, the PCF distal incision should be placed at the level of the vertical projection of the EEC on the skull.
4. To reconstruct the clivus, the PCF distal incision should be almost 6 cm (angle 25°) posterior to vertical projection of the EEC.
5. To reconstruct a defect at the craniocervical junction area, the PCF distal incision should be carried out approximately 9 cm (angle 37°) posteriorly to the vertical projection of the EEC.



### Study Limitations

The anterior area of the PCF has predominant vascularization arising from the supraorbital and supratrochlear arteries. However, the most posterior aspect receives blood supply mainly from the occipital arteries. To our knowledge, there are no studies showing how long a PCF can be harvested without risk of necrosis, although it may be assumed that a flap that is extended posteriorly has an increased risk of partial necrosis of the distal flap. Because the reconstruction of the craniovertebral junction defect requires a longer flap, this may be a risk factor of necrosis. Regardless, one could assume that it has less risk of necrosis than a free graft.

A minimally invasive endoscopic PCF technique has been reported using a 2-cm midline incision with a 1-cm lateral port incision.<sup>14</sup> For this, a 1-cm glabellar incision to access the nasion was needed. In our study, we made a classic coronal incision to harvest the flap. However, all six patients had no cosmetic complaints or donor site morbidity.

This study includes a small number of patients (n = 6), and a larger cohort would be required for a proper assessment of potential risks and complications. Similarly, although the case series allowed time to assess the absence of immediate complications (CSF leakage, necrosis, and infection), the average follow-up time was short (mean follow-up time = 10 months). Therefore, potential late complications (frontal mucocoeles or delayed CSF leaks) could not be assessed yet, especially in patients who received postoperative radiotherapy.

Scar retraction after flap reconstruction was not assessed. We assumed that adding one-third of the original flap length would be enough to counteract a potential scar contraction, especially after radiotherapy.

### CONCLUSION

The nasoseptal flap is considered the workhorse for skull base reconstruction. However, the PCF is a feasible option for those patients with sinonasal malignancies and tumor involvement of the potential donor sites for intranasal vascularized flaps. Following our anatomical study, the PCF renders enough tissue extension to reconstruct all defects in the skull base after EEA, from the cribriform plate to the craniovertebral junction. The use of the frontal sinus as a gateway to the nasal cavity, or money box approach, is a feasible and simple method

that avoids manipulation of the frontal lobe. The potential donor area can be calculated with the help of a CT scan. Advantages of the PCF include a convenient and versatile harvesting, and a lack of functional and morphological complications at the donor site. The PCF seems to be resistant to radiation therapy with no complications.

### BIBLIOGRAPHY

1. Kassam AB, Thomas A, Carrau RL, et al. Endoscopic reconstruction of the cranial base using a pedicled nasoseptal flap. *Neurosurgery* 2008; 63: ONS44-ONS52.
2. Eloy J, Shukla P, Choudhry O, Singh R, Liu J. Assessment of frontal lobe sagging after endoscopic endonasal transcribriform resection of anterior skull base tumors: is rigid structural reconstruction of the cranial base defect necessary? *Laryngoscope* 2012;122:2652-2657.
3. Hadad G, Bassagasteguy L, Carrau RL, et al. A novel reconstructive technique after endoscopic expanded endonasal approaches: vascular pedicle nasoseptal flap. *Laryngoscope* 2006;116:1882-1886.
4. Pinheiro-Neto CD, Prevedello DM, Carrau RL, et al. Improving the design of the pedicled nasoseptal flap for skull base reconstruction: a radioanatomic study. *Laryngoscope* 2007;117:1560-1569.
5. Kim GG, Hang AX, Mitchell CA, Zanation AM. Pedicled extranasal flaps in skull base reconstruction. *Adv Otorhinolaryngol* 2013; 74:71-80.
6. Alobid I, Mason E, Solares CA, et al. Pedicled lateral nasal wall flap for the reconstruction of the nasal septum perforation. A radio-anatomical study. *Rhinology* 2015; 53:235-241.
7. Patel MR, Shah RN, Snyderman CH, et al. Pericranial flap for endoscopic anterior skull base reconstruction: clinical outcomes and radioanatomic analysis of preoperative planning. *Neurosurgery* 2010;66:506-512.
8. Wolfe SA. The utility of pericranial flaps. *Ann Plast Surg* 1978;1:147-153.
9. Johns ME, Winn HR, McLean WC, Cantrell RW. Pericranial flap for the closure of defects of craniofacial resection. *Laryngoscope* 1981;91:952-959.
10. Schuller DE, Goodman JH, Miller CA. Reconstruction of the skull base. *Laryngoscope* 1984; 94:1359-1364.
11. Price JC, Loury M, Carson B, Johns ME. The pericranial flap for reconstruction of anterior skull base defects. *Laryngoscope* 1988; 98:1159-1164.
12. Snyderman CH, Janecka IP, Sekhar LN, Sen CN, Eibling DE. Anterior cranial base reconstruction: role of galeal and pericranial flaps. *Laryngoscope* 1990;100:607-614.
13. Yoshioka N, Rhoton AL Jr. Vascular anatomy of the anteriorly based pericranial flap. *Neurosurgery* 2005;57:11-16.
14. Zanation AM, Snyderman CH, Carrau RL, Kassam AB, Gardner PA, Prevedello DM. Minimally invasive endoscopic pericranial flap: a new method for endonasal skull base reconstruction. *Laryngoscope* 2009;119: 13-18.
15. Majer J, Herman P, Verillaud B. "Mailbox Slot" pericranial flap for endoscopic skull base reconstruction. *Laryngoscope* 2016;126:1736-1738.
16. Draf W. Endonasal micro-endoscopic frontal sinus surgery: the Fulda concept. *Op Tech Otolaryngol Head Neck Surg* 1991;2:234-240.
17. Carrau RL. Pericranial flap. In: Alobid I, Bernal-Sprekelsen M. eds. Anatomical Landmarks for Endoscopic Approaches to the Paranasal Sinuses and the Skull Base: Instructional Step-by-Step Dissection Guide. New York, NY: Thieme; 2017.
18. Harvey RJ, Parmar P, Sacks R, Zanation AM. Endoscopic skull base reconstruction of large dural defects: a systematic review of published evidence. *Laryngoscope* 2012;122:452-459.
19. Hachem RA, Elkhatib A, Beer-Furlan A, Prevedello D, Carrau R. Reconstructive techniques in skull base surgery after resection of malignant lesions: a wide array of choices. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2016;24:91-97.



**Segundo estudio:**



---

**Reconstrucción total endoscópica del septum nasal con colgajo pericraneal**

Alobid I, Langdon C, López-Chacon M, Enseñat J, Carrau R, Bernal-Sprekelsen M, Santamaría A. Total septal perforation repair with a pericranial flap: Radio-anatomical and clinical findings. Laryngoscope. 2017 Nov 8. [Epub ahead of print]

*The Laryngoscope*  
© 2017 The American Laryngological,  
Rhinological and Otological Society, Inc.

## Total Septal Perforation Repair With a Pericranial Flap: Radio-Anatomical and Clinical Findings

Isam Alobid, MD, PhD ; Cristóbal Langdon, MD; Mauricio López-Chacon, MD;  
Joaquim Enseñat, MD, PhD; Ricardo Carrau, MD, PhD; Manuel Bernal-Sprekelsen, MD, PhD;  
Alfonso Santamaría, MD 

**Objectives/Hypothesis:** Endonasal surgeries are the primary cause of septal perforation (SP). However, trauma, inflammation, infections, neoplasms, or abuse of inhaled drugs can also cause SP. Septal repair is indicated in patients who experience nasal obstruction, crusting, intermittent epistaxis, purulent discharge, or nasal whistling and in those who fail conservative treatment. Multiple approaches have been suggested to repair the SP; however, none has been universally adopted. This study explores the feasibility of repairing a total SP using the pericranial flap (PCF).

**Study Design:** Anatomical cadaver and radiological study plus case study.

**Methods:** Total nasal septectomy and endoscopic reconstruction with a PCF was performed in 12 injected cadaveric specimens. Maximum length and area of the nasal septum and the PCF were measured in 75 computed tomography scans. Based on the anatomical study and the radiological measurements of the cadavers, one patient underwent total nasal septum repair.

**Results:** Anatomic measurements showed that the nasal septum has a mean length of  $5.8 \pm 0.7$  cm, whereas the PCF was on average  $18.4 \pm 1.3$  cm long (mean surface area  $121.6 \pm 17.7$  cm<sup>2</sup>). Radiological measurements revealed that the PCF should provide a surface area of  $40.9 \pm 4.2$  cm<sup>2</sup> to account for the total septal area and an additional 30% to account range for potential scar retraction. For total septum repair, the distal edge of the PCF had to be placed  $0.8 \pm 2.0$  cm ( $3.4 \pm 8.7^\circ$ ) from the adopted reference point (vertical projection of the external ear canal). Total septal reconstruction was performed successfully in one patient without complications.

**Conclusions:** Radio-anatomical data and a case study demonstrate that a PCF allows complete endoscopic repair of the nasal septum.

**Key Words:** Pericranial flap, septal perforation, septum reconstruction, endoscopic surgery.

**Level of Evidence:** NA

*Laryngoscope*, 00:000-000, 2017

### INTRODUCTION

The estimated prevalence of septal perforation (SP) is between 0.9% to 2.5%.<sup>1,2</sup> Nasal surgeries (e.g., septoplasty) are the main cause, although other etiologies are commonly reported including trauma, inflammation, infections, neoplasms, or abuse of inhaled substances.<sup>3-5</sup>

From the Rhinology and Skull Base Unit, Department of Otorhinolaryngology (I.A., C.L., M.L.-C., M.B.-S., A.S.), Department of Neurosurgery (J.E.), Hospital Clinic, University of Barcelona, Barcelona, Spain; August Pi i Sunyer Biomedical Research Institute (IDIBAPS) (I.A., C.L., M.L.-C., M.B.-S., A.S.), Barcelona, Spain; Center for Biomedical Research in Respiratory Diseases Network (CIBERES) (I.A., C.L., M.L.-C., R.C., M.B.-S., A.S.), Madrid, Spain; Department of Otolaryngology-Head and Surgery (R.C.), The Ohio State University Wexner Medical Center, Columbus, Ohio, U.S.A.

Editor's Note: This Manuscript was accepted for publication September 25, 2017.

This work was supported by a research project from Storz Company that offered instruments and equipment to perform the dissection approaches.

The authors have no other funding, financial relationships, or conflicts of interest to disclose.

Send correspondence to Isam Alobid, MD, Rhinology and Skull Base Unit, Department of Otorhinolaryngology, Hospital Clinic, Barcelona, c/ Villarreal 170, 08036 Barcelona, Spain. E-mail: isamalobid@gmail.com

DOI: 10.1002/lary.26966

Treatment of SP is indicated in patients with nasal obstruction, crusting, intermittent epistaxis, purulent discharge, or nasal whistling.<sup>6,7</sup> These symptoms are more common in anterior SP.<sup>8,9</sup> In patients with mild symptoms, conservative treatment with saline nasal irrigations and application of emollients is recommended. However, surgical treatment is necessary in patients with persistent symptoms despite conservative management.<sup>5</sup>

Many endoscopic techniques have been described for SP repair: inferior turbinate flap,<sup>10</sup> anterior ethmoidal artery flap,<sup>9</sup> lateral nasal wall flap,<sup>5</sup> and middle turbinate flap.<sup>7</sup> However, none has been accepted as the standard approach.

The pericranial flap (PCF) was first described in 1978.<sup>11</sup> However, the use of the PCF in total SP repair has not been well documented, as only two clinical cases and one anatomical study have been reported.<sup>12-14</sup> Moreover, a literature review fails to show a standard endoscopic approach to repair a total SP.

The goal of this study was to study the feasibility of using the PCF to reconstruct the entire nasal septum by obtaining radiological and anatomical data, and subsequently, to present a case study of a successful repair of a total nasal septum perforation.



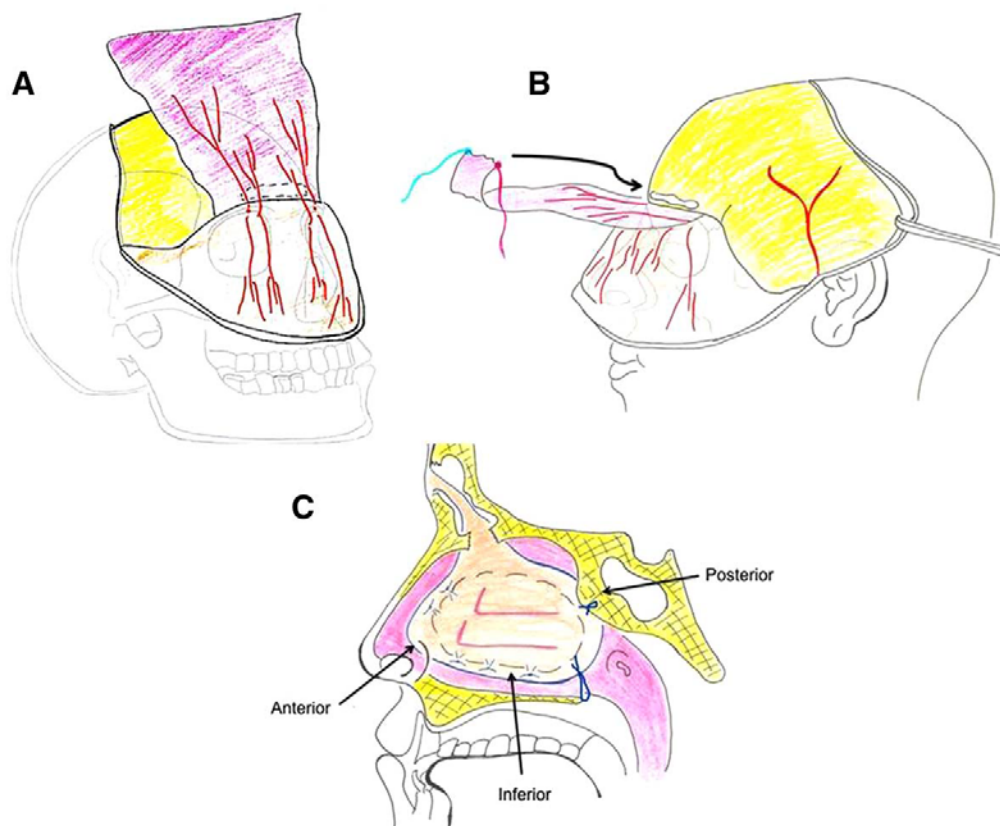


Fig. 1. Schematic demonstration of how to introduce the pericranial flap into the frontal osteotomy and how to fix the flap into the nasal cavity. (A) The PCF has been harvested, and an osteotomy in the uppermost portion of the frontal sinus has been drilled to introduce the PCF into the nasal cavity. The supraorbital and supratrochlear arteries can be seen. (B): The PCF has been folded into itself and has been marked with two threads to introduce through the osteotomy. (C) Sagittal view of how to fix the PCF anteriorly and inferiorly to the remnant mucosa of the septum, posterior-inferiorly to the soft palate, and posteriorly to the sphenoid rostrum through two holes. PCF = pericranial flap. [Color figure can be viewed in the online issue, which is available at [www.laryngoscope.com](http://www.laryngoscope.com).]

## MATERIALS AND METHODS

The study was performed in the following two phases: an anatomical study based on cadaveric dissections and an analysis computed tomography (CT) scans. Subsequently, we report on the repair of a complete SP using a PCF.

### Anatomical Study

Fresh cadaveric specimens ( $n = 12$ ; seven males) were dissected in the Barcelona Skull Base Laboratory using the technique described below:

Total endoscopic removal of the nasal septum was conducted, and a Draf type III frontal sinusotomy was performed.<sup>15</sup> This procedure involved the removal of the interfrontal sinus septum, the superior aspect of the nasal septum, and the frontal sinus floor laterally to reach the orbit, using a 45° endoscope (4 mm, 18 cm; Karl Storz, Tuttlingen, Germany). In specimens with frontal aplasia, a new frontal sinus should be tailored to introduce the flap into the nasal cavity.

A standard coronal incision at the vertex of the scalp was extended laterally to reach the level of the root of the helix. Laterally and inferior to the temporal line, the incision was carried down to the superficial layer of the deep temporal fascia.<sup>16</sup>

The cutaneous portion of the scalp was elevated carefully to prevent damage to the flap. To prevent injury to the neurovascular pedicles, it is highly recommended to stop the dissection at least 1 cm above the orbital rim (Fig. 1A). Also, identifying the supraorbital notch where the artery exits the orbit allows a better control of the location of the pedicle.

Then, the periosteum was incised according to the tissue extension required for complete closure of the SP. Laterally, it was incised along the temporal lines, and then the PCF was elevated to approximately 1 cm above the supraorbital rims. This safety distance allowed the window to the frontal sinus while avoiding damage to the deep branches of the supraorbital (SO) and supratrochlear arteries (ST)<sup>17</sup> (Fig. 1B).

To obtain greater thickness of the new septum, the flap was folded onto itself longitudinally and fixed longitudinally with an absorbable suture to maintain the shape when the PCF is introduced into the nasal cavity. In this way, both external aspects of the neoseptum contain periosteal tissue (cranial face of the PCF).

The uppermost portion of the frontal sinus was located through sinus transillumination using a flexible endoscope. A 2.5 x 30-mm beveled osteotomy through the external aspect of the frontal bone was confirmed. This osteotomy became wider



TABLE I.  
Measurements and Landmarks Related to the Nasal Septum and Pericranial Flap (n = 75).

Measurements and Landmarks	Abbreviations	Figure
Orbital rim and the uppermost portion of the anterior wall of frontal sinus	ORRF	2
Length of the posterior wall of the frontal sinus	LPF	2
Floor of the frontal sinus to posteroinferior edge of the nasal septum	LNS	2
Orbital rim to the vertical projection of the posterior wall of the ear canal on the skull	LPCF	2
Length of the PCF needed to reconstruct a total septal perforation	(ORRF + LPF + LNS) + 30% = NPCF	—

All measurements were taken from the midpoint of the sagittal plane. It was assumed that the PCF was in need of being one-third (30%) larger to complete healing with potential side effects of a scar contracture.

LNS = length of the nasal septum; LPCF = length of the pericranial flap; LPF = length of the posterior wall of frontal sinus; NPCF = needed pericranial flap; ORRF = orbital rim to the roof of the frontal sinus; PCF = pericranial flap.

in the inner face of the frontal wall<sup>18,19</sup> (Fig. 1B,C). A beveled shape of the osteotomy and a large opening of the frontal sinus (Draf III) helped to avoid pedicle injury.

The sphenoid sinus was opened and two holes (1 mm) were drilled in the rostrum to anchor the posterior portion of the flap.

The edges of the PCF were marked by two different-colored threads (right and left) and introduced through the osteotomy (Fig. 1B). This step was performed under external and endoscopic control. The flap was transposed into the nasal cavity and rotated laterally 90°, avoiding vascular compression, in a sagittal plane similar to the nasal septum.

The PCF was sutured anteriorly to the remnant of membranous septum at the level of the columella and to the dorsal edge of the SP with absorbable stitches. The PCF was inferiorly sutured to the mucosa of the floor of the nasal cavity. The flap was fixed to the soft palate in its posterior-inferior aspect. The PCF was also anchored to the sphenoid rostrum with two stitches through the two holes in the sphenoid rostrum 1.5 cm above the transpalatal point. The final result is a new septum made of two layers of the PCF (Fig. 1C).

In each specimen, the length and the area of the PCF, the maximum length of the nasal septum, as well as the distances from midline and the ST and SO arteries were measured.

### Radiological Study

The objectives were to measure the area and length of the PCF and the posterior limit of the PCF that would provide enough tissue to repair the total SP.

Seventy-five high-resolution craniofacial CT scans (0.6-mm slices) with multiplanar reconstruction were analyzed. These comprised identified adult CT angiographies performed in patients with intracranial pathology (i.e., stroke) without any previous sinus or skull base pathology. The study was approved by the institutional review board (No. CEIC HCB/2016/0268).

The mean age of the patients was  $71.0 \pm 14.6$  years (range, 32–95 years), and 56% were women. A cluster analysis was also performed to examine differences in size and length of the nasal septum and the PCF according to gender.

The radiological measurements were conducted using an open source DICOM viewer Osirix (Pixmeo, Geneva, Switzerland), which allows reliable calculations of surface areas and distances between landmarks.

The distance between the floor of the frontal sinus and the most posteroinferior point of the nasal septum was measured. The distance between the orbital rim and the uppermost portion of the anterior wall of the frontal sinus, as well as the length of the posterior wall of the frontal sinus were added to the previous measurement. The sum of these measurements results in the minimum possible length of the PCF required to achieve

the repair of a total SP. This length also defines the point where the distal incision of the PCF should be performed. All measurements were made at the midpoint of the sagittal plane and are summarized in Table I (Fig. 2A). An additional 30% of the total length was added to avoid closure defects due to the contracture process, scar maturation, and flap healing.

The posterior wall of the external ear canal (EEC) was used as the landmark to measure length and angles (reference point) (Fig. 2A). Calculations were made before incising the posterior edge of the periosteum.

### Clinical Case

A total nasoseptal reconstruction with a PCF was performed on a 43-year-old man with a near total SP ( $4 \times 5$  cm). The perforation included all the anterior-posterior distance of the septum except a few millimeters at the level of the columella; the most caudal area of the septum (L-strut) was intact. He suffered from nasal blockage, crusting, and sinonasal infections refractory to medical treatment. The cause of the perforation was cocaine abuse; however, at the time of surgery, the patient had not used cocaine for more than 5 years. The ethics committee of our institution approved the study, and the patient gave his signed informed consent (No. CEIC HCB/2016/0268).

### Statistical Analysis

Matlab (version 2015a; MathWorks, Natick, MA) was used to calculate the standard deviations and 95% confidence intervals. The normality of the variables was checked with the Jarque-Bera test when rejected, and given the sample size, Student *t* distribution was used to construct the confidence interval. The Wilcoxon rank sum test was used to probe the null hypothesis that male and female data are samples from continuous distributions with equal medians versus the alternative that they are not. The test assumes that the two samples are independent and equivalent to a Mann-Whitney *U* test. A *P* value of  $< .05$  was considered statistically significant.

## RESULTS

### Anatomical Study

A complete repair of the nasal septum was carried out with the same technique in 12 cadaveric specimens. The average maximum horizontal length of the nasal septum was  $5.8 \pm 0.7$  cm, and the vertical height from the frontal osteotomy was  $6.1 \pm 0.6$  cm. Furthermore, the average area and length of the bilateral PCF were  $242.9 \pm 38.8$  cm<sup>2</sup> and  $18.4 \pm 1.3$  cm, respectively. When the PCF was folded onto itself, it maintained the same

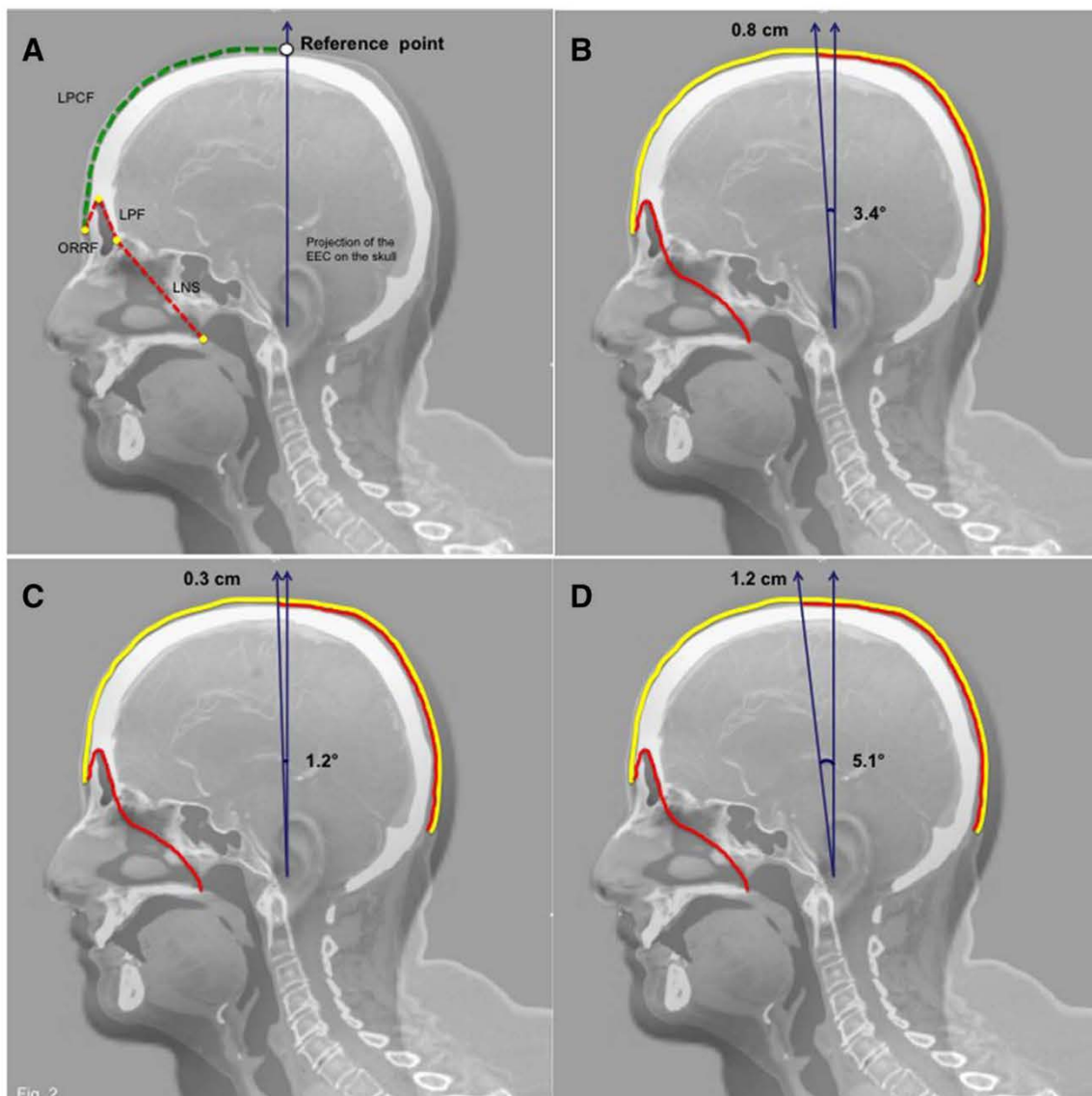


Fig. 2. Measurements performed in the computed tomography scan study in the midline of the sagittal plane. (A) ORRF, LPF, LNS, and LPCF. (B–D) Yellow line: Skin. Red line: Pericranial flap. Blue line: The angle from the reference point to the limit of the flap needed to reconstruct the entire nasal septum. (B) Total measurements. (C) Male measurements. (D) Female measurements. EEC = external ear canal; LNS = length of the nasal septum; LPCF = length of the pericranial flap to the reference point; LPF = length of the posterior wall of the frontal sinus; ORRF = orbital rim to the roof of the frontal sinus. [Color figure can be viewed in the online issue, which is available at [www.laryngoscope.com](http://www.laryngoscope.com).]

length, but the area was halved ( $121.6 \pm 17.7 \text{ cm}^2$ ) (Table II). No significant differences between males and females were found in any measurements. In all specimens, the PCF allowed a total septal reconstruction.

#### Radiological Study

The length and area of the PCF were large enough to repair the total SP (Table III). All measurements were significantly higher in men than in women, except the distance from orbital rim to the reference point on

the skull and the angle between the distal edge of the PCF and the reference point.

#### Surface Area of the PCF

The area of the bilateral PCF was  $208.7 \pm 15.6 \text{ cm}^2$ ; however, after folding it onto itself the area decreased to  $104.3 \pm 7.8 \text{ cm}^2$ . The area of the folded PCF was significantly larger than the maximum septal area + 69% ( $40.9 \pm 4.2 \text{ cm}^2$ ), taking into account the retraction and the healing process.



TABLE II.  
Average Measurements of the PCF and Its Vascularization (n = 12).

Mean ± SD	PCF Length (cm)	PCF Area (cm <sup>2</sup> )	Nasal Septum Length (cm)	Nasal Septum Height (cm)	SO Midline (cm)	ST Midline (cm)
Total	18.4 ± 1.3	121.6 ± 17.7	5.8 ± 0.7	6.1 ± 0.6	2.8 ± 0.5	1.9 ± 0.6
Male (n = 7)	18.4 ± 1.5	121.8 ± 22.1	5.9 ± 0.7	6.2 ± 0.8	3.0 ± 0.5	1.8 ± 0.5
Female (n = 5)	18.3 ± 1.0	121.2 ± 11.4	5.7 ± 0.8	6.0 ± 0.4	2.7 ± 0.5	1.9 ± 0.8
95% CI	19.1-17.7	131.2-112.0	6.2-5.4	6.5-5.8	3.1-2.6	2.2-1.5

The area of the PCF was reduced by half because it was folded over itself.

CI = confidence interval; PCF = pericranial flap; SD = standard deviation; SO = supraorbital artery; ST = supratrochlear artery.

### Length of the PCF

The PCF length required for the entire reconstruction of the septum was  $14.3 \pm 1.9$  cm. It was calculated by measuring the distance that the PCF should run from its root at the level of the orbital rim, entering into the frontal sinus by its uppermost portion, to the most distal point of the septum (posteroinferior limit), and adding 30% to compensate for potential retraction. It was significantly longer in men ( $15.0 \pm 1.9$  cm) than in women ( $13.8 \pm 1.7$  cm).

TABLE III.  
Computed Tomography Scan Results of the Measurements and Landmarks Related to the Skull Base and Pericranial Flap (n = 75).

Measurements and Landmarks	Mean ± SD	95% CI
ORRF	1.8 ± 0.8 cm	M 2.0 ± 0.8*
		F 1.6 ± 0.7
LPF	3.0 ± 0.7 cm	M 3.2 ± 0.6*
		F 2.8 ± 0.6
LNS	6.3 ± 0.4 cm	M 6.4 ± 0.4*
		F 6.2 ± 0.3
LPCF	15.1 ± 0.9 cm	M 15.3 ± 0.8
		F 15.0 ± 0.9
NPCF	14.3 ± 1.9 cm	M 15.0 ± 1.9*
		F 13.8 ± 1.7
Distal edge of the PCF from the reference point, length and angle	0.8 ± 2.0 cm	M 0.3 ± 2.1*
		F 1.2 ± 1.8
	3.4° ± 8.7°	M 1.2 ± 8.7
		F 5.1 ± 8.5
Maximum area of the nasal septum + 30%	40.9 ± 4.2 cm <sup>2</sup>	M 42.7 ± 4.2*
		F 39.4 ± 3.5
Area of the PCF	104.3 ± 7.8 cm <sup>2</sup>	M 106.7 ± 8.1*
		F 102.5 ± 7.1

All measurements were taken from the midpoint of the sagittal plane.

\*There are significant differences between males and females. It was assumed that the PCF was in need of being one-third (30%) larger to complete healing with potential side effects of a scar contracture. The area of the PCF was reduced by half because it was folded over itself.

CI = confidence interval; F = female; LNS = length of the nasal septum; LPCF = length of pericranial flap; LPF = length of the posterior wall of frontal sinus; M = male; NPCF = needed pericranial flap; ORRF = orbital rim to the roof of the frontal sinus; PCF = pericranial flap; SD = standard deviation.

### Distal Edge of the PCF

The vertical projection of the posterior wall of the EEC was taken as a reference point. The average length of the PCF from the orbital rim to the reference point was  $15.1 \pm 0.9$  cm. Therefore, the incision of the distal edge of the PCF needed for an entire reconstruction of the septum had to be placed at  $0.8 \pm 2.0$  cm from the reference point toward the orbital rim, and at an angle of  $3.4 \pm 8.7^\circ$  (Fig. 2B). This incision should be located at  $0.3 \pm 2.1$  cm ( $1.2 \pm 8.7^\circ$ ) for males (Fig. 2C) and at  $1.2 \pm 1.8$  cm ( $5.1 \pm 8.5^\circ$ ) for females (Fig. 2D).

### Clinical Case

A patient with a near total SP (Fig. 3A,B) underwent total septal reconstruction with a PCF. A frontal approach using Draf III was used, and an external harvesting of the PCF was achieved. The PCF was folded by the nonperiosteal face (subcutaneous aspect of the PCF) and introduced into the nasal cavity through an osteotomy in the uppermost portion of the frontal sinus, as described in the "money box approach"<sup>16</sup> (Fig. 1B).

The PCF was sutured anteriorly and inferiorly to the edge of the perforation with absorbable stitches. The suture, in its most posterior portion, was passed through the most anterior aspect of the soft palate, near the soft and hard palate junction. The stitch knot was not tied very tightly to avoid velopharyngeal insufficiency or soft palate necrosis. Although it can cause some discomfort in the patient, the mobility of the soft palate is maintained. The flap was anchored to the sphenoid with one stitch through two holes made in the rostrum (Fig. 4A). Silicone nasal splints were placed in the most anterior nasal cavity, and soft bilateral packing was used for 2 days. A wound suction drain was used at the coronal incision for 2 days followed by a light bandage to prevent subcutaneous hematoma.

The patient was discharged after 3 days. No donor-site complications, reperforation, or frontal mucocoeles were found 12 months after the surgery.

The new septum is totally covered by mucosa and is thick enough, is stable, and does not vibrate with breathing (Fig. 3C,D and Fig. 4B). Patient sinonasal symptoms and crusting were resolved completely after the surgery.

### DISCUSSION

The main findings of this study are that 1) anatomical measurements demonstrated that the entire nasal

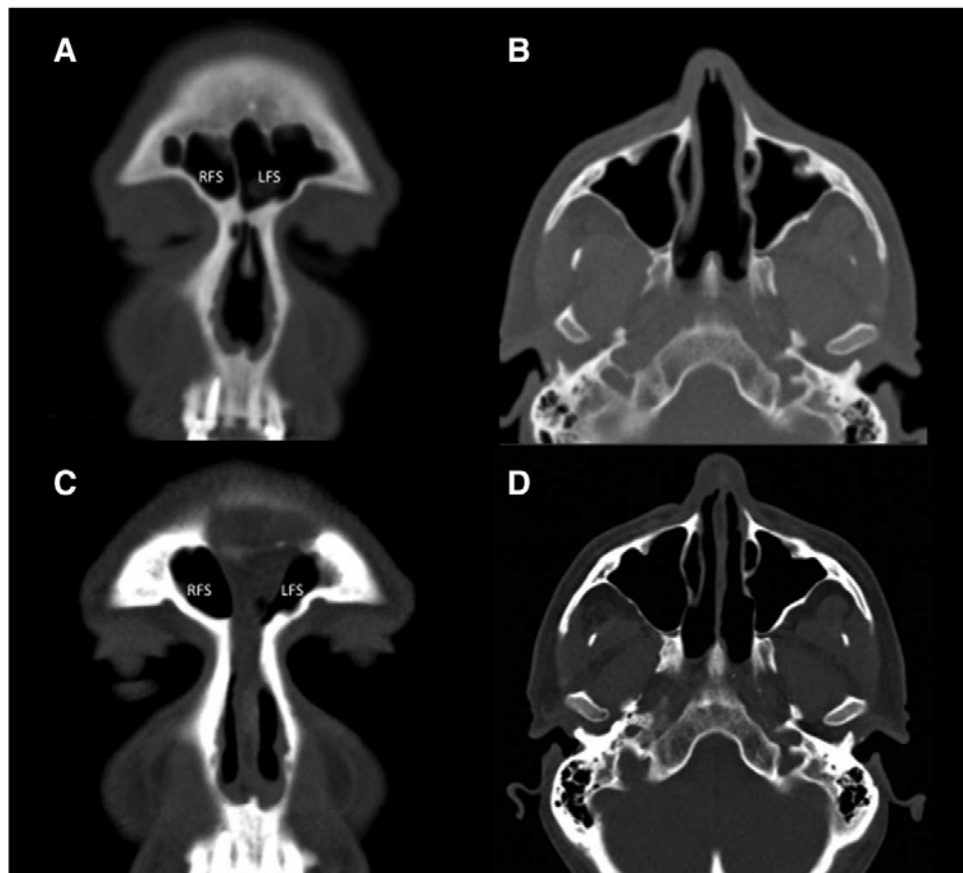


Fig. 3. Preoperative (A and B) and postoperative (C and D) computed tomography scan images. (A) Coronal view of the total septal perforation. (B) Axial view of the total septal perforation. (C) Coronal plan of the pericranial flap descends from the frontal sinus osteotomy and closes the septal perforation completely. (D) Axial view of the total septal repair with the pericranial flap. LFS = left frontal sinus; RFS = right frontal sinus.

septum could be repaired by a PCF, 2) external harvesting and endoscopic handling of the PCF is a feasible technique for large septal reconstruction, 3) radiological analysis confirmed that the area and length of the PCF are large enough for the complete closure of a total SP, and 4) a clinical case of total SP was successfully treated using a PCF. This raises the possibility that this technique might become the standard approach for correcting a total SP.

Large SPs (>2 cm) pose an extra challenge in nasal reconstruction. Recent reviews suggest that SPs >2 cm have a higher risk of persistent SP and usually require external approaches.<sup>20,21</sup>

PCFs have been adopted for different surgical applications because of its excellent vascularity and versatility. However, the use of a PCF for a complete septal repair has not been documented before. Paloma et al.<sup>12</sup> first described the use of the PCF in a septal reconstruction. This case report basically outlined the surgical technique but did not study the consequences or the possibility of applying this technique in other patients. A cadaver study

modified the technique by adding calvarial bone grafts between the two layers of the PCF,<sup>13</sup> but it was not applied in patients. Recently, a PCF was used to repair a medium-sized SP (1.7 × 1.7 cm)<sup>14</sup> in a case report, illustrating the robust reconstructive capability of the PCF, as well as the potential value of intraoperative fluorescence angiography in determining the likelihood of a successful outcome.

In our anatomical study, a complete excision of the nasal septum was carried out in all specimens. In addition, our patient had a total SP (4 × 5 cm) and only a remnant of the perpendicular plate; the vomer was found and removed to fix the PCF to the sphenoid. The success of our case seems to confirm our radiological measurements and reconstructions in specimens.

All previous reports<sup>12–14</sup> used an external rhinoplasty. In our study, the frontal sinus was used as a gate for the endoscopic introduction of the PCF into the nasal cavity, as described in the “money box approach.”<sup>18</sup> The entire handling of the flap in the nasal cavity was performed endoscopically without external rhinoplasty, thus avoiding cosmetic changes. Some deformities, such as

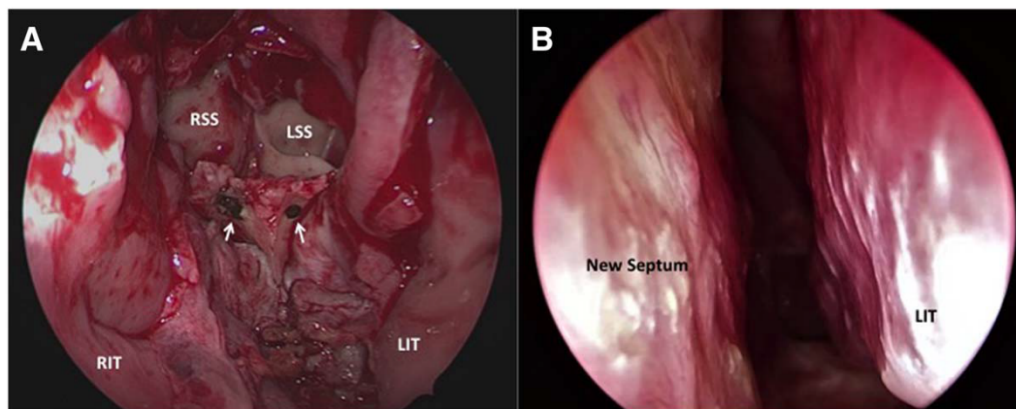


Fig. 4. Clinical case image. (A) Intraoperative image of the two holes in the sphenoid rostrum needed to fix the flap posteriorly (arrows). (B) Six-month postoperative image of the left nasal cavity. The pericranial flap had repaired the total septal defect. LIT = left inferior turbinate; LSS = left sphenoid sinus; RIT = right inferior turbinate; RSS = right sphenoid sinus. [Color figure can be viewed in the online issue, which is available at [www.laryngoscope.com](http://www.laryngoscope.com).]

depression of the forehead at the level of the osteotomy money box approach, can be expected. To avoid this complication, a higher volume of the PCF is placed at the osteotomy to fill that area. On the other hand, in the long-term follow-up the drainage of the frontal sinus can be blocked by the flap itself, increasing the risk of mucoceles. A wide Draf III allows good endoscopic control of the flap introduction through the money box approach, avoiding future mucocele formation. Open rhinoplasty allows more direct access to the anterior nasal septum, although, it does not provide a wide access to the sphenoid rostrum and subsequently to the posterior anchorage of the flap. The pure endoscopic approach allows a proper anchorage of the flap both anteriorly to the columella and posteriorly to the sphenoid rostrum, avoiding further aesthetic changes. Moreover, not all patients need a rhinoplasty, as when the L strut is preserved and there is no saddle nose deformity, except in this case we perform an open rhinoplasty.

Our study shows that the PCF renders enough tissue to rebuild the entire nasal septum. Therefore, corroborating the anatomical landmarks as well as meticulous planning of the surgical approach is crucial for the success of the reconstruction. The radiological analysis provided precise measurements of the required PCF and the exact location of where to place the posterior incisions.

### Study Limitations

This study has some limitations. First, only one patient has undergone this new technique. Although no complications occurred and complete closure was achieved, a large cohort would be required for a proper assessment of the technique and its complications. Second, a coronal incision was performed when harvesting the PCF. Although few complications have been described in the literature,<sup>22–24</sup> it is important to consider the possibility of alopecia along the incision line.

It would be advisable to place the incision near the vertex to avoid future problems with hair loss, especially in young males.<sup>16</sup> Our patient did not display cosmetic changes in this area. Third, scar retraction after flap reconstruction was not assessed. We assumed that adding one-third of the original flap length would be enough to counteract the scar contraction. No studies in the literature report the retraction process of endonasal flaps. However, some studies use similar references, such as that described by Patel et al.,<sup>25</sup> who added 3 cm to each measurement. Fourth, unlike the radiological study, no significant differences between males and females were found in the anatomical study. This may be explained by the small cohort of the anatomical study, and radiological measurements are more accurate. Nevertheless, there was a tendency for measurements to be greater in men than in women, except for the distance between the ST artery and the midline.

### CONCLUSION

There are many options for the endoscopic treatment of SP; however, none of them have achieved an entire septal reconstruction in those patients with total or near-total SP. Our radiological and anatomical studies demonstrated that the PCF renders enough tissue to repair a total septal perforation. The potential donor area calculated by CT scan, and the cadaveric study as well as our case study support the versatility of the PCF. Reconstruction of total SP with a PCF is a feasible technique that could solve a problem that, until now, has had no effective solution.

### BIBLIOGRAPHY

1. Oberg D, Akerlund A, Johansson L, Bende M. Prevalence of nasal septal perforation: the Skövde population-based study. *Rhinology* 2003;41:72–75.
2. Gold M, Boyack I, Caputo N, Pearlman A. Imaging prevalence of nasal septal perforation in an urban population. *Clin Imaging* 2017;20:43:80–82.
3. Stange T, Schultz-Coulon HJ. Closure of nasoseptal defects in Germany: the current state of the art. *Laryngorhinootologie* 2010;89:157–161.



4. Neumann A, Morales-Minovi CA, Schultz-Coulton HJ. Closure of nasal septum perforations by bridge flaps [in Spanish]. *Acta Otorrinolaringol Esp* 2011;62:31-39.
5. Alobid I, Mason E, Solares CA, et al. Pedicled lateral nasal wall flap for the reconstruction of the nasal septum perforation. A radio-anatomical study. *Rhinology* 2015;53:235-241.
6. Bast F, Heimer A, Schrom T. Surgical closure of nasoseptal defects: postoperative patient satisfaction. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec* 2012;74:299-303.
7. Hanci D, Altun H. Repair of nasal septal perforation using middle turbinate flap (monopedicled superiorly based bone included conchal flap): a new unilateral middle turbinate mucosal flap technique. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2015;272:1707-1712.
8. Kridel RW. Considerations in the etiology, treatment, and repair of septal perforations. *Facial Plast Surg Clin North Am* 2004;12:435-450.
9. Castelnovo P, Ferrelli F, Khodaei I, Palma P. Anterior ethmoidal artery septal flap for the management of septal perforation. *Arch Facial Plast Surg* 2011;13:411-414.
10. Friedman M, Ibrahim H, Ramakrishnan V. Inferior turbinate flap for repair of nasal septal perforation. *Laryngoscope* 2003;113:1425-1428.
11. Wolfe SA. The utility of pericranial flaps. *Ann Plast Surg* 1978;1:147-153.
12. Paloma V, Samper A, Cervera-Paz FJ. Surgical technique for reconstruction of the nasal septum: the pericranial flap. *Head Neck* 2000;22:90-94.
13. Keleş B, Öztürk K, Çiçekçibaş AE, Büyükmumcu M. Reconstruction of large nasal septal perforations with a three layer galeal pericranial flap: an anatomical and technical study. *Kulak Burun Bogaz İhtis Derg* 2010;20:293-298.
14. Williams R, Lee MK, Most SP. Large septal perforation repair with pericranial flap and intraoperative fluorescence angiography. *Craniofac Trauma Reconstr* 2016;9:181-184.
15. Draf W. Endonasal micro-endoscopic frontal sinus surgery: the Fulda concept. *Op Tech Otolaryngol Head Neck Surg* 1991;2:234-240.
16. Carrau RL. Pericranial flap. In: Alobid I, Bernal-Sprekelsen M, eds. *Anatomical Landmarks for Endoscopic Approaches to the Paranasal Sinuses and the Skull Base: Instructional Step-by-Step Dissection Guide*. Stuttgart, Germany: Thieme; 2017.
17. Yoshioka N, Rhoton AL Jr. Vascular anatomy of the anteriorly based pericranial flap. *Neurosurgery* 2005;57:11-16.
18. Santamaria A, Langdon C, López-Chacon M, et al. Radio-anatomical analysis of the pericranial flap "money box approach" for ventral skull base reconstruction [published online March 21, 2017]. *Laryngoscope* doi: 10.1002/lary.26574.
19. Majer J, Herman P, Verillaud B. "Mailbox Slot" pericranial flap for endoscopic skull base reconstruction. *Laryngoscope* 2016;126:1736-1738.
20. Goh AY, Hussain SS. Different surgical treatments for nasal septal perforation and their outcomes. *J Laryngol Otol* 2007;121:419-426.
21. Kim SW, Rhee CS. Nasal septal perforation repair: predictive factors and systematic review of the literature. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2012;20:58-65.
22. Noone MC, Osguthorpe JD, Patel S. Pericranial flap for closure of paramedian anterior skull base defects. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2002;127:494-500.
23. Smith JE, Ducie Y. The versatile extended pericranial flap for closure of skull base defects. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2004;130:704-711.
24. Siniscalchi EN, Angileri FF, Mastellone P, et al. Anterior skull base reconstruction with a galeal-pericranial flap. *J Craniofac Surg* 2007;18:622-625.
25. Patel MR, Shah RN, Snyderman CH, et al. Pericranial flap for endoscopic anterior skull-base reconstruction: clinical outcomes and radioanatomic analysis of preoperative planning. *Neurosurgery* 2010;66:506-512.



## **Resumen de los estudios**

---





## **Primer estudio: “Análisis radioanatómico del colgajo pericraneal "Money Box Approach" para la reconstrucción de la base del cráneo ventral.”**

**Hipótesis:** El objetivo de este estudio es evaluar la viabilidad del colgajo pericraneal para reconstruir la base del cráneo ventral, usando el seno frontal como una puerta para la cavidad nasosinusal “Money Box Approach.” **Diseño del estudio:** Estudio anatómico y radiológico junto con un estudio clínico en una serie de casos.

**Métodos:** Se realizaron diversos abordajes de base de cráneo (cribiforme, transtuberculum, clival y unión craneovertebral) en 10 especímenes inyectados. Sus respectivos defectos fueron reconstruidos de manera endoscópica por un colgajo pericraneal. El colgajo se introdujo en la cavidad nasal a través de la porción más superior del seno frontal (“Money Box Approach”). Se usaron tomografías computarizadas ( $n = 50$ ) para medir las dimensiones del colgajo pericraneal y de los defectos de la base del cráneo. La proyección vertical del canal auditivo externo se usó como el punto de referencia para estandarizar las incisiones del colgajo.

**Resultados:** En el estudio anatómico, el área superficial y la longitud máxima del colgajo pericraneal fue de:  $121,5 \pm 19,4 \text{ cm}^2$  y  $18,3 \pm 1,3 \text{ cm}$ , respectivamente. En el estudio radiológico, se determinó que para reconstruir

defectos secundarios a abordajes transcribriforme, transtuberculum, clival y craneovertebrales, la incisión distal del colgajo pericraneal debe colocarse respectivamente a  $-3,7 \pm 2,0$  cm (ángulo  $-17,4 \pm 8,5^\circ$ ),  $-0,2 \pm 2,0$  cm (ángulo  $-1,0 \pm 9,3^\circ$ ),  $+5,5 \pm 2,3$  cm (ángulo  $+24,4 \pm 9,7^\circ$ ),  $+8,4 \pm 2,4$  cm (ángulo  $+36,6 \pm 11,5^\circ$ ), en relación con el punto de referencia. Los defectos de la base del cráneo en nuestra cohorte clínica ( $n = 6$ ) se reconstruyeron completamente sin complicaciones.

Conclusiones: El colgajo pericraneal proporciona suficiente superficie para reconstruir todos los defectos posibles en la base ventral del cráneo. Usar el seno frontal superior como puerta de entrada a la nariz ("Money Box Approach") es una técnica factible y simple.

## **Segundo estudio: “Reparación de una perforación septal total con un colgajo pericraneal: Resultados Radio-Anatómicos y Clínicos.”**

Hipótesis: Las cirugías nasales son la primera causa de perforación septal. Sin embargo, también pueden causarlas los traumatismos, inflamaciones, infecciones, neoplasmas o el abuso de drogas por vía nasal. La cirugía de reparación septal está indicada en pacientes con síntomas como la obstrucción nasal, formación de costras, epistaxis intermitente, secreción purulenta o silbidos nasales o en aquellos que fracase el tratamiento conservador. Existen múltiples técnicas y abordajes para el cierre quirúrgico de las perforaciones septales; sin embargo, ninguna ha sido adoptada universalmente. Este estudio tiene como objetivo explorar la viabilidad de reparar una perforación septal total utilizando el colgajo pericraneal. Diseño del estudio: anatómico en cadáver y radiológico, junto con un estudio clínico en un paciente.

Material y Métodos: se realizó una septectomía total y posterior reconstrucción endoscópica del septum nasal con un colgajo pericraneal en los 12 especímenes inyectados. La longitud máxima y el área del tabique nasal y del colgajo pericraneal se midieron en 75 tomografías computarizadas. Basándose en el estudio anatómico y las mediciones radiológicas, se realizó una reconstrucción septal total en un paciente.

Resultados: Las mediciones anatómicas mostraron que el tabique nasal tiene una longitud media de  $5,8 \pm 0,7$  cm, mientras que el colgajo pericraneal presenta un promedio de  $18,4 \pm 1,3$  cm de largo (área media  $121,6 \pm 17,7$  cm<sup>2</sup>). Las mediciones radiológicas revelaron que el área del colgajo pericraneal necesaria para reconstruir una perforación septal total sería de  $40,9 \pm 4,2$  cm<sup>2</sup>, teniendo en cuenta un 30% adicional por la posible retracción durante la cicatrización. Para la reparación total del tabique, el borde distal del colgajo pericraneal debe situarse a  $0,8 \pm 2,0$  cm ( $3,4 \pm 8,78^\circ$ ) del punto de referencia (proyección vertical del canal auditivo externo). La reconstrucción de la perforación septal total se realizó con éxito en un paciente sin encontrar complicaciones.

Conclusiones: Los datos radioanatómicos y un estudio clínico de un caso demuestran que el colgajo pericraneal permite la reparación endoscópica completa del tabique nasal.





## 4. Discusión

---





Los resultados destacados de nuestro trabajo son: 1) El manejo endoscópico del CP es una técnica viable y simple para la reconstrucción de base de cráneo y del septum nasal; 2) El CP es una opción viable para la reconstrucción endoscópica de base de cráneo y de perforaciones septales, 3) El CP presenta un tamaño suficiente para la reparación completa de la base ventral de cráneo; 4) El CP presenta un área suficiente para la reconstrucción de una perforación septal total.

La CENS y la CEA son técnicas quirúrgicas que han presentado un gran progreso en las dos últimas décadas.<sup>108-110</sup> En el caso de la CEA, este avance genera cada vez defectos de base de cráneo de mayor tamaño, siendo su reconstrucción uno de los mayores retos. Al mismo tiempo, en el caso de la CENS, al aumentar el número de procedimientos y generalizarse como técnica de elección en patología nasal, sería lógico pensar en un aumento del número de lesiones iatrogénicas (e.g: las perforaciones septales) pese a ser considerada una técnica muy segura y con bajas tasas de morbilidad.

Simultáneamente al progreso de las técnicas endoscópicas, se han desarrollado múltiples colgajos endonasales pediculados como el colgajo nasoseptal<sup>87</sup> y de pared lateral<sup>88,89</sup> para el cierre de defectos de base de cráneo o el colgajo de arteria etmoidal anterior<sup>111</sup> y el de pared lateral<sup>112</sup> en el caso de la reparación de perforaciones septales. Sin embargo, existen situaciones en las que estos colgajos pueden no estar disponibles (e.g: neoplasias) o no ser suficientes (e.g: perforaciones septales totales). En esos casos el CP podría ofrecer una gran ventaja dado su tamaño y rica vascularización.<sup>2</sup>

Con el propósito de evaluar los resultados y posibilidades del manejo endoscópico del CP en la reconstrucción de base de cráneo y septum septal, se diseñaron 2 estudios:

1. Un estudio anatómo-radiológico del manejo endoscópico del CP en la reconstrucción de la base del cráneo.
2. Un estudio anatómo-radiológico del manejo endoscópico del CP en la reparación del septum nasal.

### **Introducción del colgajo pericraneal**

Una de las principales novedades de nuestro estudio anatómo-radiológico sobre el uso endoscópico del colgajo pericraneal reside en su puerta de entrada a la cavidad nasal (“Money Box Approach”) para la posterior reconstrucción de la base de cráneo o del septum nasal. El uso de esta vía de acceso a la cavidad nasal requiere de una amplia apertura del seno frontal (Draf III) y una resección completa de la mucosa del seno frontal. Esta maniobra tiene como objetivo evitar o disminuir el riesgo de mucocelos a largo plazo. Igualmente, al introducir el colgajo en la zona más superior del seno, apoyándose en la pared ósea posterior hasta alcanzar el etmoides, nos permitiría reconstruir posibles defectos a dicho nivel además de reconstruir el resto de la base de cráneo (primer estudio) (Figura 23).

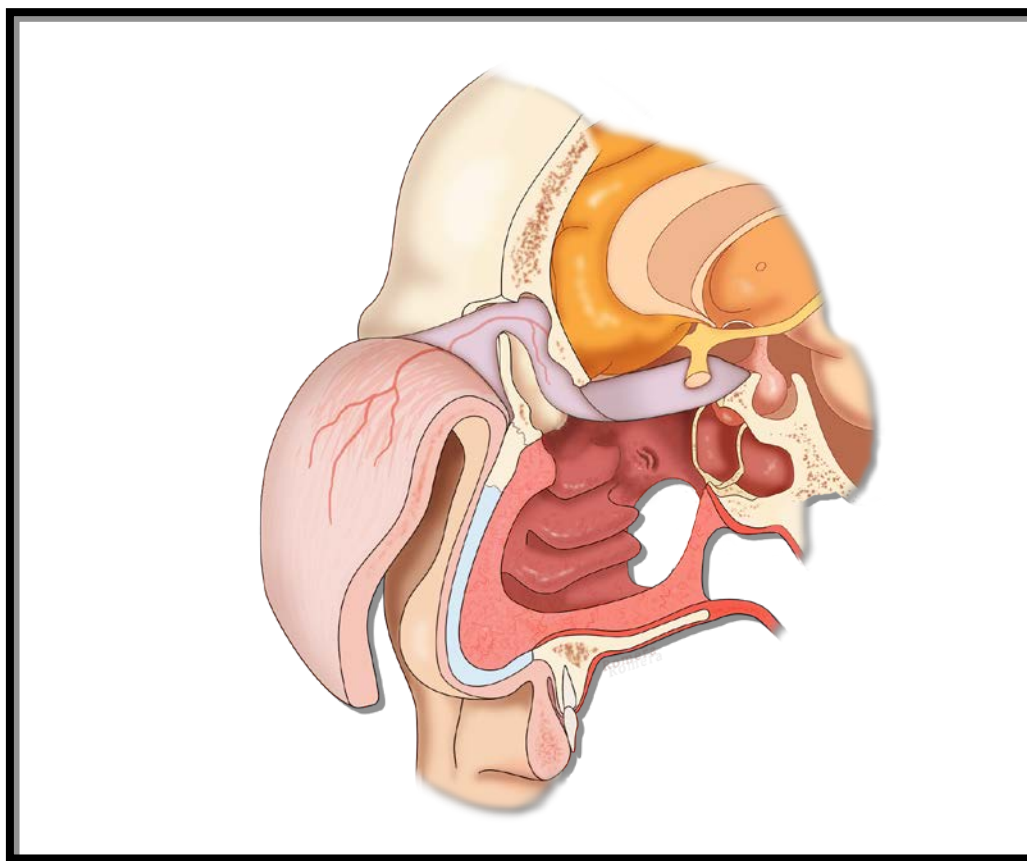


Figura 23: "Money box approach". Reconstrucción base de cráneo.  
Reconstrucción de base de cráneo anterior con un colgajo pericraneal.

Existen muy pocos artículos que describan el uso endoscópico del CP. Estos estudios utilizan una incisión cutánea junto con una osteotomía a nivel de la glabella como lugar de introducción del CP en la cavidad nasal<sup>90,95</sup> o requieren de un abordaje de rinoplastia abierta para su manejo.<sup>105</sup> Solo existe un trabajo que describa el uso del seno frontal como puerta de entrada del colgajo a la cavidad nasal.<sup>94</sup> Sin embargo, es solo una nota clínica en la que presenta un caso donde se describe la técnica. En nuestros trabajos (primer y segundo estudio), se describe detalladamente la introducción del CP en el límite superior del seno frontal, se analizan los límites anatómicos y radiológicos de esta técnica y se estudian y discuten las posibles ventajas respecto a otras técnicas.

En el trabajo de Majer et al.<sup>94</sup> relatan que una de las limitaciones de usar el seno frontal como puerta de entrada en la cavidad nasal es la neumatización de dicho seno. Sin embargo, en el estudio clínico (n=6) del primer estudio existe un paciente con agenesia del seno frontal en el que se creó un “neo-seno” frontal con visión endoscópica, convirtiendo esa limitación en relativa.

Uno de los puntos más relevantes de este nuevo abordaje se evidencia en el análisis radiológico de ambos estudios, dado que el límite superior del seno frontal respecto al reborde orbitario se localizó a 1,7-1,8 cm. Esta distancia permite mantener ampliamente el centímetro de seguridad recomendado para evitar el daño del pedículo del colgajo durante su disección,<sup>12,113</sup> permitiendo al mismo tiempo el manejo y maniobrabilidad del colgajo para su introducción.

Por otro lado, esta técnica también presenta ventajas cosméticas al evitar incisiones cutáneas a nivel facial ya sea a nivel de la glabella en las reconstrucciones de base de cráneo o las incisiones de rinoplastia abierta en las reconstrucciones septales. En nuestros trabajos se realiza únicamente una incisión coronal a nivel temporoparietal. Dicha incisión permanece totalmente cubierta por el cabello, salvo en el caso de pacientes alopécicos. Para evitar favorecer esa situación, es fundamental evitar daño en los folículos pilosos, conservando las primeras capas del cuero cabelludo (piel y tejido celular subcutáneo) integras y con el menor daño térmico posible. Podría existir la posibilidad de que los pacientes presentasen una depresión cutánea a nivel de la osteotomía del seno frontal. Para evitarlo durante el paso del CP a la cavidad nasal se deja un mayor volumen de colgajo a dicho nivel. No se han

encontrado deformidades estéticas ni depresiones en ninguno de los pacientes de ambos estudios.

Existen pocos trabajos que describan la disección endoscópica del CP. En el primero, Zanation et al.<sup>90</sup> realizan dos pequeñas incisiones a nivel temporoparietal a través de las cuales y con visión endoscópica logran disecar y elevar el colgajo hasta la otra incisión glabelar horizontal. En otro artículo, García-Fernández<sup>95</sup> logra evitar las incisiones más posteriores realizando una sola incisión vertical a nivel de la glabella. En nuestra técnica se decidió un abordaje clásico para elevar el CP. No tanto por la dificultad técnica de la disección endoscópica del CP sino para evitar la incisión a nivel facial, y dado la dificultad de realizar la osteotomía e introducción del CP sin la posibilidad de un manejo directo. Sin embargo, constituye un reto técnico para futuros trabajos.

Este nuevo abordaje presenta ventajas respecto a los abordajes abiertos clásicos de reconstrucción de base de cráneo. Nuestro primer estudio analiza las ventajas de la reconstrucción endoscópica con CP, evitando así la manipulación del lóbulo frontal en la patología de base de cráneo anterior. Estas conclusiones coinciden con el trabajo de Patel et al.<sup>96</sup> quienes afirman que el CP representa una opción adecuada para la reconstrucción endoscópica de base de cráneo.

## **Análisis radiológico preoperatorio. Límites del CP**

Se analizan radiológicamente los límites del CP al mismo tiempo que se estandarizan los tamaños para sus distintas indicaciones. Para ello, se toma como punto de referencia la proyección vertical del conducto auditivo externo (CAE) sobre el cráneo. En ambos estudios (primer y segundo estudios), se añade un tercio a cada medición para tener en cuenta el proceso de retracción del colgajo durante el proceso de cicatrización. Evitando así dehiscencias del colgajo por tensiones durante la cicatrización. No hemos encontrado ningún trabajo que cuantifique el proceso de retracción del CP pero, sin embargo, algunos trabajos proponen márgenes de seguridad similares, como añadir 3 cm.<sup>96</sup>

Estudio CP y base de cráneo: se realiza un análisis de las posibilidades de reconstrucción endoscópica de los distintos abordajes de base de cráneo con CP (abordajes transcribiformes, transplanum-transtuberculum, clivales y de la unión cráneo-vertebral). En este estudio se logran las siguientes conclusiones:

- 1- El CP presenta un área y longitudes suficientes para lograr la reconstrucción completa de la base ventral de cráneo (Figura 24).
- 2- Abordaje transcribiforme: el límite posterior del CP ha de situarse a 4 cm del punto de referencia (CAE) en dirección anterior. Ángulo de 20º respecto a la proyección vertical del CAE (Figura 24A).
- 3- Abordaje transplanum-transtuberculum: el límite posterior del CP coincide con el punto de referencia (CAE) (Figura 24B).

- 4- Abordaje clival: el límite posterior del CP ha de situarse a 6 cm del punto de referencia (CAE) en dirección posterior. Ángulo de  $25^{\circ}$  respecto a la proyección vertical del CAE (Figura 24C).
- 5- Abordaje de la unión cráneo-vertebral: el límite posterior del CP ha de situarse a 9 cm del punto de referencia (CAE) en dirección posterior. Ángulo de  $37^{\circ}$  respecto a la proyección vertical del CAE (Figura 24D).

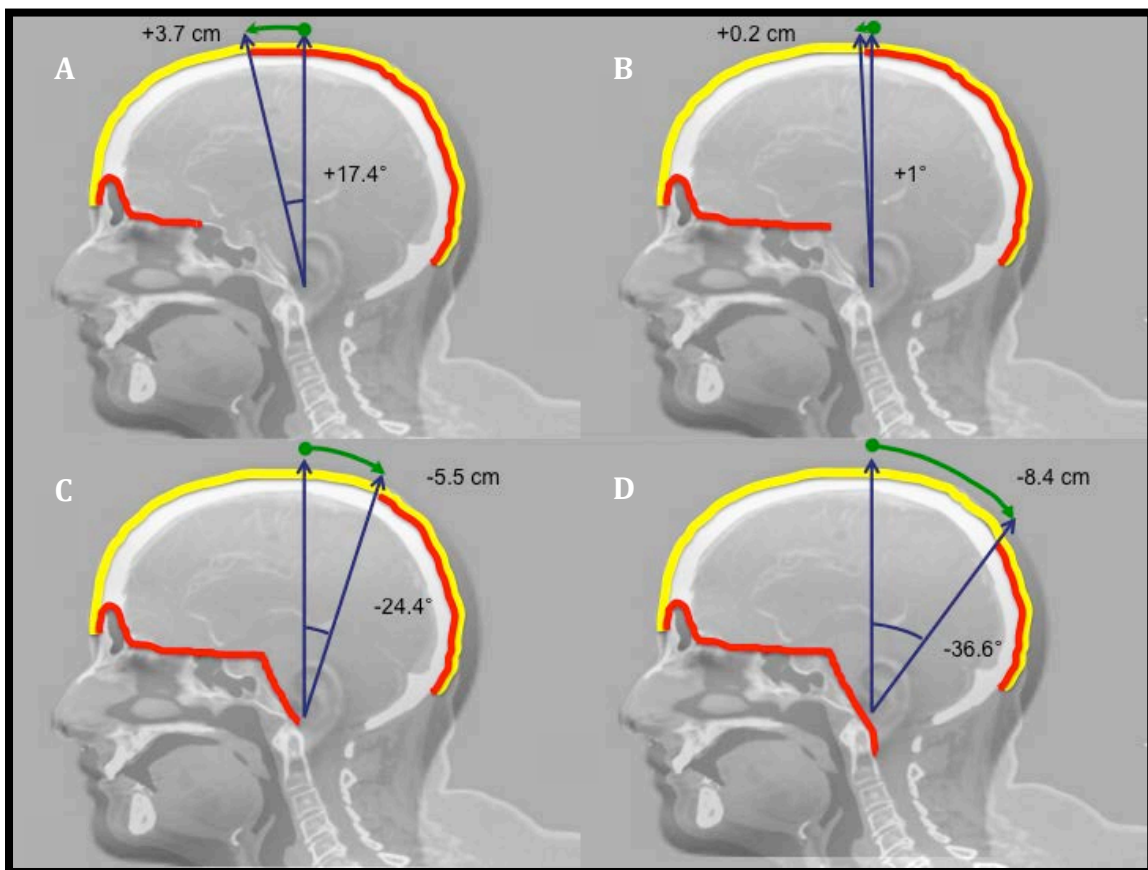


Figura 24: Estudio radiológico reconstrucción base de cráneo  
Estandarización del colgajo pericraneal para la base de cráneo. A: Transcribiforme. B: Transplanum, transtuberculum. C: Clival. D: Unión cráneo-vertebral. (Primer estudio)



En el trabajo de Patel et al.<sup>96</sup> también realizan un análisis radiológico y describen unas longitudes similares necesarias para reconstruir la base de cráneo en los abordajes transcribiforme, transplanum y clival. Estos autores encuentran que las longitudes eran aproximadamente 11, 14 y 20 cm respectivamente. No analizan el abordaje de la unión cráneo-vertebral.

La zona anterior del CP está irrigada por las arterias SO y ST principalmente. En consecuencia, a pesar de que CP presente un área suficiente como para la reconstrucción de toda la base ventral de cráneo, podríamos razonar que aumenta el riesgo de necrosis del colgajo a mayor tamaño del mismo. No están claros los límites de la irrigación anterior y posterior del CP, existe un artículo que estudia el límite distal de las ramas profundas del SO y ST.<sup>85</sup> Situándolas a unos 70 y 35 mm, respectivamente, del reborde orbitario. Sin embargo, realiza un análisis exclusivamente macroscópico de la irrigación en 4 especímenes.

Estudio CP y septum nasal: se realiza un análisis de las posibilidades de reconstrucción endoscópica de la totalidad del septum nasal. En este estudio se logran las siguientes conclusiones:

- 1- El CP presenta un área y longitudes suficientes para lograr la reconstrucción completa del septum nasal (Figura 25).
- 2- El límite posterior del CP ha de situarse aproximadamente a nivel del punto de referencia (CAE). En el caso de las mujeres puede situarse 1 cm en dirección anterior desde el punto de referencia. (Figura 25).

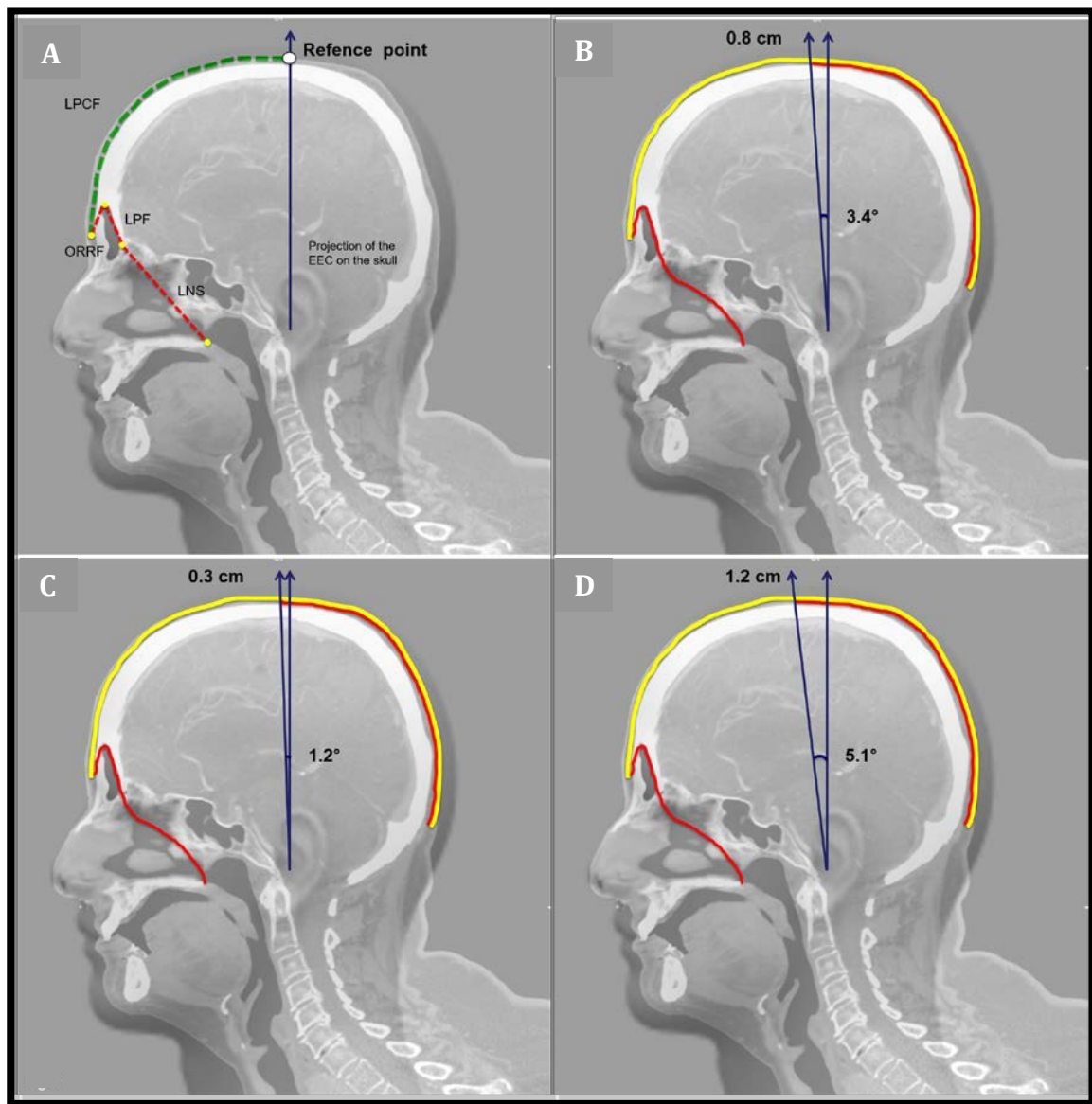


Figura 25: Estudio radiológico reconstrucción septal. Estandarización del colgajo pericraneal en una perforación septal total. A: Esquema de las mediciones. B: Mediciones generales. C: Hombres. D: Mujeres. (Segundo estudio)

## Reconstrucción endoscópica de base de cráneo con CP

Actualmente, el colgajo nasoseptal y el colgajo de pared lateral nasal representan las dos principales opciones reconstructivas para los defectos de base de cráneo de mayor tamaño.<sup>62,114,115</sup> Sin embargo, los colgajos endonasales no están disponibles en todos los pacientes, ya que existen situaciones donde por afectación tumoral o uso previo pueden no ser una opción válida. En esos casos, el CP representa una opción efectiva y segura para la reconstrucción de los defectos de la base de cráneo.<sup>62,97</sup> Al mismo tiempo, su manejo endoscópico permite mantener las ventajas de los abordajes endoscópicos sin necesidad de abordajes externos y manipulaciones del tejido encefálico (Figura 26). Existen series que lo proponen como una de las primeras opciones cuando no existen colgajos endonasales disponibles.<sup>90,91,99</sup>

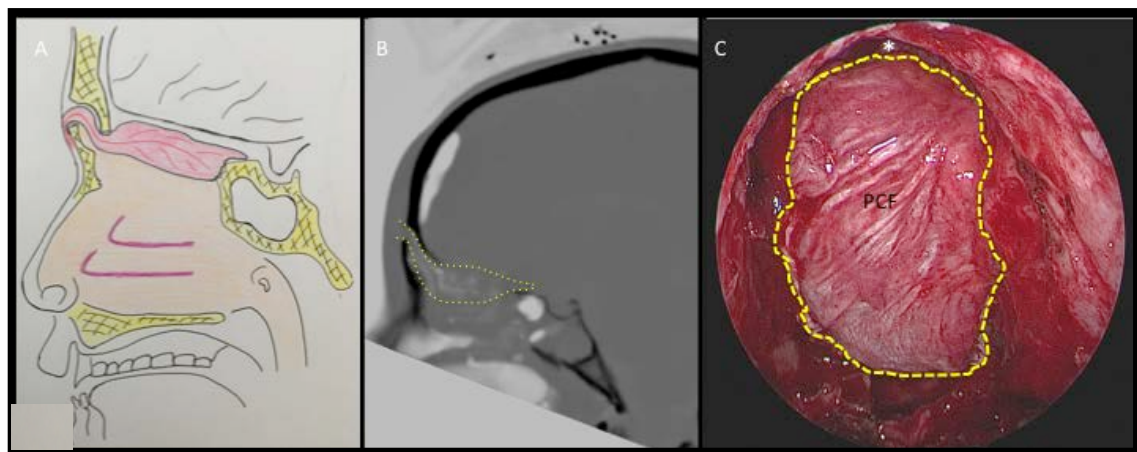


Figura 26: Estudio clínico reconstrucción base de cráneo. Reconstrucción endoscópica de base de cráneo con un colgajo pericraneal. A: Esquema de la técnica. B: Corte sagital de un TC en el postoperatorio inmediato. C: Imagen endoscópica de la reconstrucción de base de cráneo tras un abordaje transcribiforme. (Primer estudio)

Otro de los puntos importantes del uso del CP en la reconstrucción de base de cráneo es su relación con la radioterapia (RT). El pedículo del CP se encuentra normalmente fuera del principal campo de irradiación a diferencia de muchos casos de la vascularización endonasal. Debido a ello, la RT neoadyuvante puede comprometer los resultados de la reconstrucción con colgajos endonasaes por la afectación de su vascularización, pero no afectar a la vascularización del CP.<sup>116,117</sup> Algo similar ocurre con la RT adyuvante, pudiendo generar complicaciones tardías.<sup>118</sup> En nuestro estudio de los 6 pacientes descritos 4 recibieron RT postoperatoria y no se encontró ninguna complicación durante el seguimiento.

Existen muy pocas complicaciones descritas en la literatura del uso del CP tanto en abordajes abiertos<sup>55,119-121</sup> como en endoscópicos.<sup>91,95,99</sup> En la literatura, aparte de complicaciones más generales, como fístulas de LCR postoperatorias, encontramos casos de complicaciones más inusuales como: un caso de necrosis tardía (12 meses postoperatorios) tras RT adyuvante<sup>122</sup> o dos casos de compresión encefálica por congestión venosa del CP.<sup>123,124</sup> Estas bajas tasas de complicaciones coinciden con nuestros estudios clínicos, donde no se encontró ninguna complicación durante el tiempo de seguimiento.

## **Reconstrucción endoscópica del septum nasal con CP**

La elección de una la técnica quirúrgica, basadas principalmente en colgajos endonasales,<sup>111,112,125,126</sup> depende de la localización de la perforación, los restos del marco condro-óseo, la experiencia del cirujano y el tamaño del defecto.<sup>127,128</sup> Sin embargo, ninguna de estas técnicas es capaz de reparar una perforación septal total, asociada a una mayor tasa de fallo del colgajo.<sup>129-130</sup>

Por otro lado, el CP ha sido descrito en solo tres ocasiones para la reconstrucción de una perforación septal. Paloma et al.<sup>105</sup> publicaron una nota clínica en la que describieron la técnica de reconstrucción septal con CP utilizando un abordaje externo de rinoplastia abierta. Años más tarde, se presentó un estudio en cadáver en el que modificaron la técnica, al incluir injertos libres de hueso craneal entre las dos capas de CP.<sup>106</sup> Sin embargo, esta técnica no fue aplicada en pacientes vivos. Recientemente, otro trabajo ha presentado la posibilidad del CP de reparar perforaciones septales, describiendo un caso clínico en que con abordaje de rinoplastia abierta repararon una perforación de un diámetro de 1,7 cm. En este trabajo aparte de remarcar la rica vascularización del CP y su gran versatilidad presentan la posibilidad de usar la angiografía como técnica intraoperatoria para comprobar la vascularización del colgajo.<sup>107</sup> Ninguno de estos trabajos realizaron un manejo endoscópico del CP requiriendo, en todos ellos abordajes abiertos. Igualmente, en ninguno de los casos se reconstruyó una perforación septal total.

En nuestro trabajo se detalla el manejo endoscópico del CP para el cierre de una perforación septal total (Figura 27). La visión endoscópica presenta una gran ventaja respecto a los abordajes abiertos al permitir una perfecta visión de la zona más posterior de las fosas nasales donde se realiza el anclaje posterior del CP al rostrum esfenoidal y al límite posterior del paladar duro. Al mismo tiempo, un manejo puro endoscópico permite evitar incisiones cutáneas a nivel facial, evitando así posibles alteraciones a nivel estético. Si bien es cierto que el abordaje abierto nos permite una mejor visualización del marco óseo anterior, la visión endoscópica o directa permite una visión suficiente para el anclaje anterior del CP.

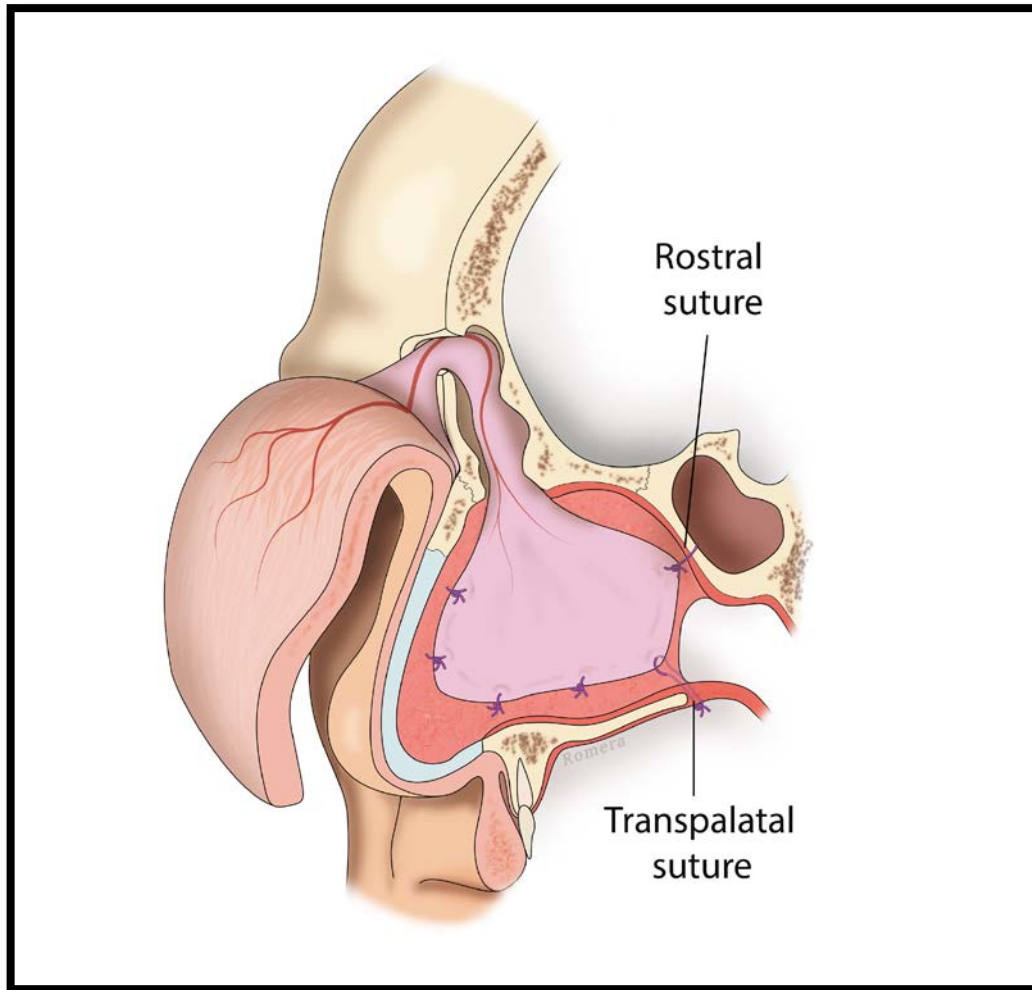


Figura 27: "Money box approach" Reconstrucción septal  
Reconstrucción de una perforación septal total con un colgajo pericraneal. (Segundo estudio)







## **5. Conclusiones**

---



1. El manejo endoscópico del CP es una técnica viable y simple para la reconstrucción de la base de cráneo y la reparación del septum septal.
2. El estudio anatómico demuestra que el CP presenta un área suficiente para la reconstrucción de la base ventral de cráneo y la reparación septal total.
3. El estudio radiológico confirma que, tomando como referencia el CAE y su proyección vertical sobre el cráneo, el límite distal del CP debe situarse:
  - a. Perforación septal total: a nivel del punto de referencia.
  - b. Abordaje transcribiforme: aproximadamente a 4 cm en dirección anterior desde el punto de referencia. Ángulo de 20°.
  - c. Abordaje transplanum-transtuberculum: A nivel del punto de referencia.
  - d. Abordaje clival: aproximadamente a 6 cm en dirección posterior desde el punto de referencia. Ángulo de 25°.
  - e. Abordaje de la unión cráneo-vertebral: aproximadamente a 9 cm en dirección posterior desde el punto de referencia. Ángulo de 37°.
4. El estudio clínico demuestra la reconstrucción de la base de cráneo en 6 pacientes y la reparación total de perforación septal en un paciente. No hubo complicaciones en nuestra serie.



## **6. Bibliografía**

---



## **Bibliografía:**

1. Argenta LC, Friedman RJ, Dingman RO, Duus EC. The versatility of pericranial flaps. *Plas Reconstr Srg.* 1985;76(5):695-702
2. Tolhurst DE, Carstens MH, Greco RJ, Hurwitz DJ. The surgical anatomy of the scalp. *Plast Reconstr Surg* 1991;87:603-614
3. Alobid I, Castelnovo P. Nasoseptal perforation, endoscopic repair techniques. Thieme. 2017:1---179. ISBN 978-3-13-205391-5
4. Snyderman CH, Janecka IP, Sekhar LN, et al. Anterior cranial base reconstruction: role of galeal and pericranial flaps. *Laryngoscope* 1990;100:607-614
5. Abul-Hassan HS, von Drasek Ascher G, Aclan RD. Surgical anatomy and blood supply of the fascial layers of the temporal region. *Plast Reconstr Surg* 1986;77:17-24
6. Smith JE, Ducic Y. The versatile extended pericranial flap for closure of skull base defects. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2004;130(6):704-711
7. Johns ME, Winn HR, McLean WC, et al. Pericranial flap for closure of defects of craniofacial resections. *Laryngoscope* 1981;91:952-9
8. Agarwal CA, Mendenhall SD, Foreman KB, Owsley JQ. The Course of the Frontal Branch of the Facial Nerve in Relation to Fascial Planes. An Anatomic Study. *Plas Reconstr Srg.* 2010;125(2):532-537
9. Seery GE. Surgical anatomy of the scalp. *Dermatol Surg.* 2002;28(7):581-587
10. Kleintjes WG. Forehead anatomy: arterial variations and venous link of the midline forehead flap. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2007;60(6):593-606



11. Yoshioka N, Kishimoto S. Anteriorly Based Pericranial Flap: An Anatomic Study of Feeding Arteries. *Skull Base Surg.* 1991;1(3):161-164
12. Yoshioka N, Rhoton AL Jr. Vascular anatomy of the anteriorly based pericranial flap. *Neurosurgery* 2005;57(1Suppl):11-16
13. Ashwini LS, Mohandas Rao KG, Saran S, Somayaji SN. Morphological and morphometric analysis of supraorbital foramen and supraorbital notch: A study on dry human skulls. *Oman Med J* 2012;27(2):129-133
14. Erdogmus S, Govsa F. Anatomy of the supraorbital region and the evaluation of it for the reconstruction of facial defects. *J Craniofac Surg.* 2007;18(1):104-112
15. Christensen KN, Lachman N, Pawlina W, Baum CL. Cutaneous depth of the supraorbital nerve: a cadaveric anatomic study with clinical applications to dermatology. *Dermatol Surg.* 2014;40(12):1342-1348
16. Yang HJ, Gil YC, Lee HY. Anatomy of facial and trigeminal nerve branches associated with the corrugator supercilii muscle: microdissection and modified Sihler staining. *Dermatol Surg.* 2015;41(1):87-93
17. Bernal-Sprekelsen, M., Alobid, I., Enseñat, J. and Prats-Galino, A. (n.d.). Endoscopic approaches to the paranasal sinuses and skull base. Thieme. 2017. ISBN 9783132018914
18. Castelnovo P, Dallan I, Battaglia P, Bignami M. Endoscopic endonasal skull base surgery: past, present and future. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2010;267(5):649-663
19. Verger-Kuhnke AB, Reuter MA, Beccaria ML. Biography of Phillip Bozzini (1773-1809) an idealist of the endoscopy. *Actas Urol Esp.*

- 2007;31(5):437-444
20. Shah J. Endoscopy through the ages. *BJU Int.* 2002;89(7):645-52
21. Melzer A, Cochran S, Prentice P, MacDonald MP, Wang Z, Cuschieri A  
The importance of physics to progress in medical treatment *Lancet.*  
2012;379(9825):1534-1543
22. Draf W, Michael P, Minovi A. History of endonasal tumor surgery. In: Draf  
W, Carrau RL, Bockmuhl U, Kassam AB, Vajkoczy P, eds. *Endonasal  
Endoscopic Surgery of the Skull Base Tumors.* Stuttgart: Thieme;  
2015:2–7
23. Caldwell GW. Disease of the accessory sinuses of the nose, and an  
improved method of treatment for suppuration of the maxillary antrum. *N  
Y Med J* 1893;58:526–528
24. Luc H. Une nouvelle methode operatoire pour la cure radicale et rápida de  
lémpheme chronique du sinus maxillaire. *Arch Laryngol* 1897;6:275
25. Lothrop HA. The anatomy and surgery of the frontal sinus and anterior  
ethmoidal cells. *Ann Surg.* 1898
26. Draf W. Endonasal microendoscopic frontal sinus surgery: the Fulda  
concept. *Oper Tech Otolaryngol Head Neck Surg* 1991;2:234–240
27. Messerklinger W. On the drainage of the normal frontal sinus of man.  
*Acta Otolaryngol.* 1967;63(2):176-181
28. Messerklinger W. Endoscopic anatomy of the human ethmoturbinals.  
*Acta Otolaryngol* 1973;75:243–248
29. Stammberger H. Personal endoscopic operative technic for the lateral  
nasal wall—an endoscopic surgery concept in the treatment of  
inflammatory diseases of the paranasal sinuses. *Laryngol Rhinol Otol*

- 1985;64(11):559–566
30. History of nasal endoscopy. En Stammberger H. Functional Endoscopic Sinus Surgery. Decker BC 1991. ISBN 0-941158-969
31. Kennedy DW Functional endoscopic sinus surgery technique. Arch Otolaryngol 1985;111:643–649
32. Nogueira JF Jr1, Hermann DR, Américo Rdos R, Barauna Filho IS, Stamm AE, Pignatari SS. A brief history of otorhinolaryngology: otology, laryngology and rhinology. Braz J Otorhinolaryngol. 2007;73(5):693-703
33. Liu JK, Das K, Weiss MH, Laws ER Jr, Couldwell WT. The history and evolution of transsphenoidal surgery. J Neurosurg. 2001;95(6):1083-1096
34. Halstead AE: Remarks on the operative treatment of tumors of the hypophysis. With the report of two cases operated on by an oro-nasal method. Surg Gynecol Obstet. 1910;10:494–502
35. Guiot G, Rougerie J, Fourestier M, Fournier A, Comoy C, Vulmiere J, Groux R. Explorations endoscopiques intracrâniennes. Press Med 1963;71:1225–1228
36. Hardy J, Ciric IS. Selective anterior hypophysectomy in the treatment of diabetic retinopathy. A transsphenoidal microsurgical technique. JAMA 1968;203(2):73–78
37. Hardy J: Transsphenoidal hypophysectomy. J Neurosurg. 1971;34:582–594
38. Jankowski R, Auque J, Simon C, Marchal JC, Hepner H, Wayoff M. Endoscopic pituitary tumor surgery. Laryngoscope 1992;102(2):198–202
39. Jho HD, Carrau RL. Endoscopic endonasal transsphenoidal

- surgery:experience with 50 patients. J Neurosurg 1997;87(1):44–5
40. Cappabianca P, AlWeri A, de Divitiis E. Endoscopic endonasal transsphenoidal approach to the sella: towards functional endoscopic pituitary surgery (FEPS). Minim Invasive Neurosurg 1998;41:66–73
41. Frank G, Pasquini E, Farneti G, Mazzatenta D, Sciarretta V, Grasso V, Faustini Fustini M (2006) The endoscopic versus the traditional approach in pituitary surgery. Neuroendocrinology 83(3–4):240–248
42. Nicolai P, Battaglia P, Bignami M, et al. Endoscopic surgery for malignant tumors of the sinonasal tract and adjacent skull base: a 10-year experience. Am J Rhinol 2008;22(3):308–316
43. Wolfe SA. The utility of pericranial flaps. Ann Plast Surg. 1978;1:147–153
44. Malecki J. New trends in frontal sinus surgery. Acta Otolaryngol. 1959;50(2):137-140
45. Ketcham AS, Wilkins RH, Vanburen JM, Smith RR. A combined intracranial facial approach to the paranasal sinuses. Am J Surg. 1963;106:698-703
46. Ketcham AS, Chretien PB, Van Buren JM, Hoye RC, Beazley RM, Herdt JR. The ethmoid sinuses: a re-evaluation of surgical resection. Am J Surg. 1973;126(4):469-476
47. Shah JP, Galicich JH. Craniofacial resection for malignant tumors of ethmoid and anterior skull base. Arch Otolaryngol. 1977;103(9):514-517
48. Habal MB, Maniscalco JE. Observations on the ultrastructure of the pericranium. Ann Plast Surg. 1981;6(2):103-111
49. Schuller DE, Goodman JH, Miller CA. Reconstruction of the skull base. Laryngoscope. 1984;94(10):1359-1364

50. Stiernberg CM, Bailey BJ, Weiner RL, Calhoun KH, Quinn FB. Reconstruction of the anterior skull base following craniofacial resection. Arch Otolaryngol Head Neck Surg. 1987;113(7):710-712
51. Price JC, Loury M, Carson B, Johns ME. The pericranial flap for reconstruction of anterior skull base defects. Laryngoscope. 1988;98(11):1159-1164
52. Arita N, Mori S, Sano M, Hayakawa T, Nakao K, Kanai N, Mogami H. Surgical treatment of tumors in the anterior skull base using the transbasal approach. Neurosurgery. 1989;24(3):379-384
53. Snyderman CH, Janecka IP, Sekhar LN, Sen CN, Eibling DE. Anterior cranial base reconstruction: role of galeal and pericranial flaps. Laryngoscope. 1990;100(6):607-614
54. Goffin J, Fossion E, Plets C, Mommaerts M, Vrielinck L. Craniofacial resection for anterior skull base tumours. Acta Neurochir (Wien). 1991;110(1-2):33-37
55. Andrew Danks R1, Kaye AH, Millar H, Kleid S. Craniofacial resection in the management of paranasal sinus cancer. J Clin Neurosci. 1994;1(2):111-117
56. Cantù G, Solero CL, Pizzi N, Nardo L, Mattavelli F. Skull base reconstruction after anterior craniofacial resection. J Craniomaxillofac Surg. 1999;27(4):228-234
57. Roux FX1, Moussa R, Devaus B, Nataf F, Page P, Laccourreye O, Schwaab G, Brasnu D, Lacau Saint-Guily J. Subcranial fronto-orbito-nasal approach for ethmoidal cancers surgical techniques and results. Surg Neurol. 1999;52(5):501-510

58. Sinha UK, Johnson TE, Crockett D, Vadapalli S, Gruen P. Three-layer reconstruction for large defects of the anterior skull base. *Laryngoscope*. 2002;112(3):424-427
59. Noone MC, Osguthorpe JD, Patel S. Pericranial flap for closure of paramedian anterior skull base defects. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2002;127(6):494-500
60. Rodrigues M, O'malley BW Jr, Staecker H, Tamargo R. Extended pericranial flap and bone graft reconstruction in anterior skull base surgery. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2004;131(1):69-76.
61. Yano T, Tanaka K, Kishimoto S, Iida H, Okazaki M. Reliability of and indications for pericranial flaps in anterior skull base reconstruction. *J Craniofac Surg*. 2011;22(2):482-485
62. Kim GG, Hang AX, Mitchell CA, Zanation AM. Pedicled extranasal flaps in skull base reconstruction. *Adv Otorhinolaryngol*. 2013;74:71-80
63. Danks AR, Kaye AH, Millar H, Kleid S. Craniofacial resection in the management of paranasal sinus cancer. *J Clin Neurosci*. 1994;1(2):111-117.
64. Thaller SR, Donald P. The use of pericranial flaps in frontal sinus fractures. *Ann Plast Surg*. 1994;32(3):284-287
65. Ducic Y, Stone TL. Frontal sinus obliteration using a laterally based pedicled pericranial flap. *Laryngoscope*. 1999;109(4):541-545
66. Parhiscar A, Har-El G. Frontal sinus obliteration with the pericranial flap. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2001 Mar;124(3):304-347
67. Petruzzelli GJ1, Stankiewicz JA. Frontal sinus obliteration with hydroxyapatite cement. *Laryngoscope*. 2002;112(1):32-36

68. Moshaver A1, Harris JR, Seikaly H. Use of anteriorly based pericranial flap in frontal sinus obliteration. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2006 Sep;135(3):413-416
69. Fattahi T, Dipasquale J. Utility of the pericranial flap in frontal sinus and anterior cranial fossa trauma. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2009;38(12):1263-1267
70. Casiano RR, Cooper J. Anterior table free bone graft technique for frontal sinus obliteration. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 1992;106(4):363-366
71. Tse DT, Goodwin WJ, Johnson T, Gilberg S, Meldrum M. Use of galeal or pericranial flaps for reconstruction or orbital and eyelid defects. *Arch Ophthalmol.* 1997;115(7):932-937
72. Brusati R, Colletti G, Redaelli V. Upper eyelid reconstruction with forehead galeal flap. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2009;62(7):901-905
73. Hobar PC1, Burt JD, Masson JA, Merritt JA, Trawnuk R. Pericranial flap correction of superior sulcus depression in the anophthalmic orbit. *J Craniofac Surg.* 1999;10(6):487-90
74. Lari AR, Kanjoor JR, Vulvoda M, Katchy KC, Khan ZU. Orbital reconstruction following sino-nasal mucormycosis. *Br J Plast Surg.* 2002 Jan;55(1):72-75
75. Patel V, Osborne S, Morley AM, Malhotra R. The use of pericranial flaps for reconstruction and elevation of the lower eyelid. *Orbit.* 2010;29(1):1-6
76. Fonseca JL. Use of pericranial flap in scalp wounds with exposed bone. *Plast Reconstr Surg.* 1983;72(6):786-790
77. Flint PW, Cummings CW. The pericranial turndown flap for coverage of soft-tissue defects. *Laryngoscope.* 1991;101(1 Pt 1):92-94

78. Karsidag S, Ozcan A, Ozkaya O, Ugurlu K, Bas L. Use of wide bipediced pericranial flap in anterior scalp reconstruction. *J Craniofac Surg.* 2009;20(6):2248-2251
79. Yoon SH, Burm JS, Yang WY, Kang SY. Vascularized bipediced pericranial flaps for reconstruction of chronic scalp ulcer occurring after cranioplasty. *Arch Plast Surg.* 2013;40(4):341-347
80. Renner G, Davis WE, Templer J. Temporalis pericranial muscle flap for reconstruction of the lateral face and head. *Laryngoscope.* 1984;94(11 Pt 1):1418-1422
81. Broniatowski M. Temporalis-pericranial muscle flap with split-thickness skin graft for coverage of large midfacial defects. *Ear Nose Throat J.* 1988;67(12):893-898
82. Danino AM, Ichinose M, Yoshimoto S, Wako M, Servant JM. Repair of wide coup de sabre without cutaneous excision by means of pericranial-galeal padding flap. *Plast Reconstr Surg.* 1999;104(7):2108-2111
83. Newman J, Costantino P, Moche J. The Use of Unilateral Pericranial Flaps for the Closure of Difficult Medial Orbital and Upper Lateral Nasal Defects. *Skull Base.* 2003;13(4):205-209
84. Leatherbarrow B, Watson A, Wilcsek G. Use of the pericranial flap in medial canthal reconstruction: another application for this versatile flap. *Ophthal Plast Reconstr Surg.* 2006;22(6):414-419
85. Sertel S, Pasche P. Pericranial Flap for Inner Lining in Nasal Reconstruction. *Ann Plast Surg.* 2016;77(4):425-432
86. Mehta V, Alon EE, Buchbinder D, Urken ML. Novel Use of Unilateral Galeopericranial Flaps for Closure of Sino-Orbital Cutaneous Fistulas.



- Laryngoscope. 2011;121:777–781
87. Hadad G, Bassagasteguy L, Carrau RL, Mataza JC, Kassam A, Snyderman CH, Mintz A. A novel reconstructive technique after endoscopic expanded endonasal approaches: vascular pedicle nasoseptal flap. *Laryngoscope*. 2006;116(10):1882-1886
88. Hadad G, Rivera-Serrano CM, Bassagaisteguy LH, Carrau RL, Fernandez-Miranda J, Prevedello DM, Kassam AB. Anterior pedicle lateral nasal wall flap: a novel technique for the reconstruction of anterior skull base defects. *Laryngoscope*. 2011;121(8):1606-1610
89. Rivera-Serrano CM, Bassagaisteguy LH, Hadad G, Carrau RL, Kelly D, Prevedello DM, Fernandez-Miranda J, Kassam AB. *Am J Rhinol Allergy*. Posterior pedicle lateral nasal wall flap: new reconstructive technique for large defects of the skull base. 2011;25(6):e212-216
90. Zanation AM, Snyderman CH, Carrau RL, Kassam AB, Gardner PA, Prevedello DM. Minimally invasive endoscopic pericranial flap: a new method for endonasal skull base reconstruction. *Laryngoscope*. 2009;119(1):13-18
91. Patel MR, Shah RN, Snyderman CH, Carrau RL, Germanwala AV, Kassam AB, Zanation AM. Pericranial flap for endoscopic anterior skull-base reconstruction: clinical outcomes and radioanatomic analysis of preoperative planning. *Neurosurgery*. 2010;66(3):506-512
92. Engle RD, Butrymowicz A, Peris-Celda M, Kenning TJ, Pinheiro-Neto CD. Split-calvarial osteopericranial flap for reconstruction following endoscopic anterior resection of cranial base. *Laryngoscope*. 2015;125(4):826-830

93. Eloy J, Shukla P, Choudhry O, Singh R, Liu J. Assessment of frontal lobe sagging after endoscopic endonasal transcribriform resection of anterior skull base tumors: is rigid structural reconstruction of the cranial base defect necessary? *Laryngoscope* 2012;122:2652–2657
94. Majer J, Herman P1, Verillaud B1. "Mailbox Slot" pericranial flap for endoscopic skull base reconstruction. *Laryngoscope*. 2016;126(8):1736-1738
95. García-Fernández A. Single-port approach to endoscopic pericranial scalp flap for anterior cranial fossa closure. *Laryngoscope*. 2017;127(12):2721-2724
96. Patel MR, Stadler ME, Snyderman CH, Carrau RL, Kassam AB, Germanwala AV, Gardner P, Zonation AM. How to choose? Endoscopic skull base reconstructive options and limitations. *Skull Base*. 2010;20(6):397-404
97. Klatt-Cromwell CN1, Thorp BD2, Del Signore AG1, Ebert CS1, Ewend MG3, Zonation AM4. Reconstruction of Skull Base Defects. *Otolaryngol Clin North Am*. 2016;49(1):107-117
98. Patel MR, Taylor RJ, Hackman TG, Germanwala AV, Sasaki-Adams D, Ewend MG, Zonation AM. Beyond the nasoseptal flap: outcomes and pearls with secondary flaps in endoscopic endonasal skull base reconstruction. *Laryngoscope*. 2014;124(4):846-852
99. Thorp BD, Sreenath SB, Ebert CS, Zonation AM. Endoscopic skull base reconstruction: a review and clinical case series of 152 vascularized flaps used for surgical skull base defects in the setting of intraoperative cerebrospinal fluid leak. *Neurosurg Focus*. 2014;37(4):E4

100. Oberg D, Akerlund A, Johansson L, Bende M. Prevalence of nasal septal perforation: the Skovde population-based study. *Rhinology* 2003;41:72–75
101. Gold M, Boyack I, Caputo N, Pearlman A. Imaging prevalence of nasal septal perforation in an urban population. *Clin Imaging* 2017;20:43:80–82
102. Stange T, Schultz-Coulon HJ. Closure of nasoseptal defects in Germany: the current state of the art. *Laryngorhinootologie* 2010;89:157–161
103. Neumann A, Morales-Minovi CA, Schultz-Coulon HJ. Closure of nasal septum perforations by bridge flaps [in Spanish]. *Acta Otorrinolaringol Esp* 2011;62:31–39
104. Bast F, Heimer A, Schrom T. Surgical closure of nasoseptal defects: postoperative patient satisfaction. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec* 2012; 74:299–303
105. Paloma V, Samper A, Cervera-Paz FJ. Surgical technique for reconstruction of the nasal septum: the pericranial flap. *Head Neck*. 200022(1):90-94
106. Keleş B, Oztürk K, Çiçekçibaşı AE, Büyükmumcu M. Reconstruction of large nasal septal perforations with a three layer galeal pericranial flap: an anatomical and technical study. *Kulak Burun Bogaz Ihtis Derg*. 2010;20(6):293-298
107. Williams R, Lee MK, Most SP. Large Septal Perforation Repair with Pericranial Flap and Intraoperative Fluorescence Angiography *Craniomaxillofac Trauma Reconstr*. 2016;9(2):181-184
108. Heathcote KJ, Nair SB. The impact of modern techniques on the

- recurrence rate of inverted papilloma treated by endonasal surgery. *Rhinology*. 2009;47(4):339-344
109. Komotar RJ, Starke RM, Raper DM, Anand VK, Schwartz TH. Endoscopic endonasal compared with anterior craniofacial and combined cranionasal resection of esthesioneuroblastomas. *World Neurosurg*. 2013;80(1-2):148-159
110. Graffeo CS, Dietrich AR, Grobelny B, Zhang M, Goldberg JD, Golfinos JG, Lebowitz R, Kleinberg D, Placantonakis DG. A panoramic view of the skull base: systematic review of open and endoscopic endonasal approaches to four tumors. *Pituitary*. 2014;17(4):349-356
111. Castelnuovo P, Ferreli F, Khodaei I, Palma P. Anterior ethmoidal artery septal flap for the management of septal perforation. *Arch Facial Plast Surg*. 2011;13(6):411-414
112. Alobid I, Mason E, Solares CA, Prevedello D, Enseñat J, De Notaris M, Prats-Galino A, Bernal-Sprekelsen M, Carrau R. Pedicled lateral nasal wall flap for the reconstruction of the nasal septum perforation. A radio-anatomical study. *Rhinology*. 2015;53(3):235-241
113. Carrau RL. Pericranial flap. In: Alobid I, Bernal-Sprekelsen M. eds. *Anatomical Landmarks for Endoscopic Approaches to the Paranasal Sinuses and the Skull Base: Instructional Step-by-Step Dissection Guide*. New York, NY: Thieme; 2017
114. Pinheiro-Neto CD, Prevedello DM, Carrau RL, et al. Improving the design of the pedicled nasoseptal flap for skull base reconstruction: a radioanatomic study. *Laryngoscope* 2007;117:1560–1569
115. Kassam AB, Thomas A, Carrau RL, et al. Endoscopic reconstruction of

- the cranial base using a pedicled nasoseptal flap. *Neurosurgery* 2008; 63: ONS44–ONS52
116. Harvey RJ, Parmar P, Sacks R, Zanation AM. Endoscopic skull base reconstruction of large dural defects: a systematic review of published evidence. *Laryngoscope* 2012;122:452–459
117. Hachem RA, Elkhatib A, Beer-Furlan A, Prevedello D, Carrau R. Reconstructive techniques in skull base surgery after resection of malignant lesions: a wide array of choices. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2016;24:91–97
118. Gil Z, Abergel A, Leider-Trejo L, Khafif A, Margalit N, Amir A, Gur E, Fliss DM. A comprehensive algorithm for anterior skull base reconstruction after oncological resections. *Skull Base*. 2007;17(1):25-37
119. Roux FX, Moussa R, Devaus B, Nataf F, Page P, Laccourreye O, Schwaab G, Brasnu D, Lacau Saint-Guily J. Subcranial fronto-orbito-nasal approach for ethmoidal cancers surgical techniques and results. *Surg Neurol*. 1999;52(5):501-508
120. Siniscalchi EN, Angileri FF, Mastellone P, Catalfamo L, Giusa M, Conti A, De Ponte FS, Tomasello F. Anterior skull base reconstruction with a galeal-pericranial flap. *J Craniofac Surg*. 2007;18(3):622-625
121. Varshney S, Bist SS, Gupta N, Singh RK, Bhagat S. Anterior craniofacial resection - for paranasal sinus tumors involving anterior skull base. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg*. 2010;62(2):103-107
122. Xu X, Lwin S, Ong YK. Delayed Breakdown of an Onlay Pericranial Flap Following Endoscopic Craniofacial Resection. *J Craniofac Surg*. 2017;28(4):1021-1023

123. Than KD, Kretzer RM, Dorsi MJ, Weingart JD. Symptomatic mass effect of a hypertrophied pericranial flap after repair of a dural defect: case report. *Neurosurgery*. 2007;60(4):E773
124. Jensen R, McCutcheon IE, DeMonte F. Postoperative swelling of pericranial pedicle graft producing intracranial mass effect. Report of two cases. *J Neurosurg*. 1999;91(1):124-127
125. Friedman M, Ibrahim H, Ramakrishnan V. Inferior turbinate flap for repair of nasal septal perforation. *Laryngoscope* 2003;113:1425–1428
126. Hanci D, Altun H. Repair of nasal septal perforation using middle turbinate flap (monopedicled superiority based bone included conchal flap): a new unilateral middle turbinate mucosal flap technique. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2015;272:1707–1712
127. Kridel RW. Considerations in the etiology, treatment, and repair of septal perforations. *Facial Plast Surg Clin North Am* 2004;12:435–450
128. Alobid I. Endoscopic closure of septal perforations. *Acta Otorrinolaringol Esp*. 2017. [Epub ahead of print]
129. Goh AY, Hussain SS. Different surgical treatments for nasal septal perforation and their outcomes. *J Laryngol Otol* 2007;121:419–426
130. Kim SW, Rhee CS. Nasal septal perforation repair: predictive factors and systematic review of the literature. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2012;20:58–65



