



UCAM
UNIVERSIDAD CATÓLICA
SAN ANTONIO

ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO
Programa de Doctorado en Ciencias Sociales y de la Salud

“Análisis de patrones de flujo aéreo en el interior de las
fosas nasales con un modelo matemático”

Autor:

Dña. Vania Novoa Juiz

Directores:

Dr. D. Manuel Burgos Olmos

Dr. D. Jerónimo Lajara Blesa

Murcia, junio de 2016



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

AUTORIZACIÓN DEL DIRECTOR DE LA TESIS PARA SU PRESENTACIÓN

El Dr. D. Manuel Antonio Burgos Olmos y el Dr. D Jerónimo Lajara Blesa como Directores de la Tesis Doctoral titulada “Análisis de patrones de flujo aéreo en el interior de las fosas nasales con un modelo matemático” realizada por Dña. Vania Novoa Juiz en el Departamento de Ciencias de la Visión, **autoriza su presentación a trámite** dado que reúne las condiciones necesarias para su defensa.

Lo que firmo, para dar cumplimiento a los Reales Decretos 99/2011, 1393/2007, 56/2005 y 778/98, en Murcia a 25 de Mayo de 2016.

Dr. D Jerónimo Lajara Blesa

Dr. D Manuel Antonio Burgos Olmos

Dedicado a mis hijos Gabriel y Sofía que son la luz de mi vida.

Y a Luis, mi compañero y mi ángel.

AGRADECIMIENTOS

A Jerónimo Lajara, director de esta tesis. Su característico y contagioso empuje y su mente innovadora y abierta han sido fundamentales para el desarrollo del presente trabajo y también para mi crecimiento personal y profesional. Gracias de todo corazón.

A Manuel Burgos, director de esta tesis por su disponibilidad y paciencia, por su generosidad y capacidad para guiar mis ideas.

A José María García Santos, Jefe de Servicio de Radiología del Hospital Morales Meseguer, por permitir que esta tesis doctoral se desarrollase y muy especialmente a Carlos Vázquez, radiólogo del área de Cabeza y Cuello del Hospital Morales Meseguer por su amabilidad enseñándome todo lo relacionado con el manejo de las imágenes.

A Andrés Carrillo, porque sin él y su buen talante no hubiera sido posible realizar el estudio estadístico.

A Valle Carmona, Fran Castejón y a Roberto Labrador, estudiantes de Ingeniería, por su ayuda con el programa para la extracción de datos.

A Paco Piqueras por su apoyo constante y su labor de guía.

A todos mis compañeros del Servicio de ORL del Hospital Morales por su colaboración, por las risas y buenos ratos, por compartir mis buenos y malos momentos. A mis compañeros del Servicio de ORL del Hospital de Los Arcos por brindarme su apoyo desde el principio y por el estupendo ambiente laboral que conseguimos. A Paco G. Purriños por su comprensión y empatía.

A todos mis compañeros de La Coruña junto a quienes me introduje en la Otorrinolaringología.

Cito especialmente a mi profesor el Dr. Adolfo Sarandeses que me hizo partícipe de sus conocimientos y me aportó buenos consejos para aplicar a la vida. Por todo esto sigo recordándolo a diario en la ejecución de mi labor.

El agradecimiento más sentido y profundo va para mi familia. A mi abuela, mi madrina, por regalarme cariño y frases escondidas llenas de sabiduría. A mi abuelo que me sigue cuidando. A mis hermanos, por ser ejemplos de tenacidad, superación e inteligencia. A mis tíos, muy especialmente a Genu y a Pili, por su apoyo permanente.

A mi padre que siempre me ha inculcado el valor del esfuerzo. A mi madre, por entenderme, apoyarme, arroparme y aconsejarme. Por ser mi modelo en esta vida.

A mis hijos. Su existencia me inspira para todo.

A Luis por ser como es. Su presencia incondicional, su compañía, sus consejos y su comprensión tiran de mí siempre.

*“Si cerráis la puerta a todos los errores,
también la verdad se quedará fuera”*

R. Tagore.

“El aliento es lo primero”

Buddha.

ABREVIATURAS

ORL: Otorrinolaringología
Fig: Figura
CE: Arteria Carótida Externa
SRS-A: Sustancia de reacción lenta de la anafilaxia
Rn: Resistencia nasal
 ΔP_n : Gradiente de presión entre ventanas nasales y coanas
Vn: débito o volumen de aire circulante por unidad de tiempo
P: densidad del fluido
V: velocidad del fluido
L: longitud
u: coeficiente de viscosidad
ml/s: mililitros por segundo
L/min: litros por minuto
cm: centímetros
cm²: centímetros cuadrados
cm³: centímetros cúbicos
NAR: noradrenalina
NPY: neuropéptido Y
VIP: péptido vasointestinal
EVA: escala visual analógica
RIMA: rinomanometría
TC: tomografía computerizada
RNM: resonancia nuclear magnética
ISCOANA: International Standardization Committee on Objective Assessment of Nasal Airway, Comité Internacional de Estandarización para la Constatación Objetiva de la Permeabilidad Nasal
CENS: Cirugía endoscópica nasosinusal
RNA: rinometría acústica
CFD: dinámica de fluidos computacional
MFC: mecánica de fluidos computacional
Pa: pascales
S: segundos
C°: grados centígrados
CQ7: cuestionario de calidad de vida
mm: milímetros
UPCT: Universidad Politécnica de Cartagena
UCO: Universidad de Córdoba
IMC: índice de masa corporal
Kg: kilogramos
RO: rinoscopia
EN: endoscopia nasal

ÍNDICE.

1. INTRODUCCIÓN.....Pág. 11
 - 1.1. Embriología nasal.
 - 1.2. Anatomía de la nariz: pirámide y fosas nasales.
 - 1.3. Histología nasal. Ultraestructura de las fosas nasales
 - 1.4. Fisiología nasal
 - 1.5. Obstrucción nasal. Etiopatogenia y fisiopatología.
 - 1.6. Métodos de evaluación de la obstrucción nasal. Recuerdo histórico.
 - 1.7. Métodos actuales de medición de la permeabilidad nasal.
 - 1.8. Flujo nasal y dinámica de flúidos. Importancia del tema, actualidad y aplicación en la clínica.
 - 1.9. Mecomland.

2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....Pág. 53

3. PACIENTES, MATERIAL Y MÉTODO.....Pág. 57
 - 3.1. Grupo de estudio.
 - 3.1.1. Grupo control. Grupo de sujetos para el estudio de valores de normalidad.
 - criterios de inclusión.
 - criterios de exclusión.
 - criterios de retirada.
 - 3.1.2. Grupo de sujetos con obstrucción nasal.
 - criterios de inclusión.
 - criterios de exclusión.
 - criterios de retirada.
 - 3.2. Material instrumental.
 - 3.2.1. Material rinoscópico y endoscópico.
 - 3.2.2. Rinomanómetro.
 - 3.2.3. TC de senos paranasales.
 - 3.3. Método.
 - 3.3.1. Metodología Experimental.
 - a) Hoja de Protocolo Anamnésico.
 - b) Exploración Otorrinolaringológica Básica.
 - c) Exploración Endoscópica De Las Fosas y Cavum.
 - 3.3.2. Metodología Instrumental.
 - a) Rinomanometría Anterior Activa
 - 1) Basal.
 - 2) Tras Vasoconstriccion.
 - b) Tomografía Computarizada y Flujo Aéreo de las Fosas

Nasales, Creación de una Geometría de la Fosa Nasal y
Cálculo del Flujo Aéreo.

3.3.3. Definición de Parámetros.

3.3.4. Mecomland.

3.3.5. Metodología Estadística. Muestra y Análisis Estadístico.

a) Descripción de la Muestra.

4. RESULTADOS.....Pág. 79

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA.

4.1. Caracterización del grupo. Variables demográficas.

4.2. Caracterización del grupo. Obstrucción nasal.

a) Resultados de la sensación subjetiva de obstrucción nasal
subjetiva, según EVA y según CQ7.

b) Resultados de la presencia de alteraciones obstructivas nasales
mediante rinoscopia, rinomanometría y DFC.

ESTADÍSTICA COMPARATIVA.

4.3. Comparativa de la sensación subjetiva o síntoma de obstrucción
nasal, la rinoscopia, la rinomanometría anterior activa y la DFC.

4.4. Análisis de correlaciones entre los subgrupos de localización de la
obstrucción objetivado por rinoscopia.

4.5. Análisis del stress de pared.

4.5.1. Pacientes.

4.5.2. Sujetos normales.

5. DISCUSIÓN Y COMENTARIOS.....Pág. 147

5.1. Índice de masa corporal.

5.2. Edad.

5.3. Sensación de obstrucción nasal y eva.

5.4. Sensación de obstrucción nasal y CQ7.

5.5. Obstrucción nasal, rinoscopia, y rima.

5.6. Discusión de los valores de normalidad.

5.7. Aplicaciones de la DFC:

5.7.1. Selección de candidatos a cirugía

5.7.2. Cuantificación del grado, naturaleza y localización de la
patología.

5.7.3. Valoración postquirúrgica.

5.8. Correlación de los valores subjetivos y de la DFC.

5.9. Stress de pared.

5.10. Parámetros estadísticamente significativos de la DFC.

5.11. Caída de presión en válvula nasal.

6. CONCLUSIONES.....	Pág. 161
7. BIBLIOGRAFÍA.....	Pág. 165
8. ANEXOS.....	Pág. 175

1. INTRODUCCIÓN

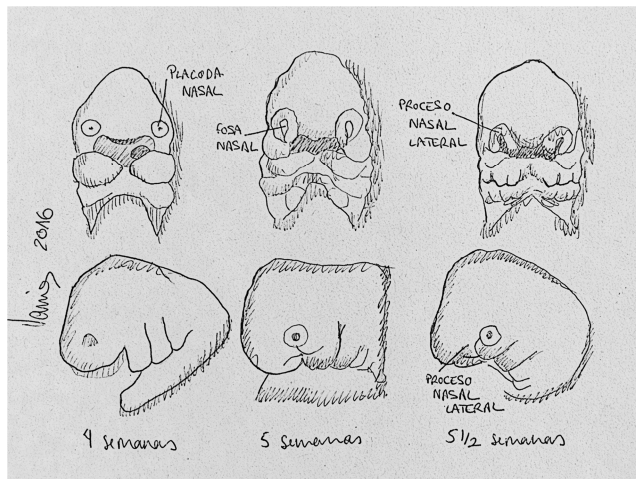
1. INTRODUCCIÓN

Esta tesis pretende evaluar la relación entre lo que el paciente refiere con respecto a su obstrucción nasal y las determinaciones obtenidas mediante el estudio del flujo nasal.

1.1. EMBRIOLOGÍA NASAL

La formación embrionaria de las fosas nasales está estrechamente relacionada con la conformación de la cara y de la boca primitiva.

El crecimiento de las estructuras mesoblásticas en la extremidad cefálica del embrión eleva el ectodermo desarrollando una serie de mamelones que progresivamente protruyen en la superficie. El estomodeo o boca primitiva es una profunda depresión que surge entre ellos. Estos mamelones son cinco: uno impar y



medio en la parte superior, es el mamelón frontal, que forma el techo del estomodeo; dos laterales y simétricos, por debajo del anterior o mamelones maxilares superiores, y dos inferiores o mamelones maxilares inferiores (fig.1), que confluirán rápidamente en la línea media formando en su coalescencia el suelo del estomodeo (1-6).

Fig. 1. Embrión de 4 semanas a 5 semanas y media.

El fondo de la boca primitiva, ectodérmica, contactará pronto con el intestino primitivo, una vez se reabsorba la fina membrana bucofaríngea de tejido ectoendodérmico sin eje mesoblástico, y que abocará al intestino al exterior.

La nariz es uno de los primeros órganos que se desarrollan en el embrión humano.

Durante la 3ª semana de la gestación surgen del prosencéfalo dos engrosamientos epiteliales llamados placodas olfatorias, separadas por la masa de tejido del proceso frontal (1-6). Durante la 4ª semana la periferia de las placodas adopta forma de herradura y su centro se deprime, formando las fosas olfatorias. Las fosas en su descenso dorso-caudal se aproximan al techo de la cavidad oral y dividen el proceso frontonasal en dos, una porción medial y otra lateral. La porción medial que crece más rápidamente se une en la línea media y forma la columela, el proceso premaxilar y el filtrum (4, 5).

Los procesos maxilares y mandibulares avanzan hacia la línea media y se fusionan finalmente con el proceso nasal medial, formando la porción inferior del vestíbulo y alas nasales.

La presión ejercida sobre los mamelones olfatorios en la línea media da como resultado el tabique nasal primario. En esta etapa la nariz primitiva está abierta directamente a la cavidad oral, descansando la lengua contra las coanas; la membrana buconasal de Hochstetter es la única estructura que separa los canales olfatorios del primitivo estomodeo (1,7). En la sexta semana de la vida fetal, esta membrana se rompe y, la primitiva cavidad nasal entra entonces en conexión con la rinofaringe.

Entre los días 45 y 48 aparecen dos crestas palatinas verticales sobre los procesos maxilares, dentro de la cavidad bucal.

Conforme crece la mandíbula y el suelo de la boca se expande, giran las crestas palatinas medialmente para fusionarse entre sí y con el paladar primitivo. Este fenómeno se completa hacia la 9ª semana, empezando en el agujero nasopalatino y avanzando caudalmente en forma de “Y” (4, 5).

Sobre la 7ª semana, cuando el embrión alcanza los 17 mm., los procesos maxilares avanzan para fusionarse con el proceso nasal lateral y luego continúan hasta el medial, para finalmente contactar con el maxilar contralateral, conformando la nariz externa y las narinas.

El crecimiento septal alarga las primitivas coanas redondas, a la vez que las desplaza hacia atrás.

Hacia la 10ª semana de vida intrauterina se fusionan el septum y el paladar, desplazando el esbozo lingual hacia el suelo de la boca.

Las estructuras que derivan del proceso nasal medial son: la columela, el filtrum, la premaxila, el cartílago septal, la lámina perpendicular del etmoides, el vómer, el proceso nasal del maxilar y el hueso palatino.

Los cartílagos paraseptales aparecen en el embrión hacia la 5ª semana, como repliegues de la mucosa sobre la pared septal.

Algunos autores relacionan esta formación con el órgano vomeronasal de Jacobson (5, 8).

El desarrollo de los cornetes tiene su origen en dos esbozos diferentes: uno, el más precoz, aparece antes del cierre palatino y es el cornete maxilar, que será el cornete inferior definitivo.

Formada ya la cápsula nasal, al segundo mes, aparecerá a expensas de la cara externa lo que será el aparato turbinario etmoidal, formado por tres mamelones principales, los cornetes medio, superior y supremo, y dos secundarios, recubiertos por los anteriores, la bulla etmoidal y la apófisis unciforme del etmoides adulto (1).

A expensas de la evaginación de la pared lateral de las fosas nasales se formarán los senos paranasales.

Progresivamente a partir del 2º mes de vida intrauterina, se irá desarrollando el laberinto etmoidal. Desde este conjunto de celdas se irán formando mediante

invaginaciones el resto de celdas sinusales.

Inicialmente se forma el grupo etmoidal anterior, del cual parten las celdillas maxilares y frontales, y del etmoidal posterior derivará el seno esfenoidal.

Consecuencia de su origen es la comunicación con la pared externa de la fosa nasal a través de los *ostia* de drenaje, de forma directa o a través de otras celdas sinusales (1, 5).

1.2. ANATOMÍA DE LA NARIZ: PIRÁMIDE Y FOSAS NASALES

La nariz puede dividirse en nariz externa o pirámide nasal, y en nariz interna o fosas nasales. La primera está situada medialmente en el plano de la cara y la segunda en el interior de la estructura piramidal cuadrangular que le ofrece la nariz externa (1,8-10).

1.2.1. Nariz externa

La pirámide nasal está constituida por una bóveda ósea, una bóveda cartilaginosa y el lóbulo nasal, estructura dinámica de la pirámide nasal (9).

- La pirámide ósea: la forman los huesos nasales, que cefálicamente se unen a la glabella del hueso frontal, constituyendo una zona muy gruesa de hueso diploico o compacto. Sus bordes laterales se unen a la apófisis ascendente del maxilar superior. Al nivel de su borde interno, los huesos nasales se unen entre sí y con la lámina perpendicular del etmoides, para conferir mayor resistencia al dorso nasal.

Por su parte la apófisis ascendente del maxilar se une lateralmente al hueso unguis formando el canal lagrimal.

Al nivel caudal, los huesos nasales y la apófisis ascendente forman el orificio piriforme, donde se aprecia en el centro de su borde inferior la espina nasal, cuyos bordes laterales están más elevados que el suelo de la fosa nasal (1, 4, 5).

- La pirámide cartilaginosa: está constituida por dos cartílagos, el lateral superior o triangular y el lateral inferior o alar, que constituye junto con el tejido fibroadiposo el lóbulo nasal (Fig. 2).

El cartílago lateral superior tiene forma irregular, ligeramente pentagonal. Su borde interno se une al contralateral para constituir el dorso nasal, dejando entre ambos al borde dorsal del cartílago septal o cuadrangular. Estos tres elementos forman una unidad, denominada cartílago septolateral (1). Cefálicamente, el cartílago lateral superior se coloca por debajo del borde caudal del hueso nasal, a unos 2 a 3 mm confiriéndole solidez al dorso.

El cartílago lateral inferior o alar: consta de una porción medial o *crusmedialis*, que junto con la contralateral constituyen la columela; y otra lateral o *cruz lateralis*, que

forma el ala nasal (Fig. 3). El pie del ala nasal no tiene soporte cartilaginoso, sino que está formado por tejido fibroso (4,11). En su borde cefálico el cartílago lateral inferior está cubriendo al lateral superior, aunque no contactan. El espacio entre ambos cartílagos está ocupado por tejido fibroadiposo. Esta región del dorso tiene menor consistencia, habiendo sido denominada por Monserrat (1) como el “triángulo débil” del dorso.

1.2.2. Fosas nasales

La estructura interna de la nariz o fosas nasales son dos corredores de 7,5 cm de largo y 5 cm de alto, separados por el tabique nasal, perfectamente acondicionados para la canalización y acondicionamiento del aire inspirado. Sin embargo, la mayor parte de la respiración nasal tiene lugar por una de ellas en cada momento, dando lugar a un flujo alternante. La fosa nasal "funcionante" se encuentra menos congestionada y ofrece una menor resistencia al flujo aéreo.

Las fosas nasales presentan cuatro paredes: interna, externa, superior e inferior, y dos orificios, anterior o narina y posterior o coana.

Los senos paranasales son cavidades neumáticas que se comunican con las fosas nasales por medio de los meatos. Los senos anteriores (frontales, maxilares y las celdas etmoidales anteriores) drenan por el meato medio. Los senos posteriores (celdas etmoidales posteriores y senos esfenoidales) drenan por el meato superior. En el meato inferior drena el conducto lácrimonasal.

La pared interna de las fosas nasales corresponde al tabique nasal, conformado por el cartílago cuadrangular, lámina perpendicular del etmoides y vómer. La pared lateral está constituida por distintas estructuras óseas articuladas entre sí. La masa lateral del etmoides, ubicada en la región superior, articulada anteriormente con la rama ascendente del maxilar superior y posteriormente, con el cuerpo del esfenoides. En su cara medial se destacan, la apófisis unciforme y los cornetes superior y medio.

El maxilar con su rama ascendente constituye la porción anterior y se continúa con la rama vertical del palatino, ubicada en la región posterior y se articula con el maxilar, apófisis pterigoides y cuerpo del esfenoides.

Por último el cornete inferior, que es un hueso independiente, se articula con la cresta del maxilar y el palatino (12).

- Orificios anteriores o Narinas

Están delimitados por el ala nasal y el cartílago lateral por fuera y por dentro por la parte baja del tabique. Está revestido de piel que contiene glándulas sebáceas y unos pelos largos y fuertes llamados vibrisas que filtran el aire inspirado.

- Orificios posteriores o coanas

Son ovaladas y miden 2,5 cm de altura por 1,25 cm de ancho. A través de estos orificios las fosas se abren a la faringe.

- Pared superior o techo.

Presenta una curvatura de delante atrás de concavidad inferior. Aunque en su mayor parte la integran los elementos óseos de la base del cráneo, se puede distinguir en ella una porción anterior o dorso nasal formada por el ensamblaje de los huesos propios de la nariz. La segunda o frontoetmoidal la constituye el frontal y la lámina cribosa del etmoides, localizándose aquí la región olfatoria o mancha amarilla. Posteriormente queda la porción esfenoidal, integrada por la cara anterior vertical del cuerpo del esfenoides, en la cual se abre el orificio del seno esfenoidal; y por la cara inferior de dicho cuerpo que se dispone horizontalmente contribuyendo a formar el límite posterior de las fosas nasales.

- Pared inferior o suelo

Es un canal horizontal que le separa de la cavidad bucal y está constituido por el ensamblaje de la porción horizontal del maxilar por delante y del palatino por detrás, y con sus homónimas del lado opuesto, estableciendo en conjunto una sutura crucial.

- Pared interna, medial o tabique (1,2,4,5,13)

Separa ambas fosas, y aunque fisiológicamente es de situación sagital, está supeditada a desviaciones individuales. La porción ósea está integrada por el vómer y la lámina perpendicular del etmoides, y la porción cartilaginosa por el cartílago cuadrangular. La lámina perpendicular del etmoides se articula por arriba con la lámina cribosa, por detrás con el cuerpo del esfenoides; en su parte antero-superior con los huesos propios, en la antero-inferior con el cartílago cuadrangular y el quinto borde se corresponde con el vómer.

El vómer constituye la porción posterior del septum. Por arriba establece una sinartrosis con la cresta inferior del cuerpo del esfenoides y su borde posterior permanece libre. El antero-superior con los otros elementos del tabique y su borde inferior, se articula con las crestas nasal e incisiva de las porciones horizontales maxilar y palatina.

El cartílago cuadrangular es un cuadrado irregular que descansa en la ranura del vómer. Su parte posterior se articula con la lámina perpendicular del etmoides, su borde superior forma parte del dorso de la nariz y el borde anterior del subtabique.

La anatomía del septo en la clasificación más frecuentemente empleada en la actualidad que es la de Cottle (fig.3):

- área I, vestibular: desde la ventana nasal o narina hasta el espacio valvular. Está cubierto por piel, epitelio escamoso estratificado con pérdida de cubierta córnea de la epidermis, con vibrisas con función de filtro. Su pared interna es la columela y la externa el ala nasal.

- área II, valvular: limitada por el septo, por el suelo de la fosa, y por la zona de confluencia entre el cartílago alar y el triangular. Es la región más estrecha de la

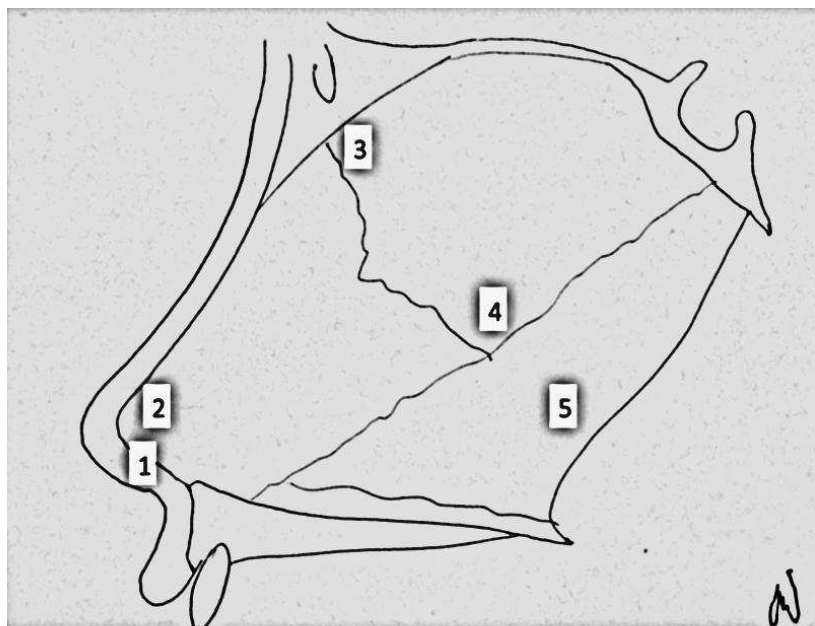


Fig. 3. Áreas de Cottle.

nariz, y el punto de mayor resistencia al paso de aire en inspiración.

- área III, atical: espacio entre la válvula y región en la que aparecen las cabezas de los cornetes.

-área IV, turbinal: segmento entre cabeza y cola de cornetes. Es el área más implicada en el ciclo nasal.

- área V, coanal: territorio nasal posterior. (fig.3).

- Pared lateral, externa o naso-orbito-sinusal (14)

Está integrada por las caras internas del maxilar superior, la lámina vertical del palatino, la aleta faríngea de la apófisis pterigoides, las masas laterales del etmoides y por el unguis.

Consta de unos repliegues óseos denominados cornetes (tres constantes y dos variables), que contribuyen a delimitar en la propia pared externa unos espacios denominados meatos. A su nivel aparece el desagüe del seno frontal, de las celdas etmoidales, del conducto lacrimo-nasal y del seno maxilar.

NARIZ Y CAVIDADES NASALES

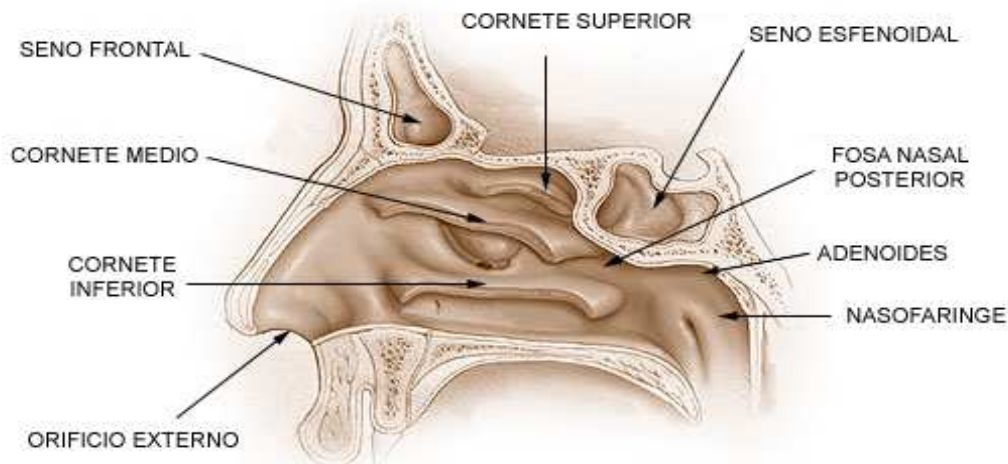


Fig. 4. Pared externa nasal

Los cornetes (fig.4) tienen una extremidad mayor dirigida hacia adelante denominada cabeza y otra hacia atrás llamada cola (1,2,4,5,12):

a) El cornete inferior es el mayor de todos, y es un hueso independiente de 3-4 cm.

Su cabeza está en contacto con la apófisis ascendente del maxilar, a unos 2 cm de la narina. Su cola, libre, llega a nivel de la coana. Está recubierto por mucosa que contiene grandes espacios vasculares, los cuales constituyen un tejido eréctil que puede hincharse y obstruir la nariz instantáneamente.

Este cornete cubre al meato inferior, que recibe el ducto lácrimo-nasal, por el que las lágrimas drenan a la fosa nasal.

b) El cornete medio o etmoidal inferior se sitúa en la masa lateral del etmoides. De tamaño y situación intermedia, su cabeza es libre y se denomina opérculo y su cola se encuentra en la coana. Se enrolla sobre si mismo, originando una serie de celdillas.

Recubre al meato medio, en el que drenan los senos frontal, maxilar y celdas etmoidales anteriores y medias.

c) El cornete superior es pequeño y se extiende hacia atrás, desde su unión con el cornete medio. Su cabeza no es visible. Su borde inferior es libre y recubre el meato superior, donde drenan las celdas etmoidales posteriores (1,8).

Cada fosa nasal se puede dividir en cuatro partes: el vestíbulo (4,12,13), el atrio (que desde el extremo superior del cornete medio se dirige hacia el vestíbulo), la región olfatoria (de aproximadamente 10 cm²), y la región respiratoria que la constituye el resto de la cavidad.

1.2.3. Senos paranasales

Constituyen una expansión de la cavidad de las fosas nasales hacia los huesos craneales que la limitan. Tienen un papel importante en la creación de turbulencias aéreas y en el aclaramiento mucociliar, constituyendo una unidad funcional con las fosas nasales.

Los senos maxilares o antros de Highmore ocupan el espesor del hueso maxilar superior y tienen forma de pirámide cuadrangular.

Constan de una pared superior orbitaria, anterior o yugal, posterior o pterigomaxilar e interna que corresponde a la pared externa de la fosa nasal.

Los senos frontales se desarrollan en la confluencia entre la porción horizontal y vertical del hueso frontal y en el espacio que media entre las dos tablas del hueso.

Tienen forma de pirámide triangular. Su base se prolonga a través del etmoides anterior, adoptando la forma de embudo, que le ha valido el nombre de infundibulum a la desembocadura de este seno en el meato medio.

El seno etmoidal está formado por las celdas etmoidales anteriores en número de 2 a 8 y las posteriores de 3 a 4 que se localizan en el espesor de las masas laterales del etmoides.

Por último, el seno esfenoidal se labra en el espesor del cuerpo del esfenoides y drena en el meato superior. Tiene forma de cubo irregular con seis paredes y cuyas relaciones por delante y abajo son nasales, por arriba y lateralmente endocraneales y por detrás con la silla turca e hipófisis.

1.2.4. Vascularización e inervación

La irrigación de la pirámide nasal proviene fundamentalmente de ramas de la arteria facial, nasal externa, infraorbitaria y dorso nasal, procedentes de las carótidas externas e internas. Las venas drenan en las faciales anteriores y en las oftálmicas. La inervación es trigeminal: primera rama del trigémino (oftálmica) y segunda rama (nervio maxilar superior).

Las fosas nasales también se irrigan por los dos sistemas carotídeos. La arteria maxilar interna, rama terminal de la arteria Carótida Externa (CE), se transforma en la arteria esfenopalatina al traspasar por el orificio esfenopalatino, y se divide en dos ramas, la nasoseptal y la nasal posterior. La arteria facial (rama de la CE) da la arteria del subtabique. La carótida interna a través de la arteria oftálmica da las arterias etmoidales anterior y posterior. El "área de Kiesselbach" (región anteroinferior del tabique), es una red arterial formada por la convergencia de la arteria esfenopalatina, arteria del subtabique y arteria etmoidal anterior (5,14).

El drenaje venoso de los plexos va a las grandes venas próximas (plexos pterigoideos y venas esfeno-palatinas, facial anterior y oftálmicas) y a los senos venosos intracraneales a través de la lámina cribosa del etmoides.

Los nervios acompañan básicamente a los vasos: etmoidales anterior y posterior, ramas nasales de los alveolares superior y anterior, ramitas que vienen del ganglio esfenopalatino con fibras simpáticas vasoconstrictoras y parasimpáticas secretomotoras y ramas del nervio palatino mayor. Los ramitos del nervio olfatorio, en número de 15 a 20, atraviesan la lámina cribosa etmoidal y las meninges y entran en los bulbos olfatorios (1,5,8,9,14).

Los senos paranasales maxilares se irrigan de ramitas de la arteria facial, maxilar interna infraorbitaria y palatina mayor, y se inervan de ramas de la segunda división del trigémino. Los senos frontales a través del paquete vasculo-nervioso supra-orbitario y las celdas etmoidales anteriores y posteriores del paquete vasculo-nervioso etmoidal anterior y posterior respectivamente.

Entre los senos paranasales, la órbita y la cavidad craneal existe una red venosa de intercomunicación, a través de la cual se extienden la mayoría de las infecciones de dichos senos. En los adultos, las pequeñas venas de la mucosa de los senos frontales comunican con las redes venosas del diploe del hueso frontal por los canales de Breschet, y por trombosis retrógradas puede afectarse el sistema venoso intracraneal.

El drenaje linfático se realiza a través de un sistema anterior, a los ganglios linfáticos submaxilares y cervicales superficiales; y uno posterior, que drena a los retrofaríngeos y a la cadena yugular interna.

1.3. HISTOLOGÍA NASAL. ULTRAESTRUCTURA DE LAS FOSAS NASALES

Las fosas nasales están tapizadas por una mucosa de 140-170 cm² de superficie.

Desde el punto de vista ultraestructural, hay que diferenciar dos tipos de mucosa: respiratoria y olfatoria. Ambas constan de epitelio y corion, estroma o lámina propia, separadas por la membrana basal.

La mucosa olfatoria (2-3 cm²) tapiza el techo de las fosas nasales y se extiende mínimamente hacia abajo por la pared lateral y el septum. Por su aspecto se denomina "mancha amarilla", y en ella se encuentra el órgano de la olfacción.

La mucosa respiratoria recubre prácticamente la totalidad de las fosas, diferenciándose una zona vestibular en el tercio anterior y la zona respiratoria en los dos tercios posteriores de la cavidad nasal. El epitelio en la zona respiratoria es cilíndrico pseudoestratificado, con células firmemente unidas por prolongaciones terminales y con cilios en la mayoría de ellas. En la zona vestibular es diverso: escamoso, metaplásico, de transición estratificado (con células cubiertas de microvellosidades en lugar de cilios) y columnar pseudoestratificado (7,15).

Los cilios son formaciones filamentosas de un diámetro de 0,3 µm y una longitud de 4 a 6 µm en número aproximado de 50-100 por célula. Las células que los poseen son ricas en mitocondrias como fuente energética para la intensa movilidad de los mismos.

Se mueven de las fosas hacia la faringe y de los senos al ostium, con movimiento

automático y continuo que persiste aún después de la muerte celular. Tiene dos fases, una rápida en dirección de la corriente mucosa y otra más lenta de recuperación en la dirección opuesta.

Tanto en las células ciliadas como no ciliadas del epitelio, existen unas expansiones que son las microvellosidades. No tienen movilidad activa y su función principal es aumentar el área de superficie de estas células para lograr un mayor intercambio de agua y sustancias entre las células epiteliales y entre éstas y el moco nasal, evitando así el secado de la superficie.

Las células caliciformes se intercalan entre las anteriores. Su estructura es glandular y constan de un aparato de Golgi muy desarrollado, un núcleo desplazado hacia la base y gran cantidad de gránulos mucígenos (1,2,8,9,16).

Su secreción es apocrina, eliminando simultáneamente muchos gránulos sobre la superficie y cerrándose de nuevo hasta el inicio de un nuevo ciclo secretor. Pueden agregarse formando glándulas intraepiteliales.

El corion (estroma o lámina propia), es una banda de tejido conjuntivo fibroelástico donde se diferencian hasta cuatro capas (1,2,8).

Una capa subepitelial de celularidad abundante; otra glandular superficial (ambas ricas en capilares fenestrados y anastomosis arterio-venosas); capa media con sinusoides cavernosos y capilares continuos y capa glandular profunda. La sustancia extracelular es un gel rico en mucopolisacáridos ácidos que forma un líquido hístico rico en agua, electrolitos y proteínas plasmáticas. Entre el epitelio y la lámina propia está la membrana basal, que en los sujetos normales se engruesa en la parte anterior de la nariz.

Los mastocitos abundan en la mucosa respiratoria. Son células grandes de núcleo ovalado y contienen aproximadamente unos 200 gránulos. Tienen gran importancia en la patogenia de las rinitis alérgicas a través de sus mediadores, siendo la principal fuente de histamina.

En contraste con los mastocitos que se forman localmente en la mucosa, los eosinófilos son transportados desde la médula ósea hasta la mucosa por la circulación sanguínea.

Contienen gránulos que se caracterizan por poseer una estructura cristalina en forma de disco y una elevada concentración de peroxidasa y aril-sulfatasa, capaz ésta última de neutralizar la sustancia de reacción lenta de la anafilaxia (SRS-A).

Los neutrófilos, los linfocitos y las células plasmáticas se encuentran frecuentemente en la mucosa nasal. Los neutrófilos poseen, al igual que los eosinófilos, una notable tendencia a emigrar a través del epitelio superficial y a menudo se encuentran en la secreción nasal normal (15).

La estructura de los vasos sanguíneos nasales es de una importancia decisiva en la aparición de síntomas de rinitis. Debido a la porosidad de la membrana basal endotelial, estos vasos pueden verse influenciados más fácilmente por la acción de mediadores y por medicamentos transportados en la sangre. Además, los capilares

fenestrados que se encuentran por debajo del epitelio superficial y alrededor de los acinos glandulares, están diseñados para el paso rápido del líquido a través de la pared vascular. A causa de los sinusoides cavernosos, la mucosa nasal es capaz de experimentar rápidos cambios en su grosor (16).

Las glándulas serosas anteriores vierten su secreción acuosa a la parte superior del orificio interno y las pequeñas glándulas seromucosas se encuentran uniformemente distribuidas en la región respiratoria. Tan solo en el tabique nasal existen aproximadamente 19.000 glándulas, y en los cornetes otro tanto.

La secreción nasal es una mezcla de moco viscoso procedente de células caliciformes, secreción pegajosa de las glándulas seromucosas y secreción acuosa de las glándulas serosas anteriores. También contribuyen a formar el líquido nasal las lágrimas, el agua condensada a partir del aire espirado y un transudado procedente del plasma sanguíneo.

Las moléculas de glucoproteínas de la secreción forman una trama laxa que es capaz de combinarse con el agua. El gel semisólido resultante protege la superficie epitelial. Por otra parte, el líquido nasal contiene proteínas secretorias como la IgA, la lactoferrina y la lisozima, que poseen todas ellas numerosas propiedades protectoras. La inervación de la mucosa nasal se realiza por el Sistema Nervioso Autónomo. Fibras parasimpáticas que provienen del núcleo del vago y simpáticas del ganglio estrellado, entran a través del nervio vidiano: las parasimpáticas inervan los fundus glandulares y en menor grado los vasos, y las simpáticas, la capa muscular de las arterias y de las venas sinusoidales.

1.4. FISIOLOGÍA NASAL

1.4.1. Aerodinámica nasal

1.4.1.1. Fundamentos de la dinámica de la corriente aérea.

Para comprender mejor la aerodinámica nasal, es conveniente exponer brevemente ciertos conceptos de la mecánica de fluidos que gobierna el movimiento del aire en el interior de las fosas nasales.

Cuando un fluido atraviesa un conducto su presión disminuye progresivamente a medida que avanza en la profundidad del mismo. El gradiente de presión se modifica debido a la fricción de la corriente con las paredes del conducto. La disminución de la presión calculada con un determinado débito es lo que define la resistencia del conducto o tubo.

La resistencia nasal consiste en la suma de resistencias desde las ventanas nasales hasta las coanas al paso de una corriente aérea. Las regiones principales de resistencia se encuentran en el vestíbulo nasal y en el territorio de los cornetes. Midiendo la resistencia nasal total se puede determinar el efecto de una situación patológica en la ventilación nasal (17,18).

En un conducto determinado la disminución de la presión (el gradiente de presión) de una corriente será mayor en la medida en que el débito sea mayor.

$$R_n = \Delta P_n / V_n$$

dónde R_n es la resistencia nasal, ΔP_n es el gradiente de presión entre ventanas nasales y coanas y V_n es el débito o volumen de aire circulante por unidad de tiempo.

Flujo laminar o turbulento (fig.5)

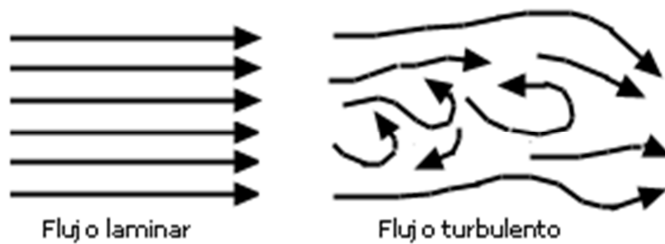


Fig. 5. Representación esquemática del flujo laminar y turbulento.

Reynolds tipificó el régimen con el que circula una corriente aérea (un fluido) en el interior de un conducto. Existen dos grandes categorías: flujo laminar y flujo turbulento. Depende del valor de un número que se conoce como número de Reynolds.

Para un valor del número de Reynolds inferior a 2000 el régimen es laminar, mientras que para un valor superior a 4000 el régimen es turbulento. Valores entre 2000 y 4000 condicionan regímenes de orden transicional. El régimen por el que circula un fluido depende de su débito y de las paredes del conducto.

Flujo laminar

Es un flujo en el cual el fluido puede considerarse que se mueve en capas uniformes denominadas láminas. O sea, que el débito de este fluido se mantiene constante en todos aquellos puntos que son equidistantes al eje central del tubo. Las capas de velocidad idénticas forman superficies cilíndricas concéntricas cuya velocidad decrece a medida que se encuentran más cercanas a las paredes del tubo (17-20).

Régimen transicional

La velocidad de desplazamiento aumenta con respecto al flujo laminar, de modo que los valores más elevados de débito se alcanzan en el centro del tubo. En las capas próximas al eje central, la velocidad tiende a ser más elevada, por lo que las partículas de aire se disponen formando "remolinos". En el régimen transitorio encontramos un flujo laminar en la periferia y uno turbulento en la región central del tubo.

Flujo turbulento

En este tipo de flujo las láminas fluyen desorganizadas, tanto en su dirección como en su velocidad. El movimiento del fluido se da en forma caótica; sus partículas se mueven desordenadamente y las trayectorias de las mismas se encuentran formando pequeños remolinos aperiódicos, (no coordinados), como el agua en un canal de gran pendiente. Debido a esto, la trayectoria de una partícula se puede predecir hasta una cierta escala, a partir de la cual la trayectoria de la misma es impredecible, más precisamente, caótica (17,18).

En un régimen turbulento, la velocidad de desplazamiento del fluido aumenta considerablemente. Todo el conjunto adquiere movimientos de “remolino”.

El flujo puede cambiar de laminar a turbulento debido a:

- Un cambio en la velocidad del flujo.
- Alteraciones del propio flujo.
- Rugosidad de la superficie sobre la que fluye.
- Los gradientes de presión. Cuando la presión estática decrece con la distancia a lo largo del flujo, las alteraciones en el flujo se amortiguan; cuando esta presión aumenta, las alteraciones se amplifican.
- Otros factores: densidad del fluido (ρ), su velocidad (V), la longitud (L) y el coeficiente de viscosidad dinámica (μ), que los ingenieros relacionan con el número de Reynolds

$$Re = (\rho VL) / \mu.$$

El flujo nasal posee unos rasgos característicos que lo definen, la corriente aérea es oscilante, no constante, regida por el ciclo respiratorio; el incremento o decremento del flujo resulta de la ganancia o pérdida de energía cinética provocada por una adicional caída de la presión. Otro rasgo es la irregularidad de la sección del contorno de la fosa nasal. Además la trayectoria de la corriente aérea es curvada, esto condiciona un aumento de la presión adicional.

Débito respiratorio nasal

Se ha establecido como débito normal promedio un caudal de 250 mililitros/segundo (ml/s) por cada una de las fosas nasales. Durante una respiración normal el débito varía, es inferior a 150 ml/s al comenzar la inspiración o terminar la espiración. El régimen es en estos momentos laminar. Durante el resto de la respiración consideramos un débito superior a 150 ml/s prácticamente en todo el intervalo, dando lugar a un flujo turbulento (17,18).

La corriente aérea inspiratoria se eleva verticalmente desde el vestíbulo, posteriormente se incurva introduciéndose en el meato medio y desde aquí hacia la rinofaringe. La corriente espiratoria alcanza el territorio olfatorio en la región nasal más craneal describiendo un remolino. El aire establece contacto con la totalidad de la mucosa pituitaria, lo que favorece su acondicionamiento (17-21).

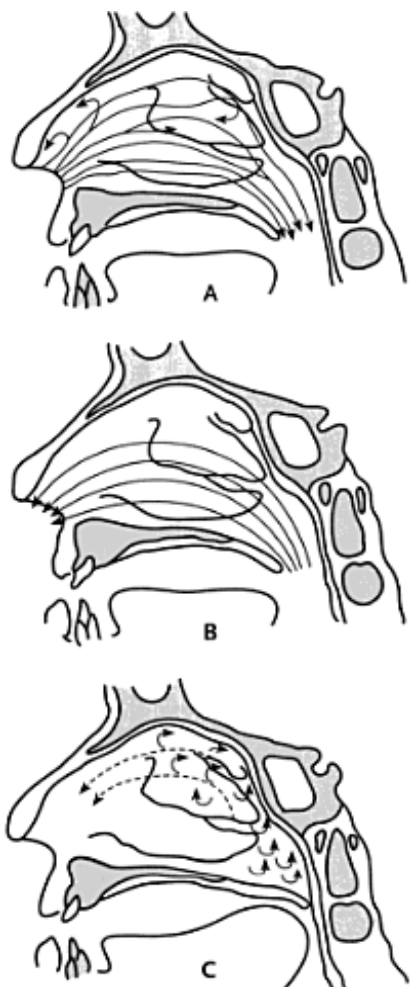


Fig. 6. Trayectorias del flujo aéreo. Figura tomada de 1ª edición de Tratado de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello. Tema 40, pág 490.

1.4.1.2. Aerodinámica nasal

La nariz es un órgano creador de resistencias capaces de alterar tanto el flujo nasal como las presiones subatmosféricas intratorácicas, que influyen de modo decisivo en el intercambio gaseoso pulmonar.

La resistencia nasal en sujetos sanos desde la narina hasta 3 cm en el interior del conducto nasal oscila entre 52 a 78% del total de la resistencia en toda la vía respiratoria (22). Estudios recientes con técnicas pletismográficas han evidenciado que el área valvular nasal es responsable de 2/3 de la resistencia nasal total (23).

La columna de aire que pasa por las fosas nasales está condicionada por factores estáticos invariables, determinados por la conformación anatómica y por factores dinámicos variables, en el espacio y el tiempo, que son determinados principalmente por las modificaciones de la pirámide cartilaginosa y su movilidad, y a fenómenos vasomotores, que influyen sobre el flujo de aire que atraviesa las fosas nasales (24-27).

La dirección de la columna de aire durante la respiración ha sido estudiada extensamente por distintos autores tanto en modelos artificiales como sobre cadáver. A pesar de que la dirección depende de factores anatómicos de cada individuo como la posición relativa entre narina y coana o el ángulo nasolabial, la hipótesis más aceptada defiende que la entrada de aire se produce mayoritariamente por el meato medio y durante la espiración por el meato inferior, suelo de la fosa nasal y techo de la misma (fig. 6).

Las fosas nasales pueden considerarse como dos tubos paralelos. Los movimientos respiratorios crean cambios de presión en el área postnasal, creando un gradiente con la presión atmosférica. El aire consecuentemente se mueve y su velocidad la determinará ese gradiente de presión, el diámetro y longitud del tubo y el tipo de flujo, bien sea laminar o turbulento.

No obstante, las corrientes de aire que se producen durante una respiración nasal normal y tranquila son de tipo transicional, que se acercan al flujo laminar o turbulento según el área nasal o la fase de la respiración que se considere (28).

En un sistema de hendiduras tan complicado como el de las fosas nasales, con sus múltiples cambios de sección y superficies irregulares en sus paredes, es muy difícil determinar con exactitud las características del flujo (24).

La respiración nasal requiere un mayor gasto de energía que la respiración bucal. Este mayor esfuerzo supone un mayor volumen de entrada de aire en el pulmón, porque el fuelle pulmonar está obligado a crear una mayor presión negativa intratorácica para vencer las resistencias nasales, lo que secundariamente disminuye la frecuencia respiratoria (24).

La superioridad fisiológica de la respiración nasal sobre la bucal se debe, entre otras razones, a que aquella es más lenta y profunda, proporciona más tiempo para que ocurra la mezcla de gases y permite un intercambio gaseoso máximo en el alvéolo pulmonar. Una respiración más lenta y profunda dilata una mayor cantidad de alvéolos periféricos y permite que el surfactante pulmonar se distribuya mejor.

El intercambio gaseoso depende de factores constantes como la solubilidad, el peso molecular y el grosor de la membrana alveolar, y otros variables, como la humedad relativa y la temperatura, que en el alvéolo llegan a tener un valor constante, y las diferencias de presión, factores que se regulan mediante la respiración nasal (29).

El flujo del aire inspirado y espirado en las cavidades nasales ha sido estudiado en trabajos *in vitro* con modelos experimentales creados con moldes nasales de cadáveres. Proetz (1951) (30) llevó a cabo el primer estudio exhaustivo acerca del patrón de flujo mediante humo.

Procuo (26,31) emplea corrientes de agua coloreadas que introduce en fosas de cadáveres. La forma del vestíbulo nasal hace converger el agua aproximadamente 20°, posteriormente pasa a través del ostium interno, inflexiona de 60 a 130° y se dirige al meato medio. Una pequeña cantidad de líquido circula por el suelo de la fosa. Al alcanzar la nasofaringe toma un ángulo de 90° para dirigirse a orofaringe. Durante la

espiración la mayor proporción de fluido discurre por el suelo de la fosa y el meato inferior.

Swift y Proctor (32,33) estudiaron el flujo nasal a partir de piezas anatómicas. La mayor parte del aire inspirado se introduce en las fosas nasales entre el cornete inferior y el cornete medio. El suelo nasal y el techo son las regiones menos ventiladas. La dirección se ve muy influida por factores anatómicos tales como el ángulo nasolabial o la relación entre narina y coana. En la espiración, la distribución es más dispersa, con predominio de corriente hacia las regiones olfativas. Estos resultados pueden presentar variaciones con la acción de los cartílagos y de los músculos de la cavidad nasal.

1.4.2. Ciclo nasal

La anatomía de la microcirculación de los cornetes, que se comportan como cuerpos eréctiles que se congestionan o descongestionan, obedece a un ciclo regulado por el sistema nervioso autónomo. Se distribuye en ciclos temporales de 30 minutos a más de 7 horas. Los factores que influyen en el ciclo nasal son las condiciones atmosféricas, climáticas, edad, posición corporal, funciones endocrinas, medicaciones y las características personales del individuo.

En 1895, Kayser (17) por primera vez describe las modificaciones alternativas de la permeabilidad nasal denominado «ciclo nasal». Desde esta primera descripción, se han realizado numerosos trabajos para comprender este fenómeno y sus mecanismos (29,34-41).

El análisis de los diferentes trabajos permite constatar que solamente el 70 al 80 % de la población adulta presenta modificaciones cíclicas (42). En el ciclo nasal se produce una alternancia de vasodilatación y de vasoconstricción que afecta principalmente al cornete inferior y al septum nasal que son las dos mayores localizaciones del tejido vascular. Su periodicidad puede modificarse en varias horas, y pueden observarse igualmente cambios vasculares asimétricos y no rítmicos (43). Afecta asimismo a la mucosa de las cavidades de los senos etmoidales y maxilares (44). El ciclo nasal se altera con la edad; un estudio realizado en 361 pacientes sin patologías rinosinusales concluye que estas variaciones sobrevienen hasta los 16 años apreciándose a continuación una estabilización relativa (45).

La red vascular de la mucosa nasal comprende vasos de resistencia (arterias y arteriolas) y vasos de capacitancia (plexos cavernosos y venas). Suelen describirse a nivel del cornete inferior tres circuitos vasculares superpuestos (46):

- el más profundo es el sistema de resistencia con anastomosis arteriovenosas que se encuentran en el corion; los pasos directos entre sistemas arteriales y venosos la realiza un esfínter muscular liso.
- el intermedio con presencia de plexos cavernosos avalvulares, sistema de capacitancia del complejo vascular; su volumen dependerá de las anastomosis

arteriovenosas proximales y de los esfínteres venosos distales.

- en el más superficial asientan las terminaciones de las ramas ascendentes que surgen de la red arterial subperióstica y/o subpericondral; de estas nace una red capilar que se distribuye bajo la membrana basal; esta estructura es la región de intercambio, esencial en la defensa e información del organismo.

Estos sistemas se regulan independientemente, y pueden interactuar con los otros sistemas vasculares, generando las condiciones necesarias para una independencia en el seno de un sistema de interdependencia.

La regulación de esta vascularización es compleja.

Los vasos de la mucosa nasal recogen estimulaciones constantes procedentes del sistema simpático, el sistema parasimpático presenta una actividad más irregular. Las fibras simpáticas preganglionares provienen de las neuronas situadas en las astas anteriores de la médula torácica, entre C6 y D2. La mayoría alcanza el ganglio cervical para hacer sinapsis. Las fibras postsinápticas se dirigen a través del nervio petroso mayor hacia el ganglio esfenopalatino. Algunas fibras acompañan a la carótida interna y después a la vascularización con destino a la región nasal (47). Las fibras simpáticas contienen noradrenalina (NAR), o bien NAR y neuropéptido Y (NPY), ambos mediadores vasoconstrictores. Los receptores $\alpha 1$ y $\alpha 2$ -adrenérgicos están presentes en la mucosa nasosinusal. Las fibras nerviosas simpáticas estimulan, por la liberación de noradrenalina, los receptores $\alpha 1$ y $\alpha 2$, cuya distribución es mixta para los vasos de capacitancia y casi exclusiva ($\alpha 2$) para los vasos de resistencia.

La estimulación simpática origina una vasoconstricción del sistema de resistencia por un mecanismo α -adrenérgico y una vasoconstricción de los vasos de capacitancia por el mismo mecanismo, pero igualmente por una estimulación no adrenérgica y no colinérgica. Un estudio reciente in vitro sobre la mucosa del cornete medio ha permitido confirmar que la somatostatina y NPY provocan una vasoconstricción según un mecanismo no adrenérgico-dependiente, probablemente por estimulación de receptores específicos. Este estudio in vitro sugiere igualmente un papel modulador de estos mediadores sobre la acción vasoconstrictora de la NAR (48). Por otra parte, recientemente se han identificado receptores de la histamina en el endotelio de los vasos del cornete inferior (49). En definitiva, el estudio con animales ha mostrado que la regulación de la liberación de NAR y NPY dependería de un receptor adrenérgico α -presináptico (50). Todos estos datos confirman la complejidad de los mecanismos que regulan la vasomotricidad nasal, y por tanto el ciclo nasal.

En el estado patológico, otros muchos mediadores trastornan esta delicada homeostasis (histamina, leucotrienos, etc.).

Las fibras parasimpáticas provienen del núcleo salival superior (muco-lácrimo-nasal) para dirigirse después hacia el ganglio geniculado y pasar por el nervio petroso mayor, hacia el ganglio pterigopalatino donde se originan fibras destinadas a la zona nasal y lagrimal; las fibras posganglionares inervan igualmente las glándulas y algunos vasos. La estimulación de las fibras parasimpáticas libera acetilcolina, péptido

vasointestinal (VIP) y, tal vez, otros neuropéptidos (51).

Se han descrito cinco tipos de receptores muscarínicos (m1 a m5) tanto en estudios *in vitro* como *in vivo*. *In vivo*, sus papeles respectivos siguen siendo objeto de controversia. En los pólipos y en el epitelio del cornete inferior y las glándulas submucosas se ha descrito la presencia de VIP (52).

La estimulación del sistema parasimpático comporta sobre todo un aumento de la secreción de moco.

Varios factores pueden modificar el ritmo y la amplitud del ciclo nasal. Ishii ha estudiado las modificaciones del ciclo nasal en casos de afecciones específicas del sistema nervioso autónomo (53). Así, en pacientes afectados de parálisis facial en los que se han descrito anomalías del sistema parasimpático se han observado pocas anomalías del ciclo nasal. En las afecciones del sistema simpático (síndrome de Horner), no se ha observado ninguna perturbación del ciclo nasal. Estas dos constataciones confirman la probable regulación central de las modificaciones vasculares cíclicas de la mucosa nasal y sinusal. El centro que regula este ritmo nasal puede estar localizado en el núcleo supraquiasmático del hipotálamo (54).

Las resistencias nasales varían igualmente según la posición de la cabeza o del sujeto (55). Las presiones aplicadas en determinadas zonas del cuerpo pueden modificar las resistencias nasales. Así, en decúbito lateral, se observan modificaciones alternativamente según las presiones aplicadas sobre la superficie cutánea (56). El consumo importante de tabaco aumenta las resistencias nasales medidas mediante rinomanometría anterior.

1.4.3. Válvula nasal y resistencias nasales.

Resistencias nasales.

Las fosas nasales generan la mayor parte de las resistencias de las vías aéreas superiores. Es una de las funciones más importantes que posee. Las resistencias nasales se rigen por dos grandes segmentos valvulares que son la válvula septoturbinar y la válvula nasal.

La válvula septoturbinar.

Está en relación muy estrecha con el ciclo nasal. La mucosa nasal presenta constantes cambios vasomotores fisiológicos que se manifiestan en variaciones en el tiempo de la tumefacción turbinar. Esto acarrea variaciones cíclicas del calibre de cada una de las fosas nasales. Resulta obvio comprender la dificultad extrema que conlleva evaluar las resistencias nasales promedio de cada una de las fosas nasales de un individuo determinado. Sin embargo, las resistencias nasales totales varían mínimamente manteniéndose bastante constantes. Se ha comprobado como en la mayoría de los sujetos, la zona eréctil de los cornetes de una de las fosas se mantiene retraída o en vasoconstricción mientras que en la fosa contralateral se encuentra en

vasodilatación (17,18,20).

El ciclo nasal entendido de este modo se puede objetivar en un 80% de la población. Pero hay grandes variaciones intersujeto en cuanto a su intensidad y periodicidad, se estima en torno a dos a cuatro horas de duración por término medio. En la fase de vasoconstricción se produce una liberación de secreciones nasales, mientras que la fase de vasodilatación o congestión se asocia con menor cantidad de secreciones. La finalidad última del ciclo nasal se desconoce pero se supone que hay una estrecha relación con el correcto acondicionamiento del aire inspirado.

La existencia del ciclo nasal explica la variabilidad de los valores de la resistencia nasal en un mismo sujeto, al que se realiza medición a diferentes horas del día. La consecuencia lógica es la ausencia de reproductibilidad diacrónica de la rinomanometría.

La válvula nasal.

En reposo el calibre del vestíbulo nasal y de la región valvular es tal que permite el paso de aire en una respiración no forzada. La anatomía de esta región ofrece un paso estrecho con forma de hendidura para la corriente aérea, cuyo objeto es representar un obstáculo para la misma y aumentar de este modo el débito respiratorio. Esto se verifica con el mecanismo convergente divergente (fig 7).

La corriente aérea que circula por un tubo de bordes afilados se contrae a determinada distancia del orificio, y su débito pasa a adquirir un valor de 0,625 del débito original. Este fenómeno se denomina *vena contracta*. Si a este tubo de bordes afilados le añadimos en su porción terminal un tubo cónico, cóncavo interiormente y de sección parabólica, el débito aumenta de un valor inicial de 0,62 a un valor final de 1,46. La región del vestíbulo y de la válvula nasal reproducen este mecanismo.

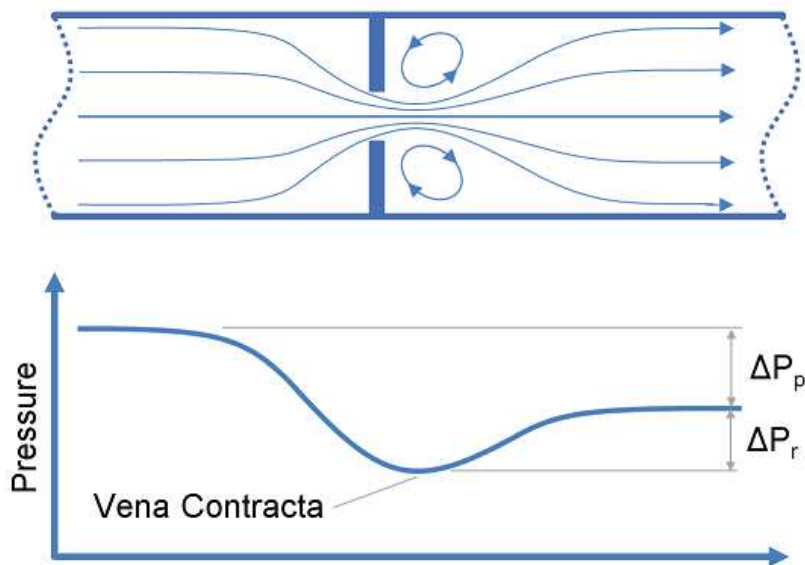


Figura 7. Fenómeno de *Vena Contracta* o Convergente Divergente.

Existe una natural tendencia al colapso de la región de la válvula nasal, con la aproximación del margen caudal del cartílago lateral superior al septo. En un estudio se constata (21) cómo tras una inspiración profunda el débito aumenta hasta alcanzar un valor de gradiente de presión crítico, a partir del cual el débito se mantiene constante. Esta observación apoya la teoría de los autores de este estudio para considerar la presencia de un segmento limitante del flujo nasal que actuaría como una resistencia de Starling. Esta región se localizaría por detrás de la válvula nasal, a 0,5 a 1 cm de la misma.

Dinardi (57) demuestra que mediante unos dispositivos llamados dilatadores nasales se obtiene la máxima permeabilidad nasal disminuyendo el esfuerzo de la respiración nasal. Estos dilatadores tienen como misión la estabilización de la pared de la nariz, tal como describieron Bridger y Proctor en el estudio previo.

La mayor parte de las resistencias nasales en una fosa se limitan en la porción más anterior colindando, con la cabeza del cornete inferior. La nariz es responsable de un 47% del total de resistencias de la vía aérea. Las estructuras turbinales son responsables del 70% de las resistencias nasales siendo la válvula nasal acreedora del otro 30% restante.

1.4.4. Confort nasal

La sensación de confort nasal es un dato subjetivo cuya medida no puede evaluarse en la actualidad, incluso con rinomanometría. Se puede correlacionar el confort nasal incluso con parámetros culturales (58). La percepción del paso del aire se obtiene de modo más manifiesto en la primera porción de la cavidad nasal (59).

Las mediciones de resistencia al paso de aire en el conducto nasal con un

pletismógrafo en 45 adultos normales, constatan que la zona de resistencia se sitúa en los primeros 4 cm para una fosa nasal no descongestionada. Esta región se reduce a los 2 primeros cm en una fosa nasal descongestionada. Se explica la ausencia de consenso actual sobre la localización exacta de la región denominada «de la válvula nasal» (60). Los estudios referentes a los mecanismos responsables de esta sensación de confort nasal presentan conclusiones contradictorias. Eccles estudia la sensación de confort nasal relacionada con la inhalación de mentol, el confort nasal mejora sin modificación alguna de las resistencias nasales (61). El transporte cálcico en las fibras nerviosas parece modificarse directamente por la presencia de L-mentol. Naito (62) refiere un fenómeno similar tras la estimulación del nervio palatino mayor por el mentol. Parece ser que el origen de este hecho podría ser una estimulación de los receptores al frío presentes en la mucosa nasal. Para obtener una mejor correlación con la sensación subjetiva de confort nasal parece más útil la determinación del coeficiente de aceleración del aire inspirado (63).

También se ha estudiado la sensación de permeabilidad nasal tras la pulverización de lidocaína o suero en las cavidades nasales en 50 pacientes. Se trata de un estudio a doble ciego con un análisis por escala visual analógica (EVA) y rinomanometría (RIMA); no objetiva diferencia entre los dos grupos. La conclusión es que el protagonismo de los receptores sensitivos en la percepción del flujo aéreo es mínimo o inexistente (64). Por el contrario otro estudio muestra que la aplicación de crema anestésica altera el confort nasal sin mediar modificación objetiva de las resistencias nasales (65). Cauna (66) atribuye un papel preponderante para explicar la sensación de confort nasal a un solo tipo de receptor, correspondiente a la terminación de fibras amielínicas colinérgicas.

Otros receptores han de jugar un papel en esta percepción de confort nasal ya que ninguna publicación ha descrito la aparición de sensación de obstrucción nasal, tras la destrucción química o quirúrgica de la rama maxilar del nervio trigémino.

Se ha demostrado la existencia, en el vestíbulo nasal anterior y posterior, de receptores térmicos al calor y al frío [50]. La respiración preponderante por vía nasal se desconoce en gran medida y es objeto de debates contradictorios.

Hay opiniones encontradas con respecto a la relación entre deformidad facial y obstrucción nasal. Para algún autor la obstrucción nasal en el niño puede causar una disfunción bucolingual (68), mientras otros defienden que no se ha confirmado científicamente ninguna correlación específica entre maloclusión y deformidad facial. Laine-Alava et al (45) en un estudio con 360 sujetos demuestra que el equilibrio entre respiración bucal y nasal varía hasta los 16 años de edad, que las resistencias nasales son más importantes durante la inspiración, probablemente debido a la actividad de los músculos de las alas nasales. Una obstrucción nasal bilateral durante el sueño provoca una disminución de la saturación en oxígeno de la sangre periférica, lo que apunta a un papel preponderante de la ventilación nasal durante el sueño (69).

Los mecanismos neurofisiológicos que sostienen la transformación del estímulo

ventilatorio en una sensación de confort siguen siendo especulativos y desconocidos.

1.4.5. Humidificación y calentamiento de las cavidades nasales

La humidificación de las cavidades nasales resulta del contacto y de los intercambios entre el aire inspirado y el moco. Este fenómeno se relaciona estrechamente con la sensación de permeabilidad nasal. La red vascular subepitelial fenestrada y las glándulas serosas. Parecen poseer un papel esencial en esta homeostasis. De la humidificación depende la protección de la mucosa al mantener las características reológicas del moco formado por 95 % de agua. Los mecanismos que la regulan son difíciles de estudiar y se desconocen actualmente.

El sistema nasal de calentamiento/enfriamiento de aire (70,71) puede funcionar y adaptarse a condiciones extremas (de -10 a +40°, grandes alturas y esfuerzo extremo); su regulación y su mecanismo no se han determinado; la riqueza arteriovenosa desempeña un papel fundamental en esta adaptación y la superficie de la mucosa de los cornetes es además muy importante en los animales que viven en situaciones climáticas extremas.

No existe ningún estudio que confirme variaciones objetivas de la vascularización turbinal en el hombre, en caso de modificaciones rápidas de las condiciones atmosféricas (temperatura, humedad).

1.5. OBSTRUCCIÓN NASAL. ETIOPATOGENIA Y FISIOPATOLOGÍA

1.5.1. Etiopatogenia.

La obstrucción nasal o insuficiencia respiratoria nasal es frecuentemente debida a procesos patológicos localizados en las fosas nasales, pero en otros casos asientan en la rinofaringe e incluso en la orofaringe.

En una visión aerodinámica estricta, todas las obstrucciones nasales son mecánicas, causadas por dismorfias septales o septopiramidales, congestión o hipertrofia de cornetes, cúmulo de moco, procesos expansivos benignos o malignos. Abordando el problema desde un ángulo más didáctico distinguimos entre obstrucciones mecánicas, debidas a alteraciones morfológicas, y funcionales, debidas a alteraciones secundarias a hiperreactividad nasal.

Las características del flujo aéreo que circula por las fosas nasales están determinadas por factores estáticos, la anatomía constante, además de por factores funcionales o dinámicos, variables a lo largo del espacio y del tiempo. Estos últimos hacen referencia a la variación de la sección de la pirámide móvil fibrocartilaginosa. Son debidos a la movilidad de las ventanas y de la válvula nasal, a los fenómenos vasomotores que se producen sobre todo en la mucosa nasal que recubre los cornetes y determinadas zonas del tabique. También a la magnitud y frecuencia de las presiones

negativas y positivas creadas en la caja torácica en el transcurso de los movimientos respiratorios.

Los factores anatómicos estáticos condicionan la trayectoria de la corriente aérea. Los factores funcionales o dinámicos influyen sobre las características del flujo que circula a través de las fosas nasales.

De todas las resistencias que influyen en las características aerodinámicas del flujo aéreo nasal las más importantes desde el punto de vista funcional o dinámico son: el área valvular y el área turbinal.

Atendiendo a la clasificación topográfica de Cottle de las obstrucciones nasales podríamos distinguir las siguientes:

-Área I (vestíbulo): Procesos dermatológicos, inflamatorios o tumorales, luxaciones caudales del *septum* cartilaginoso, colapso alar inspiratorio (válvula nasal externa), congénito o yatrógeno (37-40).

-Área II (*os internum* o válvula): La válvula suele afectarse principalmente por malformaciones que afectan al *septum* a este nivel y por la yatrogenia cuando se practica una rinoplastia (4).

- Área III (*tegmen* o techo): Tiene escasa repercusión sobre la permeabilidad nasal.

-Área IV (turbinal anterior): Los cornetes son asiento de enfermedades circulatorias, inflamatorias agudas y crónicas, neoformaciones, etc., con relativa frecuencia, destacando el papel de la cabeza del cornete inferior por cuanto representa de resistencia a la corriente aérea (2,3,5,40-42).

- Área V (turbinal posterior): Su patología es similar a la anterior, aunque quizás sea más manifiesta la aportación del *septum* a este nivel con respecto al área precedente.

- Rinofaringe: Hiperplasia adenoidea, malformaciones, tumores, etc.

-Orofaringe: Hiperplasia de amígdalas palatinas, paladar blando y úvula hiperplásicos o de implantación baja, obstructivos sobre todo en posición de decúbito supino (43-46).

Atendiendo a un criterio etiopatogénico se distinguen:

- *Anomalías anatómicas:*

Desviación septal. Es una de las causas más frecuentes en la raza caucásica. El 80% de los sujetos de esta raza presenta algún grado de dismorfia septal. Probablemente esta etiología esté sobrediagnosticada. En este apartado se pueden incluir los espolones y las luxaciones del cartílago septal.

Hipertrofia de cornetes. Muy frecuente en razas distintas a la caucásica. Generalmente suele ser a expensas del cornete inferior, bien por un exceso de

tejido blando, óseo o ambos.

Concha bullosa. Consiste en una neumatización del cornete medio. Se considera una variante de la normalidad. Suele ser asintomática. En ocasiones en función del tamaño puede dar lugar a la obstrucción del ostium de drenaje, originando una sinusitis aguda o crónica.

Perforación septal. Puede tener un origen traumático (secundario a cirugía o cauterización septal bilateral, traumatismos ungueales...). Determinadas infecciones (sífilis, tuberculosis...) afectan a la mucosa nasal, destruyendo el tabique. Algunos fármacos (por ejemplo vasoconstrictores nasales) y tóxicos (cocaína) favorecen su aparición. Si la perforación es de pequeño tamaño suele ser asintomática. Un tamaño mayor implica alteraciones en el flujo nasal.

Colapso valvular. El colapso de la válvula nasal durante la inspiración puede ser estático (por una alteración anatómica, como una dismorfia septal) o dinámica (las paredes de las fosas a nivel de la válvula nasal se colapsan durante la inspiración). No suelen existir formas puras, generalmente se presentan asociadas.

Atresia coanal. Puede ser ósea, membranosa o mixta. Cuando es bilateral el diagnóstico se establece en el recién nacido. Cuando la atresia es unilateral, puede pasar más desapercibida y el diagnóstico se retrasa.

- *Tumoraciones nasales:*

Hipertrofia adenoidea. En el niño la hipertrofia adenoidea es la causa más frecuente de insuficiencia respiratoria nasal. Se acompaña de voz gangosa y ronquidos nocturnos.

Poliposis nasosinusal. La poliposis nasosinusal es una inflamación crónica inespecífica de la mucosa nasal y de los senos paranasales. En el 25% de los pacientes la poliposis se asocia a asma. Un 8% de los enfermos presenta la tríada: asma, poliposis nasosinusal e intolerancia a la aspirina, constituyendo la enfermedad de Fernand-Vidal.

Pólipo antrocoanal solitario o pólipo de Killian. Lesión polipoidea de etiología desconocida, unilateral que surge del seno maxilar y se proyecta hacia la nasofaringe.

Neoplasias benignas y malignas. Dentro de las neoplasias benignas destaca el angiofibroma nasofaríngeo juvenil. Los tumores malignos de fosas nasales y senos paranasales son poco frecuentes en nuestro medio. En el niño los tipos

histológicos más frecuente son el linfoma y el rhabdomioma, en el adulto el carcinoma epidermoide. En sujetos expuestos laboralmente a un ambiente con serrín de madera predomina el adenocarcinoma etmoidal y de fosas nasales.

- Enfermedades de la mucosa:

Rinitis aguda catarral. Es la causa más frecuente de rinitis aguda. El principal agente responsable es el Rinovirus. La insuficiencia respiratoria nasal se asocia a una abundante rinorrea acuosa.

Rinitis aguda bacteriana. La clínica es muy semejante a la rinitis aguda catarral, pero predomina la rinorrea amarillenta verdosa.

Rinitis alérgica. En función de la presentación del alérgeno, y por lo tanto de la clínica puede ser clasificada en rinitis alérgica intermitente o persistente. La tríada característica es: obstrucción nasal bilateral, estornudos en salvas y rinorrea acuosa. Suele existir antecedente de atopia. La clínica ocular es manifiesta (lagrimeo, prurito ocular, fotofobia...).

Rinitis eosinofílica no alérgica. La clínica es idéntica a la rinitis alérgica pero no hay sintomatología ocular.

Rinitis vasomotora. Surge un desequilibrio del sistema nervioso vegetativo autónomo, con predominio parasimpático. El paciente presenta insuficiencia respiratoria nasal alternante, con rinorrea acuosa que aparece ante determinadas situaciones como cambios de temperatura, estrés o ansiedad.

Determinadas situaciones como el embarazo, alteraciones hormonales (por ejemplo hipertiroidismo), o fármacos (vasoconstrictores nasales), pueden provocar una rinitis con manifestaciones clínicas semejante a la rinitis vasomotora aunque de menor intensidad.

Rinitis crónica hipertrófica. Cuadros catarrales de repetición, sinusitis, fármacos... producen una hipertrofia de la mucosa nasal. La insuficiencia respiratoria nasal es bilateral acompañada de un exudado denso, mucoso.

- Otras causas:

Hematoma y absceso septal. La sospecha clínica se debe establecer en un paciente que ha sufrido un traumatismo nasal, y de forma brusca presenta una obstrucción nasal.

Cuerpo extraño. En niños la presencia de una rinorrea unilateral purulenta y

fétida obliga a descartar mediante rinoscopia un cuerpo extraño en la fosa nasal.

1.5.2. Fisiopatología

Las consecuencias de la insuficiencia respiratoria nasal pueden dividirse en:

- Locales o nasosinusales:

La mucosa nasal se afecta por la obstrucción al paso del flujo aéreo, padeciendo un fenómeno de edema "ex vacuo" (2).

La corriente de aire que transporta las partículas odoríferas no alcanza el techo de las fosas nasales y la pituitaria con sus terminaciones sensoriales, generando hiposmia o anosmia.

Los senos se ventilan y drenan a través de sus orificios de comunicación con las fosas nasales, favorecidos por los juegos de presión inspiratoria y espiratoria.

Si se ven alterados estos mecanismos se favorecen la retención de secreciones, la consecuente reabsorción de oxígeno, el edema ex vacuo y el trasudado que finalmente será un exudado con proliferación de anaerobios (2,3,5).

- De vecindad:

La obstrucción nasal puede impedir el correcto drenaje del conducto lacrimonasal al meato.

1.6. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA OBSTRUCCIÓN NASAL. RECUERDO HISTÓRICO.

La necesidad de encontrar una medida objetiva de la permeabilidad nasal que permitiese evidenciar el grado de insuficiencia, ha preocupado desde siempre. A lo largo de la historia de la medicina se han desarrollado distintos métodos, pudiéndose diferenciar entre métodos directos y métodos indirectos.

Una exploración anatómica de la nariz no evalúa correctamente la funcionalidad. Las técnicas de exploración (tomografía computerizada (TC), resonancia nuclear magnética (RNM), fibroendoscopia...), aportan una información anatómica detallada, pero a menudo, y de forma paradójica, estos hallazgos no se ajustan con la sensación subjetiva del paciente sobre el grado de ventilación nasal. La explicación ha de buscarse en la compleja fisiología de la nariz, su complicada anatomía y en las delicadas relaciones que debe mantener con las leyes físicas (dinámica de fluidos) responsables de la aerodinámica nasal.

Los métodos indirectos no miden flujo nasal, o resistencias nasales o presiones, sino que infieren, suponen y deducen la permeabilidad nasal a partir de fenómenos que se producen en relación con la presencia o las consecuencias de la obstrucción nasal.

Uno de los métodos más antiguos y más ampliamente utilizado en el pasado es el método higrométrico (Zaardemaker, 83). Es un método indirecto que estudia la

permeabilidad nasal midiendo, de diversas maneras, la cantidad de vapor de agua del aire espirado. Es un método útil por cuanto es rápido, sencillo de realizar y permite comparar una fosa nasal con otra. Pero no aporta información real del flujo sino de la humedad del aire espirado, el cual no es constante y que depende de muchas otras variables y no exclusivamente de las resistencias nasales propiamente dichas. Son varios los autores implicados en el desarrollo de esta técnica (84-86), destacando de entre ellos J.L. Glatzel. Este autor diseñó una placa metálica adaptada al *filtrum*, grabada con semicírculos concéntricos. Su valor es anecdótico pero todavía hoy en día podemos encontrar este instrumento en muchos servicios de Otorrinolaringología.

Los métodos directos sí miden las resistencias nasales de forma directa; el más usado es la RIMA. El padre de la RIMA anterior fue Franke quien midió los cambios de presión intranasal utilizando un modelo de nariz con dos tubos paralelos (86). Un año más tarde Kayser (87) estableció las bases de la RIMA posterior, al medir la presión aérea a través de las fosas nasales y midiendo el flujo con una oliva colocada en faringe.

Ambos autores cometieron un error parecido, desconsiderando las leyes físicas que gobiernan la dinámica de fluidos. Desde entonces han sido múltiples los autores que han modificado y mejorado este sistema de medición, acompañados de los avances tecnológicos (79-84).

Jacobson en 1897 (88) midió volúmenes a presión y tiempo constantes, introduciendo su rinomanómetro personal.

La RIMA posterior fue descrita por Speiss en 1899 y la técnica anterior en 1902 por Coutade. Estos intentos no dieron fruto debido a problemas técnicos en relación con el seguimiento de los ciclos respiratorios.

Cottle en 1968 describió la rinoesfignomanometría; en ella se medía a través de una oliva el flujo en una fosa nasal y la presión en la fosa contralateral (89).

En 1979 Mc Caffrey empleó la RIMA anterior activa con olivas para estudiar la distribución de la resistencia nasal en una población de sujetos con síntomas de obstrucción nasal (20).

En el mismo año, Hasegawa informó acerca de la distribución de la resistencia nasal en sujetos con exploración rinoscópica normal, utilizando RIMA posterior activa. No cometió el error estadístico que detectó el propio Mc Caffrey en su trabajo. Lo consiguió empleando la transformación logarítmica de los valores de la resistencia nasal (90).

1.7. MÉTODOS ACTUALES DE MEDICIÓN DE LA PERMEABILIDAD NASAL.

Desde finales de los setenta la utilización de la rinomanometría anterior activa se ha ido imponiendo poco a poco. Se benefició sustancialmente de la aplicación de la informática (17), con principios claramente establecidos por el Comité Internacional de Estandarización para la Constatación Objetiva de la Permeabilidad Nasal (20)

(“Internacional Standardization Committee on Objective Assessment of Nasal Airway”, ISCOANA).

Existen otros métodos alternativos a la rinomanometría como técnica directa de medición de las resistencias nasales como la rinometría acústica, la espirometría, la pletismografía corporal o la medida de la presión intratorácica. Una característica común a todas estas técnicas es que determinan la resistencia nasal por sustracción de la resistencia total en la respiración bucal, y de la resistencia total en la respiración nasal. Por su importancia debido a su uso mayoritario describiré brevemente la RIMA y la Rinometría Acústica (RA).

Rinomanometría.

La rinomanometría se define como el estudio de las resistencias de las vías aéreas a nivel de las fosas nasales. Clement (17) la define como la medida de la permeabilidad de las fosas nasales.

El comité de Estandarización de la rinomanometría se refiere a la rinomanometría como la técnica de medida del flujo aéreo nasal y de las presiones durante la respiración, siendo, tal y como reconoce este comité, el método más fisiológico, práctico y sencillo (17).

Se fundamenta en la medición del volumen de aire corriente por unidad de tiempo (flujo), que depende de la diferencia de presiones entre dos puntos (coana y vestíbulo nasal), y de la resistencia ofrecida al paso del aire (resistencia nasal).

La formulación matemática de esta relación es: $Q = P/R$

En donde,

Q: flujo

P: diferencia de presiones

R: resistencia

Existen diferentes modos de medir las resistencias nasales, el flujo aéreo nasal y las presiones respiratorias, es decir, tenemos distintos métodos de rinomanometría. Se pueden dividir en:

Rinomanometría anterior:

- Rinomanometría anterior activa
- Rinomanometría anterior pasiva

Rinomanometría posterior

La rinomanometría anterior se fundamenta en que tanto el transductor de presión como el pneumotacógrafo para la medición de flujo se sitúan en las narinas.

En la **rinomanometría anterior activa**, el paciente de forma activa inspira y expira aire por la nariz. Se puede realizar con una oliva en cada narina, de forma que por una se mide la presión y por la otra el flujo aéreo. Su principal inconveniente es la

deformación del vestíbulo nasal. Tanto la posibilidad de deformación anatómica de la nariz, lo que falsearía el resultado, como la posibilidad de fuga de aire, han motivado que la ISCOANA recomiende el método de la mascarilla facial (17). El método de la mascarilla requiere la exclusión de una de las narinas, que se sella herméticamente con una cinta adhesiva, atravesado por un tubo que lo conecta al transductor de presión midiéndose por la otra narina el flujo a campo abierto. Este sistema tiene como inconvenientes que requiere más tiempo y la posibilidad de fuga de aire por mala adaptación mascarilla-cara. La rinomanometría anterior activa no es posible cuando el paciente presenta una perforación septal.

Desde 1984 el ISCOANA (20) seleccionó como punto de referencia para el cálculo de la resistencia nasal, según la fórmula de Rohrer's ($R = P/V$) la presión a 150 Pa. de presión fija, en este valor se produce el punto de inflexión donde el flujo laminar pasa a turbulento. Según Cole (91) durante una respiración nasal espontánea en reposo, en sujetos adultos no se alcanzan presiones superiores a 150 Pa. Presiones inferiores no representan los valores normales de presiones respiratorias nasales.

Naito (58) concluye que existe dependencia racial para establecer un punto de referencia de presión en las técnicas de rinomanometría. La población japonesa no suele alcanzar los 150 Pa. de presión al respirar en reposo por la nariz, el autor propone la lectura de flujos nasales a 100 Pa. de presión diferencial, como el punto de referencia para esta población.

En la **rinomanometría anterior pasiva**, se administra un flujo de aire conocido y constante a través de una oliva colocada en una fosa nasal y se registran las presiones inducidas por la resistencia nasal al paso de dicho caudal. La determinación se hace en apnea y con la boca abierta. Tiene inconvenientes, no se trata de un estudio dinámico y hay personas con dificultad para mantener la apnea. Al igual que la rinomanometría anterior activa tampoco se puede realizar en el caso de perforación septal. Además es la que reproduce la situación menos fisiológica de las técnicas descritas, aunque también es la que menos cooperación requiere (17,88,91).

En la rinomanometría posterior el paciente respira por ambas fosas nasales dentro de una máscara donde se mide el flujo mientras se mide la presión nasofaríngea por un tubo en la boca.

Tiene como ventajas que se puede realizar a pesar de que el paciente presente una perforación septal y no se deforman las narinas. Presenta ciertos inconvenientes como que es muy laboriosa, que al enfermo le resulta difícil adaptarse a tener el captador en la boca, que la lengua dificulta la medición y que no se pueda estudiar cada fosa por separado.

Existen pues, diferentes métodos rinomanométricos, con unas u otras ventajas, pero el Comité Internacional para la Estandarización de la Rinomanometría recomendó en 1983 el uso de la rinomanometría anterior activa, con máscara facial, y así mismo fijaron las normas para su realización.

Rinometría anterior acústica.

La Rinometría Acústica (RNA) es un método objetivo, sencillo y rápido que permite medir las dimensiones de la cavidad nasal. El método, basado en el análisis de la reflexión del sonido, permite el cálculo de las áreas de sección transversa y el volumen de toda la fosa nasal, o de cualquier segmento que interese estudiar, en función de la distancia desde la narina.

Su mayor utilidad es en aquellas ocasiones donde nos interesa medir los cambios de volumen que sufre la mucosa nasal o la patología durante un corto espacio de tiempo. Por ello, en la monitorización de las pruebas de provocación nasal o en la valoración de la respuesta de la mucosa nasal a fármacos es donde ha alcanzado mayor difusión. Su rapidez y facilidad de manejo, junto con el hecho que mide directamente la congestión turbinal producida por el alérgeno estudiado, ha hecho que desplace a la RIMA anterior en esta indicación. Sin embargo, la información que aporta la RNA es estática; el registro se obtiene con el paciente en apnea, por lo que no traduce la repercusión aerodinámica que produce la obstrucción. Su diferente metodología hace que ambas pruebas se complementen y ninguna sustituya a la otra (31,82).

La RNA es útil en el estudio de la patología nasal del niño muy pequeño, menor de cuatro años.

1.8. FLUJO NASAL Y DINÁMICA DE FLUÍDOS. IMPORTANCIA DEL TEMA, ACTUALIDAD Y APLICACIÓN EN LA CLÍNICA.

Desde el nacimiento de la RIMA tal como hoy la empleamos a finales de la década de los 60, no se ha logrado una herramienta para analizar el flujo respiratorio en la cavidad nasal y rinofaringe. La RIMA intenta dar información sobre el flujo nasal relacionando presiones y débito, pero no ha sido plenamente útil en cuanto al establecimiento de parámetros de anormalidad que se correlacionen con los síntomas de las personas, ni tampoco ha esclarecido los fenómenos físicos que se producen en la cavidad nasal; estos fenómenos son principalmente la entrada de aire en los pulmones y el acondicionamiento de este aire en humedad y temperatura. Sin embargo, la RIMA, sigue siendo en la actualidad la única prueba funcional de la que disponemos los otorrinolaringólogos para tratar de saber algo más acerca del flujo aéreo en el interior de las fosas nasales.

Una revisión sistemática que estudia la correlación entre la RIMA y la RNA y la sensación subjetiva de obstrucción nasal llega a la conclusión de que ésta es incierta y parece incrementarse mínimamente cuándo cada fosa nasal se evalúa separadamente y cuando hay síntomas obstructivos presentes (92). Otro estudio compara estas técnicas objetivas con la sensación de obstrucción mediante EVA. Concluyen que la RIMA y la RNA no tienen valor diagnóstico del grado de severidad de la obstrucción (93). Jonesa evalúa la correspondencia entre la resistencia nasal y la sensación de obstrucción y

encuentra que no se relacionan directamente (94). En otro artículo la conclusión es que la RIMA y la RNA podrían ser útiles en la detección de obstrucciones en la región anterior, siempre teniendo en cuenta la rinoscopia, la endoscopia nasal y las pruebas de imagen. Apostilla que la sensibilidad y la especificidad de aquellas comparadas con la rinoscopia, endoscopia y pruebas de imagen deja bastante que desear (95).

Kim (96) pone de manifiesto que la RIMA solo concuerda en un 66% de los casos con la rinoscopia de los pacientes con obstrucción. Hay limitaciones que provocan que estas técnicas no expliquen o justifiquen la clínica, sino que deben ser complementarias. Orús compara la RIMA con la rinoscopia y la endoscopia y obtiene sensibilidades en torno a 72% y especificidad rondando el 70% (31). Según Szucs (97) la RIMA es más sensible en el diagnóstico de desviaciones anteriores y severas, y menos en el segmento medio o posterior.

Kern (41) describió el fenómeno de la respiración nasal paradójica. Esto es en los pacientes en los que hay una obstrucción considerable de una de las fosas de modo permanente, la obstrucción se percibe en la otra fosa cuando ésta se obstruye puntualmente por algún motivo.

La fisiología y patofisiología nasal dependen directamente del flujo de aire circulante en el interior de la misma. Dado que la anatomía nasal, la cual se caracteriza por una geometría compleja y variaciones individuales sustanciales, no permite un análisis completo, las herramientas diagnósticas actuales presentan fallas en la interpretación de los acontecimientos en el interior de la cavidad nasal. Gracias al avance experimentado en el área de la informática, se han realizado intentos de correlacionar los síntomas y la función nasal con el flujo aéreo.

En los últimos 15 años se han aplicado los más recientes avances tecnológicos en los campos del tratamiento de imágenes médicas y mallado tridimensional para la generación de modelos numéricos de la cavidad nasal, a los que se aplican programas de la industria aeroespacial (Computational Fluid Dynamics, abreviadamente CFD), para el conocimiento de los fenómenos físicos que se producen en el flujo respiratorio. Así podemos obtener valores de presión, velocidad, temperatura, y otros fenómenos termodinámicos, logrando gran cantidad de información cualitativa y cuantitativa.

La Mecánica de Fluidos es la rama de la Mecánica de Medios Continuos, rama de la Física a su vez, que estudia las leyes del movimiento de los fluidos y sus procesos de interacción con los cuerpos sólidos. Desde el punto de vista de la Mecánica de Fluidos, la materia sólo puede presentarse en dos estados: sólido y fluido (gas o líquido). La distinción técnica entre estos dos estados se basa en la reacción de ambos a un esfuerzo tangencial o cortante: un sólido puede resistir un esfuerzo cortante realizando una deformación estática; un fluido no. Cualquier esfuerzo cortante aplicado a un fluido, no importa cuán pequeño sea, provocará el movimiento del fluido. Mientras perdure el esfuerzo cortante sobre el fluido, éste seguirá moviéndose y deformándose continuamente. Al movimiento de un fluido es a lo que se denomina flujo del fluido. El flujo de un fluido puede ser laminar (movimiento ordenado, estratificado, suave) o

turbulento (movimiento caótico, las partículas se mueven desordenadamente y las trayectorias se encuentran formando pequeños remolinos periódicos). Por otra parte, la propiedad de un fluido para oponerse a las deformaciones tangenciales, esto es, la resistencia de un fluido al movimiento, se denomina viscosidad. Por ser la Mecánica de Fluidos una rama de la Mecánica (Física), dispone de un conjunto de leyes de conservación que permiten obtener las ecuaciones que rigen el comportamiento de los fluidos. Estos principios de conservación son los principios de conservación de la mecánica y la termodinámica:

- Principio de Conservación de la Masa → Ecuación de Continuidad.
- Segunda Ley de Newton → Ecuación de Cantidad de Movimiento.
- Principio de Conservación de la Energía → Ecuación de Conservación de la Energía.
- Ecuación de Estado del Fluido.

Este conjunto de ecuaciones fundamentales de la Mecánica de Fluidos reciben el nombre de Ecuaciones de Navier - Stokes, en honor a Claude-Louis Navier y George Gabriel Stokes, si se incluyen los términos viscosos y de disipación de energía en la Segunda Ley de Newton, o Ecuaciones de Euler si estos términos no se incluyen. Se trata de un conjunto de ecuaciones en derivadas parciales cuya solución permite determinar las propiedades del fluido en función de la posición y del tiempo. En casi todos los casos, el énfasis se hace sobre la obtención de la distribución espacio-temporal (conocido como campo) de las propiedades fluidas. Estas propiedades del fluido poseen también unas relaciones adimensionales, que permiten obtener información acerca del comportamiento del mismo, como por ejemplo el número de Reynolds que relaciona las fuerzas inerciales con las fuerzas viscosas, el número de Mach que relaciona las fuerzas inerciales con las fuerzas de compresibilidad, o el número de Strouhal que relaciona las fuerzas de inercia local, con las fuerzas de inercias convectivas. La más importante de todas las propiedades del flujo es el campo de velocidades $V(x,y,z,t)$. De hecho, determinar la velocidad es a menudo equivalente a resolver el problema, ya que otras propiedades se obtienen directamente de aquella. Aunque el campo de velocidades (distribución espacio-temporal de la velocidad) es la propiedad más importante del flujo, dicha distribución interactúa con las propiedades termodinámicas del fluido. Las tres propiedades termodinámicas más importantes de un fluido son: la presión, la densidad y la temperatura. En un análisis del flujo de un fluido, estas tres propiedades termodinámicas son las compañeras permanentes del campo de velocidades. Por desgracia, no existe una solución general para el conjunto de ecuaciones que rigen el comportamiento de un fluido debido a su gran complejidad, siendo los dos obstáculos principales la geometría que interactúa con el fluido y la viscosidad del mismo. Las soluciones analíticas alcanzables hasta el momento, se basan en idealizaciones de las ecuaciones que rigen el comportamiento del fluido, que pueden no ser válidas en los casos prácticos reales, por lo que, para alcanzar una

solución coherente al problema, debemos recurrir a soluciones numéricas generadas por ordenador, es decir, debemos aplicar la Mecánica de Fluidos Computacional (en inglés CFD). La Mecánica de Fluidos Computacional es una de las ramas de la Mecánica de Fluidos que utiliza métodos numéricos y algoritmos para resolver y analizar problemas sobre el flujo de fluidos. Los ordenadores son utilizados para realizar millones de cálculos requeridos para simular la interacción de los líquidos y los gases con superficies complejas. Aún con ecuaciones simplificadas y superordenadores de alto rendimiento, solo se pueden alcanzar resultados aproximados en muchos casos. La continua investigación, sin embargo, permite la incorporación de software que aumenta la velocidad de cálculo y la disminución del margen de error, al tiempo que permite analizar situaciones cada vez más complejas como por ejemplo los fluidos transónicos y los flujos turbulentos. Además, estas mejoras han provocado que en los últimos años, el análisis CFD, se haya convertido en una herramienta de diseño fundamental para la ingeniería, y en una línea básica de investigación y desarrollo en prácticamente todas las ramas. Así lo demuestran, por ejemplo, la existencia de numerosos artículos sobre simulaciones de flujos en estructuras biológicas reales, como por ejemplo el estudio del flujo de sangre en el corazón, las arterias e incluso el estudio del flujo del aire en la parte interna de la nariz.

La investigación del flujo nasal es relativamente reciente. Son diversos los aspectos que se tratan en la literatura, como por ejemplo, distintos tipos de simulaciones de flujo, medidas in vivo o in vitro, análisis del transporte de partículas en el tracto respiratorio y cirugía virtual.

Los primeros estudios tuvieron como objeto comprender la importancia de las formas y de las dimensiones de la fosa nasal sobre la velocidad del flujo; Arbour (98) y Hahn (99) concluyeron que el flujo nasal es parcialmente turbulento, aunque en una respiración normal el flujo laminar está presente en la mayor parte de la fosa nasal. Doorly (100) describió otro fenómeno importante, el flujo inspiratorio emergente de la válvula nasal interna se encuentra con el cornete medio y se produce un aumento de la dispersión e inestabilidad del mismo.

Cheng (101) estudió los perfiles de velocidad del flujo proporcionando información acerca del transporte de las partículas de aerosoles, contaminantes y sustancias odoríferas.

Spence (102,103) centró sus estudios en el análisis de la velocidad de flujo nasal en un modelo de silicona con y sin gafas nasales mediante velocimetría de imagen de partículas esteoroscópica. Encontraron que el patrón de flujo difiere significativamente con alto flujo con respecto a una respiración normal.

1.8.1. Resultados de Dinámica de fluidos computacional (DFC).

Las aplicaciones de la Mecánica de Fluidos Computacional (MFC) son diversas,

entender el flujo en una nariz normal, generar modelos de transporte de partículas en el interior de las fosas nasales, simular la habilidad acondicionadora de calentamiento y humidificación del aire de la nariz, o investigar el impacto de las patologías nasales en la calidad del flujo.

La MFC requiere un modelo físico sobre el que actuar. El flujo nasal puede ser considerado estacionario, no estacionario o casi-estacionario; puede ser laminar, turbulento o transicional. Actualmente persisten las controversias acerca de la región por la que circula el flujo mayoritariamente, del régimen del mismo (laminar, transicional o turbulento), la existencia y localización de los vórtices (un vórtice es un flujo turbulento en rotación espiral con trayectorias de corriente cerradas). La gran mayoría del flujo nasal en una respiración basal se localiza en el espacio entre el cornete medio y el septum según algunos autores (77,104), en el meato inferior (105,106,107) o en el meato medio según otros (106). Zhao (109) mediante DFC encontró 2 patrones distintos en la fosa derecha y en la fosa izquierda de la misma persona sana. La práctica totalidad de los estudios con DFC referidos al comportamiento nasal asumen un flujo laminar durante la respiración en reposo (102,105,106), incluso con apoyo experimental (99,107,111).

La mayoría de estudios citados hasta este punto hacen referencia a fosas nasales sanas. La hipótesis de flujo nasal estacionario se corrobora por las publicaciones de Martonen (112), Croce (113), Hoerschler (114), Tan (115) y Zhu (116).

El número de Strouhal indica si un flujo es estacionario o no estacionario. Para respiración en reposo, con flujos menores a 12 l/min, el número de Strouhal es menor que 0,2, lo que indica que una aproximación casi-estacionario es adecuada. Tan (115). Además el flujo se considera como una sucesión de inspiraciones y espiraciones estables. Este autor encontró que durante la inspiración los vórtices y las turbulencias se localizan en las partes anterior y posterior de la nariz (igual que Subramanian, 110); no hay vórtices en la cavidad nasal durante la espiración. La velocidad máxima sucede en el plano del velo palatino; en la inspiración el pico de velocidad tras la válvula nasal decrece y aumenta de nuevo en la región posterior. El flujo de la espiración reduce su velocidad tras pasar la coana y vuelve a aumentarla en la válvula nasal. Martonen (112) encuentra un jet de flujo en las narinas, la potencia y el tamaño de las zonas de recirculación de flujo son proporcionales a la velocidad en esos puntos. Hoerschler (114) afirma que durante la transición entre inspiración y espiración se produce inestabilidad de flujo. Las medidas con el rinomanómetro confirman sus resultados. Kelly y Chung en sus estudios experimentales y Keyhani basándose en la DFC no encuentran vórtices (106-109).

Tan (115) emplea un modelo turbulento que es más sensible para la detección y delineación de áreas de recirculación.

Por otra parte algunos autores destacan que el flujo nasal no estacionario ha de tenerse en cuenta. Incluso durante la respiración en reposo el stress de la pared y la temperatura de la fosa nasal varían significativamente a lo largo del tiempo (105), tanto

como 0.5 Pa/s y 20 C°/s, respectivamente. Lee (117) aplica una solución turbulenta para el flujo nasal encontrando mayores variaciones de temperatura de la pared. El contorno del flujo muestra que durante la inspiración existe recirculación de aire que fuerza a la permanencia del mismo en la región olfatoria, y un flujo secundario en la nasofaringe durante la espiración.

Luo (118) opta también por un modelo turbulento pero simplifica la geometría de la vía aérea. Muestra que el modelo turbulento es efectivo para revelar la formación instantánea de remolinos y separar las zonas de flujos laminar, turbulento o transicional. Podría tener aplicación para definir las trayectorias de partículas en las vías aéreas.

a) Acondicionamiento de aire en las fosas nasales.

Las exploraciones mediante simulaciones numéricas ofrece una herramienta efectiva para aproximarnos al impacto de la distribución del flujo sobre el poder de calentamiento y humidificación del aire que posee la nariz.

Naftali (119) y Sommer (120) demostraron que una nariz "normal", aporta un 90% del calor y la humedad que el aire inhalado requiere para llegar en correctas condiciones a los pulmones.

Durante la respiración basal en reposo el aire ambiente a 25°C se calienta hasta 34°C y adquiere un 80% de humedad relativa cuando alcanza la faringe.

La corriente de aire a su entrada en la nariz se comprime y se acelera, tras el paso por la válvula nasal se rompe, decelera, desciende y se dispersa sucesivamente. La dispersión y la turbulencia creadas permiten la transferencia desde la mucosa de calor y humedad debido al estrecho contacto con la misma. El aumento de temperatura en este primer segmento nasal es mucho más efectivo que en el resto de la nariz, de tal modo que el calentamiento y humidificación del aire se completa tras abandonar la región turbinal. Burgos (121) trata el efecto de la temperatura ambiente en el flujo nasal en una nariz caucásica.

b) Transporte de partículas.

Otros autores centraron su atención en el transporte de partículas y odorantes según los patrones de flujo de aire nasal. Kleinstreuer (122) hace una revisión en este campo.

Zhao (109) recurre a la DFC para predecir el flujo de aire y transporte odorante, que en última instancia puede determinar la sensibilidad olfativa. Los resultados sugieren que los cambios anatómicos en la región olfativa (meato superior) y en la región de la válvula nasal, afectarán fuertemente los patrones de flujo de aire y el transporte odorante con sus consiguientes efectos en la función olfativa.

El conocimiento de los patrones de transporte de partículas proporcionan

información precisa sobre la deposición de aerosol local y regional en el tracto respiratorio superior. Los resultados serían de gran valor para las investigaciones de la dosimetría y los estudios de efectos en la salud.

Jin (123) demuestra que la eficiencia en la deposición de las partículas es fuertemente dependiente del diámetro de la misma, la densidad de las partículas, la intensidad de la respiración y el modo de respiración. La respiración inestable, el mayor diámetro de la partícula, la densidad de partículas y la intensidad de respiración mejora la eficiencia de la deposición de las partículas en el tracto respiratorio superior humano. Shi (124) introdujo el efecto de la rugosidad de la pared por primera vez en las simulaciones nasales, teniendo también presente la gravedad y la inercia de las partículas.

c) Patologías nasales. Predicción de la permeabilidad nasal:

La medición de la permeabilidad nasal y su relación con los hallazgos en la nariz del paciente y lo que éste relata, constituye un reto para los otorrinolaringólogos.

La discordancia hallada en muchas ocasiones en estos 3 parámetros hace que los tratamientos para mejorar la permeabilidad de la nariz sean a veces mal planteados e insuficientes para ayudar al enfermo.

La DFC nos aporta un modelo fiable de lo que está sucediendo en la nariz del analizado. Puede variar nuestro modo de entender el flujo nasal que está supeditado a la subjetividad de nuestra percepción. Podemos obviar deformidades que realmente son importantes en términos de restar permeabilidad y viceversa, otorgar importancia a desviaciones inocentes.

La DFC ofrece información acerca de los efectos aerodinámicos que tienen las patologías nasales sobre el flujo y sobre la fisiología nasal. Se podrían llegar a establecer distintos patrones para distintas patologías, que sería el objeto de un trabajo futuro.

Las patologías nasales que provocan disminución de la permeabilidad nasal susceptibles de ser tratadas mediante cirugía son la desviación del tabique septal, la hipertrofia de cornetes o la sinusitis crónica.

La DFC permite efectuar cirugías virtuales evaluando los resultados en términos de flujo y fisiología resultante. Se puede ajustar el tratamiento quirúrgico optimizando los efectos. Estos temas han sido tratados por Kim en su revisión (125), y son, como ya se ha mencionado, objeto secundario de estudio de esta tesis.

Xiong (126) y Chen (127) centran sus trabajos en la cirugía endoscópica nasosinusal (CENS) para el tratamiento de la sinusitis crónica refractaria. No es el objeto del presente trabajo. Sólo señalar que los autores abogan porque la cirugía sea lo más conservadora posible intentando evitar resecciones agresivas de mucosa o ampliaciones excesivas de los ostia de los senos paranasales. Las cirugías muy agresivas provocan grandes alteraciones de flujo, que deja de ser fisiológico.

Na (128), Wexler (129) y más recientemente Chen (127) y abordan la hipertrofia de cornete inferior; ésta provoca obstrucción nasal crónica. El tratamiento quirúrgico está indicado en los pacientes con sintomatología refractaria al tratamiento médico. La cirugía consiste en una reducción del cornete. Los estudios hasta el momento estiman el éxito evaluando la satisfacción del paciente. Las carencias son claras: no se realiza una interpretación fisiológica del resultado, no hay información acerca de la cantidad y localización de tejido que se reseca, por tanto de la geometría resultante, que provocará cambios en la aerodinámica nasal, probablemente relevantes. Wexler (129) extirpa tejido a lo largo de todo el cornete inferior izquierdo. Obtiene una considerable reducción de presión en dicha fosa. Sin embargo, los cambios de flujo son locales y mínimos, con un leve aumento en la parte inferior de la fosa en región media y posterior.

Otros autores estudiaron los efectos sobre el flujo tras efectuar una turbinectomía experimental (128). Chen (127) investigó el flujo en una cavidad nasal normal, en un modelo con un cornete inferior hipertrofiado, y 3 modelos con resección de cornete inferior. En este artículo se mide la distribución de la velocidad, la temperatura, la humedad, la presión de superficie y el stress de pared. Comparado con el modelo normal, encuentran que las propiedades de fluido y termodinámicas (distribución de velocidad, presión de superficie, stress de pared, humedad y temperatura) de los modelos postcirugía cambian localmente en la cavidad nasal. Como consecuencia de estas variaciones, parecen modificarse la resistencia al flujo nasal y las funciones fisiológicas de la nariz.

El desequilibrio nasal asociado con la desviación septal se considera una causa común de obstrucción nasal. La desviación septal es una condición relativamente frecuente en adultos sanos, pero se desconoce su grado de relevancia como causa de obstrucción nasal. La mayoría de los individuos con desviación septal no presentan obstrucción nasal. La decisión de efectuar una septoplastia se basa habitualmente en observaciones clínicas solamente, ya que no hay consenso. La falta de concordancia entre lo que el paciente nos cuenta y los hallazgos objetivos es la principal fuente de problemas.

La correlación entre las propiedades mecánicas de los fluidos y los síntomas de obstrucción nasal debida a desviación septal se investigan en el artículo de Sung Kyun Kima. Llegan a la conclusión de que el parámetro con el que más se correlacionan los síntomas de obstrucción nasal es la resistencia desde la entrada de la nariz hasta el final del septum, más que con la resistencia total medida desde la entrada nasal hasta la nasofaringe (130).

Liu investiga los efectos sobre el flujo en modelos de desviación septal. Clasifica las desviaciones en caudales, medias y anteriores considerando la localización del punto más prominente del septo. Estudia 15 sujetos con obstrucción y 4 sujetos normales (131). Los modelos con desviación septal caudal son los que presentan mayor pico de velocidad y es mínimo en los modelos con desviación media. El pico máximo

de velocidad no se encuentra siempre en el lado convexo.

Recientemente, se han estudiado pacientes con desviación septal y el resultado obtenido tras someterse a una septoplastia mediante mecánica de fluidos computacional. (García, Chen, Rhee). Estos estudios se concentran en los valores de resistencia nasal empleando modelos de cavidad nasal:

Con respecto a la localización de la desviación septal (que provoca obstrucción nasal) y sus efectos en el flujo nasal un artículo de García (2010) se basa en la generación de deformidades en una cavidad nasal normal y la medición de las repercusiones que esto tiene sobre el flujo y la resistencia. La conclusión de este artículo es que la región posterior de la cavidad nasal puede acomodar desviaciones septales significativas sin variar considerablemente la resistencia. Sin embargo, una deformidad en la región de la válvula conlleva un aumento de la resistencia mayor del doble de la previa. Este hecho nos debe hacer pensar que un paciente que refiere obstrucción nasal en el que lo que se objetiva inicialmente es una desviación posterior, probablemente portará alguna causa más para su insuficiencia respiratoria que sólo la deformidad posterior (132).

Chen (133) analizó los efectos de la desviación septal en el flujo nasal. Observa que la nariz obstruida existe una asimetría del caudal de flujo entre ambas fosas nasales, y que la resistencia nasal en la nariz desviada es 2 veces mayor que en la nariz normal.

Otro autor, Rhee (134), mide los resultados tras una cirugía virtual en una nariz obstruida y los compara con los resultados de la cirugía real. Concluye que en este paciente concreto no hubiese sido necesario una turbinectomía que se llevó a cabo en la cirugía real.

Algunos autores consideran otros parámetros distintos de la resistencia nasal total o el gradiente de presión para caracterizar una nariz sana o enferma. Zhao y Jiang estudian a 22 sujetos sanos. Encuentran dos variables que combinadas predicen la permeabilidad nasal con hasta un 86,4% de éxito: flujo a través del meato medio (más significativo) y el pico de pérdida de calor posterior al vestíbulo nasal (134). Hildebrandt estudia el flujo nasal en un paciente sano y en otro con obstrucción nasal pre y postoperatoriamente. Tras la cirugía el paciente refiere buena respiración nasal y sin embargo la resistencia total había aumentado (136).

Kim pone de manifiesto la dificultad de homogeneización de los valores absolutos de los parámetros habitualmente estudiados con la DFC como la velocidad, resistencia o presión en la fosa (125).

1.9. MECOMLAND.

La herramienta computacional utilizada en este trabajo para llevar a cabo todas las simulaciones numéricas ha sido el software denominado MeComLand

(www.mecomland.upct.es). MeComLand es un producto desarrollado en la Universidad Politécnica de Cartagena con la colaboración de distintas universidades y hospitales, y que integra todos los módulos necesarios para poder realizar simulaciones del flujo de un fluido en estructuras biológicas reales de una manera automatizada y eficaz, con el fin de servir al médico como una herramienta de diagnóstico en la práctica clínica diaria.

2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.

2.1. HIPÓTESIS.

Puesto que un software basado en un modelo matemático puede realizar medidas de flujo, pensamos que podrían ser de utilidad como técnica de medida complementaria de los medios tradicionales de evaluación de la anatomía y la función de las fosas nasales.

2.2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO.

- *Objetivo primario:*

Comprobar si existe correlación entre el flujo aéreo a través de las fosas nasales (inferido a partir de un molde de la cavidad nasal obtenido a través del TC de senos paranasales mediante un software basado en un modelo matemático), con la historia clínica (síntomas que refiere el paciente), la exploración física y la rinomanometría anterior activa.

- *Objetivos secundarios:*

- Localización exacta del punto o puntos en los cuales existe resistencia al flujo aéreo en las fosas nasales de un paciente concreto
- Repercusión de la información obtenida mediante este nuevo método para la toma de decisiones de cara al tratamiento

3. PACIENTES, MATERIAL Y MÉTODO

3. PACIENTES, MATERIAL Y MÉTODO.

3.1. GRUPO DE ESTUDIO.

Los sujetos estudiados que han permitido la consecución de la presente tesis doctoral se dividen en dos grupos: un grupo de sujetos para el estudio de valores de normalidad y otro grupo de sujetos con obstrucción nasal para el estudio comparativo entre exploración rinológica, subjetividad del paciente (recogida mediante una escala visual analógica (EVA) y un cuestionario de calidad de vida (CQ7), rinomanometría (RIMA) y estudio del flujo computacional.

a) Grupo control. Grupo de sujetos para el estudio de valores de normalidad.

Los sujetos seleccionados han sido sometidos a una anamnesis para determinar ausencia de insuficiencia respiratoria nasal y a una exploración rinológica que la corroborese.

- CRITERIOS DE INCLUSIÓN.

Son sujetos mayores de edad, sin evidencia de insuficiencia respiratoria nasal subjetiva. Este grupo de individuos han requerido la realización de un TC de cabeza y cuello o de senos paranasales por otra patología como por ejemplo la existencia de un quiste tirogloso o branquial o un carcinoma epidermoide del área glótica.

Se llevó a cabo una exploración rinológica enfocada a constatar la normalidad de la nariz de los sujetos. Se inicia con una inspección externa que descarta dismorfias externas (laterorrinias) y se continúa con una rinoscopia anterior. Se considera normal cuando hay permeabilidad en ambos estrechos vestíbulo fosales y el septo está localizado en línea media. En este grupo de sujetos se ha comprobado la normalidad de la posición del tabique septal mediante exploración fibroscópica.

- CRITERIOS DE EXCLUSIÓN.

Sujetos que no reúnan alguna de las condiciones establecidas en los criterios de inclusión. En la exploración rinológica evidenciaron alteraciones estructurales nasales (dismorfias septales, hipertrofias de cornete inferior, palidez de mucosas, colapso alar).

Además todos aquellos individuos que tuvieran antecedentes de cirugía nasosinusal previa, perforación septal, patología inflamatoria o infecciosa concurrente en el momento de la exploración (sinusitis, pólipos, sustrato alérgico agudo o reagudizado), y que fueran usuarios habituales de corticoides tópicos y vasoconstrictores nasales.

- CRITERIOS DE RETIRADA.

Los participantes podrán retirarse del estudio en cualquier momento si ese es su deseo.

Serán retirados del estudio aquellos que por cualquier razón no lleguen a realizarse TC de senos paranasales.

En todos los casos se registrará el motivo de la retirada.

La información obtenida de los sujetos que sometidos a toda la batería de pruebas desestimen su participación en el estudio y/o sean perdidos de vista durante el seguimiento, podrá ser empleada para los objetivos del estudio, a menos que el participante manifieste su expreso deseo de que no sea así.

b) Grupo de sujetos con obstrucción nasal.

Pacientes adultos con diagnóstico de obstrucción nasal en el Hospital General Universitario José María Morales Meseguer de Murcia.

Para la selección de los pacientes atendemos a los siguientes criterios:

- CRITERIOS DE INCLUSIÓN.

Pacientes adultos que refieran clínica de obstrucción nasal y con desviación septal asociada o no a deformidad piramidal demostrada en la exploración. La obstrucción sería uni o bilateral y no precisaría atención urgente.

- CRITERIOS DE EXCLUSIÓN.

Pacientes que no reúnan alguna de las condiciones establecidas en los criterios de inclusión.

Además todos aquellos pacientes que tuvieran antecedentes de cirugía nasosinusal previa, perforación septal, patología inflamatoria o infecciosa concurrente en el momento de la exploración (sinusitis, pólipos, sustrato alérgico agudo o reagudizado,) y que fueran usuarios habituales de corticoides tópicos y vasoconstrictores nasales.

- CRITERIOS DE RETIRADA.

Los pacientes podrán retirarse del estudio en cualquier momento si ese es su deseo.

Serán retirados del estudio aquellos pacientes que por cualquier razón no lleguen a realizarse TAC de senos paranasales.

En todos los casos se registrará el motivo de la retirada.

La información obtenida de los pacientes que sometidos a toda la batería de pruebas desestimen su participación en el estudio y/o sean perdidos de vista durante el seguimiento, podrá ser empleada para los objetivos del estudio, a menos que el paciente manifieste su expreso deseo de que no sea así.

3.2 MATERIAL INSTRUMENTAL.

a) Material rinoscópico y endoscópico.

-Equipo de exploración básica de consulta de Otorrinolaringología:

Fotóforo de luz fría, depresores linguales, rinoscopio modelo Killian, fibro-endoscopio flexible Machida de 3 mm, con cámara adaptada y monitor de televisión para endoscopia. Vasoconstrictor de Nafazolina que administramos localmente en la prueba o test de vasoconstricción (137,138).

b) Rinomanómetro.

Rhinomanómetro Rhinospir 164 de Sibelmed®, con máscara facial, tiras adhesivas, sondas, calibrador y resto de accesorios. Este rinomanómetro está diseñado para mejorar la técnica de rinomanometría anterior activa mediante máscara facial y está conectado a una computadora que procesa los datos para exponerlos de forma muy fácilmente interpretable, pues lo hace tanto gráfica como numéricamente.

Los elementos que constituyen este rinomanómetro son una unidad central microprocesadora, una mascarilla nasal, un pneumotacógrafo y el ordenador con capacidad de impresión automática.

La mascarilla facial está diseñada con un material sintético que permite una completa hermeticidad sin deformar las alas nasales, un visor de plástico amplio para obtener un amplio control visual de la prueba y un terminal que aloja el pneumotacógrafo y permite el paso de los tubos del manómetro diferencial. Este aparato permite la medida de flujos y resistencias que oscilan entre 0 +/- 1.000 cm³/ s y 0 +/- 500 Pa respectivamente. La respuesta en frecuencia es plana desde 0 a 5 Hz tanto para los circuitos de flujo como de presión. El error lineal documentado por el fabricante es menor a 2% en toda la escala de valores.

Los principios de funcionamiento de cualquier aparato electrónico se basan en la conversión de las medidas físicas en medidas eléctricas con las cuales pueden trabajar los

circuitos electrónicos que las componen. El rinomanómetro trabaja con tres transductores, esto es, un pneumotacómetro y dos transductores de presión.

El pneumotacómetro tipo Fleisch mide el flujo de aire a través del cálculo de la variación de presión que se produce entre los extremos de un tubo metálico capilar, que se rigen según la ley de Poiseuille. A través de un manómetro diferencial transforma el cambio de presión en una señal eléctrica, que es lo que procesa el aparato. El transductor mide la presión respiratoria a través del cálculo de las diferencias de presiones entre la mascarilla y la fosa. Las señales eléctricas resultantes, a través de un amplificador de ganancia ajustable, se adaptan para que puedan ser computadas por el convertidor analógico-digital. A partir de este punto la información puede ser ya manejada por el microprocesador. El microprocesador dispone de un programa de control de gran exactitud, en la toma de mediciones de forma rápida, una memoria con gran capacidad de almacenamiento de datos (18Kb), y una unidad central. El rinomanómetro está conectado a un ordenador que gestiona los datos obtenidos.

c) TC de senos paranasales.

TC GE Lightspeed VCT de 64 coronas. El estudio de los senos paranasales es simple, se adquiere en axial, helicoidal, con un corte a 0,625 mm de grosor y la adquisición es con ventana de BONE PLUS. Las técnicas computacionales desarrolladas por la UPCT y la UCO han permitido integrar en una sola aplicación (programa de software de ordenador personal PC) todos los elementos necesarios para realizar de forma casi automatizada, y con un coste de tiempo del orden de minutos (en tiempo de usuario) y de unas horas (en tiempo de cálculo de ordenador), los pasos necesarios para ser capaces de obtener una solución del flujo de un fluido (aire, por ejemplo) en una geometría del interior de una fosa nasal real.

3.3. MÉTODO.

3.3.1. Metodología Experimental.

a) Hoja de Protocolo Anamnéstico.

A todos los sujetos incluidos en el estudio se les realiza un cuestionario anamnéstico, con cuestiones encaminadas a la detección de posibles agentes que influyan sobre la permeabilidad nasal (anexo I). La cumplimentación del cuestionario la llevó a cabo el mismo facultativo que efectuó posteriormente las exploraciones.

Se presta especial atención a los siguientes síntomas: a) obstrucción nasal uni o bilateral, b) rinorrea, c) hiposmia y d) antecedente traumático en la pirámide nasal.

Se emplea una escala visual analógica (anexo IV) numerada de 0 a 10, para que los pacientes indiquen el grado de obstrucción de cada una de las fosas nasales y de la permeabilidad percibida de ambas fosas en conjunto. Consiste en una línea horizontal de 10 centímetros en cuyos extremos se encuentran las expresiones extremas del síntoma. Se decide emplearla porque es un instrumento simple de información para cuantificar la molestia del paciente y es independiente de su lenguaje o nivel cultural (139-142).

Se les hace cubrir un cuestionario validado en español que valora específicamente la obstrucción nasal: CQ7 que consta de 7 ítems (anexo III) con respuesta en una escala de 0 (nunca) a 4 (siempre) con una puntuación total de 0 a 28. La puntuación total es la suma simple de las puntuaciones de los ítems individuales. Se recomienda remitir al médico con valores de $CQ7 \geq 7$ (143-145).

b) Exploración Otorrinolaringológica Básica.

Se comienza con la inspección del paciente, con la finalidad de detectar deformidades externas de la pirámide nasal, a continuación se practica la rinoscopia anterior con espéculo nasal de Killian.

La exploración de la orofaringe con depresor lingual informa del estado del velo del paladar y posibilidad de rinorrea posterior.

En la rinoscopia anterior se analizaron los siguientes parámetros: a) aspecto de la mucosa y de las secreciones nasales; b) situación y deformidades del tabique nasal; c) grado de obstrucción de la deformidad siendo leve cuando obstruye un 25% del espacio, moderada un 50%, severa 75% y obstrucción completa; d) estado de ingurgitación de los cornetes, y e) presencia de colapso alar y valoración del espacio valvular.

La manipulación e instrumentación se efectúa a todos los sujetos por el mismo médico.

Los hallazgos detectados se reflejan en la hoja de protocolo anamnésico.

c) Exploración Endoscópica de Las Fosas y Cavum.

Se realiza exploración endoscópica de las fosas nasales y de la rinofaringe con fibroscopio flexible o con endoscopio de 0° para determinar el estado de las fosas hasta el velo del paladar.

Se recoge la información de la apariencia endoscópica en la hoja de protocolo anamnésico y exploración (anexo I).

3.3.2 Metodología Instrumental.

a) Rinomanometría Anterior Activa (RIMA): Obtención gráfica de la medida cuantitativa de los flujos y presiones nasales. Se efectúa basalmente y con vasoconstricción de las fosas nasales según procedimiento detallado en anexo 2.

1) Basal.

- Se introducen los datos personales del sujeto (edad, sexo, peso, talla, etc.)
- Se limpia la piel de la cara, especialmente en las mujeres, para retirar el maquillaje con una gasa empapada en alcohol.
- Se colocan una pegatina y una sonda metálica nueva para cada persona.
- Se obtura la fosa contraria a la que vamos a registrar en el aparato.
- Posteriormente se adapta la máscara a la cara y se indica que respire con normalidad a través de la nariz, con la boca cerrada.
- El propio aparato indica con una señal acústica cuando hemos llegado a los 20 segundos de exploración.
- Posteriormente se repite el proceso con la fosa nasal contralateral.
- Se efectúa un registro de RIMA basal que se imprime.
- El rinomanómetro nos pregunta si deseamos las curvas sinusoidales flujo / tiempo y presión / tiempo para cada fosa nasal, que aportan una idea gráfica del comportamiento dinámico de las fosas (4).

2) Tras Vasoconstricción.

Se realiza la exploración de modo similar (7,4) de las fosas nasales tras la aplicación de un nebulizador vasoconstrictor de oximetazolina (Utabón®) (anexo II).

Valores de Normalidad de la Rinomanometría

Los valores de normalidad de la RIMA son universales, aunque pueden estar condicionados por los criterios de selección de los sujetos y características antropométricas y raciales de la población en estudio. Los valores de normalidad que se muestran son los aportados por Fabra en su tesis doctoral (17).

El flujo normal a 100 Pa es $> 530 \text{ cm}^3/\text{s}$ en mujeres y > 550 en hombres.

El flujo total normal a 150 Pa es $> 628 \text{ cm}^3/\text{s}$ en mujeres y > 707 en hombres.

La resistencia de una fosa nasal es $< 0,36 \text{ pa}/\text{cm}^3/\text{s}$ a 100 Pa.

La resistencia de una fosa nasal es $< 0,45 \text{ pa}/\text{cm}^3/\text{s}$ a 150 Pa.

La resistencia total de la nariz es $< 0,18 \text{ pa}/\text{cm}^3/\text{s}$ a 100 Pa.

La resistencia total de la nariz es $< 0,18 \text{ pa}/\text{cm}^3/\text{s}$ a 150 Pa.

La razón entre la fosa nasal mejor y la peor a 100 y 150 Pa varía entre 1 y 1,9 con una moda estadística de 1,2 para todas las presiones.

Artefactos y Errores durante la Realización de la Prueba

Puede ser artefactada tanto por el comportamiento del paciente como por la persona que efectúa la prueba. La correcta colocación de los transductores y los adhesivos nasales, de la máscara facial para mantener la hermeticidad es crítica. El paciente ha de respirar por la nariz de forma natural y espontánea. La ansiedad o la claustrofobia pueden condicionar alteraciones del ritmo respiratorio o la apertura de la boca.

Limitaciones de la RIMA

No puede ser realizada en casos de perforación septal. Ante la existencia de una obstrucción completa unilateral su registro no es fiable.

b) Tomografía computarizada y flujo aéreo de las fosas nasales, creación de una geometría de la fosa nasal y cálculo del flujo aéreo:

Por último a todos los sujetos se les realizaría una Tomografía Computarizada de fosas nasales, senos paranasales, cuello o vía lagrimal.

Se somete a los pacientes a vasoconstricción de las fosas nasales según metodología detallada en anexo II previamente a realizar la tomografía; todos los sujetos firmarían el consentimiento informado del ensayo.

Se efectuaría la TC bajo condiciones de vasoconstricción nasal porque así homogeneizamos la población estudiada obviando el ciclo nasal. Este ciclo nasal que afecta entre un 72 y un 80% de la población puede suponer una relación entre las resistencias de ambas fosas nasales de 4:1 (3,4).

A partir de las imágenes de la TC, se genera una geometría del interior de la fosa nasal, apta para ser resuelta mediante las técnicas computacionales desarrolladas por la UPCT y la UCO. Esta geometría será resuelta mediante la mecánica de fluidos

computacional, obteniendo como resultado la evolución de todas las variables cinemáticas/termodinámicas (velocidad, presión, temperatura, densidad, turbulencia,...) del aire en el interior de la fosa. La solución se obtendrá en inspiración y espiración.

Los pasos que sigue el proceso de simulación numérica de CFD son los siguientes:

Paso 1.- Obtención de la geometría de la cavidad nasal a partir de imágenes provenientes de una TC en formato DICOM o similar, generación del modelo 2D o 3D (Módulo de Segmentación).

Paso 2.- Generación de un modelo geométrico adecuado para ser tratado en una simulación CFD (Módulo de Mallado).

Paso 3.- Cálculo del flujo del fluido aire u otro en el interior de la fosa nasal (Módulo del Revolvedor CFD).

Paso 4.- Visualización/Análisis de los resultados de la simulación CFD (Módulo de PostProceso).

Paso 1. GENERACIÓN DEL MODELO.

La generación de un modelo bidimensional o tridimensional CAD (Computer Aided Design) de la geometría que interactúa con el fluido es el primer paso, y suele hacerse a partir de los planos 2D. El modelo debe mantener la geometría inicial y las características relevantes de la misma, para capturar la interacción con el flujo.

Paso 2. MALLADO DEL DOMINIO FLUIDO.

El concepto de dominio fluido en CFD abarca la región de espacio sobre la que se aplican las ecuaciones de gobierno, es decir, el dominio computacional donde se va a estudiar el comportamiento del fluido. Por tanto, si se quiere analizar la interacción entre el fluido y una geometría, esta última debe formar parte del dominio fluido. En una simulación de CFD, la discretización del dominio fluido, es decir, pasar de un dominio continuo con infinitos puntos donde aplicar resolver las ecuaciones de gobierno a un dominio discreto, con un número de puntos finitos donde aplicar las ecuaciones, es la segunda etapa. Dicho dominio computacional es discretizado en pequeñas celdas, llamadas elementos, formando una malla. Según las características de la geometría que alberga el dominio fluido se escoge una u otra forma de dichos elementos para conseguir un mejor mallado. La complejidad de la física involucrada, junto al tamaño del dominio fluido, define a grandes rasgos el tamaño del problema y la potencia de cálculo necesaria. La densidad de nodos o elementos puede cambiar de una región a otra, debiendo

acumular un mayor número de ellos en las zonas donde se esperan fuertes variaciones de alguna variable.

Paso 3. DISCRETIZACIÓN DE LAS ECUACIONES DE GOBIERNO.

Las ecuaciones que gobiernan el movimiento de un fluido se resuelven en cada uno de los puntos en los que se haya discretizado el dominio fluido, es decir, se resuelven en cada uno de los elementos de la malla generada. Puesto que las ecuaciones que se utilizan contienen derivadas parciales, previamente hay que convertirlas en ecuaciones algebraicas (introduciendo errores numéricos de discretización), utilizando los esquemas numéricos más adecuados: diferencias finitas, volúmenes finitos o elementos finitos, esto es, hay que discretizarlas. Así, se pasa de tener un conjunto de ecuaciones en derivadas parciales sobre un espacio continuo, a un sistema finito de ecuaciones algebraicas con variables independientes discretas.

Independientemente de la metodología empleada para resolver las ecuaciones de gobierno, se deben especificar unas condiciones iniciales y de contorno. Las condiciones iniciales determinan el estado de las variables fluidas en el instante $t = 0$. Es obvio pensar, que cuanto más cercana sea la condición inicial a la solución final del problema, menor será el tiempo necesario empleado para obtener la convergencia de la solución. Además, en toda simulación numérica se considera un dominio fluido para la resolución de las ecuaciones. Esto da lugar a un contorno artificial donde el valor de las variables fluidas tienen que ser especificado a través de lo que se conoce como condiciones de contorno.

Paso 4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Una vez resueltas las ecuaciones, se dispone de los valores de las variables que definen el problema en cada uno de los elementos de la malla. Si además, el problema es no estacionario, se obtiene un conjunto de datos por cada paso de tiempo. Como es de esperar, la cantidad de datos obtenida es elevada, por lo que debe ser filtrada para extraer información útil. Visualizar el flujo y aspectos relacionados, es la mejor forma de entender el proceso e ir directo a la solución óptima. Esta parte, denominada post-procesamiento, es la más importante, o bien, la más interesante, pues se tienen que interpretar los resultados obtenidos y ver si encajan con lo esperado.

En el presente estudio se determinará la correlación existente de los datos obtenidos con las técnicas computacionales (cuya información procede del TAC realizado con vasoconstricción previa de las fosas nasales) con la historia clínica, la exploración clínica y la rinomanometría (exploración y rinomanometría con y sin vasoconstricción).

Se recogerán las características de flujo de los distintos sujetos: velocidad, presión, rozamiento “wall shear stress”. El rozamiento también denominado stress de pared representa la región de la fosa nasal en la que se desarrolla mayor resistencia al paso del flujo de aire. Se define como la pendiente del campo de velocidad.

Trataremos de establecer un patrón de normalidad referente a los distintos parámetros estudiados, con el análisis de los datos obtenidos en el grupo control o intervención. Posteriormente estudiaremos los datos recabados del grupo con obstrucción nasal, y trataremos de correlacionar las cifras con los síntomas referidos por el paciente y con el resto de exploraciones realizadas.

3.3.3 Definición de Parámetros.

Sobre la recreación virtual de la fosa nasal de cada sujeto se analizan una serie de propiedades globales que a continuación se detallan:

Propiedades globales:

- caída de presión de narina a nasofaringe
- flujo total por cada fosa (partición del flujo)
- stress máximo y localización

El stress de pared es una medida de la resistencia sobre una región concreta de la fosa nasal. Su valor se obtiene como una derivada de la velocidad de las partículas de fluido que discurren en ese punto concreto. Traduce esfuerzo inspiratorio y presumiblemente indica una zona de obstrucción. Se representa sobre el modelo de fosa tridimensional como colores progresivamente más cálidos según la escala de color empleada en este estudio. Un ejemplo de representación de este parámetro es la figura 16 en la que se ve mayor esfuerzo en ambas válvulas y en tercio medio de cornete inferior de fosa izquierda.

Se realizan en cada sujeto cortes en distintos niveles que a continuación se especifican, en los que se medirán parámetros que detallaré más abajo.

- P1 Narina
- P2 Válvula nasal y Parte anterior del cornete
- P3 Parte media del cornete
- P4 Parte posterior de cornete

- P5 Nasofaringe

En estos planos se estudia:

- Área y perímetro de fosa derecha sólo en el corte de la narina
- Área y perímetro de fosa izquierda sólo en el corte de la narina
- Presión media de área de cada plano de fosa nasal derecha y de fosa nasal izquierda
- Velocidad media de área en los planos derechos y en los planos izquierdos

Las presiones se recogen en Pascales (Pa), la velocidad en m/s y el flujo en litros por minuto (L/min).

A continuación se muestran los cortes nasales en los que se estudian los parámetros expuestos previamente en cada uno de los planos explicados:

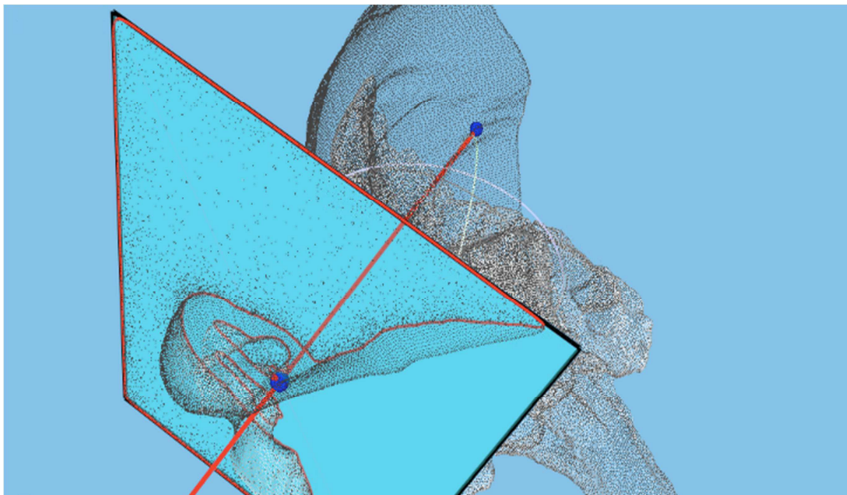


Fig 7. Plano de corte de narina. Se estudian perímetro, área, velocidad y presión media de cada una de las fosas.

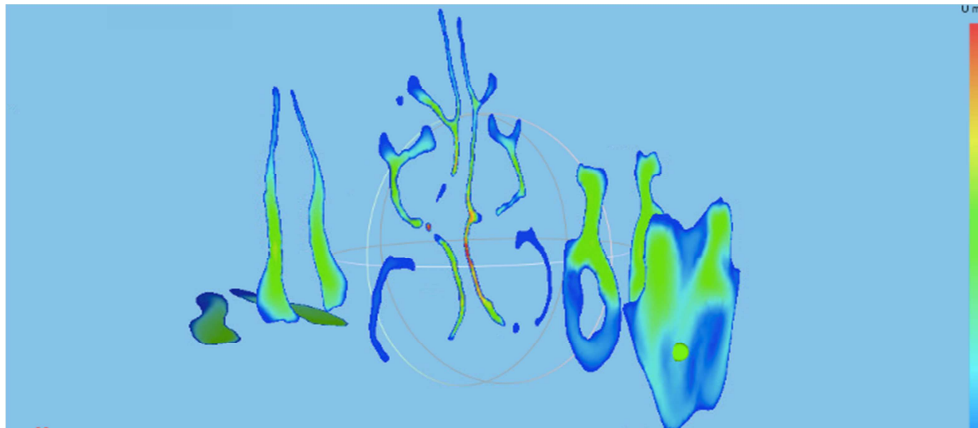


Fig. 8. Cortes que conforman los planos P1, P2, P3, P4, Y P5 en uno de los casos del estudio.

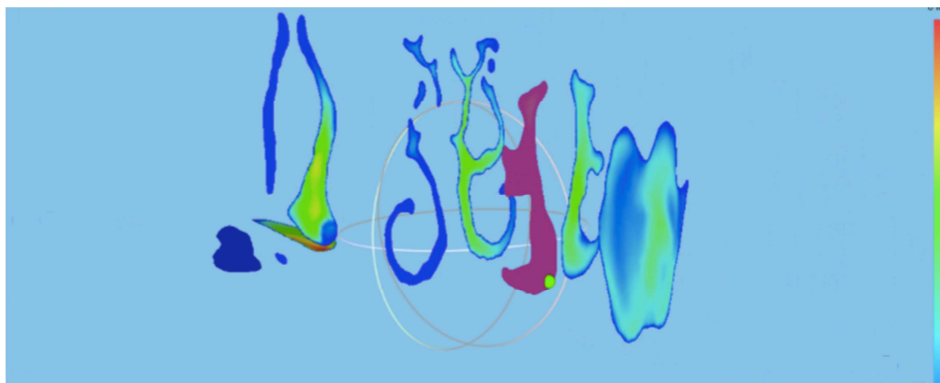


Fig. 9. Planos P1, P2, P3, P4, Y P5 en uno de los casos del estudio.

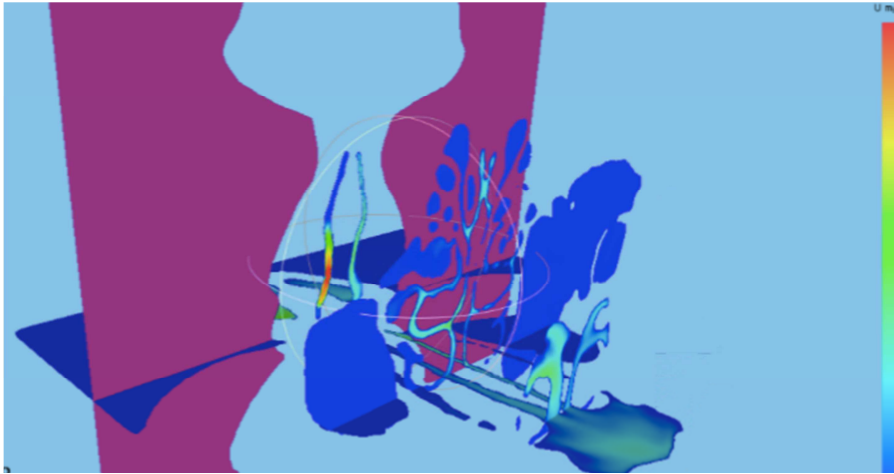


Fig. 10. Planos P1, P2, P3, P4, Y P5 en uno de los casos del estudio.

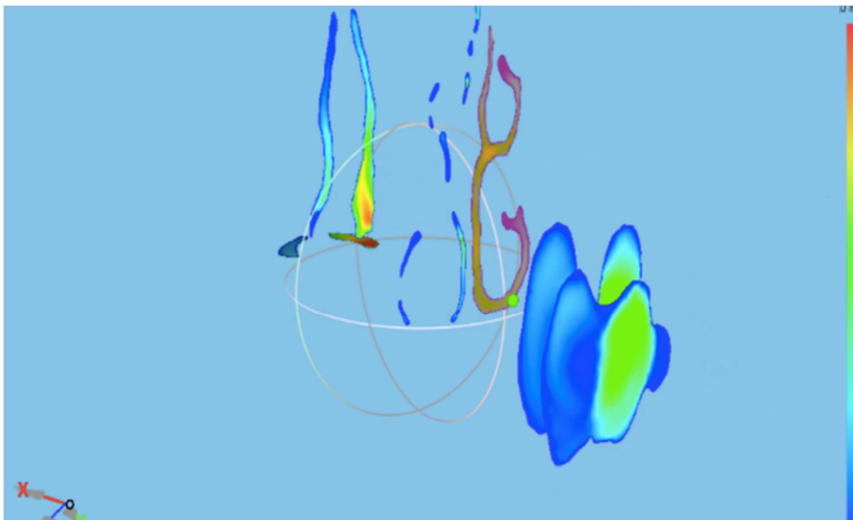


Fig. 11. Planos P1, P2, P3, P4, Y P5 en uno de los casos del estudio.

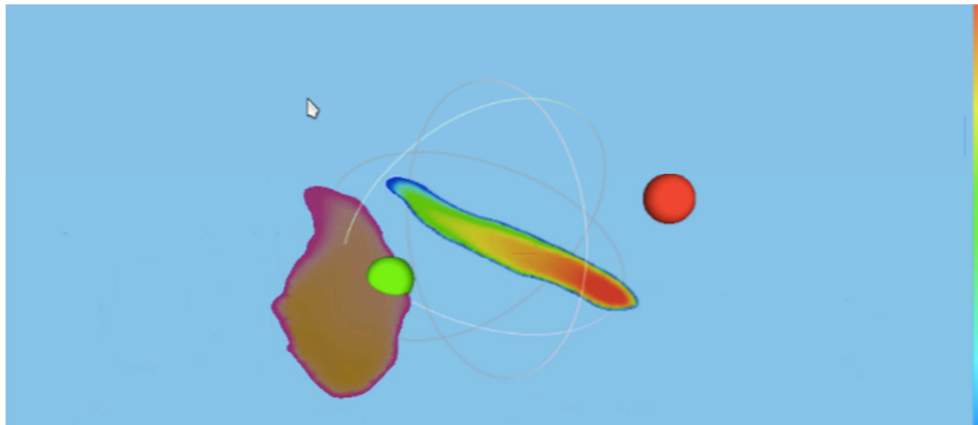


Fig. 12. Planos P1 de fosas derecha e izquierda de un caso del estudio.

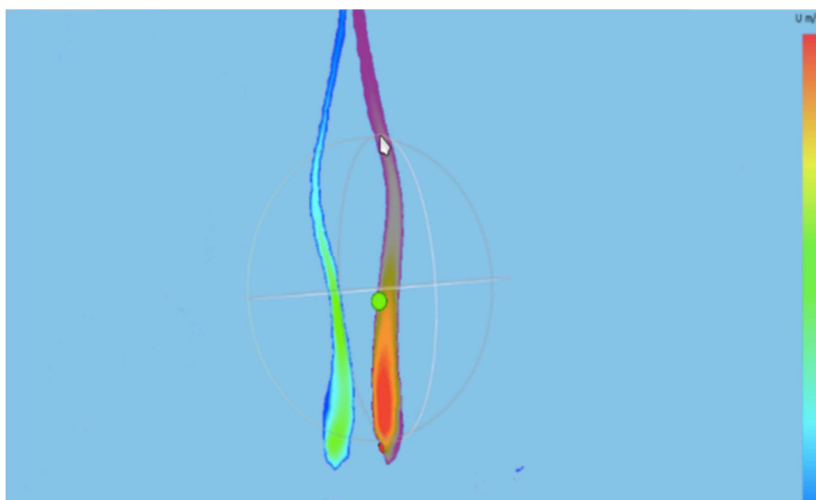


Fig. 13. Planos P2 de ambas fosas en uno de los casos del estudio.

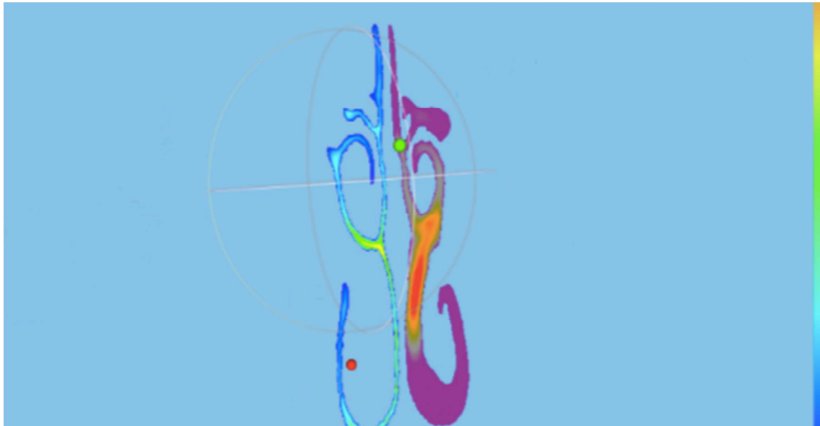


Fig.14. Planos P3 en uno de los casos del estudio.

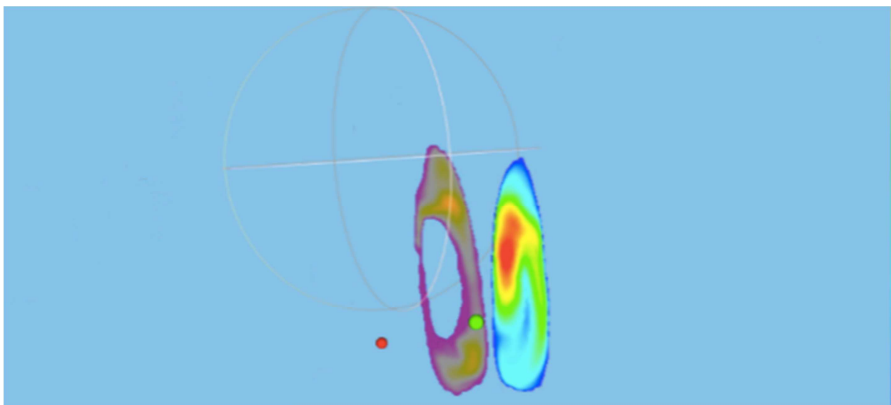


Fig. 15. Planos P4 en uno de los casos del estudio.

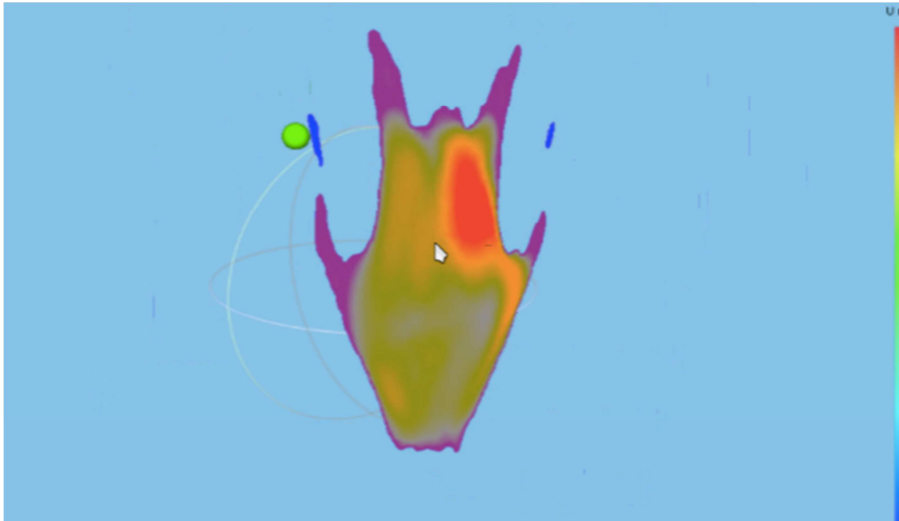


Fig.16. Plano P5 en uno de los casos del estudio.

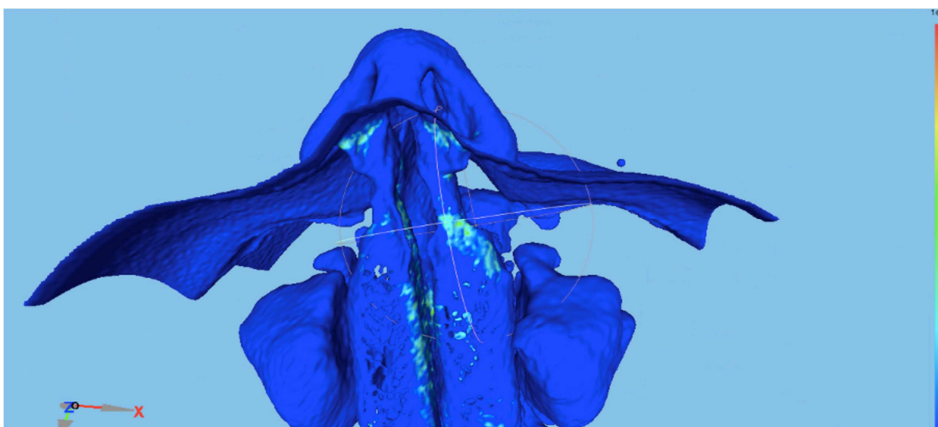


Fig. 16. Recreación de fosas nasales en uno de los casos del estudio que ilustra el stress de pared.

3.3.4. Mecomland.

La herramienta computacional utilizada en este trabajo para llevar a cabo todas las simulaciones numéricas ha sido el software denominado MeComLand (www.mecomland.upct.es). MeComLand es un producto desarrollado en la Universidad Politécnica de Cartagena con la colaboración de distintas universidades y hospitales, y que integra todos los módulos necesarios para poder realizar simulaciones del flujo de un fluido en estructuras biológicas reales de una manera automatizada y eficaz, de manera

que pueda servir al médico como una herramienta de diagnóstico en la práctica clínica diaria.

Los módulos que integra son:

1.- Módulo de Segmentación. Permite obtener a partir de una tomografía computarizada (TAC) o similar la estructura biológica en la que estamos interesados. En nuestro caso la estructura que nos interesa es la cavidad nasal por la que circulará el fluido aire desde los orificios de entrada hasta la nasofaringe. Para realizar simulaciones que reproduzcan fielmente la respiración, es necesario también retener en la segmentación la cara del paciente, de manera que se reproduzca fielmente la entrada/salida del aire en la fosa nasal de cada paciente.

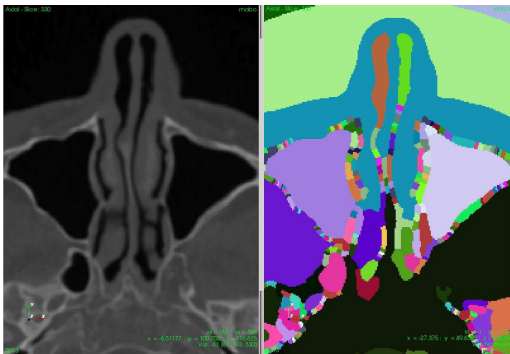


Fig. 17. Imagen de un TAC segmentada.

2.- Módulo de Cirugía Virtual. Si bien en este trabajo no se ha realizado ninguna modificación de la geometría original de las fosas nasales de los pacientes obtenida mediante el módulo 1, MeComLand también dispone de un módulo conocido como DigBody, y que permite en un entorno tridimensional e interactivo realizar modificaciones en la geometría de la estructura biológica segmentada, y llevar a cabo lo que sería una cirugía virtual. Los resultados de esta cirugía pueden ser nuevamente analizados con MeComLand, y ver los resultados antes de la cirugía real.



Fig. 18. Dominio seleccionado para hacer cirugía virtual (Izquierda). Resultado de una

cirugía virtual (Derecha).

3.- Módulo de Mallado Superficial y Volumétrico. La geometría obtenida de la segmentación (módulo 1) no es adecuada directamente para ser utilizada en una simulación de mecánica de fluidos computacional (CFD). Es necesario transformar esa geometría en lo que se conoce como una malla computacional. En MeComLand se han desarrollado algoritmos de mallado, tanto de superficie como de volumen, que permiten realizar esta transformación de una manera automática. También se dispone de algoritmos que permite generar mallas adecuadas para resolver correctamente la capa límite.

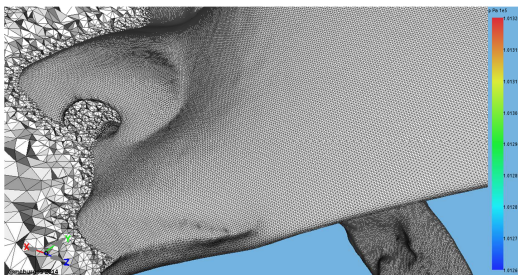


Fig. 19. Malla de superficie y Volumen.

4.- Módulo para resolver el Flujo. Los algoritmos numéricos disponibles en MeComLand permite resolver las ecuaciones de la mecánica de fluidos en las mallas obtenidas con el módulo 3. Los cálculos que realiza son varios (Inspiración/Espiración, Laminar/Turbulento, Compresible/Incompresible) e imponiendo distintas condiciones de contorno. En todas las simulaciones realizadas en este trabajo, salvo si se indica otra cosa, se han resuelto las ecuaciones del flujo del aire en Inspiración, con flujo Laminar y Compresible.

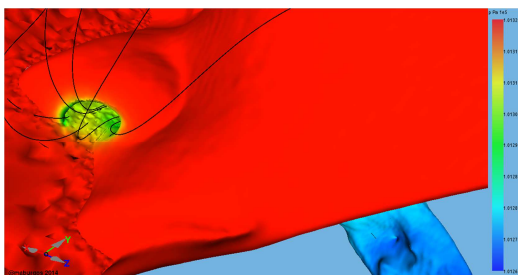


Fig. 20. Campo de presiones y líneas de corriente resultados de resolver un flujo de aire laminar y compresible en inspiración.

5.- Post-Procesador. MeComLand dispone de su propio post-procesador que permite, una vez que se ha resuelto el flujo en la fosa nasal, extraer los resultados. Estos resultados se muestran al usuario en formatos fáciles de analizar e interpretar (tablas, gráficas, imágenes, videos, etc.). Además de mostrar los resultados directos de las simulaciones, en

MeComLand también se calculan otros parámetros, entre los que podemos destacar: áreas, volúmenes, caudales totales y por cada orificio, caídas de presión en distintas zonas de la fosa nasal, máximos y mínimos de variables fluidas y sus localizaciones, líneas de corriente, etc.. Todas las imágenes y cálculos presentados en este trabajo para mostrar los resultados de las simulaciones de han realizado utilizando este post-procesador.

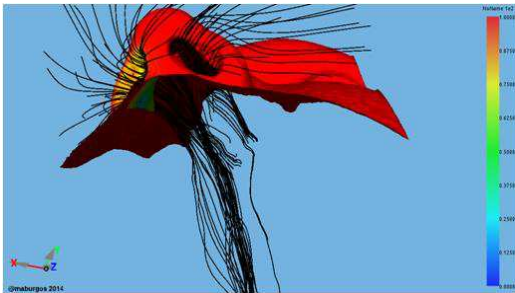


Fig. 21. Cara y líneas de corriente.

6.- NoseLand. Los resultados son entregados al médico en forma de un informe dinámico que, además de incluir los parámetros y resultados fundamentales de la simulación, también incluye un modelo tridimensional y endoscópico de la fosa nasal con la solución fluida. La aplicación utilizada para la visualización y análisis interactivo del informe se llama NoseLand. El informe incluye entre otros: parámetros y condiciones de la simulación, principales campos fluidos (presión, velocidad, esfuerzos en las paredes, temperaturas,...), líneas de corriente, caudales en cada orificio, caídas de presión entre distintas zonas, etc. Todo ello puede ser visualizado y analizado en el entorno tridimensional y endoscópico que proporciona NoseLand.

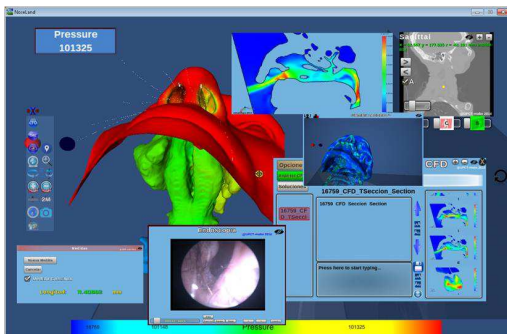


Fig. 22. Instantánea de una sesión en NoseLand

3.3.5. Metodología Estadística. Muestra y Análisis Estadístico.

a) Descripción de la Muestra.

Se trata de un estudio clínico prospectivo, abierto, en el Hospital General Universitario José María Morales Meseguer de Murcia, que incluye 31 pacientes

- 18 en el grupo de pacientes con obstrucción nasal, a los que se realizaría el TC con vasoconstricción previa de las fosas nasales.
- 13 en el grupo de pacientes sin obstrucción nasal, con TC tras vasoconstricción nasal.

Para el cálculo de tamaño se ha asumido un riesgo alfa de 0,05, un riesgo de beta de 0,1, en un contraste bilateral, se precisan 17 sujetos teniendo en cuenta un coeficiente de correlación de 0.7. Se ha estimado una tasa de pérdidas de seguimiento del 0%. Para el cálculo de tamaño muestral se ha utilizado el programa Granmo 7.12.

Las variables cuantitativas se expresan como medias \pm desviación estándar o mediana (primer y tercer cuartil) según la distribución normal o no normal de la variable. Las variables cualitativas se expresan como frecuencias absolutas y relativas. La comparación entre variables cuantitativas se realizara mediante correlación con la prueba r de Pearson o de Spearman según la distribución de las variables. La comparación entre variables cualitativas mediante Chi cuadrado de Pearson o exacta de Fisher. Las comparaciones entre variables cuantitativas y cualitativas mediante T de Student o Mann Whitney. Todos los contrastes se realizan a dos colas. Se utilizará el programa informático SPSS versión 15.0 para windows.

4. RESULTADOS

4. RESULTADOS.

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA.

4.1. CARACTERIZACIÓN DEL GRUPO. VARIABLES DEMOGRÁFICAS.

Se trata de un estudio prospectivo. Participaron 31 sujetos, 23 varones, 74,2% de la muestra, y 8 mujeres, 25,8% del total, con edades comprendidas entre 18 y 78 años, con una media de 43,25 años \pm 17,97.

El índice de masa corporal (IMC) presenta un rango entre 20 y 33, con una media de 27 kg/m² \pm 3,66.

Estos datos aparecen recogidos en las tablas 1 y 2.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos hombre	23	74,2	74,2	74,2
mujer	8	25,8	25,8	100,0
Total	31	100,0	100,0	

Tabla 1. Distribución de los participantes en el estudio por sexo.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
EDAD	31	18,00	78,00	43,2581	17,97029
IMC	31	20,00	33,00	27,0000	3,66288
N válido (según lista)	31				

Tabla 2. Parámetros edad e IMC.

El grupo control está constituido por 13 sujetos con edad media de 59 años \pm 11. Su IMC medio es de 29,76 \pm 1,79. 9 varones, 69,2%, y 4 mujeres, 30,8% del grupo control. Datos recogidos en las tablas 3 y 4. En estas tablas se consideran las 2 fosas nasales de cada uno de los sujetos por eso el recuento es el doble.

Todos los individuos refieren presentar buena respiración nasal corroborada por la exploración otorrinolaringológica pertinente, realizada tal como se recoge en un apartado previo.

Como antecedentes personales destacables, 6 de los sujetos, un 46,15%, son fumadores.

El grupo intervención lo conforman 18 sujetos, 14 hombres y 4 mujeres con edad media 31,88 años \pm 12,24. Su IMC medio es de 25 kg/m² \pm 3,29935 como se puede ver en las tablas 3 y 4.

Analizamos la distribución por edad, sexo e IMC en los grupos control e intervención a continuación.

			intervencióncontrol		Total
			Control	Intervencion	
SEXO hombre	Recuento	18	28	46	
	% de SEXO	39,1%	60,9%	100,0%	
	% de intervencióncontrol	69,2%	77,8%	74,2%	
mujer	Recuento	8	8	16	
	% de SEXO	50,0%	50,0%	100,0%	
	% de intervencióncontrol	30,8%	22,2%	25,8%	
Total	Recuento	26	36	62	
	% de SEXO	41,9%	58,1%	100,0%	
	% de intervencióncontrol	100,0%	100,0%	100,0%	

Tabla 3. Distribución de hombres y mujeres en los grupos control e intervención.

	Intervención	N	Media	Desviación típica
Edad	Control			
	Intervención	36	31,8889	12,24926
IMC	Control	26	59,0000	11,00545
	Intervención	36	25,0000	3,29935
	Control	26	29,7692	1,79572

Tabla 4. Distribución de edad e IMC en los grupos control e intervención.

4.2. CARACTERIZACIÓN DEL GRUPO. OBSTRUCCIÓN NASAL.

4.2.a. Resultados de la sensación subjetiva de obstrucción nasal subjetiva, según EVA y según CQ7.

En el grupo de 18 pacientes, 11 refieren obstrucción moderada de fosa derecha (tabla 5 y 6). 11 enfermos refieren obstrucción de fosa nasal izquierda, 1 en grado leve, 1 en grado severo y 9 en grado moderado (tablas 7 y 8). En 4 de los anteriores sujetos la obstrucción percibida es bilateral.

Obstrucción de fosa nasal derecha en grupo intervención	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
No	7	22,6	38,9
Si	11	35,5	61,1
Total	18	58,1	100

Tabla 5. Anamnesis de las fosas nasales derechas.

Grado de obstrucción de fosa nasal derecha en grupo intervención	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
No	7	22,6	38,9
Moderada	11	35,5	61,1
Total	18	58,1	100

Tabla 6. Anamnesis de las fosas derechas. Grado de obstrucción referida por el paciente.

Obstrucción de fosa nasal izquierda en grupo intervención	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
No	7	22,6	38,9
Si	11	35,5	61,1
Total	18	58,1	100

Tabla 7. Anamnesis de fosas izquierdas.

Grado de obstrucción de fosa nasal izquierda en grupo intervención	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
No	7	22,6	38,9
Leve	1	3,2	5,6
Moderada	9	29,0	50,0
Completa	1	3,2	5,6
Total	18	58,1	100

Tabla 8. Anamnesis de las fosas izquierdas. Grado de obstrucción referida por el paciente.

		EVA	CQ7
N	Válidos	18	18
	Perdidos	13	13
Media		5,6944	14,1111
Desv. típ.		2,51547	3,73991
Mínimo		1,00	7,00
Máximo		10,00	23,00
Percentiles	25	4,0000	11,7500
	50	5,5000	14,0000
	75	7,1250	15,7500

Tabla 9. Valores de EVA y CQ7 de fosas nasales derechas.

		EVA	CQ7
N	Válidos	18	18
	Perdidos	13	13
Media		4,9444	14,1111
Desv. típ.		2,78065	3,73991
Mínimo		,00	7,00
Máximo		10,00	23,00
Percentiles	25	3,0000	11,7500
	50	4,5000	14,0000
	75	6,5000	15,7500

Tabla 10. Valores de EVA y CQ7 de fosas nasales izquierdas.

El valor medio de la EVA de la obstrucción de las fosas nasales derechas de los 18 pacientes incluidos en el grupo de intervención es de $5,69 \pm 2,51$, según se recoge en la tabla 9. El valor medio de las fosas izquierdas es de $4,94 \pm 2,78$, según se recoge en la tabla 10. Las fosas derechas mostraron mayor valor medio de EVA y por tanto mayor grado de obstrucción percibida por el paciente que las fosas izquierdas.

EVA

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	1,00	1	3,2	5,6	5,6
	2,00	2	6,5	11,1	16,7
	4,00	2	6,5	11,1	27,8
	5,00	4	12,9	22,2	50,0
	6,00	1	3,2	5,6	55,6
	7,00	4	12,9	22,2	77,8
	7,50	1	3,2	5,6	83,3
	9,00	2	6,5	11,1	94,4
	10,00	1	3,2	5,6	100,0
	Total	18	58,1	100,0	
Perdidos	Sistema	13	41,9		
Total		31	100,0		

Tabla 11. Resultados de EVA de fosas nasales derechas.

EVA

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	,00	1	3,2	5,6	5,6
	2,00	1	3,2	5,6	11,1
	2,50	1	3,2	5,6	16,7
	3,00	3	9,7	16,7	33,3
	4,00	3	9,7	16,7	50,0
	5,00	3	9,7	16,7	66,7
	5,50	1	3,2	5,6	72,2
	6,00	1	3,2	5,6	77,8
	8,00	1	3,2	5,6	83,3
	9,00	1	3,2	5,6	88,9
	10,00	2	6,5	11,1	100,0
	Total	18	58,1	100,0	
Perdidos	Sistema	13	41,9		
Total		31	100,0		

Tabla 12. Resultados de EVA de las fosas nasales izquierdas.

Los valores más frecuentemente repetidos en la EVA son el 5 y el 7 (22,2% de los pacientes cada uno de los valores referidos). Le siguen los valores 2, 4 y 9 (11,1% de los pacientes cada uno de los valores referidos).

En el cuestionario CQ7 un valor mayor que 7 indica patología obstructiva, lo suficientemente significativa para ser valorada por un especialista. El valor medio del cuestionario de los 18 pacientes incluidos en el grupo de intervención es de $14,11 \pm 3,73$, según se recoge en las tablas 9 y 10. Este valor es común a ambas fosas ya que se calcula para ambas fosas nasales tomadas en común.

El valor del cuestionario es patológico en 18 de los 18 pacientes a los que se valoró (Tabla 14).

Un 22,2% de los pacientes obtienen un valor de 15 en el cuestionario CQ7.

CQ7

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	7,00	1	3,2	5,6	5,6
	9,00	1	3,2	5,6	11,1
	10,00	1	3,2	5,6	16,7
	11,00	1	3,2	5,6	22,2
	12,00	1	3,2	5,6	27,8
	13,00	2	6,5	11,1	38,9
	14,00	3	9,7	16,7	55,6
	15,00	4	12,9	22,2	77,8
	18,00	3	9,7	16,7	94,4
	23,00	1	3,2	5,6	100,0
	Total	18	58,1	100,0	
Perdidos	Sistema	13	41,9		
Total		31	100,0		

Tabla 13. Valores de CQ7.

CQ7Dicotomizado

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Mayor de 7	17	54,8	94,4	94,4
	Menor o igual a 7	1	3,2	5,6	100,0
	Total	18	58,1	100,0	
Perdidos	Sistema	13	41,9		
Total		31	100,0		

Tabla 14. Distribución de resultados de CQ7 respecto del valor 7.

4.2.b. Resultados de la presencia de alteraciones obstructivas nasales mediante rinoscopia, rinomanometría y DFC.

Rinoscopia.

De los 18 pacientes a los que se practica la exploración instrumental de las fosas nasales, 8 presentan obstrucción moderada de la fosa nasal derecha, y 11 de la fosa nasal izquierda, 3 intensidad leve, 7 moderada y 1 obstrucción completa. En 3 pacientes ambas

fosas nasales están obstruídas, en grado moderado, y en 2 pacientes no se aprecia obstrucción nasal (Tablas 15, 16, 17 y 18).

Obstrucción de fosa nasal derecha en grupo intervención, rinoscopia	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
No	10	32,2	55,6
Si	8	25,8	44,4
Total	18	58,1	100

Tabla 15. Rinoscopia de las fosas nasales derechas.

Obstrucción de fosa nasal izquierda en grupo intervención, rinoscopia	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
No	7	22,6	38,9
Si	11	35,5	61,1
Total	18	58,1	100

Tabla 16. Rinoscopia de las fosas nasales izquierdas.

Grado de obstrucción en fosa derecha en grupo intervención, rinoscopia	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
Nada	10	32,2	55,6
Moderada	8	25,8	44,4
Total	18	58,1	100

Tabla 17. Grado de obstrucción percibido mediante rinoscopia de las fosas nasales derechas.

Grado de obstrucción de fosa izquierda en grupo intervención, rinoscopia	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
No	7	22,6	38,9
Leve	3	9,7	16,7
Moderada	7	22,6	38,9
Completa	1	3,2	5,6
Total	18	58,1	100

Tabla 18. Grado de obstrucción percibido mediante rinoscopia de las fosas nasales izquierdas.

En los 8 pacientes con obstrucción de fosa derecha esta está localizada en 2 sujetos en el tercio anterior (válvula nasal), en 3 en el tercio medio, en 3 la obstrucción es a varios niveles siendo en 1 de estos una obstrucción completa (Tabla 19).

Localización de obstrucción de fosa derecha en grupo intervención, rinoscopia	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
No	10	32,3	55,6
Anterior	2	6,5	11,1
Medio	3	9,7	16,7
Varios niveles	2	6,5	11,1
Completo	1	3,2	5,6
Total	18	58,1	100

Tabla 19. Localización de la obstrucción en las fosas nasales derechas.

En los 11 pacientes con obstrucción de fosa izquierda, en 7 es de localización anterior, en 2 en tercio medio y en 2 en varias regiones (Tabla 20).

Localización de obstrucción de fosa izquierda en grupo intervención, rinoscopia	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
No	7	22,6	38,9
Anterior	7	22,6	38,9
Medio	2	6,5	11,1
Varios niveles	2	6,5	11,1
Completo	-	-	-
Total	18	58,1	100

Tabla 20. Localización de la obstrucción en las fosas nasales izquierdas.

De los 3 pacientes con obstrucción bilateral, 2 presentan desviaciones en varios niveles y 1 en tercio medio de ambas fosas nasales.

Rinomanometría.

En 7 pacientes de los 18 a los que se realiza la RIMA, ésta muestra obstrucción derecha, en 1 paciente leve, en otro moderada y en 5 severa. (Tabla 21 y 23).

Obstrucción de fosa nasal derecha en grupo intervención, RIMA	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
No	11	35,5	61,1
Si	7	22,6	38,9
Total	18	58,1	100

Tabla 21. Rinomanometrías de las fosas nasales derechas.

En 6 pacientes de los 18 a los que se realiza la RIMA, ésta muestra obstrucción de fosa izquierda, en 3 moderada y en 3 severa (Tabla 22 y 24).

Obstrucción de fosa nasal izquierda en grupo intervención, RIMA	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
No	12	38,7	66,7
Si	6	19,4	33,3
Total	18	58,1	100

Tabla 22. Rinomanometrías de las fosas nasales izquierdas.

Grado de obstrucción de fosa nasal derecha en grupo intervención, RIMA	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
Nada	11	35,5	61,1
Leve	1	3,2	5,6
Moderada	1	3,2	5,6
Severa	5	16,1	27,8
Total	18	58,1	100

Tabla 23. Rinomanometrías de fosas derechas. Grado de obstrucción.

Grado de obstrucción de fosa nasal derecha en grupo intervención, RIMA	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
Nada	12	35,5	61,1
Leve	-	-	-
Moderada	3	9,7	16,7
Severa	3	9,7	16,7
Total	18	58,1	100

Tabla 24. Rinomanometrías de fosas izquierdas. Grado de obstrucción.

DFC.

Los valores obtenidos mediante el estudio con DFC se detallan en las tablas 25,26,27 y 28. Las unidades empleadas son para la presión los pascales (Pa), para el flujo los litros al minuto (L/min) y para la velocidad m/s.

	Presion atmosferica	FLUJO_ ENTRANTE	Area narina	Perimetro narina	VELOCIDAD_ 1	VELOCIDAD_ 2	VELOCIDAD_ 3	VELOCIDAD_ 4	VELOCIDAD_ 5	
N	Válidos	31	31	31	31	31	31	31	31	
	Perdidos	0	0	0	0	0	0	0	0	
Media		101387,0645	11,6550	99,9614	47,2002	2,5615	2,5774	1,2823	1,5689	1,4974
Desv. típ.		89,72994	5,14254	30,96036	7,35652	1,25267	,97801	,55318	,63733	,40309
Mínimo		101207,00	3,12	50,54	32,97	,47	1,05	,45	,50	,30
Máximo		101748,00	22,77	176,59	58,43	6,03	5,43	2,40	3,33	2,21
Percentiles	25	101326,0000	7,9400	75,3600	43,2982	1,6434	1,8700	,8301	1,0800	1,1670
	50	101373,0000	11,3600	96,0100	47,5400	2,3150	2,4140	1,3252	1,4865	1,5048
	75	101413,0000	16,0000	122,1800	53,0231	3,3174	3,1720	1,6780	1,9990	1,7600

Tabla 25.

		PRESION_1	PRESION_2	PRESIÓN_3	PRESION_4	PRESIÓN_5	Diferencia Presion atmosferica y de corte 5
N	Válidos	31	31	31	31	31	31
	Perdidos	0	0	0	0	0	0
Media		101375,7419	101362,0968	101334,1290	101322,6129	101320,2581	66,8065
Desv. típ.		89,23787	85,09891	86,78316	83,51514	81,79893	39,21600
Mínimo		101207,00	101204,00	101172,00	101164,00	101163,00	25,00
Máximo		101748,00	101716,00	101702,00	101683,00	101673,00	162,00
Percentiles	25	101324,0000	101312,0000	101301,0000	101298,0000	101299,0000	33,0000
	50	101362,0000	101346,0000	101323,0000	101315,0000	101312,0000	60,0000
	75	101412,0000	101394,0000	101352,0000	101342,0000	101337,0000	86,0000

Tabla 26.

Tablas 25 y 26. Mediciones de fosa nasales derechas.

	Presion atmosferica	FLUJO_ ENTRANTE	Area narina	Perimetro narina	VELOCIDAD_ 1	VELOCIDAD_ 2	VELOCIDAD_ 3	VELOCIDAD_ 4	VELOCIDAD_ 5	
N	Válidos	31	31	31	31	31	31	31	31	
	Perdidos	0	0	0	0	0	0	0	0	
Media		101387,0645	10,2952	103,1647	47,3784	2,1064	2,1172	1,1158	1,3983	1,5128
Desv. típ.		89,72994	5,33007	31,88635	7,90796	1,16269	1,01904	,60945	,66158	,39913
Mínimo		101207,00	,00	41,98	29,90	,21	,16	,15	,22	,30
Máximo		101748,00	19,34	184,05	62,92	4,65	4,48	2,37	2,92	2,21
Percentiles	25	101326,0000	6,3712	79,7442	41,4200	1,1170	1,3350	,7164	,7871	1,2500
	50	101373,0000	11,4860	106,6020	46,8429	2,1715	2,2371	,9810	1,5254	1,5169
	75	101413,0000	14,7600	123,4370	53,7509	2,8488	2,9940	1,7070	1,9396	1,7600

Tabla 27.

		PRESION_1	PRESION_2	PRESIÓN_3	PRESION_4	PRESIÓN_5	Diferencia Presion atmosferica y de corte 5
N	Válidos	31	31	31	31	31	31
	Perdidos	0	0	0	0	0	0
	Media	101379,1290	101365,6452	101338,1935	101322,4194	101320,2581	66,8065
	Desv. típ.	89,90912	88,07631	86,32899	83,61410	81,79893	39,21600
	Mínimo	101208,00	101207,00	101182,00	101163,00	101163,00	25,00
	Máximo	101741,00	101717,00	101701,00	101684,00	101673,00	162,00
	Percentiles 25	101322,0000	101315,0000	101301,0000	101299,0000	101299,0000	33,0000
	50	101362,0000	101349,0000	101326,0000	101312,0000	101312,0000	60,0000
	75	101408,0000	101396,0000	101357,0000	101338,0000	101337,0000	86,0000

Tabla 28.

Tablas 27 y 28. Mediciones de fosas nasales izquierdas.

Observamos que la media de las presiones es decreciente conforme avanzamos en la fosa nasal desde su entrada hasta la nasofaringe tanto en las fosas nasales izquierdas como en las derechas. Hay una leve diferencia con medias de presiones más cuantiosas en las fosas izquierdas. La presión en la fosa nos indica la dirección de la corriente de aire, de mayor a menor presión y en términos generales una caída de presión puntual indica una zona de obstrucción. Observamos tanto en las fosas derechas como en las izquierdas, como la presión decrece más unidades en el tramo anterior (de cortes 1 a 3), siendo para las fosas derechas: caída de presión de 41 Pa de P1 a P3, y de 18 Pa de P3 a P5; y para las fosas izquierdas: caída de presión de 41 Pa de P1 a P3, y de 14 Pa de P3 a P5.

La media de flujo entrante es mayor para las fosas derechas que para las izquierdas.

La media del área de la narina es mayor en las fosas izquierdas, sin embargo la media del perímetro es prácticamente similar.

La media de la velocidad es mayor en las fosas derechas. La velocidad aumenta puntualmente en las zonas de estrechamiento y decrece antes y después de estas zonas.

ESTADÍSTICA COMPARATIVA.

4.3. COMPARATIVA DE LA SENSACIÓN SUBJETIVA O SÍNTOMA DE OBSTRUCCIÓN NASAL, LA RINOSCOPIA, LA RINOMANOMETRÍA ANTERIOR ACTIVA Y LA DFC.

Las comparativas van a ser establecidas en el grupo intervención, ya que en éste es donde hemos objetivado sujetos con obstrucción nasal.

			anamnesis paciente: obstruccion nasal		Total
			no	si	
ROLateralidad	No obstruida	Recuento	9	8	17
		% de ROLateralidad	52,9%	47,1%	100,0%
		% de anamnesis paciente: obstruccion nasal	64,3%	36,4%	47,2%
	Obstruida	Recuento	5	14	19
		% de ROLateralidad	26,3%	73,7%	100,0%
		% de anamnesis paciente: obstruccion nasal	35,7%	63,6%	52,8%
Total	Recuento		14	22	36
	% de ROLateralidad		38,9%	61,1%	100,0%
	% de anamnesis paciente: obstruccion nasal		100,0%	100,0%	100,0%

p=0,102

Tabla 29. Tabla de contingencia entre **obstrucción referida** por el paciente y objetivada por rinoscopia y EN.

Analizando a los pacientes (grupo intervención): refieren 14 fosas nasales sin obstrucción (38,9% del total), de los que en 5 (35,7% de las 14) mediante EN, se aprecia obstrucción, y 22 fosas obstruidas (61,1% del total), de las que en un 63,6% la EN concuerda (Tabla 29). No hay relación estadísticamente significativa entre las dos variables comparadas.

			anamnesis paciente: obstruccion nasal		Total
			no	si	
ROGravedad	nada	Recuento	9	8	17
		% de ROGravedad	52,9%	47,1%	100,0%
		% de anamnesis paciente: obstruccion nasal	64,3%	36,4%	47,2%
	leve	Recuento	1	2	3
	% de ROGravedad	33,3%	66,7%	100,0%	
	% de anamnesis paciente: obstruccion nasal	7,1%	9,1%	8,3%	
	moderada	Recuento	4	11	15
	% de ROGravedad	26,7%	73,3%	100,0%	
	% de anamnesis paciente: obstruccion nasal	28,6%	50,0%	41,7%	
	completa	Recuento	0	1	1
	% de ROGravedad	,0%	100,0%	100,0%	
	% de anamnesis paciente: obstruccion nasal	,0%	4,5%	2,8%	
Total		Recuento	14	22	36
		% de ROGravedad	38,9%	61,1%	100,0%
		% de anamnesis paciente: obstruccion nasal	100,0%	100,0%	100,0%

p=0,092

Tabla 30. Tabla de contingencia entre obstrucción referida por el paciente y **grado de obstrucción** objetivada por rinoscopia y EN. No hay relación estadísticamente significativa entre estas dos variables.

Un 50% (11 fosas) de las fosas nasales de los pacientes que refieren obstrucción presentan una obstrucción de grado moderado atendiendo a la rinoscopia. Es llamativo que hasta en un 36,4% de las fosas obstruidas según criterio del paciente (8), la exploración no muestre obstrucción. En 4 fosas (26,7% de fosas no obstruidas según el paciente) en las que el paciente no refiere obstrucción, se valora una obstrucción moderada por rinoscopia.

		anamnesis paciente: obstruccion nasal		Total	
		no	si		
ROLocalizacion	,00	Recuento	9	8	17
		% de ROLocalizacion	52,9%	47,1%	100,0%
		% de anamnesis paciente: obstruccion nasal	64,3%	36,4%	47,2%
	Anterior	Recuento	1	8	9
		% de ROLocalizacion	11,1%	88,9%	100,0%
		% de anamnesis paciente: obstruccion nasal	7,1%	36,4%	25,0%
	Medio	Recuento	2	3	5
		% de ROLocalizacion	40,0%	60,0%	100,0%
		% de anamnesis paciente: obstruccion nasal	14,3%	13,6%	13,9%
	Completo	Recuento	2	2	4
		% de ROLocalizacion	50,0%	50,0%	100,0%
		% de anamnesis paciente: obstruccion nasal	14,3%	9,1%	11,1%
5,00	Recuento	0	1	1	
	% de ROLocalizacion	,0%	100,0%	100,0%	
	% de anamnesis paciente: obstruccion nasal	,0%	4,5%	2,8%	
Total	Recuento	14	22	36	
	% de ROLocalizacion	38,9%	61,1%	100,0%	
	% de anamnesis paciente: obstruccion nasal	100,0%	100,0%	100,0%	

P=0,547

Tabla 31. Tabla de contingencia entre obstrucción referida por el paciente y **localización de obstrucción** objetivada por rinoscopia y EN. No hay una relación estadísticamente significativa.

Las obstrucciones más frecuentemente detectadas en el grupo de fosas nasales obstruidas según criterio del paciente son de localización anterior, 8 fosas de 22 (36,4%). Son 9 las fosas con obstrucción anterior según la rinoscopia. Es el grupo que más concordancia presenta entre la anamnesis de obstrucción y la valoración de obstrucción por la rinoscopia.

			anamnesis paciente: obstruccion nasal		Total
			no	si	
RIMALateralidad	No obstruida	Recuento	11	12	23
		% de RIMALateralidad	47,8%	52,2%	100,0%
		% de anamnesis paciente: obstruccion nasal	78,6%	54,5%	63,9%
	Obstruida	Recuento	3	10	13
		% de RIMALateralidad	23,1%	76,9%	100,0%
		% de anamnesis paciente: obstruccion nasal	21,4%	45,5%	36,1%
Total	Recuento		14	22	36
	% de RIMALateralidad		38,9%	61,1%	100,0%
	% de anamnesis paciente: obstruccion nasal		100,0%	100,0%	100,0%

p=0,143

Tabla 32. Comparación entre la obstrucción nasal referida por el paciente y la detección de obstrucción nasal mediante la RIMA. La relación no es estadísticamente significativa.

En el subgrupo de 22 fosas nasales obstruidas según el paciente, la RIMA detecta obstrucción en 10 de las mismas. En 3 fosas nasales en las que el paciente no refleja alteraciones, la RIMA encuentra obstrucción.

			anamnesis paciente: obstruccion nasal		Total
			no	si	
RIMA	Gravedad nada	Recuento	11	12	23
		% de RIMA	47,8%	52,2%	100,0%
		% de anamnesis paciente: obstruccion nasal	78,6%	54,5%	63,9%
	leve	Recuento	0	1	1
		% de RIMA	,0%	100,0%	100,0%
		% de anamnesis paciente: obstruccion nasal	,0%	4,5%	2,8%
	moderada	Recuento	1	3	4
		% de RIMA	25,0%	75,0%	100,0%
		% de anamnesis paciente: obstruccion nasal	7,1%	13,6%	11,1%
	completa	Recuento	2	6	8
		% de RIMA	25,0%	75,0%	100,0%
		% de anamnesis paciente: obstruccion nasal	14,3%	27,3%	22,2%
Total		Recuento	14	22	36
		% de RIMA	38,9%	61,1%	100,0%
		% de anamnesis paciente: obstruccion nasal	100,0%	100,0%	100,0%

p=0,202

Tabla 33. Comparación entre la gravedad de la obstrucción referida por el paciente y la detección de obstrucción mediante RIMA.

El subgrupo en el que los resultados de la RIMA concuerdan más con la anamnesis del paciente, es en la obstrucción grado severo; se trata de 6 fosas de 22 en las que la RIMA detecta obstrucción severa (27,3% de las fosas que el paciente refiere obstruidas).

Los pacientes fueron agrupados para su estudio de dos modos diferentes, primeramente atendiendo a la percepción del paciente de obstrucción o no de cada fosa nasal. En la comparación mediante prueba de muestras independientes, no existen diferencias significativas en los valores de edad, IMC y los parámetros determinados en la DFC, en el grupo de pacientes de las fosas obstruidas con respecto a las no obstruidas. (Tablas 34 y 35).

	anamnesis paciente: obstruccion nasal	N	Media	Desviación típ.
EDAD	si	22	30,8182	12,26158
	no	14	33,5714	12,49439
IMC	si	22	24,7273	3,40073
	no	14	25,4286	3,20970
Presion atmosferica	si	22	101385,7	73,92479
	no	14	101397,6	44,51571
FLUJO_ENTRANTE	si	22	10,8036	6,94563
	no	14	11,1822	4,46033
Area narina	si	22	90,9115	25,45413
	no	14	97,5346	26,85461
Perimetro narina	si	22	44,9480	7,84549
	no	14	47,2036	7,69858
VELOCIDAD_1	si	22	2,4533	1,64429
	no	14	2,3606	,93358
VELOCIDAD_2	si	22	2,2011	1,14853
	no	14	2,4085	,76610
VELOCIDAD_3	si	22	1,1639	,70344
	no	14	1,1408	,60549
VELOCIDAD_4	si	22	1,4230	,82572
	no	14	1,4091	,48249
VELOCIDAD_5	si	22	1,4481	,47417
	no	14	1,5172	,34740
PRESION_1	si	22	101374,8	71,15103
	no	14	101387,9	44,55223
PRESION_2	si	22	101361,0	63,90058
	no	14	101378,3	46,52448
PRESIÓN_3	si	22	101338,0	64,16309
	no	14	101347,9	32,34303
PRESION_4	si	22	101324,0	56,72530
	no	14	101330,4	25,74345
PRESIÓN_5	si	22	101321,8	55,85239
	no	14	101328,1	25,09630
Diferencia Presion atmosferica y de corte 5	si	22	63,9091	30,40662
	no	14	69,4286	33,20499
EVA	si	22	5,6818	2,36314
	no	14	4,7500	3,03030
CQ7	si	22	14,1818	3,38957
	no	14	14,0000	4,24264

Tabla 34. Medias de los valores de los parámetros continuos (edad, IMC, DFC, EVA y CQ7) que se recogen en el grupo de pacientes entre las fosas obstruidas y no obstruidas según criterio del paciente.

La media del área de la narina, perímetro de la narina y diferencia de presión atmosférica y de corte 5, son números de menor valor en las fosas obstruidas aunque no llega a ser una diferencia significativa.

	Sig. (bilateral)
	Valor de p
Edad	0,519
Imc	,542
P atmosférica	,593
Flujo entrante	,843
Área narina	,461
Perímetro narina	,403
Vel 1	,831
Vel 2	,556
Vel 3	,920
Vel 4	,950
Vel 5	,641
Presión 1	,543
Presión 2	,387
Presión 3	,598
Presión 4	,696
Presión 5	,694

Tabla 35. Prueba de muestras independientes en el grupo de pacientes entre las fosas obstruidas y las fosas no obstruidas.

El segundo modo de agrupar a los sujetos para el análisis de los datos es contrastar el grupo intervención con el grupo control. En la prueba de muestras independientes tomando las 2 fosas nasales de cada sujeto en el grupo de pacientes (36 fosas en total) con respecto al grupo control (26 fosas en total), existen diferencias significativas en los valores de edad, IMC y en parámetros de DFC que son el área de la narina, mayor en los sujetos sin obstrucción, y en el perímetro de la narina que no llega a ser significativo pero se aproxima ($p=0,073$), que es mayor en los sujetos sin obstrucción (Tablas 36 y 37).

	Intervención control	N	Media	Desviación típ.
EDAD	Intervención	36	31,8889	12,24926
	Control	26	59,0000	11,00545
IMC	Intervención	36	25,0000	3,29935
	Control	26	29,7692	1,79572
Presión atmosférica	Intervención	36	101390,3333	63,63377
	Control	26	101382,5385	116,69558
FLUJO_ENTRANTE	Intervención	36	10,9509	6,03071
	Control	26	11,0087	4,00668
Área narina	Intervención	36	93,4871	25,83279
	Control	26	112,7451	34,90671
Perímetro narina	Intervención	36	45,8252	7,75813
	Control	26	49,3165	6,95557

VELOCIDAD_1	Intervención	36	2,4173	1,39572
	Control	26	2,2187	,93945
VELOCIDAD_2	Intervención	36	2,2818	1,00994
	Control	26	2,4380	1,04042
VELOCIDAD_3	Intervención	36	1,1549	,65818
	Control	26	1,2602	,46577
VELOCIDAD_4	Intervención	36	1,4176	,70399
	Control	26	1,5750	,56737
VELOCIDAD_5	Intervención	36	1,4750	,42532
	Control	26	1,5468	,36043
PRESIÓN_1	Intervención	36	101379,8611	61,77848
	Control	26	101374,0769	117,89891
	Intervención	36	101367,6944	57,68328

PRESIÓN_2				
	Control	26	101358,5769	115,31875
	Intervención	36	101341,8889	53,68947
PRESIÓN_3				
	Control	26	101328,2308	117,65553
PRESIÓN_4				
	Intervención	36	101326,5278	46,76292
	Control	26	101316,9615	116,80153
	Intervención	36	101324,2778	45,99355
PRESIÓN_5				
	Control	26	101314,6923	114,19939
Diferencia Presión atmosférica y de corte 5	Intervención	36	66,0556	31,17228
	Control	26	67,8462	48,25573

Tabla 36. Medias de los valores que se recogen entre el grupo intervención y grupo de pacientes.

Tabla 37.
Prueba de muestras independientes entre el grupo intervención y el grupo control.

	Sig. (bilateral)
	Inferior
Edad	<0,001
Imc	<0,001
Presión atmosférica	,737
Flujo entrante	,964
Área narina	,015
Perímetro narina	,073
Vel 1	,506
Vel 2	,555
Vel 3	,464
Vel 4	,351
Vel 5	,487
Pres 1	,803
Pres 2	,714
Pres 3	,541
Pres 4	,658
Pres 5	,650
Diferencia presiones	,869

A continuación se analizan las curvas COR para los parámetros medidos mediante DFC, según la distribución de fosas nasales en obstruidas y no obstruidas por lo que el paciente refiere. Se evalúa el área bajo la curva que indica que la prueba discrimina cuando este valor es mayor a 0,70.

Variables resultado del contraste	Área	Error típico	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Flujo entrante	,500	,098	,308	,692
Área narina	,578	,101	,381	,775
Perímetro narina	,607	,098	,415	,800
Velocidad 1	,510	,097	,321	,699
Velocidad 2	,542	,098	,351	,734
Velocidad 3	,506	,101	,309	,704
Velocidad 4	,503	,099	,309	,697
Velocidad 5	,500	,099	,305	,695
Presión 1	,544	,098	,351	,737
Presión 2	,550	,101	,352	,749
Presión 3	,521	,098	,329	,713
Presión 4	,526	,098	,335	,717
Presión 5	,526	,098	,334	,718
Presión atm-Presión 5	,532	,100	,336	,729

Tabla 38. Curvas COR: **Obstrucción percibida por el paciente** en cada una de las fosas nasales con respecto a los parámetros medidos por la DFC. No se aprecia significación.

Se analiza mediante Rho de Spearman la correlación entre los parámetros medidos por la DFC y la sensación de obstrucción valorada con EVA y CQ7 en la tabla 39.

Rho de Spearman	EVA	CQ7
Flujo entrante	-,172	-,060
Área narina	,107	-,179
Perímetro narina	,193	-,029
Velocidad 1	-,175	,035
Velocidad 2	-,033	,099
Velocidad 3	-,099	,065
Velocidad 4	-,060	,073
Velocidad 5	,128	-,023
Presión 1	,305	,214
Presión 2	,258	,196
Presión 3	,143	,235
Presión 4	,175	,166
Presión 5	,184	,130
Presión atm-Presión 5	,244	,303

Tabla 39. Correlación entre la **sensación de obstrucción mediante recogida mediante EVA y cuestionario CQ7** con los parámetros de la DFC. Se emplea Rho de Spearman. En este test se objetivan correlaciones con distinta fortaleza en los que se supera el valor 0,5. No se aprecian correlaciones.

Se busca la correlación entre la lateralidad de la obstrucción percibida por la rinoscopia y la endoscopia con los valores obtenidos mediante DFC. Se emplean de nuevo las curvas COR.

Variables resultado del contraste	Área	Error típico	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Flujo entrante	,378	,095	,192	,563
Área narina	,356	,097	,165	,547
Perímetro narina	,365	,097	,175	,556
Velocidad 1	,430	,097	,240	,620
Velocidad 2	,424	,098	,231	,617
Velocidad 3	,430	,099	,237	,624
Velocidad 4	,381	,095	,194	,567
Velocidad 5	,485	,099	,290	,679
Presión 1	,502	,099	,308	,695
Presión 2	,489	,098	,296	,682
Presión 3	,454	,098	,261	,646
Presión 4	,427	,097	,237	,618
Presión 5	,423	,097	,233	,612
Presión atm-Presión 5	,522	,098	,330	,714

Tabla 40. Relación entre la **rinoscopia y endoscopia nasal** y los valores de DFC. Se exponen en esta tabla los resultados de la **lateralidad de la obstrucción** observada en la consulta comparados con los parámetros de DFC. No se aprecia correlación.

Se estudia la correlación entre la intensidad y la localización de la obstrucción (evaluados mediante rinoscopia y endoscopia nasal) con respecto a los parámetros de la DFC mediante el test de ANOVA, cuyos resultados se exponen a continuación.

	Sig.
FLUJO_ENTRANTE	,159
Área narina	,255
Perímetro narina	,496
VELOCIDAD_1	,253
VELOCIDAD_2	,204
VELOCIDAD_3	,244
VELOCIDAD_4	,219
VELOCIDAD_5	,421
PRESIÓN_1	,935
PRESIÓN__2	,790
PRESIÓN_3	,887
PRESIÓN_4	,922
PRESIÓN_5	,925
Diferencia Presión atmosférica y de corte 5	,452

Tabla 41. Estudio de relación entre la **intensidad de la obstrucción** y los parámetros medidos por la DFC mediante ANOVA. No hay significación estadística.

	Sig.
FLUJO_ENTRANTE	,143
Área narina	,279
Perímetro narina	,181
VELOCIDAD_1	,054
VELOCIDAD_2	,292
VELOCIDAD_3	,244
VELOCIDAD_4	,357
VELOCIDAD_5	,754
PRESIÓN_1	,609
PRESIÓN_2	,709
PRESIÓN_3	,794
PRESIÓN_4	,970
PRESIÓN_5	,978
Diferencia Presión atmosférica y de corte 5	,184

Tabla 42. Estudio de relación entre la **localización de la obstrucción** y los parámetros medidos por la DFC mediante ANOVA. Hay significación estadística en la velocidad 1.

Se indican curvas COR en la correlación entre la lateralidad de la obstrucción mediante RIMA (tabla 43).

Variables resultado de contraste	Área	Error típ. ^a	Sig. asintótica ^b	Intervalo de confianza asintótico al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
FLUJO_ENTRANTE	,462	,102	,705	,261	,662
Área narina	,575	,101	,459	,377	,773
Perímetro narina	,525	,101	,805	,327	,723
VELOCIDAD_1	,445	,103	,587	,243	,647
VELOCIDAD_2	,555	,108	,587	,343	,767
VELOCIDAD_3	,488	,100	,908	,293	,684
VELOCIDAD_4	,472	,098	,780	,280	,663
VELOCIDAD_5	,564	,098	,531	,372	,755
PRESIÓN_1	,535	,100	,729	,339	,731
PRESIÓN_2	,460	,100	,693	,264	,655
PRESIÓN_3	,492	,101	,934	,294	,689
PRESIÓN_4	,538	,101	,705	,341	,736
PRESIÓN_5	,577	,101	,449	,379	,775
Diferencia Presión atmosférica y de corte 5	,470	,097	,767	,280	,660

Tabla 43. Relación entre los valores de la RIMA en cuanto a la lateralidad de la obstrucción con los parámetros de la DFC. Se emplean curvas COR. No hay significación estadística.

4.4. ANÁLISIS DE CORRELACIONES ENTRE LOS SUBGRUPOS DE LOCALIZACIÓN DE LA OBSTRUCCIÓN OBJETIVADO POR RINOSCOPIA.

			ROAnterior		Total
			si	no	
anamnesis paciente: obstruccion nasal	no	Recuento	1	4	5
		% de ROAnterior	11,1%	40,0%	26,3%
	si	Recuento	8	6	14
		% de ROAnterior	88,9%	60,0%	73,7%
Total		Recuento	9	10	19
		% de ROAnterior	100,0%	100,0%	100,0%

$p=0,303$

Tabla 44. Análisis de la detección de desviaciones de **localización anterior** por medio de rinoscopia. Los valores no llegan a tener significación estadística.

			ROAnterior		Total
			si	no	
RIMALateralidad	No obstruida	Recuento	4	7	11
		% de ROAnterior	44,4%	70,0%	57,9%
	Obstruida	Recuento	5	3	8
		% de ROAnterior	55,6%	30,0%	42,1%
Total		Recuento	9	10	19
		% de ROAnterior	100,0%	100,0%	100,0%

Tabla 45. Correlación entre el grupo de fosas nasales con **obstrucción a nivel anterior** observado con rinoscopia y la **lateralidad de la obstrucción objetivada en la RIMA**. No se detecta significación estadística.

A continuación se expone la correlación entre las desviaciones anteriores (evaluadas por rinoscopia) y los parámetros de la DFC, empleando distintos tests estadísticos.

	ROAnterior	N	Media	Desviación típ.	Error tít. de la media
FLUJO_ENTRANTE	si	9	6,5463	5,47367	1,82456
	no	10	12,4309	4,78228	1,51229
Area narina	si	9	98,4543	29,10537	9,70179
	no	10	79,5048	20,17544	6,38004
Perimetro narina	si	9	46,4193	7,68031	2,56010
	no	10	42,3005	6,69391	2,11680
VELOCIDAD_1	si	9	1,3127	,89527	,29842
	no	10	3,0413	1,12366	,35533
VELOCIDAD_2	si	9	1,6427	1,20417	,40139
	no	10	2,5631	,67333	,21292
VELOCIDAD_3	si	9	,7575	,47213	,15738
	no	10	1,3464	,62641	,19809
VELOCIDAD_4	si	9	1,0015	,70009	,23336
	no	10	1,5012	,47874	,15139
VELOCIDAD_5	si	9	1,3548	,47668	,15889
	no	10	1,5506	,29016	,09176
PRESION_1	si	9	101393,1	85,16667	28,38889
	no	10	101372,8	45,82042	14,48969
PRESION_2	si	9	101372,3	76,62734	25,54245
	no	10	101364,1	41,66920	13,17696
PRESIÓN_3	si	9	101343,2	71,76311	23,92104
	no	10	101342,1	43,23694	13,67272
PRESION_4	si	9	101329,0	66,09841	22,03280
	no	10	101321,8	20,87955	6,60269
PRESIÓN_5	si	9	101328,9	66,03492	22,01164
	no	10	101316,1	11,41588	3,61002
Diferencia Presion atmosferica y de corte 5	si	9	66,1111	34,51972	11,50657
	no	10	71,6000	37,12801	11,74091
P1menosP4	si	9	64,1111	35,00516	11,66839
	no	10	51,0000	28,80586	9,10921

Tabla 46.

	FLUJO_ ENTRANTE	Area narina	Perimetro narina	VELOCIDAD_ 1	VELOCIDAD_ 2	VELOCIDAD_ 3	VELOCIDAD_ 4	VELOCIDAD_ 5
U de Mann-Whitney	17,000	25,000	34,000	11,000	23,000	23,000	26,000	35,000
W de Wilcoxon	62,000	80,000	89,000	56,000	68,000	68,000	71,000	80,000
Z	-2,286	-1,633	-,898	-2,777	-1,796	-1,796	-1,551	-,818
Sig. asintót. (bilateral)	,022	,102	,369	,005	,072	,072	,121	,414
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,022 ^a	,113 ^a	,400 ^a	,004 ^a	,079 ^a	,079 ^a	,133 ^a	,447 ^a

	PRESION_1	PRESION_2	PRESIÓN_3	PRESION_4	PRESIÓN_5	Diferencia Presion atmosferica y de corte 5	P1menosP4
U de Mann-Whitney	28,000	33,500	33,000	29,000	24,000	42,000	36,500
W de Wilcoxon	83,000	88,500	88,000	84,000	79,000	87,000	91,500
Z	-1,388	-,939	-,980	-1,307	-1,718	-,245	-,695
Sig. asintót. (bilateral)	,165	,348	,327	,191	,086	,806	,487
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,182 ^a	,356 ^a	,356 ^a	,211 ^a	,095 ^a	,842 ^a	,497 ^a

Tabla 47. Análisis de la relación entre las **desviaciones anteriores** objetivadas por la rinoscopia-endoscopia y los parámetros de la DFC. Son 9 fosas nasales. Se encuentra correlación con el flujo entrante y con la velocidad 1, siendo cercanas a la significación las velocidades 2 y 3.

			ROMedio		Total
			si	no	
anamnesis paciente: obstruccion nasal	no	Recuento	2	3	5
		% de ROMedio	40,0%	21,4%	26,3%
	si	Recuento	3	11	14
		% de ROMedio	60,0%	78,6%	73,7%
Total		Recuento	5	14	19
		% de ROMedio	100,0%	100,0%	100,0%

p=0,570

Tabla 48. Análisis de la detección de desviaciones con la rinoscopia cuando estas son de **localización entercio medio**. Los valores no llegan a tener significación estadística.

	ROMedio	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
FLUJO_ENTRANTE	si	5	12,7315	5,74163	2,56773
	no	14	8,5406	5,63626	1,50635
Area narina	si	5	87,8911	25,63859	11,46593
	no	14	88,6914	27,04644	7,22847
Perimetro narina	si	5	44,7953	7,18494	3,21320
	no	14	44,0573	7,58050	2,02597
VELOCIDAD_1	si	5	2,8972	1,34771	,60272
	no	14	1,9815	1,28823	,34429
VELOCIDAD_2	si	5	2,4415	,79317	,35472
	no	14	2,0148	1,12684	,30116
VELOCIDAD_3	si	5	1,1450	,56956	,25472
	no	14	1,0397	,65744	,17571
VELOCIDAD_4	si	5	1,4877	,59819	,26752
	no	14	1,1847	,64433	,17220
VELOCIDAD_5	si	5	1,4654	,30651	,13708
	no	14	1,4552	,42797	,11438
PRESION_1	si	5	101353,4	19,24318	8,60581
	no	14	101392,8	74,25546	19,84561
PRESION_2	si	5	101344,4	19,35975	8,65794
	no	14	101376,4	66,58911	17,79669
PRESIÓN_3	si	5	101324,8	15,89654	7,10915
	no	14	101349,0	64,96271	17,36201
PRESION_4	si	5	101313,6	13,75863	6,15305
	no	14	101329,4	53,67223	14,34451
PRESIÓN_5	si	5	101314,0	13,54622	6,05805
	no	14	101325,1	52,36479	13,99508
Diferencia Presion atmosferica y de corte 5	si	5	54,8000	16,70928	7,47262
	no	14	74,0714	38,82597	10,37668
P1menosP4	si	5	39,8000	16,39207	7,33076
	no	14	63,4286	33,91554	9,06431

	FLUJO_ENTRANTE	Area narina	Perimetro narina	VELOCIDAD_1	VELOCIDAD_2	VELOCIDAD_3	VELOCIDAD_4	VELOCIDAD_5
U de Mann-Whitney	20,000	34,000	33,000	23,000	26,000	32,000	27,000	32,000
W de Wilcoxon	125,000	139,000	138,000	128,000	131,000	137,000	132,000	47,000
Z	-1,389	-,093	-,185	-1,111	-,833	-,278	-,741	-,278
Sig. asintót. (bilateral)	,165	,926	,853	,266	,405	,781	,459	,781
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,186 ^a	,964 ^a	,893 ^a	,298 ^a	,444 ^a	,823 ^a	,500 ^a	,823 ^a

	PRESION_1	PRESION_2	PRESIÓN_3	PRESION_4	PRESIÓN_5	Diferencia Presion atmosférica y de corte 5	P1menosP4
U de Mann-Whitney	17,000	18,500	19,000	17,000	19,500	24,000	20,000
W de Wilcoxon	32,000	33,500	34,000	32,000	34,500	39,000	35,000
Z	-1,666	-1,528	-1,481	-1,667	-1,438	-1,020	-1,391
Sig. asintót. (bilateral)	,096	,126	,139	,095	,151	,308	,164
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,107 ^a	,130 ^a	,156 ^a	,107 ^a	,156 ^a	,343 ^a	,186 ^a

Tabla 49. Análisis de la relación entre las **desviaciones en tercio medio** objetivadas por la rinoscopia-endoscopia y los parámetros de la DFC. Son 5 fosas nasales. No hay correlaciones significativas comparando los valores con otro tipo de desviaciones.

ROVarios	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
PA Menos si	4	100,0000	43,87862	21,93931
P5 no	15	60,7333	28,58188	7,37981

0,043

Tabla 50. En cuanto a las fosas nasales con **obstrucción a varios niveles** es significativo con respecto a otros tipos de desviaciones el gradiente de presión desde la entrada de la fosa hasta la coana.

4.5. ANÁLISIS DEL STRESS DE PARED

4.5.1. Pacientes

Caso 1

Se trata de una paciente en la que el stress de pared es simétrico y poco destacable. El flujo entrante es equilibrado (fosa izquierda: 13,43 L/min y fosa derecha: 9,18 L/min). Refiere obstrucción bilateral leve. La RIMA es normal y la rinoscopia objetiva obstrucción bilateral a expensas de varias zonas de estrechamiento a distintos niveles.

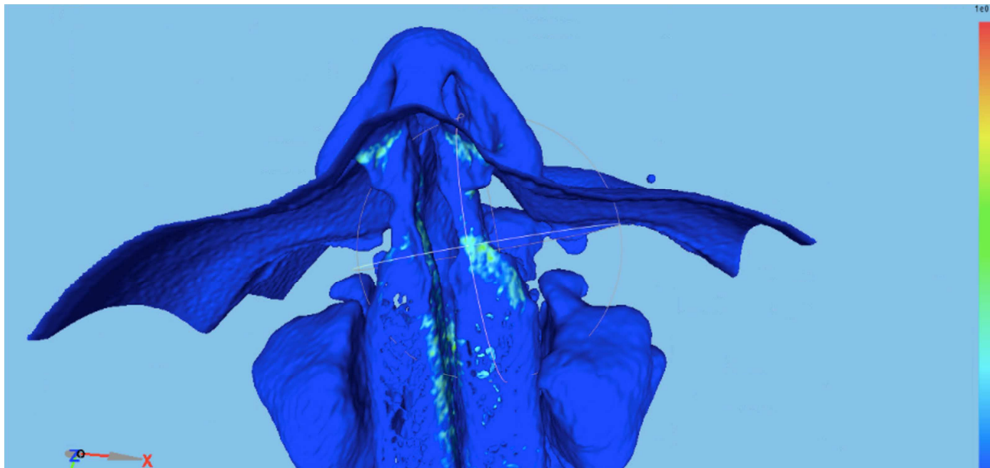


Fig. 23.

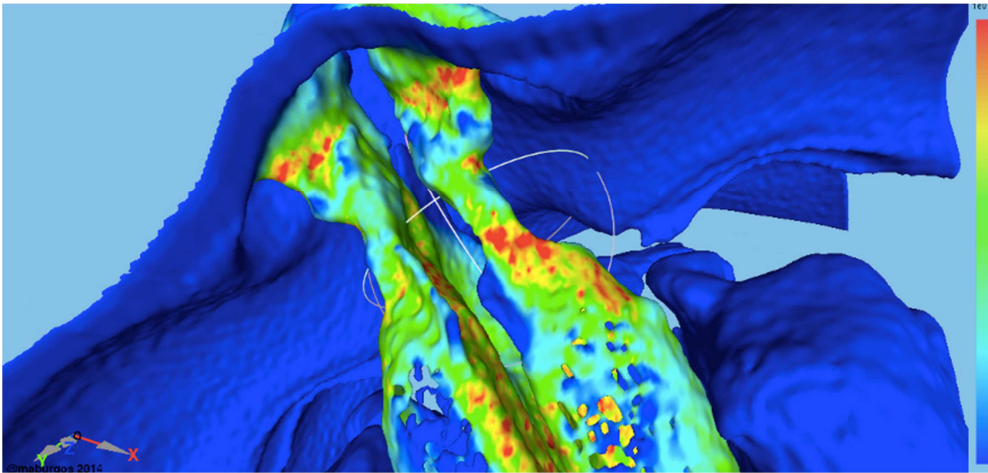


Fig. 24.

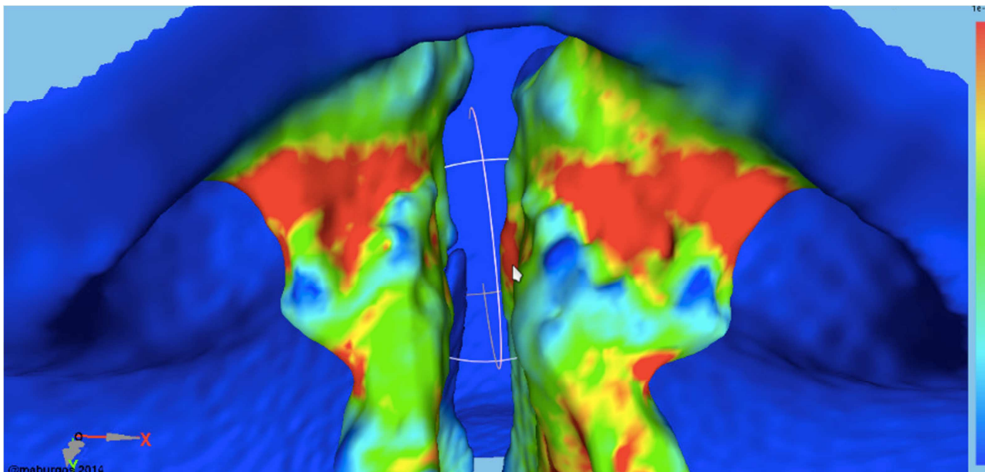


Fig.25.

Caso 2

El máximo stress de pared se localiza en la fosa nasal derecha en el tercio anterior. El flujo entrante es 2,856 L/min por la fosa nasal izquierda y 19,67 L/min por la fosa nasa derecha. Es un paciente que refiere obstrucción bilateral pero en la EVA en la fosa derecha puntúa 2 y en la izquierda 8, lo que implica percepción de mayor obstrucción por la fosa izquierda. En la rinoscopia se aprecia obstrucción izquierda al igual que lo encontrado en la RIMA.

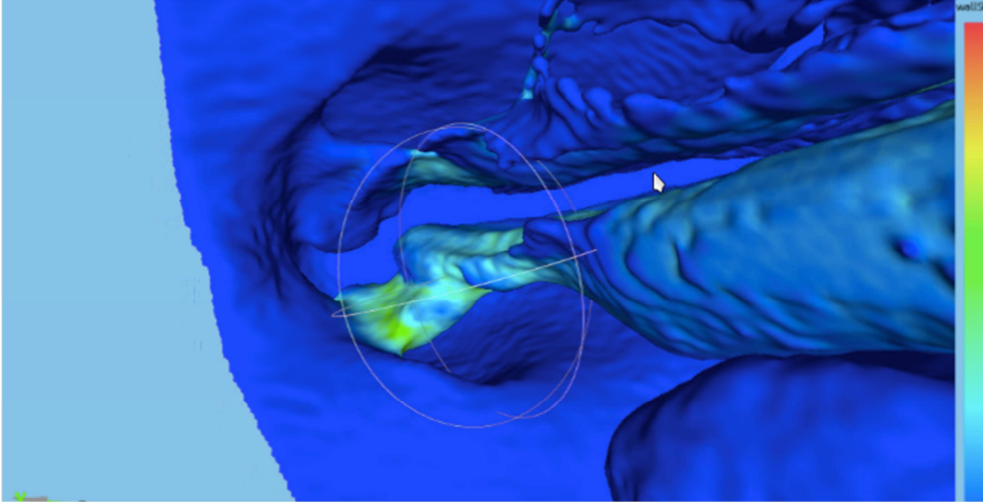


Fig. 26.

Caso 3

El máximo stress de pared se recoge en la fosa nasal derecha anterior a la cabeza del cornete inferior, además se aprecia ausencia de stress de pared en la fosa izquierda debido fundamentalmente a la escasez de caudal a su través. Este paciente refiere obstrucción bilateral y tanto en la rinoscopia como en la RIMA se detecta obstrucción de la fosa nasal izquierda.

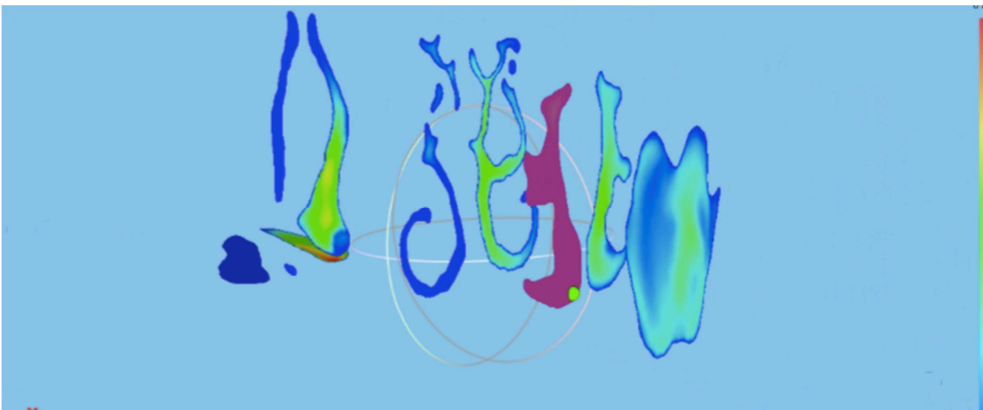


Fig.27.

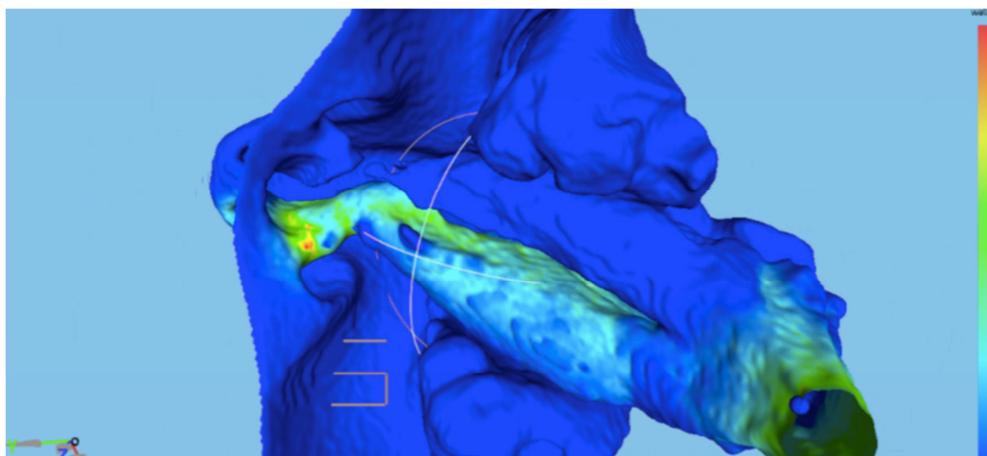


Fig. 28.

Caso 4

Es una paciente que presenta el mayor stress en la región anterior de la fosa nasal derecha. Está de acuerdo con lo referido por la paciente, con la rinoscopia y con el resultado de la RIMA.

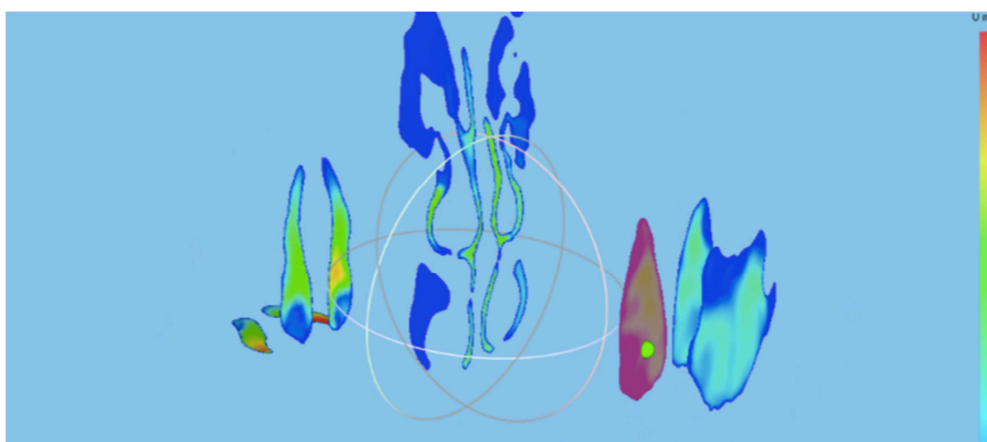


Fig.29.

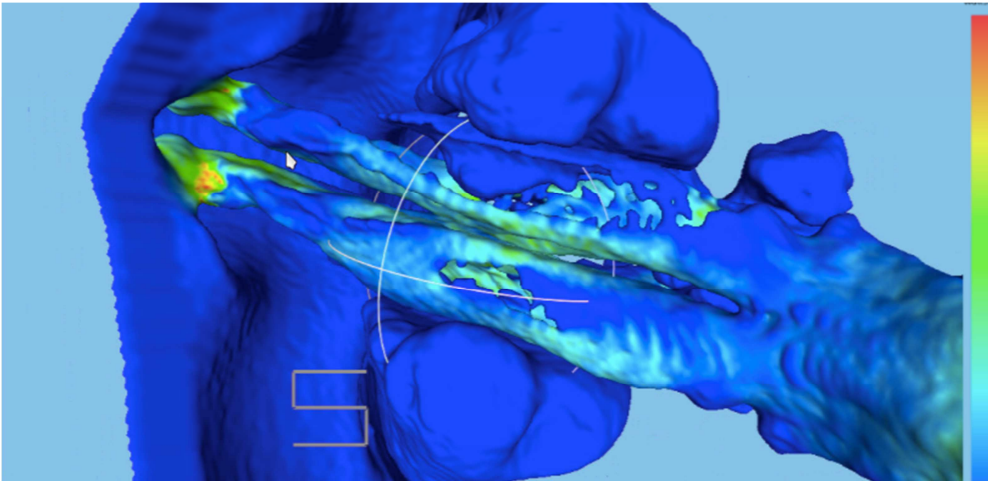


Fig 30.

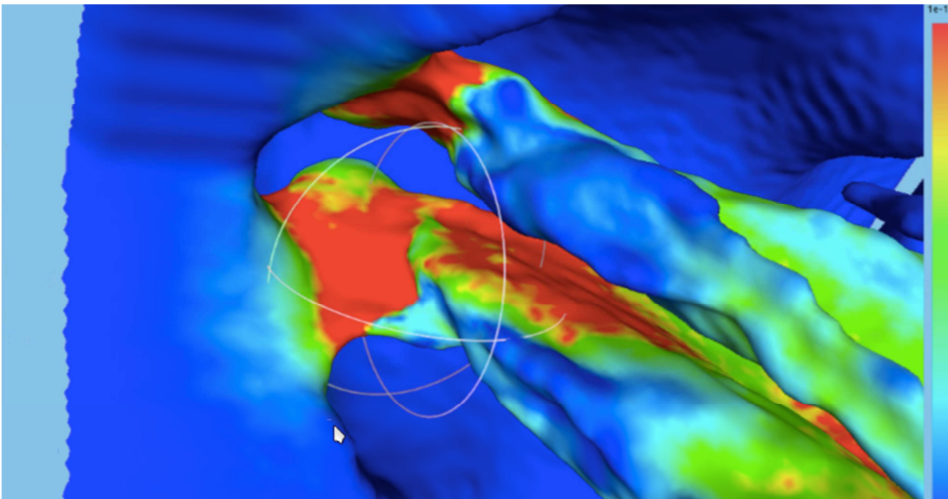


Fig.31.

Caso 5

Es un paciente que refiere obstrucción nasal derecha. En la valoración del mayor stress de pared, éste se localiza en la fosa nasal derecha en tercio anterior. Analizando el flujo en la narina, la fosa derecha vehicula un caudal que es casi la mitad del caudal que se introduce en la fosa izquierda. El paciente presenta un valor de EVA derecha de 9 e izquierda de 2. La rinoscopia y la RIMA están también de acuerdo en estos hallazgos.

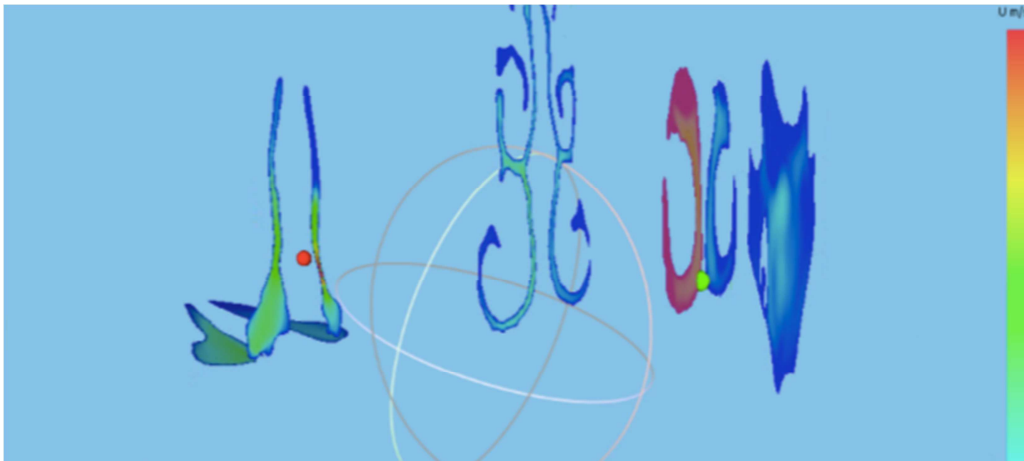


Fig. 32.

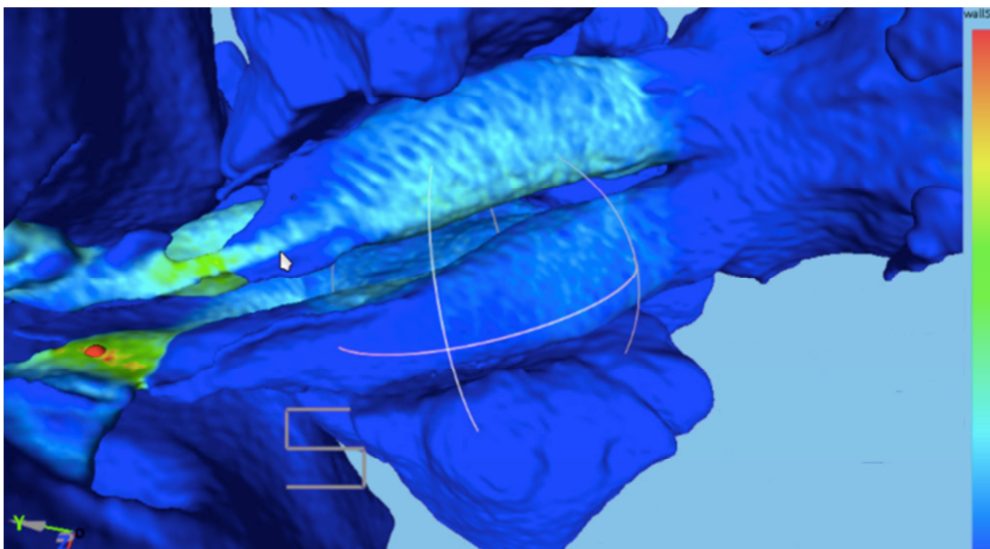


Fig 33.

Caso 6

Varón que refiere obstrucción izquierda. En la rinoscopia se aprecia obstrucción izquierda anterior y en la RIMA obstrucción izquierda también. En la simulación apreciamos mayor flujo por la fosa nasal izquierda y una zona de máximo stress en la zona de la válvula nasal de la misma fosa.

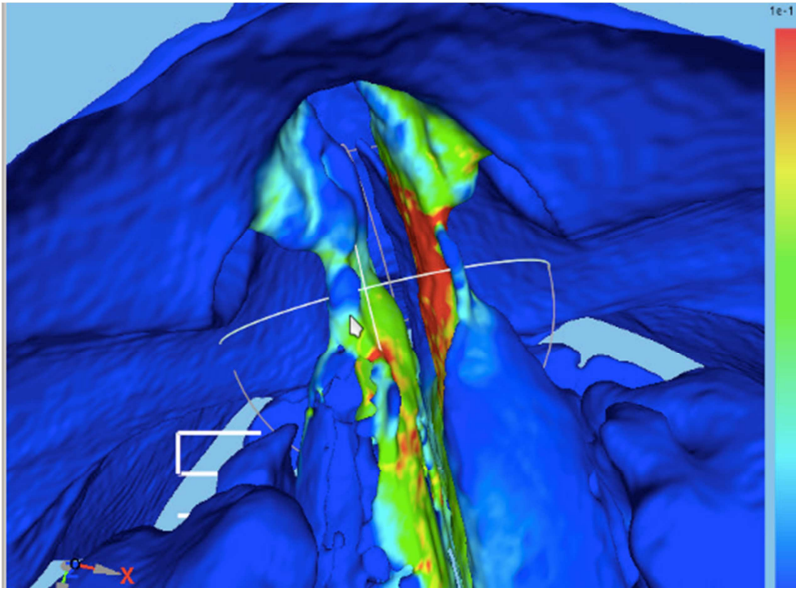


Fig 34.

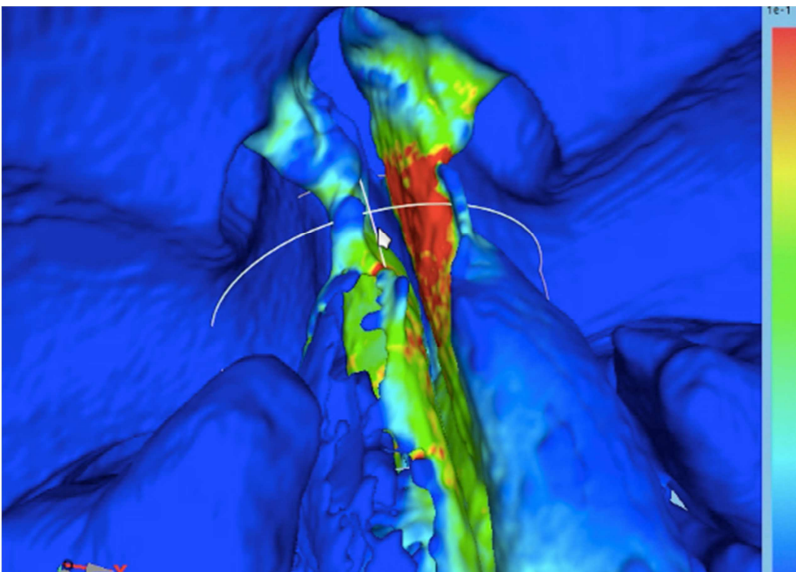


Fig 35.

Caso 7

Mujer que refiere obstrucción bilateral. En la rinoscopia se objetiva obstrucción anterior izquierda. En la RIMA no hay alteraciones. La simulación presenta mayor flujo por fosa nasal derecha y ausencia de stress llamativo.

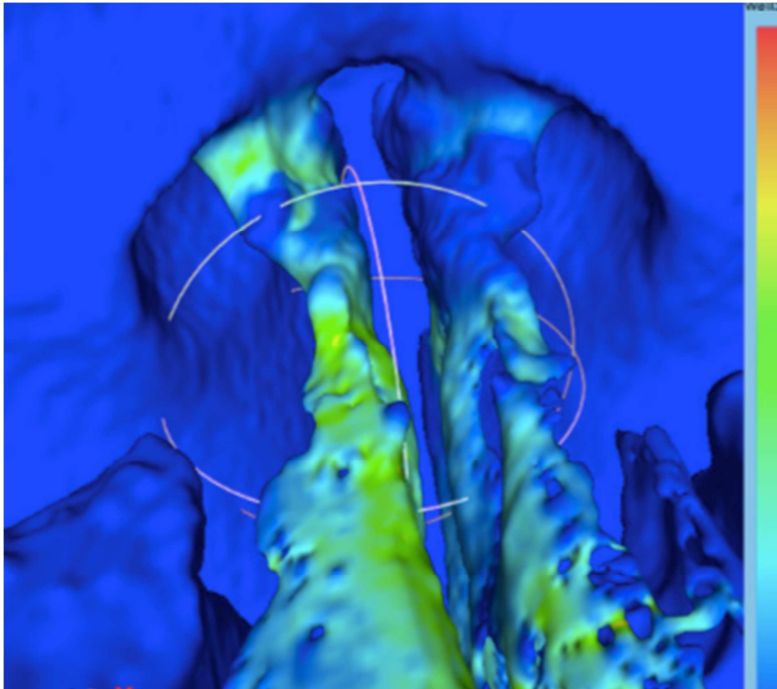


Fig 36.

Caso 8

Es un paciente varón en el que la rinoscopia revela una deformidad anterior a fosa izquierda, y en la RIMA, la obstrucción resultante es izquierda en grado severo tras vasoconstricción. Con la DFC observamos ausencia de flujo por fosa nasal izquierda motivado por un estrechamiento debido a una desviación septal en tercio anterior-medio de cornete inferior. El hecho de que el flujo no circule por esta fosa provoca que sea la contralateral la que manifiesta rozamiento por el paso de aire a su través.

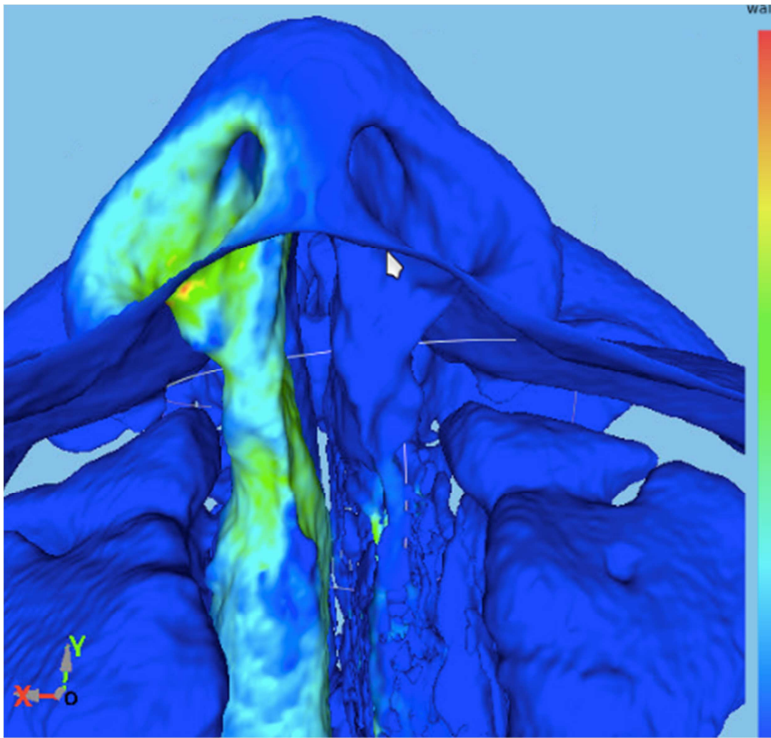


Fig 37.

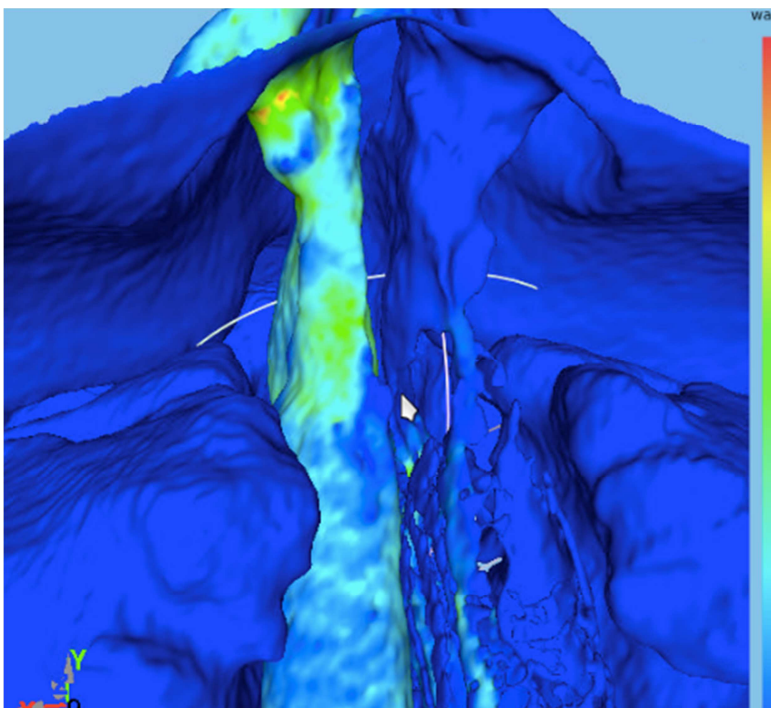


Fig 38.

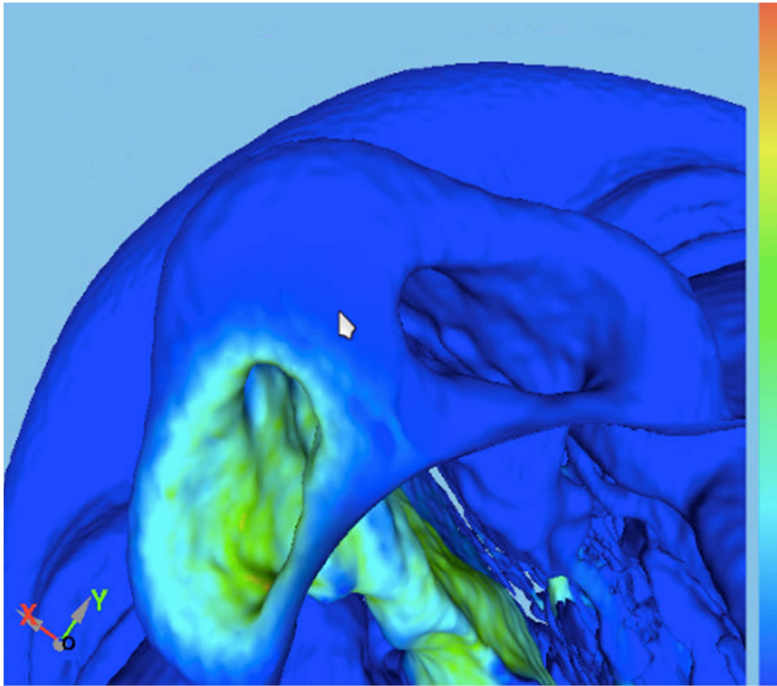


Fig 39.

Caso 9

Varón que presenta obstrucción de fosa izquierda con rinoscopia y RIMA normales. En la simulación el flujo entrante es mayor por la fosa derecha a expensas de un estrechamiento en la válvula nasal izquierda. El stress se localiza en fosa derecha área de válvula por ser la fosa por la que circula la mayor parte del caudal.

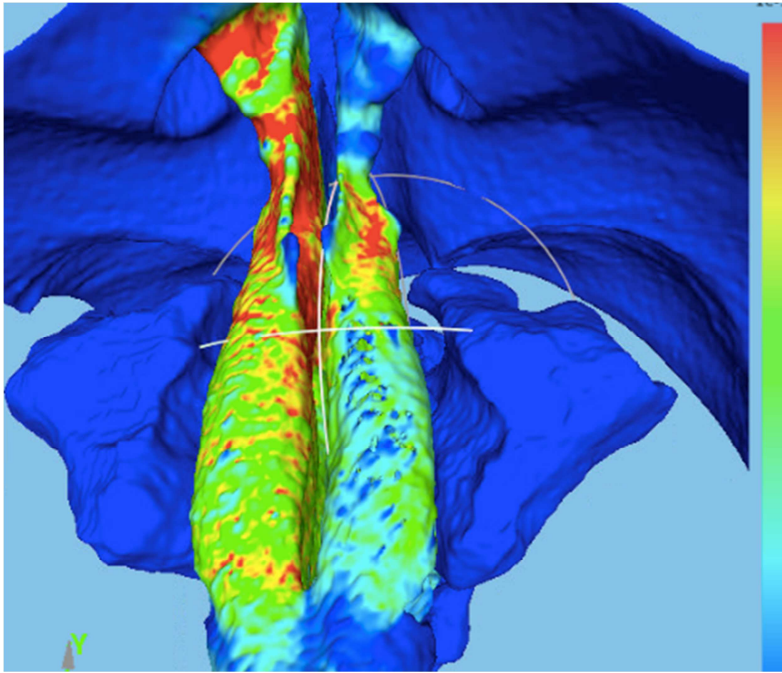


Fig 40.

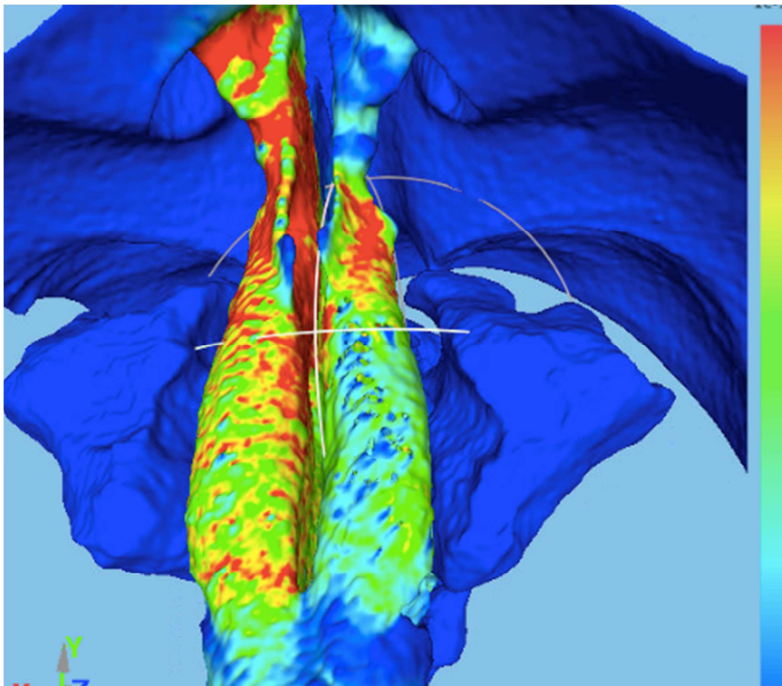


Fig 41.

Caso 10

Varón que refiere obstrucción izquierda. En la rinoscopia se objetiva una desviación anterior de localización derecha. En la RIMA se aprecia una obstrucción izquierda. En la DFC se objetiva más caudal por la fosa derecha y stress a nivel de la válvula de esta misma fosa. Si analizamos el campo de presiones, en la última figura de este caso, se aprecia una caída brusca de presión (colores fríos a la entrada de la fosa derecha,) en el mismo nivel en que el stress de pared es mayor en la fosa derecha.

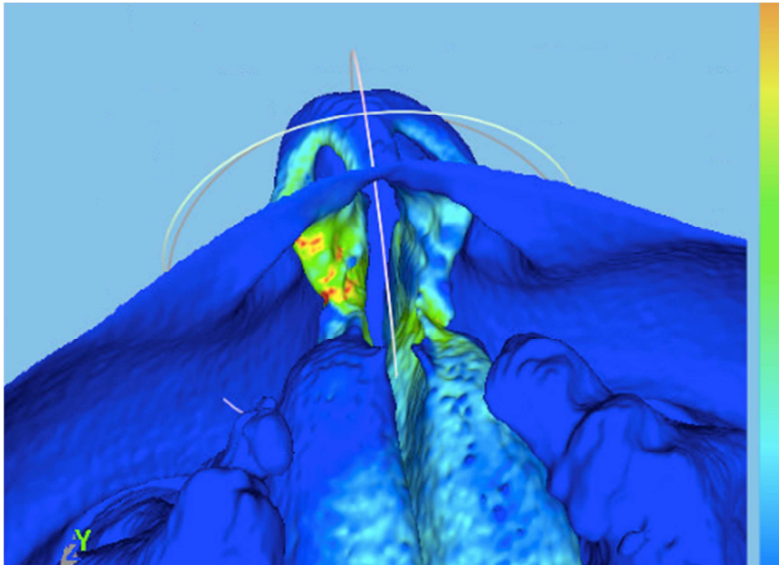


Fig 42.

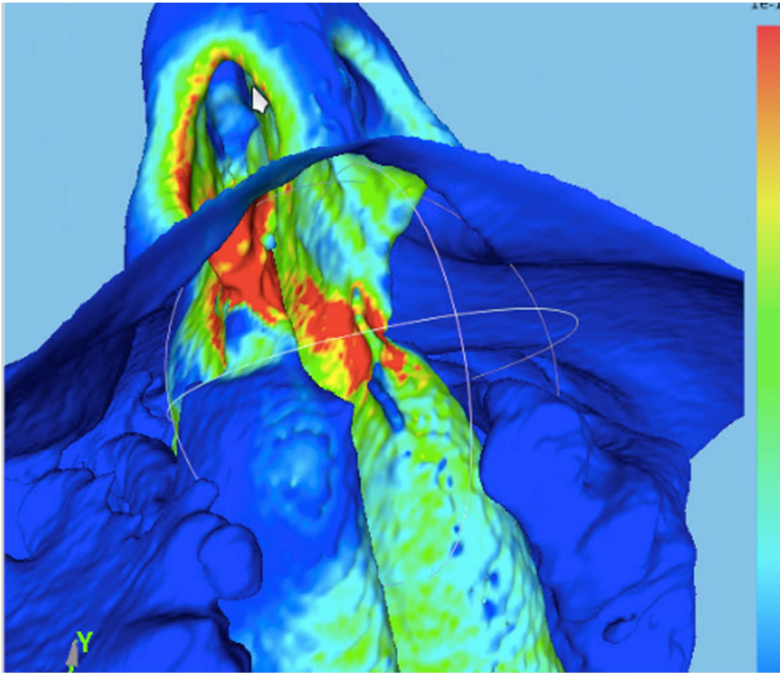


Fig 43.

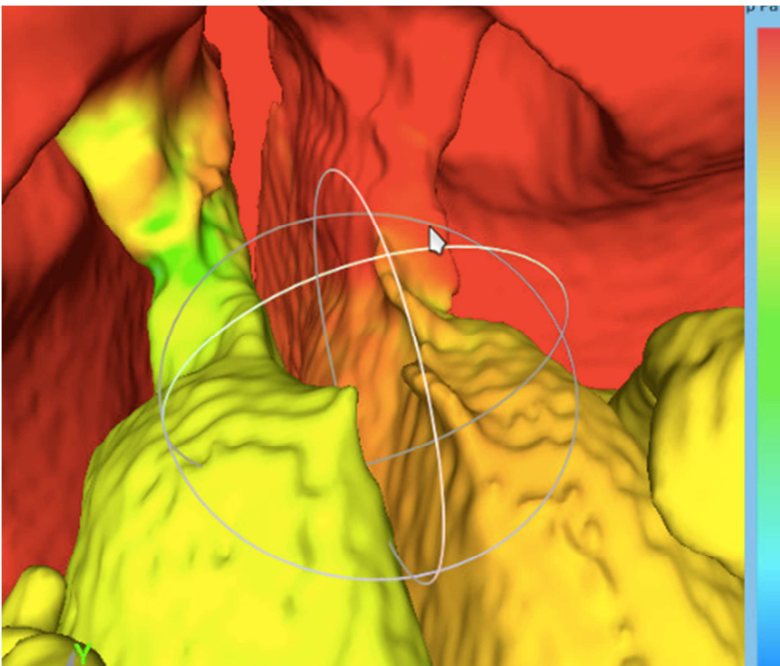


Fig 44.

Caso 11

Varón que refiere obstrucción de fosa izquierda. En la rinoscopia se aprecia estrechamiento en tercio medio de la fosa derecha y la RIMA resulta normal. La simulación obtiene mayor flujo por la fosa derecha y mayor stress de pared en esta fosa en la zona anterior. La impresión es que la fosa obstruida realmente es la izquierda, la que el paciente señala, y en este caso el stress de la derecha nos indica que hay más flujo a su través, no que exista obstrucción.

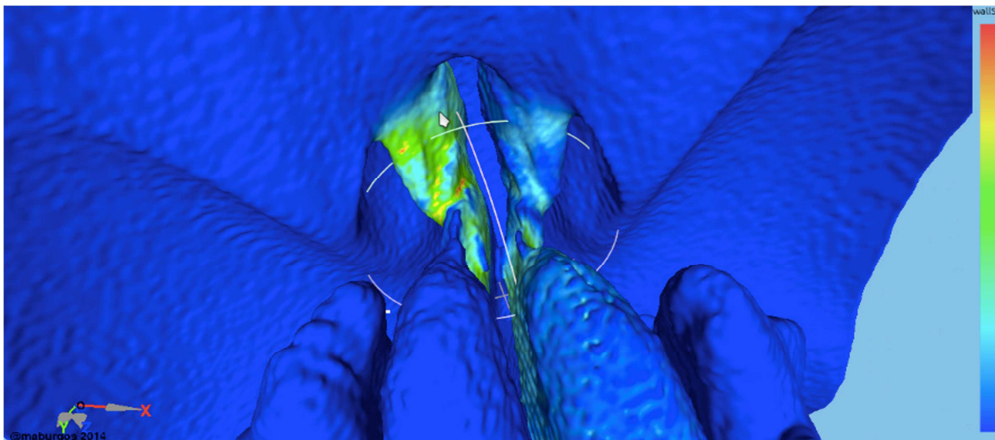


Fig. 45.

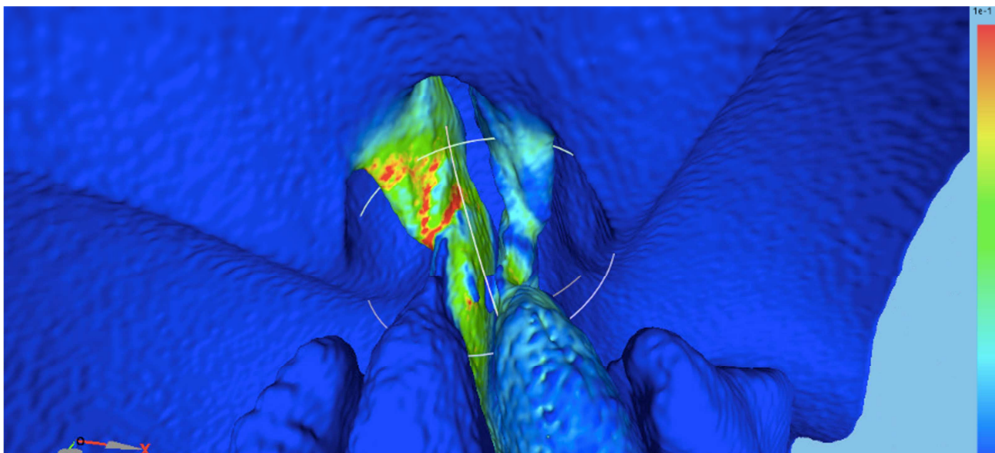


Fig 46.

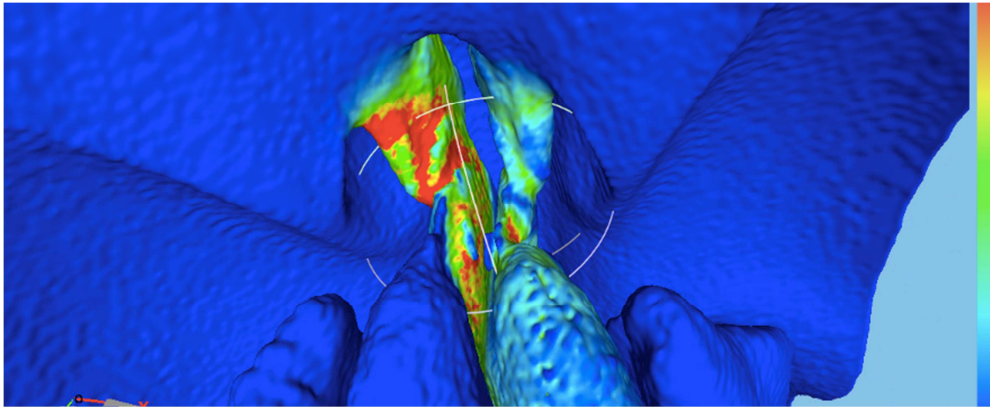


Fig 47.

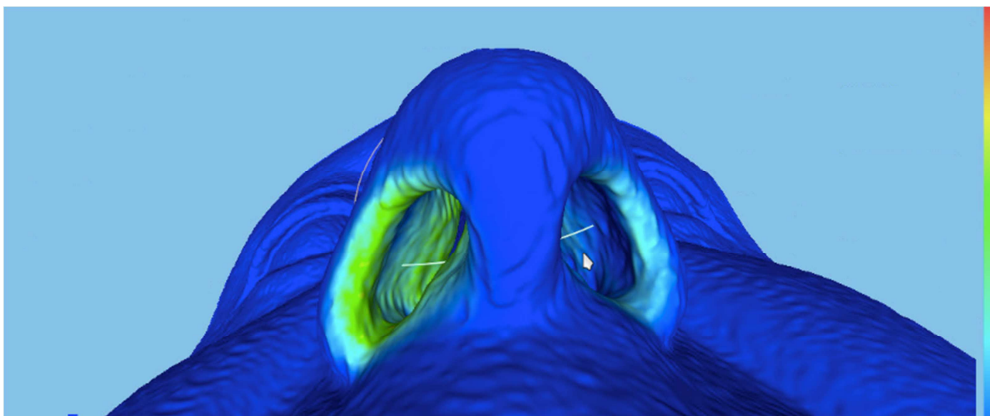


Fig. 48.

Caso 12

Varón que refiere obstrucción derecha. En la rinoscopia desviación en ambas fosas en tercio medio y en RIMA obstrucción derecha. En la simulación vemos que el tabique dibuja una "S", el caudal mayor circula por la fosa izquierda que es en la que se aprecia de modo muy discreto stress de pared adyacente a la narina (fisiológico) y a la altura de la cabeza del cornete inferior. Da la impresión de que la fosa más obstruida es la derecha y por ello recibe menor caudal, consecuencia del estrechamiento en el tercio anterior de la misma.

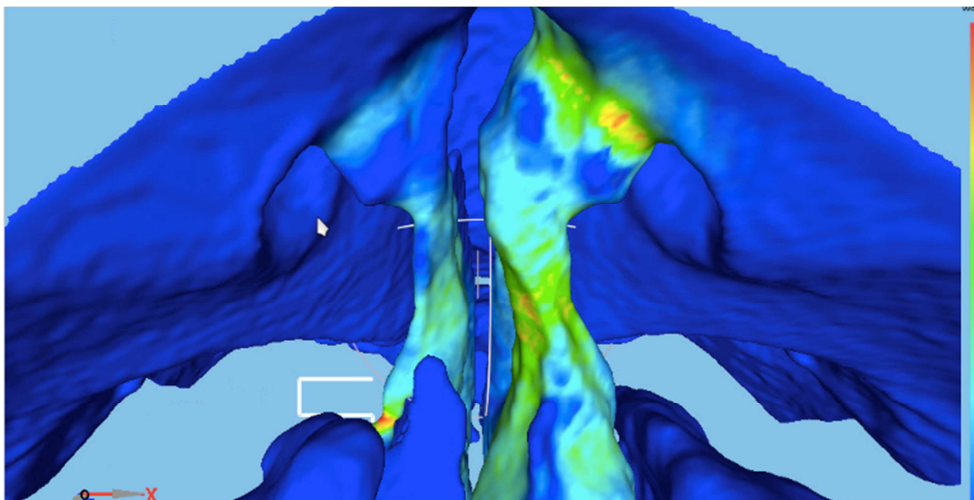


Fig. 49.

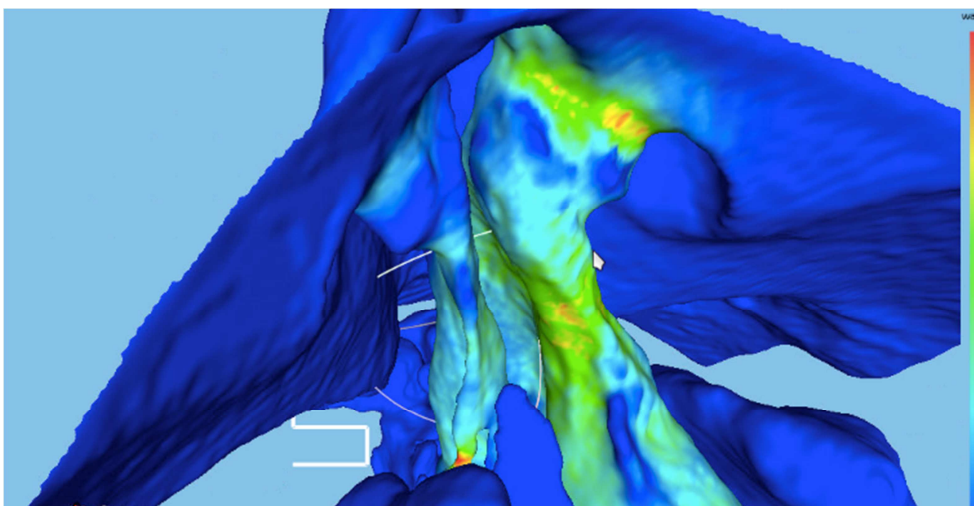


Fig. 50.

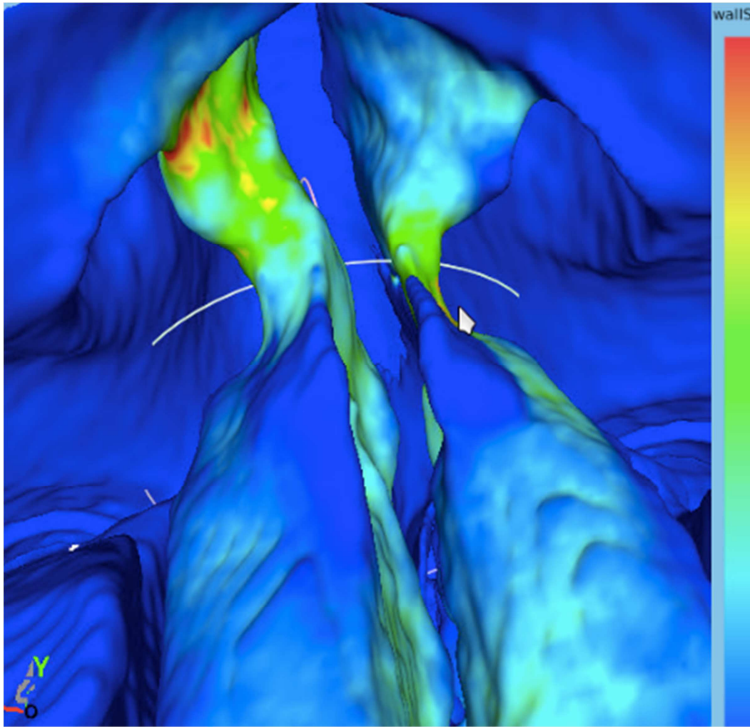


Fig. 51.

4.5.1. Sujetos normales

Caso 13

Se aprecia a la vista de las imágenes que el mayor stress de pared se concentra en la región anterior de la fosa nasal izquierda anteriormente a la cabeza del cornete inferior. El rango de stress mostrado es mínimo, lo que se relaciona con que el sujeto es sano y no revela obstrucción nasal. En la imagen del plano de corte 5 vemos que la irrupción del flujo en la coana es bastante simétrico, a favor de la normalidad de esta nariz.

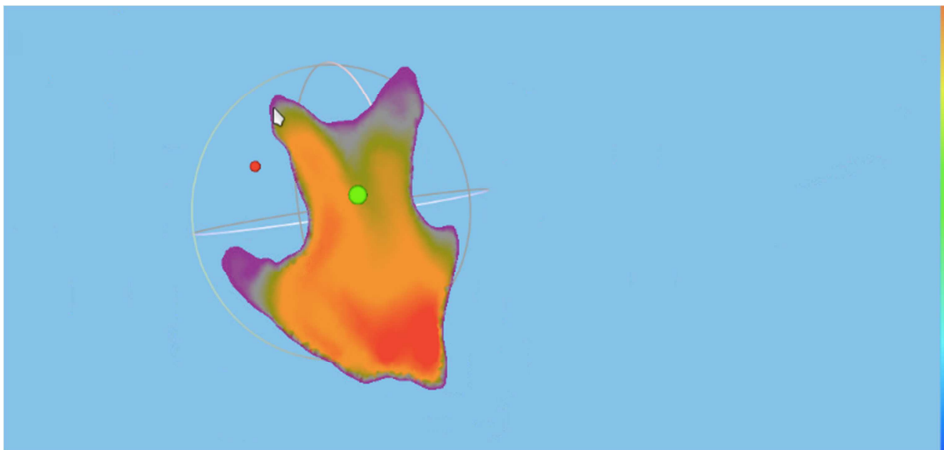


Fig. 52.

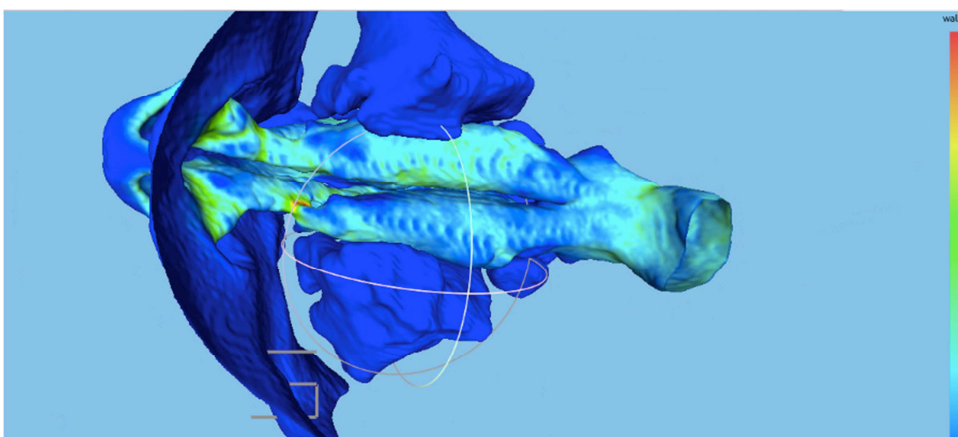


Fig. 53.

Caso 14

Mujer sana. Presenta un flujo equilibrado a través de ambas fosas nasales, con stress muy simétrico.

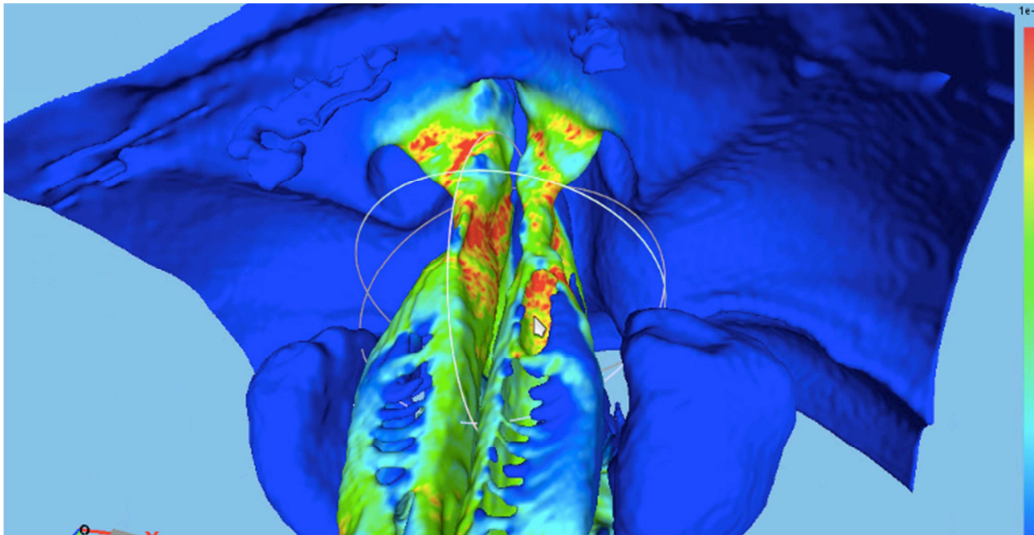


Fig. 54.

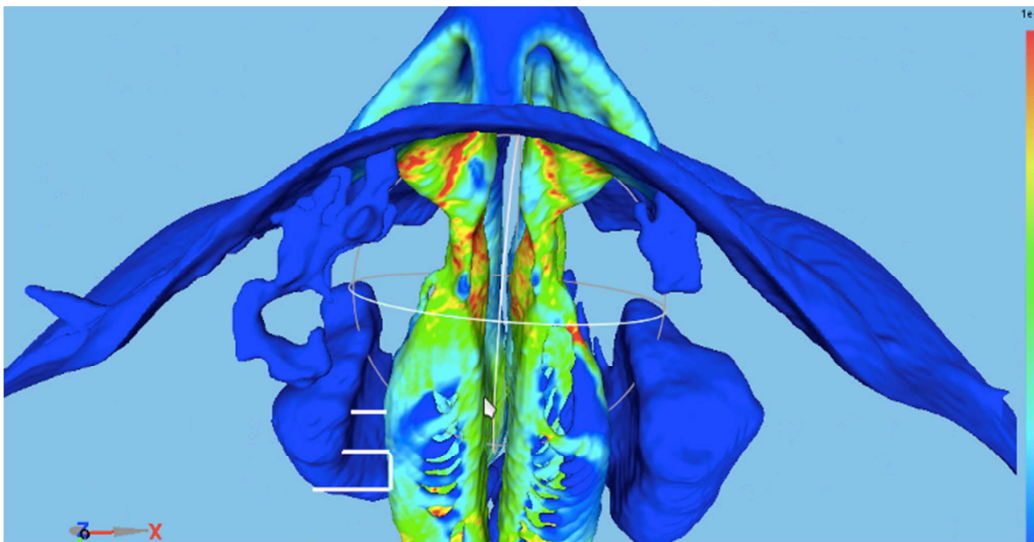


Fig. 55.

Caso 15

Varón sano. Mayor caudal a través de la fosa izquierda con estrechamiento y stress de pared coincidentes en la fosa derecha en la válvula nasal. La impresión es que se trata de un ciclo nasal fisiológico con mayor vasodilatación de la fosa derecha.

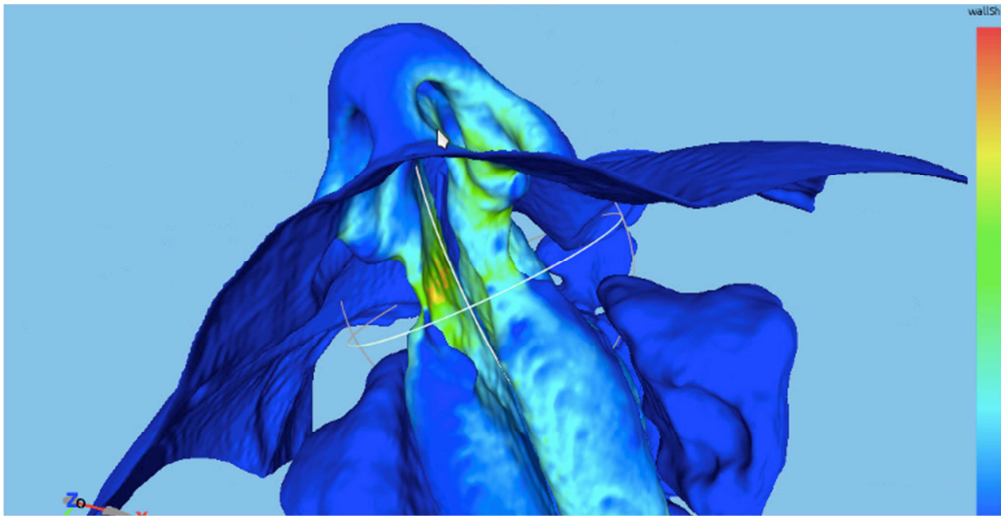


Fig. 56.

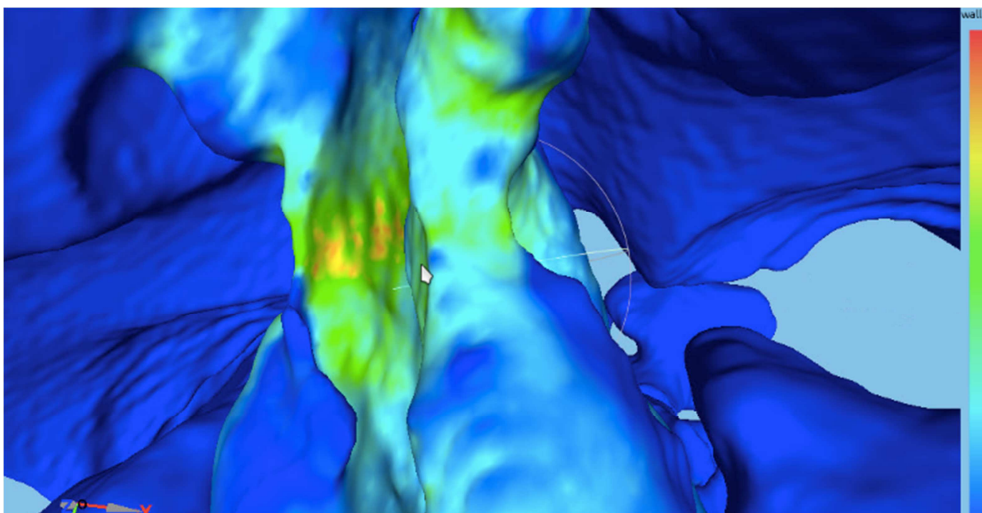


Fig. 57.

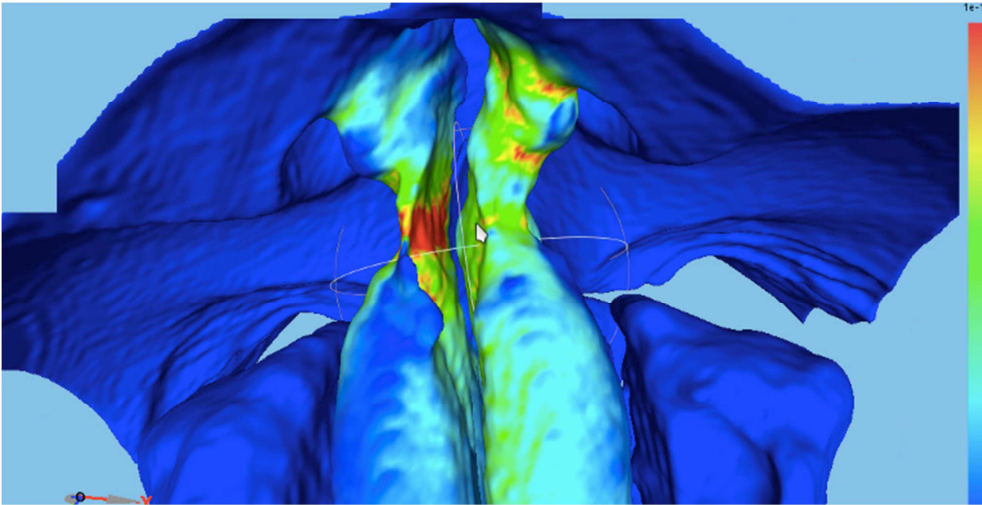


Fig. 58.

Caso 16

Varón sano. Mayor flujo a través de fosa izquierda, mayor stress, de aspecto fisiológico, en el vestíbulo nasal izquierdo. Por lo demás bastante simetría.

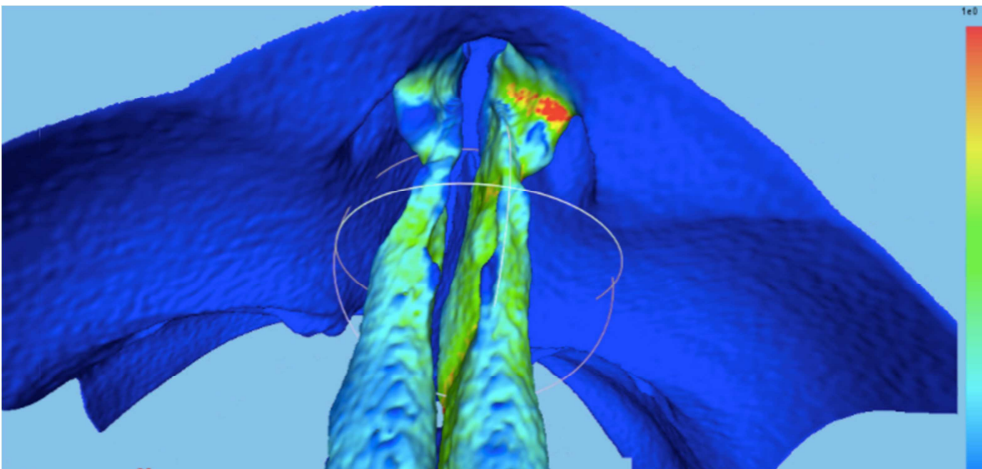


Fig. 59.

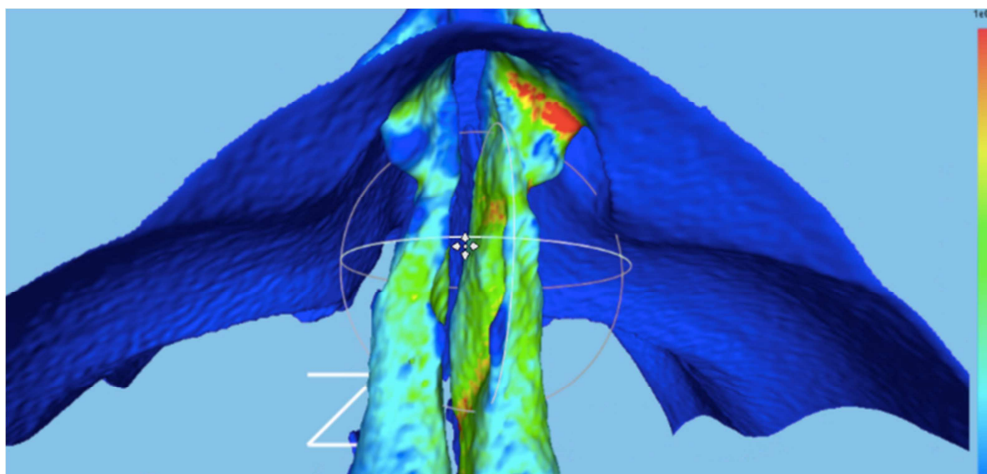


Fig. 60.

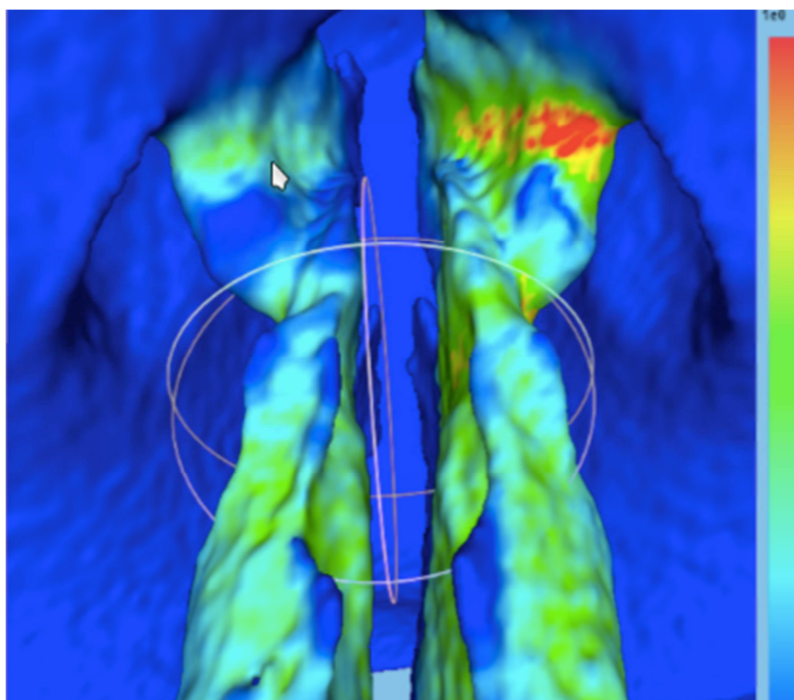


Fig. 61.

Caso 17

Mujer sana. En la DFC se objetiva mayor flujo por fosa izquierda y bastante simetría, incluso en el campo de presiones que también se muestra.

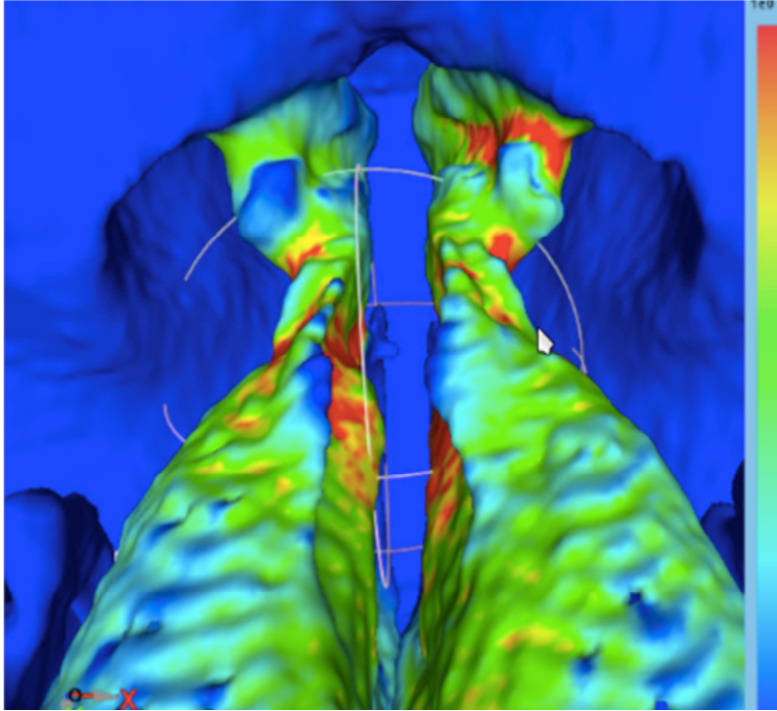


Fig. 62.

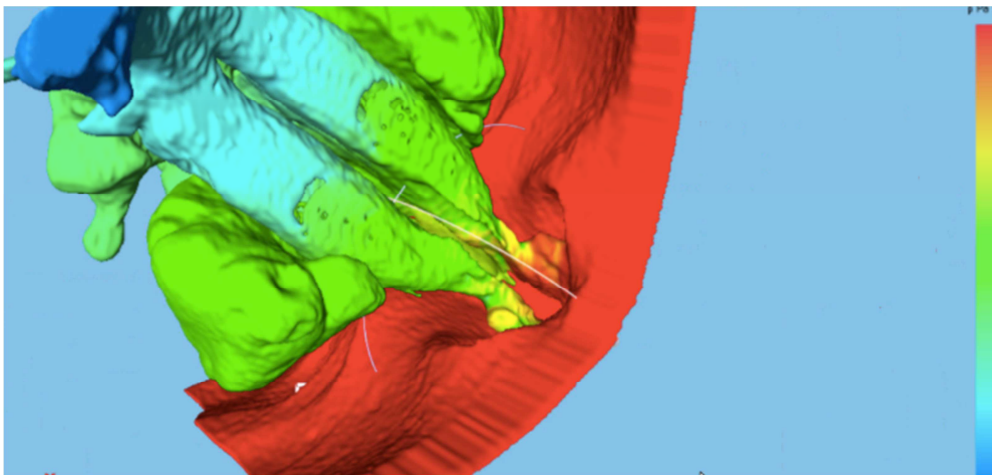


Fig. 63.

Caso 18

Se trata de una mujer que no refiere obstrucción nasal, mayor entrada de flujo por fosa nasal derecha y cierto stress de pared extremando la escala en la fosa izquierda en el tercio anterior del cornete inferior. En el plano de corte de la nasofaringe se aprecia mayor flujo entrante por la fosa izquierda en la región superoexterna de la misma.

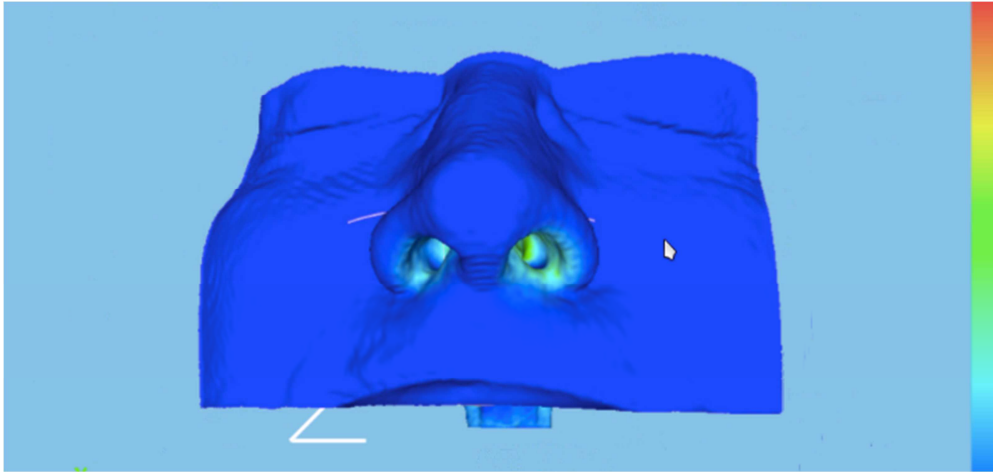


Fig. 64.

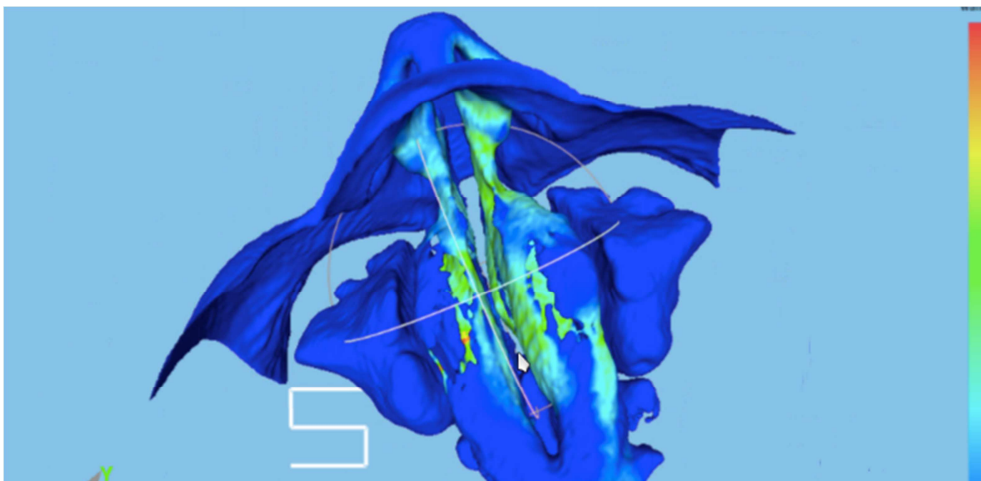


Fig. 65.

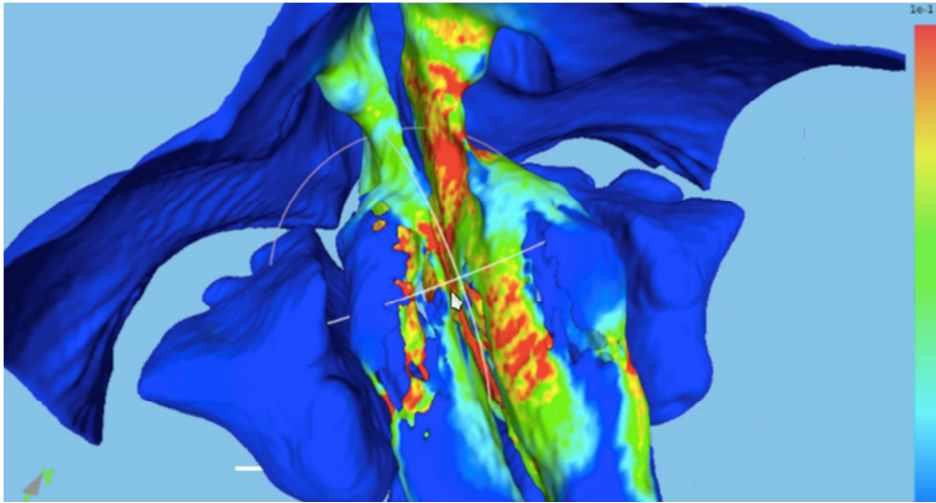


Fig. 66.

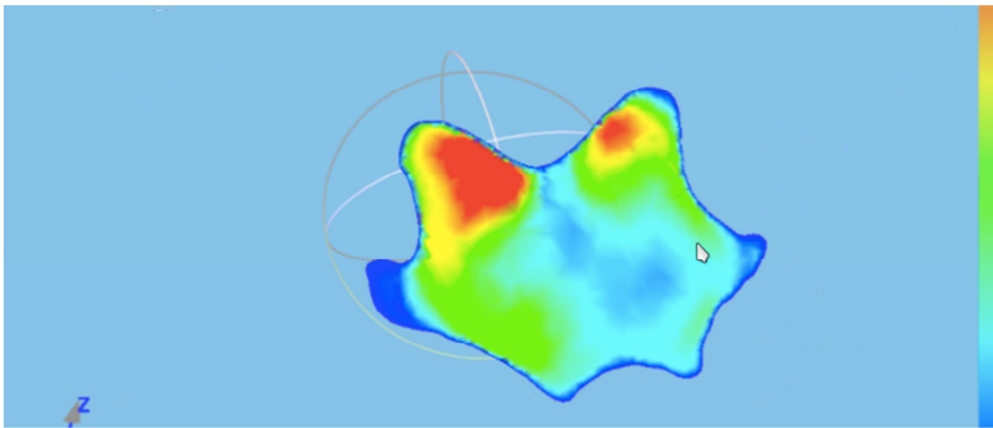


Fig. 67.

Caso 19

Se trata de un varón sano que presenta equilibrio en el flujo entrante y el stress de pared observado a lo largo de las fosas.

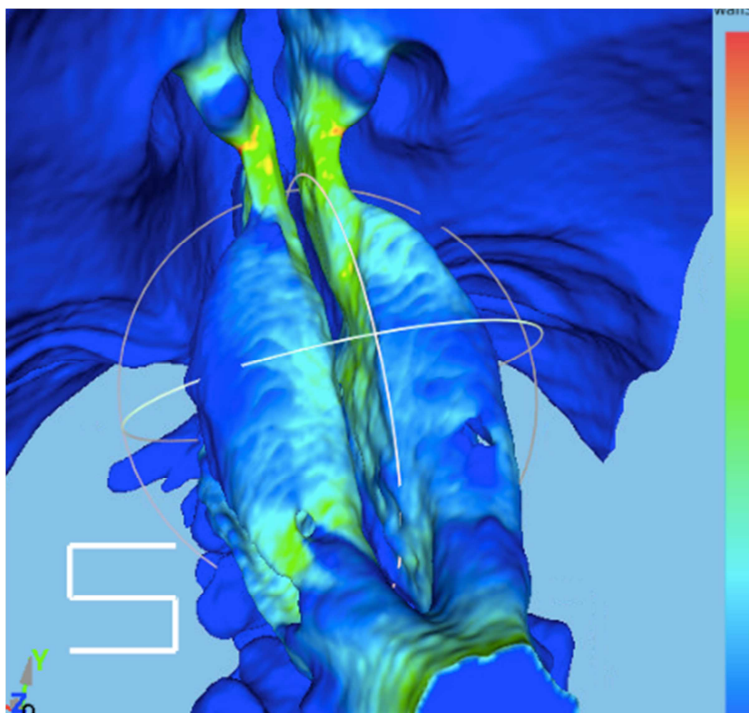


Fig. 68.

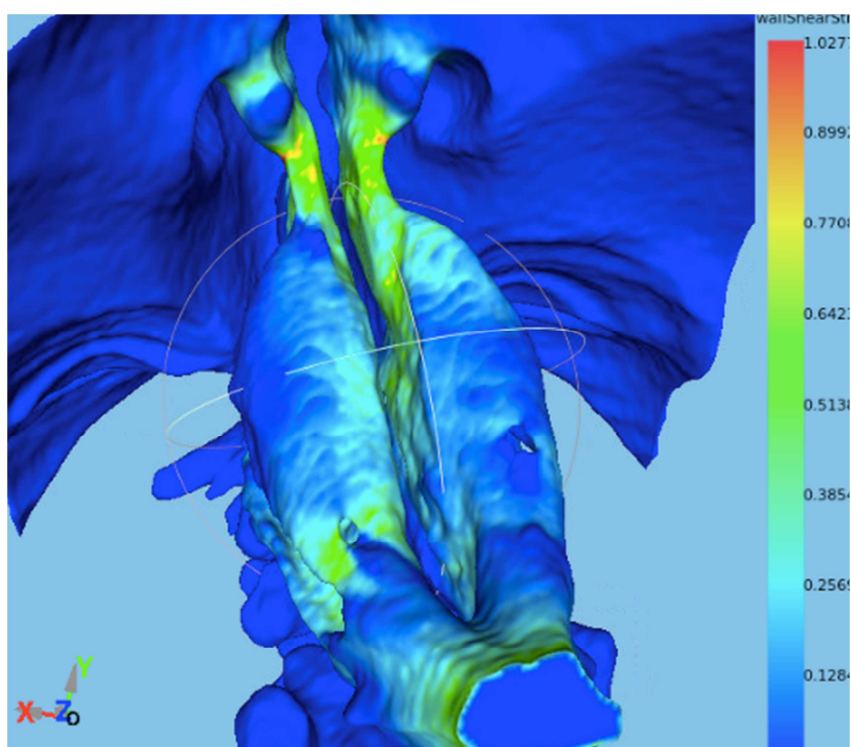


Fig. 69.

Caso 20

Varón que refiere obstrucción izquierda. La rinoscopia lo corrobora a expensas de estrechamiento anterior. La RIMA resulta normal. En la simulación el caudal es equilibrado y el stress se sitúa prácticamente por igual en ambas fosas en la pared septal en el tercio medio.

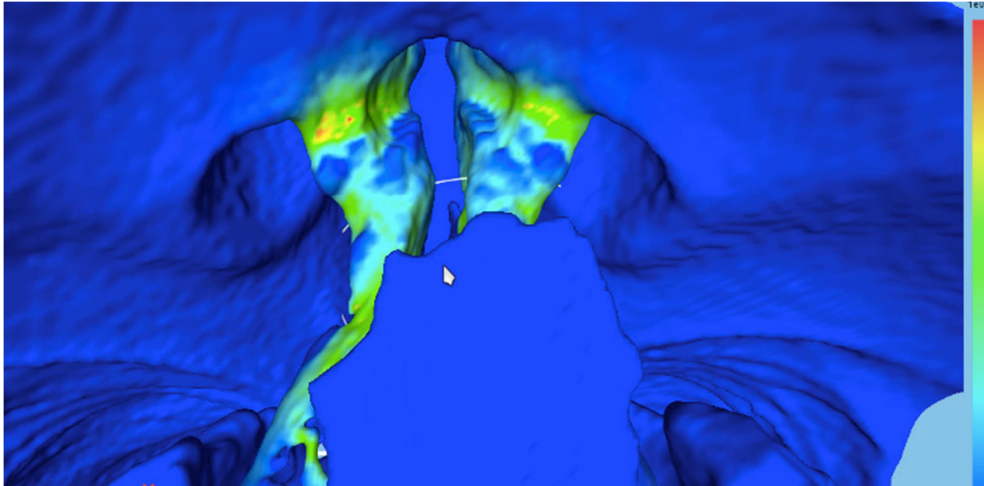


Fig. 70.

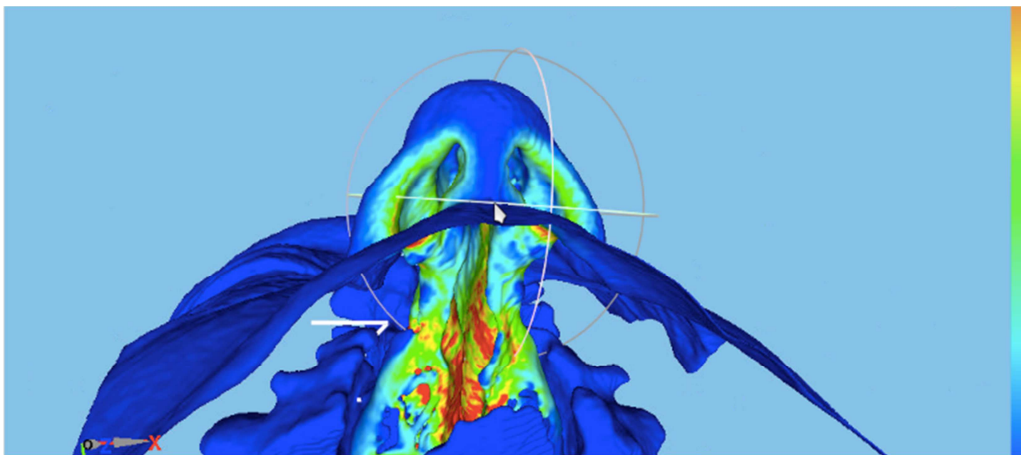


Fig. 71.

5. DISCUSIÓN

5. DISCUSIÓN Y COMENTARIOS.

La discordancia en la patología obstructiva nasal entre los síntomas clínicos y las exploraciones tiene que ver con los siguientes factores: la autopercepción de la respiración y sus alteraciones, la dificultad de la anamnesis del síntoma IRN y la transitoriedad de la patología. La concordancia entre la anamnesis del paciente, la observación mediante rinoscopia y endoscopia nasal es similar en este estudio a la hallada en la literatura (92-97). Estos porcentajes son relativamente bajos y se insiste en la complementariedad de los distintos métodos para explicar el déficit de permeabilidad nasal.

La permeabilidad nasal no parece incrementarse con una mayor entrada de flujo aéreo sino con que éste interactúe con la mucosa nasal de un modo concreto que aún hoy en día se desconoce. La sensación de obstrucción y la resistencia nasal medida no se correlacionan en un grupo de pacientes (92). En nuestro estudio no existe significación estadística en la correlación entre la sensación del paciente y la rinoscopia, endoscopia nasal y rinomanometría. También se constata en este estudio al igual que en la literatura revisada que, aún no existiendo significación estadística, se correlaciona mejor la sensación de obstrucción con la rinoscopia-endoscopia que con las pruebas objetivas (92,95).

Las técnicas de simulación son relativamente recientes; los trabajos publicados se han llevado a cabo en los últimos 15 años. El presente trabajo es de los pocos existentes hasta la fecha, con tantos participantes, que han pretendido sistematizar los valores absolutos de presión, velocidad o flujo para intentar caracterizar patrones obstructivos. El artículo más extenso en número de pacientes es el de Zhao y Jiang que intentaron caracterizar la nariz sana mediante el estudio de 22 sujetos sin obstrucción y concluyeron que el enfriamiento del aire en el primer tramo de fosa nasal y el flujo a través del meato medio predecían la permeabilidad nasal referida por los pacientes con 86% de éxito. Otra de sus conclusiones fue la constatación de la enorme variabilidad de flujos nasales entre la población sana, por tanto la dificultad de encontrar grupos homogéneos (135). En el presente trabajo se han medido la velocidad, la presión y el stress de pared como en la gran mayoría de estudios encontrados en la literatura que emplean como herramienta la DFC (125-136). El planteamiento que se mantuvo fue establecer estas mediciones en distintos planos de corte para caracterizar las fosas nasales. La finalidad era tratar de homogeneizar las fosas nasales estudiadas. El resultado no ha sido lo que se pretendía en cuanto a caracterización de sanos/enfermos. Entre otros factores relacionados, esto es achacable a la variabilidad de la anatomía nasal. Corrobora lo recogido por varios autores en la literatura (125,135,136). En el subgrupo de pacientes con obstrucción de localización anterior según la rinoscopia, se han mostrado resultados significativos con correlaciones presentes en los cortes que describen el tercio anterior de las fosas nasales (P1, P2 y P3).

Los estudios de simulación CFD de la cavidad nasal actuales consisten en un procedimiento bien estructurado, que comienza con la segmentación del conjunto de imágenes (2D) obtenidas mediante Tomografía Axial Computarizada (TAC) o Resonancia Magnética (RM). Por tanto, el modelo que obtenemos es pasivo, hemos de dotarlo de realidad mediante la imposición de condiciones de contorno. Se efectúa imponiendo un gradiente de presión o de flujo entre la entrada y la salida del sistema. De este modo obtenemos cifras de presión y de velocidad, de flujo y de stress de pared que serían proporcionales o similares a lo que sucede en la fosa nasal del sujeto que estamos estudiando. Partimos de una “foto” de las fosas nasales en un momento determinado. El empleo de vasoconstrictores tópicos minimiza el efecto de sesgo que podría tener el ciclo nasal o la inflamación de la mucosa (17,31,137,138). Pensamos que la DFC nos puede ayudar a entender el flujo en todos los pacientes, pero de un modo muy especial en aquéllos en los que el componente mucoso no sea significativo y exista incongruencia entre lo subjetivo y lo objetivo de nuestra exploración y/o la RIMA y/o la RA.

5.1. ÍNDICE DE MASA CORPORAL.

En el presente estudio el IMC del grupo control es significativamente mayor que el del grupo intervención (29,7 vs 25 kg/m²), habiendo por tanto una mayor proporción de sobrepeso en la población “normal”. La obesidad disminuye la capacidad respiratoria y condiciona las presiones nasales finales pero debido a que hemos de imponer el gradiente de presión y /o de flujo, esto no resultaría un sesgo.

5.2. EDAD.

La edad media es significativamente mayor en el grupo control que en grupo intervención (59 vs 31,8 años). No es un factor condicionante por el mismo motivo que se expuso en el párrafo anterior en cuanto a aplicar la DFC. La media de edad mayor en el grupo control está condicionada por el modo de seleccionar a los pacientes. Los sujetos que constituyen este grupo están afectados de patología propia de pacientes de edad más avanzada, como enfermedad obstructiva de vía lagrimal, patología infecciosa cervical o tumores de vía aérea.

5.3. SENSACIÓN DE OBSTRUCCIÓN NASAL Y EVA.

Las fosas derechas mostraron mayor valor medio de EVA y por tanto mayor grado de obstrucción percibida por el paciente que las fosas izquierdas (media de 5,6 vs 4,9 respectivamente), pero no se encontró correlación con la sensación de obstrucción ni con los parámetros de DFC. Esto se discute en la literatura, hay opiniones a favor y en contra de la validez de la EVA (141,142). Puede que el hecho de aplicar vasoconstrictor (17,31) antes de efectuarse el TC a partir del cual se desarrollará el modelo tridimensional afecte a esta falta de relación. Es más probable que existiese más paridad entre estos datos si la EVA se hubiese completado bajo situación de vasoconstricción, de modo similar al protocolo empleado para la prueba de imagen.

Sipila afirma que la VAS y los valores rinomanométricos se correlacionan mejor con las resistencias unilaterales medidas para cada fosa nasal, no guardando esta buena relación con las resistencias totales medidas (142). En este estudio no se ha hallado una significación estadística en la correlación entre la sensación del paciente y el valor de la EVA, ni siquiera tomando valores aislados de cada fosa nasal. Como apreciación personal he encontrado ciertas dificultades en explicar al paciente cómo obstruir cada una de las fosas sin deformar la nariz para evaluar en la EVA cada fosa aislada.

5.4. SENSACIÓN DE OBSTRUCCIÓN NASAL Y CQ7.

El cuestionario CQ7 (143-145) es un cuestionario validado en español que valora específicamente la obstrucción nasal que consta de 7 ítems con respuesta en una escala de 0 (nunca) a 4 (siempre) con una puntuación total de 0 a 28. La puntuación total es la suma simple de las puntuaciones de los ítems individuales. Se recomienda remitir al médico con valores de $CQ7 \geq 7$. Todos los pacientes excepto uno (95,5%) presentaron un valor >7 , lo cual refleja correlación con la sensación subjetiva de obstrucción nasal. No se ha hallado significación estadística en la comparación con los resultados de DFC. Hay que considerar que el cuestionario desprende un solo valor, resumen del estado de la nariz del paciente; en la DFC analizamos cada fosa nasal separadamente y en un paciente afecto de obstrucción nasal una de las fosas puede ser normal.

Este cuestionario diseñado para la detección de la congestión nasal está validado en español desde el año 2011 para pacientes con rinitis alérgica, no específicamente para obstrucción nasal debida a desviación septal. Lo he empleado porque es un cuestionario sencillo cuyas preguntas evalúan la obstrucción nasal, pero lo cierto es que alguno de los ítems se refieren a síntomas muy característicos de la rinitis alérgica. Aún así el cuestionario ha resultado patológico en el grupo de los pacientes en todos los casos, lo que orienta acerca de su utilidad para la valoración de la calidad de vida de estos enfermos.

5.5. OBSTRUCCIÓN NASAL, RINOSCOPIA, Y RIMA.

Según los resultados obtenidos en esta tesis, la mayor sensibilidad entre las herramientas empleadas para evaluar la obstrucción la obtiene la rinoscopia seguida de la RIMA. Estos valores son mayores si se consideran respecto al paciente que considerados respecto a las fosas nasales individualmente. Se relaciona con la autopercepción de la obstrucción nasal. En los pacientes en los que hay una obstrucción considerable de una de las fosas de modo permanente, la obstrucción se percibe en la otra fosa cuando ésta se obstruye puntualmente por algún motivo (respiración nasal paradójica descrita por Kern, 41).

Las cifras de concordancia entre subjetividad, exploración y pruebas objetivas recogidas en la literatura se alejan de 100%. Kim encuentra que sólo en un 66% de los casos coinciden la RIMA con la exploración física y la rinoscopia de los pacientes que

refieren IRN (96). Estas cifras son similares a las obtenidas en nuestro trabajo (31,93-97).

Los errores y artefactos durante las mediciones son otra fuente de discordancia. La insuficiencia respiratoria nasal es un síntoma complejo y a los pacientes les cuesta determinarlo con exactitud y entender lo que se les pregunta. La autopercepción de la obstrucción nasal está condicionada por la experiencia del sujeto. No existe un referente por el que un individuo pueda guiarse para conocer su calidad de respiración o una situación que le permita compararse con los demás. Una obstrucción nasal no percibida es posible en aquellos casos en los que esta condición no limite la vida diaria o con la mejoría experimentada tras un determinado tratamiento. Otro factor a tener en cuenta en las apreciaciones subjetivas de obstrucción es la existencia de receptores sensoriales al frío situados en el vestíbulo nasal, que podrían causar la sensación de obstrucción en sujetos con exploración normal aparente (50,90). Otra causa de la discordancia clínico-exploratoria se debe a la sequedad de la mucosa, que impide al sujeto percibir un flujo normal que ciertamente lo es.

5.6. DISCUSIÓN DE LOS VALORES DE NORMALIDAD.

Los valores en el grupo de sujetos normales observados en el presente estudio no se diferencian estadísticamente de los observados en el grupo patológico. Esto puede deberse a que en el funcionamiento de la nariz y en la percepción de la permeabilidad hay muchos factores implicados además de la variabilidad del grupo estudiado. El modo de percibir la permeabilidad nasal además de la variación de esta a lo largo del día, son factores que aportan indeterminación. En nuestro estudio los sujetos sin obstrucción nasal no presentan valores de los parámetros de DFC distintos a los de la nariz patológica. Se puede explicar porque en el grupo control, así como en el grupo intervención, hay heterogeneidad en los rasgos que lo caracterizan (sexo, edad, altura, IMC...), siendo los factores comunes en el grupo control la ausencia de obstrucción nasal y presentar una exploración sin deformidades mayores de ambas fosas nasales. Probablemente se podrían determinar valores normales agrupando a los sujetos por edad, sexo e IMC, lo que requeriría un grupo mayor de pacientes que el presente para poder llevarlo a cabo.

5.7. APLICACIONES DE LA DFC:

5.7.1. Selección de Candidatos a Cirugía

Uno de los problemas a los que se enfrenta el rinólogo muy frecuentemente es la selección del paciente candidato a cirugía. El septum nasal está conformado por varias estructuras cartilaginosas y óseas siendo habitual que haya cierto grado de dismorfia. Es determinante decidir cuál de estas deformidades mejorarían con una cirugía. Para ello tenemos que distinguir aquellas alteraciones que son causa de la sensación de obstrucción. Esto no es tarea fácil. Está ampliamente recogido que no existe 100% de correlación entre las alteraciones nasales que se observan en la rinoscopia y los síntomas que el paciente refiere (31, 93-97). Se desconoce por qué unas

alteraciones nasales no causan síntomas y por qué pacientes con narices aparentemente normales aquejan obstrucción. Hasta el momento las alteraciones de la autopercepción de permeabilidad nasal no son objetivables. Esta discordancia clínico-exploratoria conduce a tres situaciones. Los rinólogos disponemos de varias herramientas para adjudicar a cada problema nasal su importancia relativa. La DFC ocuparía otro espacio más dentro de estas herramientas.

El primer supuesto es que haya concordancia entre lo que el paciente refleja y los hallazgos exploratorios. En esta situación la decisión quirúrgica es clara y las herramientas a nuestra disposición nos informan acerca de la gravedad de la obstrucción. La DFC aporta una información novedosa; en aquella zona en la que consideremos la patología podemos realizar modificaciones y analizar qué sucede con el flujo, las presiones y el stress de pared. No podríamos en ningún caso basar nuestra decisión quirúrgica solamente en esta prueba. El modo más sencillo de localizar el estrechamiento y el rozamiento con la DFC es el análisis del stress de pared que se complementa con el resto de información obtenida por otros métodos. El análisis de los participantes del estudio con este parámetro, sobre todo en los sujetos con pruebas concordantes, muestra el lugar de mayor patología con mucha exactitud, como se evidenció en el caso número 8 explicado en el apartado de resultados de stress de pared.

El segundo grupo lo conformarían los pacientes que no refieren alteraciones obstructivas pero que presentan dismorfias anatómicas. En esta situación la decisión de llevar a cabo la cirugía es muy controvertida ya que el sujeto no refiere disconfor nasal. Este grupo se excluyó de nuestro estudio.

El tercer conjunto de pacientes lo constituyen aquellos que refieren obstrucción nasal sin anomalía anatómica aparente. Las herramientas como la RIMA y la DFC, así como una exploración exhaustiva contribuyen a la desestimación de la cirugía y a que el paciente entienda nuestra decisión. El caso número 20 es un claro ejemplo. El paciente refiere obstrucción pero tanto la exploración clínica como las pruebas objetivas son normales, por lo que se ha incluido en el apartado de sujetos normales en el stress de pared.

5.7.2. Cuantificación del Grado, Naturaleza y Localización de la Patología.

El grado de obstrucción se evalúa por la gravedad de la obstrucción percibida por el paciente mediante la entrevista, los valores de la escala visual analógica y el cuestionario CQ7, por nuestra impresión en la exploración nasal, y por los valores de DFC; partimos del hecho de que la nariz de los pacientes a los que se practica el TC está en estado de vasoconstricción (17,29,34-41) por lo que los valores de presión, flujo y velocidad estarán mínimamente influidos en nuestro análisis por el ciclo nasal o por la hipertrofia de cornetes. Se trata de una situación no fisiológica de la que podemos obtener muchos datos pero siempre teniendo presentes los resultados del resto de exploraciones y pruebas.

La naturaleza de la obstrucción es muy variable. La DFC es una herramienta que pretende ser dinámica pero toma sus fuentes de una fracción de tiempo estática, por lo que es difícil sólo con su información colegir si la causa de la falla en la permeabilidad es anatómica y/o funcional. Por este motivo es necesario considerar la información aportada por los diversos instrumentos y por la historia clínica.

La localización de la obstrucción es un campo en el que la DFC puede ayudar mucho. Valores más altos de stress de pared se correlacionan, en general, con la región más alterada anatómica o funcionalmente (125). Este y otros parámetros susceptibles de afectarse en una desviación anatómica se investigan por diversos autores (130,131). Liu (131) encuentra que los modelos con desviación septal caudal son los que presentan mayor pico de velocidad y que el pico máximo de velocidad no se encuentra siempre en el lado convexo.

En este estudio no hemos logrado describir un patrón para cada gran conjunto de alteraciones. Se requiere un mayor número de pacientes que permita la homogeneización de los sujetos y la sistematización de las características propias de cada grupo. A grandes rasgos hemos comprobado que las desviaciones septales anteriores presentan parámetros significativamente alterados. Podríamos analizar cómo modificaciones en las zonas presumiblemente dismórficas alteran finalmente el flujo previamente a la corrección quirúrgica real como se cita en los trabajos publicados por Kim, Xiong o Chen entre otros (125-129, 132-134), aunque este punto no es objeto del presente trabajo.

5.7.3. Valoración Postquirúrgica.

La sensación subjetiva de respiración es dependiente de complejos mecanismos de autopercepción e impulsos trigeminales. La valoración postquirúrgica posee dos inclinaciones, la subjetiva y la objetiva. No siempre ambos resultados armonizan. La medición del resultado postquirúrgico por medio de la RIMA es insuficiente ya que es poco sensible en las obstrucciones posteriores. Además la sensación subjetiva de permeabilidad nasal no parece coincidir con la resistencia nasal por lo que hay que evaluar los resultados con cautela (94). El impedimento para la valoración postoperatoria de la permeabilidad nasal mediante DFC es la radiación a la que someteríamos al paciente si fuese sólo la evaluación el motivo de realizar el TC. Por eso en este apartado nuestra herramienta se encuentra limitada.

5.8. CORRELACIÓN DE LOS VALORES SUBJETIVOS Y DE LA DFC.

La relevancia clínica de los parámetros de la DFC como la resistencia nasal, la localización del flujo o el stress de pared están en estudio (136). Los valores absolutos de estas medidas difieren según los distintos autores debido a diferencias individuales de anatomía, metodología para la construcción tridimensional de la malla o modelo de flujo laminar o turbulento entre otros factores. La variabilidad del patrón de flujo en los sujetos normales hace difícil generalizar y extraer conclusiones teniendo una muestra relativamente pequeña.

En la literatura científica hay diversas opiniones acerca de la vía por la que discurre la mayor parte del flujo o región de máximo flujo durante la inspiración en los sujetos normales (28). Algunos estudios sugieren que éste discurre por el suelo de la fosa (105-107), mientras que otros afirman que es el meato medio y la región media de la fosa nasal la zona más implicada (77,104,106). En este estudio no se ha dedicado atención a este particular. De todos modos es posible realizarlo de un modo sencillo. Si se analiza el campo de velocidades en los distintos cortes desde anterior a posterior, de P1 a P5, se deduce fácilmente cuál ha sido el trayecto que ha seguido la mayor parte del caudal. Este dato puede ser de gran valor para entender la obstrucción en un caso dado.

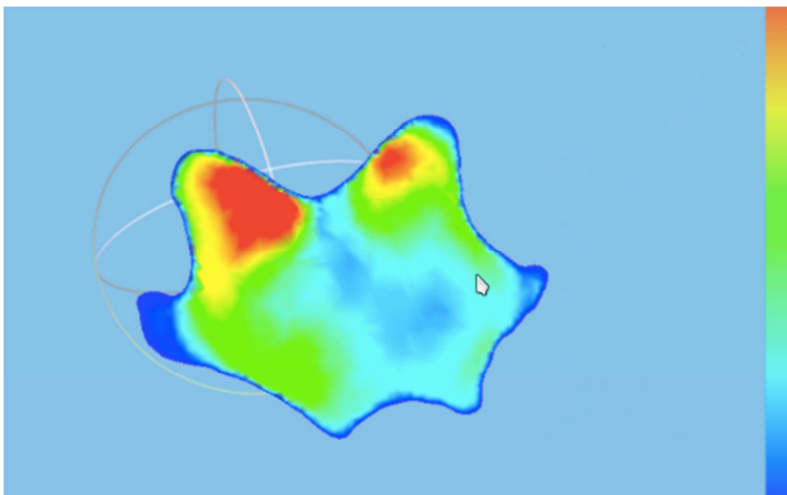


Fig. 72. P5. Se aprecia la tendencia del flujo a dirigirse hacia las regiones superoexternas discurriendo previamente por el meato medio de la fosa nasal izquierda.

5.9. STRESS DE PARED.

El área de máximo stress de pared se correlaciona con la sensación de obstrucción (125,130,131), en los pacientes en los que la permeabilidad o caudal de ambas fosas no se diferencia en gran medida. En los sujetos sanos, la región de máximo stress no tendría este significado. Como ya se vio en la introducción, en las fosas nasales el flujo puede ser turbulento de modo fisiológico, siendo este régimen necesario para la correcta interacción entre mucosa nasal y aire entrante (115,117,118).

En los pacientes con obstrucción unilateral muy destacada que impide el paso de aire por una de las fosas, la correlación con la zona de máximo stress no existe. En estos casos la zona de máximo stress se da necesariamente en la única fosa que es útil. Vemos además en estos pacientes ausencia de flujo; el código de colores empleados nos muestra una fosa en la que predomina el color azul (figs. 69, 70 y 71). Es similar a lo encontrado por Liu, el pico máximo de velocidad no se encuentra siempre en la fosa más estrecha (131). En estos pacientes podría darse el fenómeno ya comentado de respiración paradójica descrito por Kern.

En los pacientes en los que el flujo es asimétrico sin llegar a tener una fosa completamente obstruida y, sin embargo, el mayor stress de pared se localiza en la fosa con menor caudal, podemos casi asegurar que éste sería el lugar a tratar.

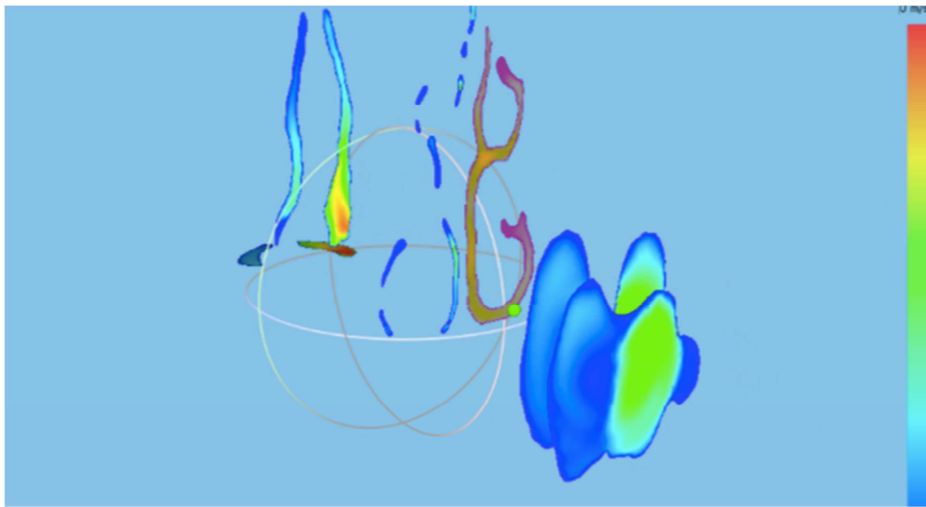


Fig. 73. Caso 3 de resultados de stress de pared. Se aprecia la obstrucción casi completa de la fosa izquierda mediante la representación del campo de velocidades.

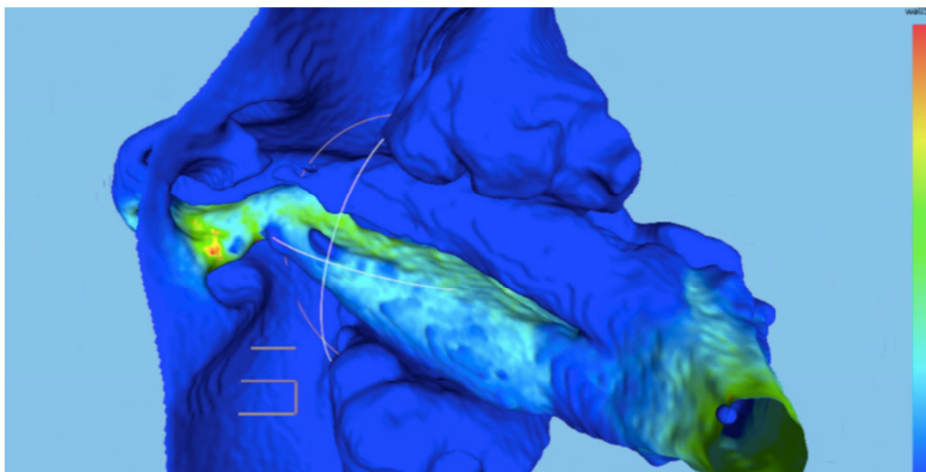


Fig. 74. Caso 3 de resultados de stress de pared. En la visión tridimensional se aprecia caudal circulante por la fosa derecha.

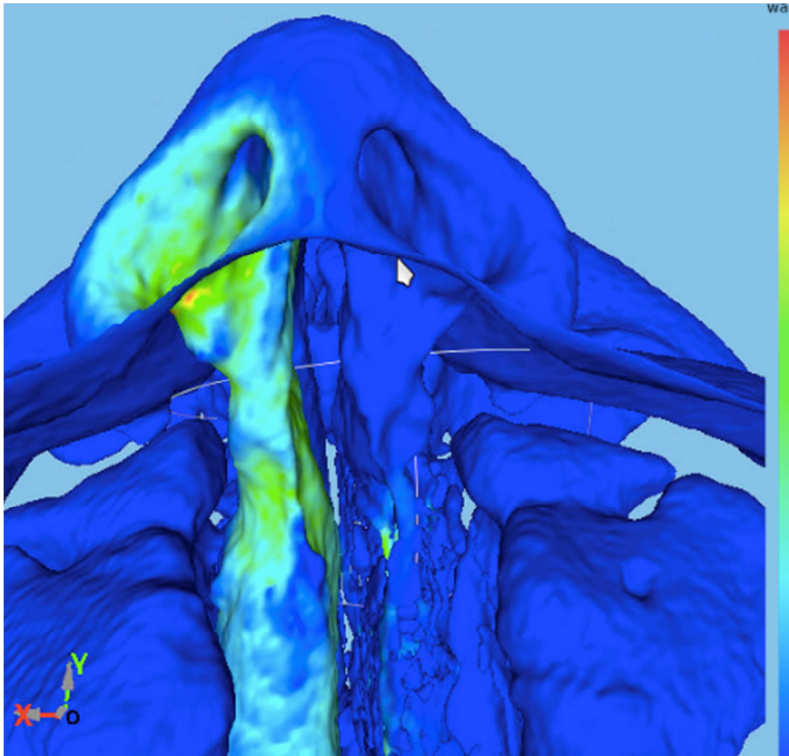


Fig. 75. Caso 8 de resultados de stress de pared. Ausencia de flujo por fosa nasal izquierda.

La zona de máximo stress de pared es la que concentra el mayor rozamiento y resistencia al paso de flujo aéreo, por lo que podría coincidir con lo que el paciente percibe como mayor lugar de obstrucción.

Esta herramienta resulta de gran utilidad en la práctica clínica ya que nos orienta acerca de la función de la fosa nasal de un modo muy intuitivo. Las imágenes que proporciona con los campos de velocidad, presión y stress de pared nos ayudan a entender el comportamiento de la corriente de aire. La información es relevante de cara a planificar el tratamiento del paciente fundamentalmente cuando la patología es estática, es decir, una alteración anatómica fija como una desviación septal. En estos pacientes podemos plantear con gran exactitud el lugar concreto que queremos modificar por medio de la cirugía. No así en los pacientes en los que el problema principal se encuentra en la mucosa, por ejemplo en una rinitis de cualquier naturaleza o en una hipertrofia de cornetes. En estos casos el estado de la mucosa, que es variable en el tiempo, marca la obstrucción percibida por el paciente. En la realización del TC de senos paranasales instruimos a los participantes en el estudio para que previamente se apliquen un vasoconstrictor nasal. Perseguimos, como ya se ha explicado en el apartado de material y métodos, neutralizar el efecto de la vasodilatación de la mucosa, para valorar lo más fielmente posible las alteraciones anatómicas. Los pacientes en los que el factor obstructivo fundamental sea la alteración mucosa, no son los candidatos ideales para ser estudiados por medio de la DFC tal como actualmente se lleva a cabo.

5.10. PARÁMETROS ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVOS DE LA DFC.

Los parámetros estadísticamente significativos en la DFC son:

- En la comparación entre el grupo intervención y el control resulta significativa el área de la narina cuyo valor es mayor en el grupo control. Esto deriva del hecho de que a mayor área mayor posibilidad de entrada de flujo, sin embargo el resto de la fosa nasal tiene que estar despejada. Por tanto esta medida se valora en conjunto con el resto de información obtenida de la fosa nasal. En un paciente con desviación anterior del tabique septal aunque el área de la narina sea correcta, el flujo se verá limitado por la característica anatómica anteriormente señalada.
- En la agrupación de los pacientes con desviación a nivel anterior resulta significativo el flujo entrante, que es menor en las obstrucciones a este nivel que en el resto de obstrucciones y que en los sujetos normales, 6,5 L/min vs 12,4 L/min y 11 L/min, respectivamente. El flujo entrante podría ser escogido como parámetro en los pacientes con obstrucción nasal para la detección de la importancia relativa de una posible desviación a nivel anterior.
- En la agrupación de los pacientes con desviación a nivel anterior es significativa la velocidad en el plano de corte P1 que en pacientes con desviación anterior es de 1,3 m/s respecto a otro tipo de obstrucciones 3,04 y a sujetos normales 2,2. Éste es otro parámetro que podríamos considerar relevante en la caracterización de una desviación anterior.

Con respecto a la localización de la desviación septal (que provoca obstrucción nasal) y sus efectos en el flujo nasal, García (131) concluye que la región posterior de la cavidad nasal puede acomodar desviaciones septales significativas sin variar considerablemente la resistencia. Sin embargo, una deformidad en la región de la válvula conlleva un aumento de la resistencia mayor del doble de la previa (94,95,97). Debido a la mayor repercusión en los parámetros de velocidad, presión y resistencia las desviaciones septales anteriores son más susceptibles de ser detectadas mediante DFC, al menos en lo que respecta a nuestro trabajo. Otro factor a tener en cuenta es el número de pacientes presentes en este estudio, en el que el subgrupo más numeroso y uniforme es el de las desviaciones anteriores. Probablemente incluyendo a más pacientes se obtendrían más resultados significativos, quizá también en otros subgrupos.

- La agrupación de los pacientes con desviación en varias regiones: la diferencia entre presión atmosférica y presión de coana es de 100 Pa comparado con 60,7 Pa en el resto de desviaciones y con 67,8 Pa en el grupo control. El mayor gradiente de presión es una medida que caracteriza a las fosas nasales con obstrucción en distintas regiones.

Los parámetros tendentes a la significación son:

- En la comparación entre grupo intervención y el control, el perímetro de la narina es mayor en el grupo control que en el grupo intervención (49,3 vs 45,8 mm

respectivamente). Es una medida que tiene relación con el área de la narina que resulta tener significación estadística.

- En la agrupación de los pacientes con desviación a nivel anterior, las velocidades en el plano 2 y plano 3 (1,6 y 0,75 m/s respectivamente) son inferiores a las velocidades en el resto de desviaciones (2,5 y 1,3 m/s respectivamente) y en el grupo control (2,4 y 1,2 m/s respectivamente). La región anterior es la zona de mayor resistencia de toda la vía aérea y presumiblemente a este nivel se concentrará la patología obstructiva.

5.11. CAIDA DE PRESIÓN EN VÁLVULA NASAL.

La resistencia nasal en sujetos sanos desde la narina hasta 3 cm en el interior del conducto nasal oscila entre el 52 al 78% del total de la resistencia en toda la vía respiratoria (94). Esto supone que la caída de presión en el primer tercio de la fosa nasal es más notorio que en el resto de la misma. Estos resultados son comparables a los obtenidos en los sujetos estudiados. En este grupo la caída de presión desde P1 hasta P5 es de 66,8 Pa, y de P1 a P3 la caída es de 41 Pa que supone un 61% aproximadamente de la caída de presión en la fosa nasal.

6. CONCLUSIONES

6. CONCLUSIONES.

El software basado en el modelo matemático ha demostrado su utilidad como técnica de medida complementaria de los medios tradicionales de evaluación de la anatomía y la función de las fosas nasales.

- *Objetivo primario:*

- Existe correlación en los resultados de velocidad y flujo entrante obtenidos mediante la DFC en los planos de corte anteriores, P1, P2 y P3, con los obtenidos en la exploración clínica en el grupo de pacientes con obstrucción nasal anterior.

- Existe correlación en los resultados del área de la narina entre el grupo control y el grupo intervención evidenciando una mayor área en los sujetos normales.

- *Objetivos secundarios:*

- La DFC evidencia la localización exacta del punto de resistencia al flujo aéreo mediante el stress de pared. Esta medida debe ser considerada junto con el resto de parámetros aportados por la historia clínica, la exploración física y la RIMA.

- Los resultados obtenidos mediante la DFC hacen de ésta una herramienta útil para determinar la repercusión en el flujo aéreo de las alteraciones anatómicas nasales de los pacientes, lo que permite planificar el tratamiento quirúrgico de un modo eficiente.

7. BIBLIOGRAFÍA

7. BIBLIOGRAFÍA.

- 1- Abelló P., Traserra J. Otorrinolaringología . 1ª ed. Barcelona:Ediciones Doyma; 1992.
- 2- Choissone E.; Lares; Álvarez De Cozar F. Otorrinolaringología. 2ª ed. Edición Científico Médica; 1990.
- 3- Paparella M., Shumrick D., Gluckman J., Meyerhoff W. Otorrinolaringología. 3ª ed. Editorial Médica Panamericana; 1994.
- 4- Hinderer K.H. Fundamentos de Anatomía y Cirugía de la Nariz. Birmingham, Alabama. USA:Aesculapius Publishing Company.
- 5- Escajadillo J.R. Oídos, Nariz, Garganta y Cirugía de Cabeza y Cuello. México:Editorial El Manual Moderno; 1991.
- 6- Levy-Pinto S. Otorrinolaringología Pediátrica. 3ª ed. Interamericana. Mc. Graw-Hill; 1991.
- 7- Mygind N. Alergia Nasal. Editorial Salvat; 1982.
- 8- Ballenger J.J. Enfermedades de la Garganta, Nariz y Oídos. 2ª ed. Barcelona:Editorial Jims; 1981.
- 9- Adams., Boies., Hilger. Otorrinolaringología de Boie. 6ª ed. Interamericana. Mc. Graw-Hill; 1992.
- 10- De Weese., Saunders., Schuller., Schleuning. Otorrinolaringología. Cirugía de Cabeza y Cuello. 7ª ed. Editorial Médica Panamericana; 1991.
- 11- Ortiz-Monasterio F. Rinoplastia. Editorial Médica Panamericana; 1996.
- 12- Kasperbauer B., Kern E.B. Nasal valve physiology. Otolaryngol. Clinics of North America 1987; 20: 4-21.
- 13- Samy Elwany; Hossam Thabet. Obstruction of the nasal valve. J-Laryngol-Otol. 1996; 110(3): 221-224.
- 14- Jimenez Castellanos J. Lecciones Anatómicas. 3ª ed. Sevilla: Publicaciones de la Universidad de Sevilla. 1978.
- 15- Mygind N. Estructura y ultraestructura de la nariz. Alergia Nasal. Editorial Salvat; 1982.
- 16- Wheeler P.R., Burkitt H.G., Daniels V.G. Histología Funcional. Barcelona:Editorial Jims; 1980.
- 17- Fabra JM. Rinomanometría anterior activa. Tesis doctoral. Barcelona. Universidad Autónoma de Barcelona. Facultad de medicina. Hospital de la Santa Creu y San Pau. 1990.
18. Clement P.A.R., Gordst F. Consensus report on acoustic rhinometry and rhinomanometry. Standardisation Committee on Objective Assessment of the Nasal Airway. I.R.S. and E.R.S.) Rhinol 2005; 43:169-179.
19. Kern EB. Committee report on Standardization of Rhinomanometry. Int. Rhinol. 1981; 19:231-236.
20. Clement P.A.R., Cauwenberge P., Vogt K., Hasegawa M., et al. Minutes of the 3rd Committee report on Standardization of Rhinomanometry. Atenas. 1986.
21. Bridger GP., Proctor DF. Maximal nasal inspiratory flow and nasal resistance. Ann. Otol. 1970; 79:481-488.
22. Leong SC., Chen XB., Wang DY. A review of the implications of computational fluid dynamic studies on nasal airflow and physiology. Rhinology 2010; 48(2):139-45.
- 23 Martín Vázquez C. Rinomanometría anterior informatizada: Valores de referencia en nuestro medio. Tesis doctoral. Madrid. Universidad Complutense de Madrid Facultad de Medicina. 2003.
24. Fabra JM. Mecánica de los fluidos en las fosas nasales. En: Abelló P, Traserra eds. Otorrinolaringología. Barcelona: Ed. Doyma; 1992; 664-666.
25. West JB. Respiratory physiology: the essentials. Lippincott Williams & Wilkins; 2012.

26. Proctor, Donald F. The Upper Airways: I. Nasal Physiology and Defense of the Lungs 1, 2. *American review of respiratory disease* 115.1 (1977): 97-129.
27. Van Dishoeck. The course of the inspired air and the possibility of aspiration of mucus from one side of the nose into the corresponding lung. *Acta Oto-Laryngologica* 1939: 414-421.
28. Fabra JM. Fisiología de la respiración nasal. En: Abelló P, Traserra (eds.). *Otorrinolaringología*. Barcelona: Ed. Doyma; 1992; 277-282.
29. Ogura JH., Harvey JE. Nasopulmonary mechanics-experimental evidence of the influence of the upper airway upon the lower. *Acta Otolaryngol.* 1971; 71(2):123-32.
30. Proetz AW. Air currents in the upper respiratory tract and their clinical importance. 1951. *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.* 60:439-467. 1951.
31. Orús Dotú C. Rinometría acústica: criterios de normalidad, correlación rinomanométrica. Tesis doctoral. Barcelona. Universidad Autónoma de Barcelona. Facultad de medicina. Hospital de la Santa Creu y San Pau. 2003.
32. JM Klossek. Fisiología de la mucosa respiratoria nasal y trastornos funcionales. En: *Encyclopédie Médico-Chirurgicale*.
33. Swift DL. Physical principles of airflow and transport phenomena influencing air modification. In: Proctor DF Andersen I eds. *The nose: upper airway physiology and atmospheric environment*. Amsterdam: Elsevier biomedical, 1982: 337-348.
34. Stoksted P., Thrane K., Norsk F. (). The physiologic cycle of the nose under normal and pathologic conditions. *Acta oto-laryngologica*, 1952; 42(1-2): 175-179.
35. Lillie HI. Some practical considerations of the physiology of the upper respiratory tract. *J. Iowa. Med. Soc* 1923; 13:403-408.
36. Heetderks DL. Observations of the reactions of normal nasal mucous membrane. *Ann. J. Med. Sci.* 1927; 174:231.
37. Flottes L., Riu R., Guillermin R., et al. Le cycle nasal. *Presse internationale ORL*. Vol VI. 9-12.
38. Homes ThH et al. The nose. An experimental study of reactions within the nose in human subjects during varying life experiences. *Thomas Springfield*. 1950, 154.
39. Drettner B. Vascular reactions of the human mucosa on exposure to cold. *Acta OtoLar.* 1961; 166 suppl:1-109.
40. Keuning J. On the nasal cycle. *Rhinol. Int.* 1969; 6:99-136.
41. Kern EB. The non-cycle nose. *Rhinology* 1981; 19:59-74 ()
42. Hasegawa M., Kern EB. The human nasal cycle. *Mayo Clin Proc.* 1977; 52(1):28-34.
43. Gilbert, Nelson A., Rosenwasser A. M. Biological rhythmicity of nasal airway patency: a re-examination of the 'nasal cycle'. *Acta oto-laryngologica* 1987; 104 (1-2): 180-186.
44. Kennedy DW, Zinreich SJ, Kumar AJ, Rosenbaum AE, Johns ME. "Physiologic mucosal changes within the nose and ethmoid sinus: imaging of the nasal cycle by MRI. *The Laryngoscope* 1988; 98 (9) 928-933.
45. Laine-Alava, Maija T., Ulla K. Minkkinen. Variation of nasal respiratory pattern with age during growth and development. *The Laryngoscope* 1997; 107(3): 386-390.
46. Cauna H. Blood and nerve supply of the nasal lining. In: *The nose*. Amsterdam: Elsevier biomedical. 1982; 45-60.
47. Ishii, T. The cholinergic innervation of the human nasal mucosa. *ORL* 1970; 32 (3): 153-158.
48. Fischer L, Auberson S, Bretton C, Lacroix JS. Adrenergic and non-adrenergic vasoconstrictor mechanisms in the human nasal mucosa. *Rhinology* 1993; 31(1): 11-15.
49. Okayama M1, Baraniuk JN, Hausfeld JN, Merida M, Kaliner MA. Characterization and autoradiographic localization of histamine H1 receptors in human nasal turbinates. *J Allergy Clin Immunol.* 1992; 89(6): 1144-1150.

50. Jones, A. S., Wight R. G., Durham L. H. The distribution of thermoreceptors within the nasal cavity. *Clinical Otolaryngology & Allied Sciences* 1989; 14(3): 235-239.
51. Barnes, Peter J., Baraniuk James N., Belvisi Maria G. Neuropeptides in the respiratory tract. *Am Rev Respir Dis* 1991; 144(1187-1198): 1391-99.
52. Agha-Mir-Salim S, Baumgarten C, Jahnke V, Niedobitek G, Kunkel G. Presence of vasoactive intestinal peptide receptors in nasal mucosa. *Skin Pharmacol.* 1991; 4(3): 213-219.
53. Ishii J, Ishii T, Ito M. The nasal cycle in patients with autonomic nervous disturbance. *Acta Otolaryngol Suppl.* 1993; 113.506: 51-5
54. Eccles, R. The central rhythm of the nasal cycle. *Acta oto-laryngologica* 1978; 86(5-6): 464-468.
55. Tvinnereim M1, Cole P, Mateika S, Haight J, Hoffstein V. Postural changes in respiratory airflow pressure and resistance in nasal, hypopharyngeal, and pharyngeal airway in normal subjects. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 1996; 105(3): 218-221.
56. Haight, J. S., Cole P. Unilateral nasal resistance and asymmetrical body pressure. *The Journal of otolaryngology* 1986. sup16: 1-31.
57. Dinardi RR., de Andrade CR., Ibiapina Cda C. Evaluation of the effectiveness of the external nasal dilator strip in adolescent athletes: a randomized trial. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2013; 77(9): 1500-5.
58. Naito, K., Komori, M., Mishima, Y., et al. An international comparison of characteristics of the sensation of nasal obstruction between Canadian and Japanese patients. *Rhinology* 1996. 34(2): 97-100.
59. Chevillard M., Hinnrasky J., Pierrot D., et al. Differentiation of human surface upper airway epithelial cells in primary culture on a floating collagen gel. *Epithelial cell biology* 1993; 2(1): 17-25.
60. Hirschberg, A., Roithmann, R., Parikh, S., et al. The airflow resistance profile of healthy nasal cavities. *Rhinology* 1995; 33(1): 10-13.
61. Eccles R., Jones A. S. The effect of menthol in nasal resistance to air flow. *The Journal of Laryngology & Otology* 1983; 97(8): 705-709.
62. Naito K., Komori M., Kondo Y., et al. The effect of L-menthol stimulation of the major palatine nerve on subjective and objective nasal patency. *Auris Nasus Larynx* 1997; 24(2): 159-162.
63. Naito K., Kondo Y., Ohoka E., et al. New aerodynamic aspects of nasal patency. *Rhinology* 1995; 33(1): 26-29.
64. Clarke R. W., Jones A. S., Charters P., et al. The role of mucosal receptors in the nasal sensation of airflow. *Clinical Otolaryngology & Allied Sciences* 1992; 17(5): 383-387.
65. Aldren C., Tolley N. S. Further studies on nasal sensation of airflow. *Rhinology* 1991; 29(1): 49-55.
66. Cauna N., Hinderer K. H., Wentges, R. T. Sensory receptor organs of the human nasal respiratory mucosa. *American Journal of Anatomy* 1969; 124(2): 187-209.
67. Jones A. S., Wight R. G., Durham L. H. The distribution of thermoreceptors within the nasal cavity. *Clinical Otolaryngology & Allied Sciences* 1989; 14(3): 235-239.
68. Kluemper G. T., Vig P. S., Vig, K. W. Nasorespiratory characteristics and craniofacial morphology. *The European Journal of Orthodontics* 1995; 17(6): 491-495.
69. Rombaux P., Liistro G., Hamoir M., et al. Nocturnal oxymetry in patients with total nasal packing. *Acta oto-rhino-laryngologica belgica* 1997; 52(3): 223-228.
70. Scherer P. W., Hahn I. L., Mozell M. M. The biophysics of nasal airflow. *Otolaryngologic Clinics of North America* 1989.; 22(2): 265-278.
71. Bende M. The physiologic importance of the nasal mucosa vascular bed: a review. *Am J Rhinol.* 1990; 5: 189-191
72. Aiach G. Atlas de rinoplastia y de la vía de abordaje externo. Editorial Masson S.A.

1994.

73. Constantian MB. Functional effects of alar cartilage malposition. *Ann-Plast-Surg.* 1993; 30(6): 487-99.

74. Constantian MB. The incompetent external nasal valve: pathophysiology and treatment in primary and secondary rhinoplasty. *Plast-Reconstr-Surg.* 1994; 93 (5): 919-31.

75. Meyer R., Jovanovic B., Derder S. All about nasal valve collapse. *Aesthetic-Plast-Surg.* 1996; 20(2): 141-51.

76. Cook PR., Begegri A., Bryant WC., et al. A effect of partial middle turbinectomy on nasal airflow and resistance. *Otolaryngol-Head-Neck-Surg.* 1995; 113(4): 413-9.

77. Simmen D., Scherrer JL., Moe K., et al. A dynamic and direct visualization model for the study of nasal airflow. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 1999; 125:1015-1021.

78. Quesada P., Perelló E., Lorente J. Roncopatía crónica. Síndrome de apnea obstructiva del sueño. Editorial Garsi S.A; 1998.

79. Hormann K., Hirth K., Maurer JT. Surgical therapy of sleep related respiratory disorders. *HNO.* 1999; 47(4): 226-35.

80. Coleman J., Rathfoot C. Oropharyngeal surgery in the management of upper airway obstruction during sleep. *Otolaryngol.Clin.North.Am.* 1999; 32(2): 263-76.

81. Remacle M., Betsch C., Lawson G. et al. A new technique for laser-assisted uvulopalatoplasty: decision-tree analysis and results". *Laryngoscope.* 1999; 109(5): 763-8.

82. Sánchez González F, Santos Gorjón P, Franco Calvo F. Capítulo 46: Síndromes nasales: insuficiencia respiratoria nasal, rinorrea, epistaxis, algias, alteraciones de la olfacción. Servicio de Otorrinolaringología y Patología Cérvico-Facial. Hospital Universitario de Salamanca. En: Libro virtual de la Sociedad Española de ORL.

83. Fisher E.W., Palmer C.R., Lund V.J. Monitoring fluctuations in nasal patency in children: acoustic rhinometry versus rhinohygmometry. *J-Laryngol-Otol.* 1995; 109 (6): 503-8.

84. Glatzel J.L. La perméabilité des fosses nasales. "Mtschr. f. Ohrenkk". Berlin, 1904.

85. Proetz A. Air currents in the upper respiratory tract and their clinical importance. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 1951; 60(2): 438.

86. Williams H.L. The history of rhinometry in North America. *Int Rhinol* 1968; 6:34.

87. Kayser R. Die exacte messung der luftdurchgängigkeit der nase. *Arch Laryngol* 1895; 3:101.

88. Olivé A. Nasal provoking test through previously active rhinomanometry: Physical and mathematical reasons. *Allergol. Immunopathol.* 1989; 17 (6): 291-299.

89. Lund V.J. Objective assesment of nasal obstruction. *Otolaryngol-Clin-North-Am.* 1989; 22(2): 279-90.

90. Szucs E.; Kaufman L.; Clement P.A. Nasal resistance a reliable assesment of nasal nasal patency. *Clin-Otolaryngol.* 1995; 20 (5): 390-5.

91. Cole P. Rhinomanometry 1988: practice and trends. *Laryngoscope* 1989; 99(3): 311-5.

92. Andre R.F., Vuyk H.D., Ahmed A., et al. Correlation between subjective and objective evaluation of the nasal airway. A systematic review of the highest level of evidence. *Clin. Otolaryngol.* 2009; 34: 518-525.

93. Chung Seop Kim, Byeong Kweon Moona, Dong Hak Jungb, et al. Correlation between nasal obstruction symptoms and objective parameters of acoustic rhinometry and rhinomanometry. *Auris Nasus Larynx.* 1998; 25(1): 45-48.

94. Jonesa A. S., Willatta D. J., Durhama L. M. Nasal airflow: resistance and sensation. *The Journal of Laryngology & Otology* 1989; 103(10): 909-911.

95. Tehnia Aziz, Vincent L Biron, Kal Ansari, et al. Correlation between subjective and

- objective evaluation of the nasal airway. A systematic review of the highest level of evidence. *Journal of Otolaryngology - Head and Neck Surgery* 2014; 43(11).
96. Kim CS., Moon BK., Jung DH., et al. Correlation between nasal obstruction symptoms and objective parameters of acoustic rhinometry and rhinomanometry. *Auris Nasus Larynx*. 1998;25:45-8
 97. Szucs E, Clement PA. Acoustic rhinometry and rhinomanometry in the evaluation of nasal patency of patients with nasal septal deviation. *Am J Rhinol*. 1998;12:345-52.
 98. ArbourP., BilgenE., GirardinM. Experimental study of nasal velocity fields in a human nasal fossa by laser anemometry. *Rhinology*1985; 23:201-207.
 99. HahnI., SchererP.W., MozellM.M. Velocity profiles measured for airflow through a large-scale model of the human nasal cavity. *J. Appl. Physiol*. 1993; 75: 2273-2287.
 100. DoorlyD., TaylorD.J., FrankeP., SchroterR.C. Experimental investigation of nasal airflow. *J. Engineering in Medicine* 2007; 222:439-453.
 101. ChengK.H., ChengY.S., YehH.C., GuilmetteR.A., SimpsonS.Q., YangY.H., et al. In vivo measurements of nasal airway dimensions and ultrafine aerosol deposition in the human nasal and oral airways. *J. of Aerosol Science*, 1996; 27(5):785-801.
 102. SpenceC.J.T., BuchmannN.A., JermyM.C. Unsteady flow in the nasal cavity with high flow therapy measured by stereoscopic PIV. *Exp Fluids*, 2012; 52:569-579.
 103. SpenceC.J.T., BuchmannN.A., JermyM.C., MooreS.M. Stereoscopic PIV measurements of flow in the nasal cavity with high flow therapy. *Exp Fluids*, 2011; 50:1005-1017.
 104. Swift, DL., Proctor, DF. Access of air to the respiratory tract.. In: Brain, JD.; Proctor, DF.; Reid, LM., editors. *Respiratory defense mechanism*. Marcel Dekker Inc.; New York: 1977. p. 63-91.
 105. Elad D., Liebenthal R., Wenig BL., Einav S. Analysis of air flow patterns in the human nose. *Med Biol Eng Comput*. 1993; 31:585-592.
 106. Keyhani K., Scherer PW., Mozell MM. Numerical simulation of airflow in the human nasal cavity. *J. Biomech Eng*. 1995; 117:429-441.
 107. Kelly JT., Prasad AK., Wexler AS. Detailed flow patterns in the nasal cavity. *J Appl Physiol*. 2000; 89:323-337.
 108. Chung SK., Son YR., Shin SJ., Kim SK. Nasal airflow during respiratory cycle. *Am J Rhinol*. 2006; 20:379-384.
 109. Zhao K., Scherer PW., Hajiloo SA., Dalton P. Effect of anatomy on human nasal air flow and odorant transport patterns: implications for olfaction. *Chem Senses*. 2004; 29:365-379.
 110. Subramaniam RP., Richardson RB., Morgan KT., Kimbell JS. Computational fluid dynamics simulations of inspiratory airflow in the human nose and nasopharynx. *Inhal Toxicol*. 1999; 10:91-120.
 111. Proctor DF. *Nasal mucociliary function in humans*. 5^a ed. 1977:427-452.
 112. MartonenT.B., QuanL., ZhangZ., MusanteC.J.. Flow simulation in the human upper respiratory tract. *Cell Biochem Biophys*,2002; 37:27-36.
 113. CroceC., FodilR., DurandM., Sbrilea-ApiouG. In vitro experiments and numerical simulations of airflow in realistic nasal airway geometry. *Annals of Biomedical Engineering*, 2006; 34(6):997-1007.
 114. HoerschlerI., SchoroederW., MeinkeM. On the assumption of steadiness of nasal cavity flow. *Biomechanics*, 2010; 43:1081-1085.
 115. Tan J., Han D., Wang J., Liu T., Wang T., Zang H., et al. Numerical simulation of normal nasal cavity airflow in Chinese adult: a computational flow dynamics model. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2012.269(3):881-9.
 116. ZhuJ.H., LeeH.P., LimK.M., LeeS.J., WangD.Y. Evaluation and comparison of

nasal airway flow patterns among three subjects from Caucasian, Chinese and Indian ethnic groups using computational fluid dynamics simulation. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 2011;175:62-69.

117. Lee J.-H., Na Y., Kim S.-K., Chung S.-K. Unsteady flow characteristics through a human nasal airway. *Respir Physiol Neurobiol*. 2010. 31;172(3):136-46.

118. Luo X. Y., Hinton J. S., Liew T. T., and Tan K. K. LES modelling of flow in a simple airway model. *Medical Engineering & Physics*, 2004; 26(5):403-413.

119. Naftali S., Rosenfeld M., Wolf M., Elad D. The air-conditioning capacity of the human nose. *Annals of Biomedical Engineering*, 2005; 33(4):545-553.

120. Sommer F., Kroeger R., Lindemann J. Numerical simulation of humidification and heating during inspiration within an adult nose. *Rhinology*, 2012.50(2):157-64.

121. Burgos MA, Sanmiguel-Rojas E, Martín-Alcántara A, Hidalgo-Martínez M. Effects of the ambient temperature on the airflow across a Caucasian nasal cavity. *Int J Numer Method Biomed Eng*. 2014 Mar;30(3):430-45.

122. Kleinstreuer C., Zhang Z. Airflow and particle transport in the human respiratory system. *Ann. Rev. Fluid Mech.*, 2009; 42:301-334.

123. Jin H.H., Fan J.R., Zeng M.J., Cen K.F. Large eddy simulation of inhaled particle deposition within the human upper respiratory tract. *J. of Aerosol Science*, 2006; 38:257-268.

124. Shi H., Kleinstreuer C., Zhang Z. Modeling of inertial particle transport and deposition in human nasal cavities with wall roughness. *J. of Aerosol Science*, 2007; 38:398-419.

125. Kim J.I., Chung S.K., Kim S. K., Na Y. Patient specific CFD models of nasal airflow: Overview of methods and challenges. *J Biomech*. 2013; 46(2):299-306.

126. Xiong G., Zhan J., Zuo K., Li J., Rong L., Xu G. Numerical flow simulation in the post-endoscopic sinus surgery nasal cavity. *Medical and Biological Engineering*, 2008; 46:1161-1167.

127. Chen X.B., Lee H.P., Chong V.F.H., Wang D.Y. Impact of inferior turbinate hypertrophy on the aerodynamic pattern and physiological functions of the turbulent airflow - a CFD simulation model. *Rhinology*, 2010; 48:163-168.

128. Na Y., Chung K.S., Chung S.K., Kim S.K. Effects of single-sided inferior turbinate resection on nasal function and airflow characteristics. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 2012; 180:289-297.

129. Wexler D., Segal R., Kimbell J.. Aerodynamic effects of inferior turbinate reduction. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 2005; 131:1102- 1107.

130. Sung Kyun Kim, Go Eun Heoa, Anna Seob, Yang Naa, Seung-Kyu Chung. Correlation between nasal airflow characteristics and clinical relevance of nasal septal deviation to nasal airway obstruction. *Respir Physiol Neurobiol*. 2014.1;192:95-101.

131. Liu T, Han D, Wang J, Tan J, Zang H, Wang T, et al. Effects of septal deviation on the airflow characteristics: using computational fluid dynamics models. *Acta Otolaryngol*. 2012;132(3):290-8.

132. Garcia, Guilherme J.M., Rhee, John S., Senior, Brent A., Kimbell, Julia S. Septal deviation and nasal resistance: An investigation using virtual surgery and computational fluid dynamics. *American Journal of Rhinology & Allergy*, 2010; 24(1): pp. e46-e53(8).

133. Chen X.B., Lee H.P., Chong V.F.H., Wang D.Y. Assessment of septal deviation effects on nasal air flow: a computational fluid dynamics model. *American Laryngological Rhinological and Otolological Society*, 2009; 119:1730-1736.

134. Rhee J.S., Pawar S.S., Garcia G.J.M., Kimbell J.S. Toward Personalized Nasal Surgery Using Computational Fluid Dynamics. *Arch Facial Plast Surg*, 2011; E1-E6.

135. Kai Zhao Ph.D., Jianbo Jiang Ph.D. What is normal nasal airflow? A computational study of 22 healthy adults. *Int Forum Allergy Rhinol.* 2014; 4(6): 435-446.
136. Hildebrandt T, Goubergrits L, Heppt WJ, Bessler S, Zachow S. Evaluation of the intranasal flow field through computational fluid dynamics. *Facial Plast Surg.* 2013;29(2):93-8.
137. Pallanch J.F.; Mc. Caffrey T.V.; Kern E.B. Normal nasal resistance. *Otolaryngol H. and N. Surg.* 1985; 93: 778-785.
138. Pallanch J.; Mc-Caffrey T.; Kern E. Clinical application of computerized rhinomanometry. *Rhinol-Suppl.* 1992 ; 14: 91-5.
139. Bachert C, Jorissen M, Bertrand B, Khaltaev N, Bousquet J. Allergic rhinitis and its impact on asthma (ARIA) 2008. The Belgian perspective. *B-ENT.* 2008;4(4):253-7. Review.
140. Filnkeilsteiln A. Escala visual análoga (eva) y obstrucción nasal en rinitis alérgica persistente. *Revista de otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello* 2009; 69(3): 300-301.
141. Bousquet PJ, Combescure C, Neukirch F, Klossek JM, Méchin H, Daures JP. Visual analog scales can assess the severity of rhinitis graded according to ARIA guidelines. *Allergy.* 2007. 62(4):367-72.
142. Sipila J., Suonpaa J., Silvonniemi P., Laippala P. Correlations between subjective sensation of nasal patency and rhinomanometry in both unilateral and total nasal assessment. *ORL* 1995; 57: 260-263.
143. Valero A., Mullol J., Herdman M., Rosales MJ. Spanish CQ7 Study Group. Measuring outcomes in allergic rhinitis: psychometric characteristics of a Spanish version of the congestion quantifier seven-item test (CQ7). *Health Qual Life Outcomes.* 2011;109:14.
144. Stull DE, Krouse J, Meltzer EO, Roberts L, Kim S, Frank L, et al. Development and Validation of the Congestion Quantifier Seven Item Test (CQ7): A Screening Tool for Nasal Congestion. *Value Health.* 2007 Nov-Dec;10(6):457-65.
145. Stull DE, Vernon MK, Canonica GW, Crespi S, Sandor D. Using the congestion quantifier seven-item test to assess change in patient symptoms and their impact. *Allergy Asthma Proc.* 2008. 29(3):295-303.

8. ANEXOS

8. ANEXOS.

ANEXO I: PROTOCOLO ANAMNÉSICO

Nombre Núm. Historia Clínica

Edad Sexo

Peso Talla

Antecedentes Personales

- Alergias.
- Tratamientos que sigue.
- Antecedentes de Rinitis o Sinusitis (número, frecuencia, gravedad de episodios).
- Antecedentes de traumatismo nasal.
- Tabaquismo.

Obstrucción Nasal

- Fosa obstruida,
 - Lado
 - Cantidad (escala analógica de ambas fosas por separado y en gral).
- Ritmo o Ciclo que sigue la obstrucción.

Exploración ORL (rinoscopia anterior y endoscopia nasal)

Normal

Fosa obstruída

Cantidad (escala analógica).

Lado

Localización de obstrucción

Anterior

Posterior

Superior

Inferior (tomando como referencia el cuerpo del cornete inferior).

Hipertrofia de los cornetes.

Si

No

Lado

Colapso alar.

Si

No

Lado

Limitación de Espacio valvular.

Si

No

Lado

Respuesta Subjetiva a la Vasoconstricción (+/+++)Exploración Post-vasoconstricción (igual que exploración ORL).

ANEXO II: METODOLOGÍA DE LA PRUEBA DE VASOCONSTRICCIÓN.

Para su realización se ha seguido el protocolo de Fabra (17):

- Pulverizar las fosas con el nebulizador de nafazolina una vez por cada fosa. (0.14 ml por aplicación en cada fosa equivalentes a 0.07 mgrs de nafazolina). Esperar cinco minutos.
- Volver a realizar otra pulverización y esperar cinco minutos.
- Se valorará la mejoría subjetiva en la respiración nasal del individuo en una gradación de una a tres cruces según la percepción de mejora en su permeabilidad nasal después de utilizar el vasoconstrictor y se anotará en la hoja de protocolo.
- Se realizará el TAC de senos paranasales bajo estas circunstancias.

ANEXO III: CUESTIONARIO PARA LA CUANTIFICACIÓN DE LA CONGESTIÓN NASAL Y ESCALA VISUAL ANALÓGICA.

CUESTIONARIO CQ7.

DURANTE LA ÚLTIMA SEMANA		
¿Con qué frecuencia ha tenido dificultad para respirar por la nariz, obstrucción nasal o bloqueo nasal?		
¿Le ha alterado el sueño la dificultad para respirar por la nariz?		
¿Se ha despertado por la mañana con dificultad para respirar por la nariz, con obstrucción nasal o bloqueo nasal?		
¿Ha tenido que respirar por la boca porque no podía hacerlo por la nariz?		
¿Le ha costado despejar la nariz incluso sonándose varias veces?		
¿Alguno de estos síntomas ha afectado su capacidad de trabajo, rendimiento escolar o sus actividades diarias?		
¿Ha sentido presión sinusal, dolor en la zona de las mejillas o en la nariz?		
PUNTUAR		
0:nunca	1:rara vez	2:algunas veces
3:muchas veces	4: siempre	

EVA.

