

Barotrauma inducido por vuelo en otorrinolaringología: Una revisión de la literatura

Flight-induced barotrauma in otorhinolaryngology: A literature review

Kevin Alarcón P.¹, M. Ignacio Zelada E.¹, Consuelo Ibeas A.¹, Ignacio Cortés F.^{2,3}

Resumen

Barotrauma se define como el daño tisular generado por diferencias de presión entre un espacio no ventilado dentro del cuerpo y el gas o fluido circundante. La causa más frecuente de barotrauma es el viaje en avión y se espera un aumento progresivo de los casos en el tiempo. Los órganos habitualmente comprometidos son el oído, cavidades paranasales y nervio facial. La fisiopatología del barotrauma por vuelo se fundamenta en la exposición a cambios bruscos de altitud y presión asociados a infecciones respiratorias altas y/o disfunción de la tuba auditiva. Los síntomas más frecuentes son otalgia, hipoacusia, tinnitus, vértigo y parálisis facial periférica. Muchas formas de barotrauma son autolimitadas y prevenibles mediante técnicas simples como la deglución de líquidos o maniobras de Valsalva durante las fases de ascenso o descenso. El tratamiento del barotrauma puede ser conservador, médico o quirúrgico, la decisión será individualizada de acuerdo con las características del paciente, gravedad del cuadro y recurrencias. Esto incluye el uso de descongestionantes orales y tópicos, dispositivos de autoinflación, técnicas quirúrgicas, entre otros. La mayoría de estas intervenciones se basan en recomendaciones de expertos y algoritmos extrapolados de guías clínicas para el manejo de otras patologías similares. Esta revisión presenta los principales hallazgos fisiopatológicos y clínicos, las opciones de tratamiento y las medidas preventivas para el barotrauma otorrinolaringológico inducido por el vuelo, en base a la evidencia disponible.

Palabras clave: barotrauma por vuelo, barotitis, barosinusitis, vértigo alternobárico, baroparesia facial.

Abstract

Barotrauma is defined as tissue damage caused by pressure differences between an unventilated space within the body and the surrounding gas or fluid. The most frequent cause of barotrauma is air travel, and a progressive increase in cases over time is expected. The most frequently affected organs are the ear, paranasal sinuses, and facial nerve. The pathophysiology of flight-induced barotrauma is based on exposure to sudden changes in altitude and pressure associated with upper respiratory tract infections and/or Eustachian tube dysfunction. The most frequent symptoms are otalgia, hypoacusis, tinnitus, dizziness, and peripheral facial palsy. Many forms of barotrauma are self-limiting and preventable through simple techniques such as swallowing fluids or performing Valsalva maneuvers during ascent or descent phases. The treatment of barotrauma can be either conservative, medical or surgical, according to patient's characteristics, severity of the condition, and recurrence. This includes the use of oral and topical decongestants, auto-inflation devices, surgical techniques, among others. Most of these interventions are based on expert recommendations and algorithms extrapolated from clinical guidelines for the management of other similar pathologies. This review presents key pathophysiologic and clinical findings, treatment options, and preventive measures for flight-induced otorhinolaryngologic barotrauma, based on available evidence.

Keywords: flight barotrauma, barotitis, barosinusitis, alternobaric vertigo, facial baroparesis.

¹Escuela de Medicina. Facultad de Medicina, Universidad de Chile. Santiago, Chile.

²Servicio de Otorrinolaringología, Complejo Hospitalario San José, Santiago, Chile.

³Servicio de Otorrinolaringología, Clínica Indisa, Santiago, Chile.

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Recibido el 22 de febrero de 2023. Aceptado el 29 de agosto de 2023.

Correspondencia:
Ignacio Cortés F.
San José 1196,
Independencia,
Santiago, Chile
Email: ignaciocortes@med.uchile.cl

Introducción

Barotrauma se define como el daño tisular físico generado por la diferencia de presión entre un espacio no ventilado dentro del cuerpo y el gas o fluido circundante¹. Esta situación puede darse en contexto de vuelos comerciales, buceo a grandes profundidades, paracaidismo, oxigenoterapia hiperbárica y otros. Entre las distintas formas de la enfermedad, el barotrauma inducido por vuelo es la más frecuente y su incidencia va en aumento, probablemente a causa de la creciente oferta y mayor acceso a viajes aéreos por parte de la población. Sólo durante 2019 se realizaron más de 38 millones de vuelos en el mundo², y se estima que en cualquier momento del día hay 1 millón de personas volando³. A nivel nacional, más de 26 millones de pasajeros se transportaron en avión durante 2019⁴, cifra que tiende a aumentar año a año. En el barotrauma por vuelo, las lesiones más frecuentes se localizan a nivel de oído medio, oído interno, cavidades paranasales, nervio facial y otros.

El barotrauma ótico es la afección más frecuente en pasajeros de avión, siendo la otalgia el síntoma más típicamente reportado, con una incidencia de un 20% en adultos y 26-55% en niños^{5,6}. En un estudio transversal finlandés que incluyó 1.789 tripulantes de vuelos comerciales del país, el 85% reportó haber tenido síntomas de barotrauma del oído medio y casi la mitad de ellos estuvo de baja laboral por enfermedad en el último año debido al barotrauma⁷. La barotitis media es una de las formas típicas de barotrauma ótico, comparte múltiples características clínicas con la otitis media con efusión y es relativamente frecuente. Su prevalencia se ha estimado entre un 9,65 y 17% en poblaciones de alto riesgo, tales como alumnos de la fuerza aérea⁸ y tripulantes de vuelos comerciales⁹. En estudios prospectivos se ha logrado determinar factores predictores para otalgia diferida y/o barotitis media en pilotos o tripulantes de avión, entre los que destacan la edad menor, historia previa de patología otorrinolaringológica o barotrauma, infecciones respiratorias activas y alteraciones otoscópicas o timpanométricas preexistentes¹⁰.

Una forma grave de barotitis media, a menudo asociada con disfunción severa de la tuba

auditiva, es la perforación de la membrana timpánica. Afortunadamente, esta complicación es poco frecuente, reportándose una incidencia de 4,2% en un estudio realizado en 897 oídos afectados por barotrauma aéreo¹¹.

Otro subtipo de barotrauma ótico es el vértigo alternobárico, un síndrome vestibular cuya prevalencia se encuentra subestimada, ya que se suele omitir el reporte por ser una entidad benigna y autolimitada¹². Un estudio realizado en pilotos de la Fuerza Aérea Portuguesa determinó que un 29% de los sujetos ha experimentado síntomas vertiginosos durante el vuelo, compatibles con vértigo alternobárico¹³.

El compromiso del oído interno es poco común y sólo se ha reportado anecdóticamente en contexto de vuelo. Se han descrito secuelas vestibulares y auditivas en tripulantes de avión por perforaciones de la ventana oval o redonda producidas durante el vuelo. Un reporte de casos escandinavo describió 4 fistulas perilinfáticas barotraumáticas en una cohorte de más de 3.000 auxiliares de cabina en un período de 6 meses¹⁴.

El barotrauma sinusal es un motivo de consulta menos habitual, pero que puede excluir, indefinidamente, a un individuo de los viajes en avión o terminar con la carrera profesional de un aviador. Su epidemiología fluctúa, considerablemente, según la etiología y la población de estudio, en pilotos de avión, la prevalencia de barosinusitis oscila entre 19,5% y 25,0%, con variaciones significativas entre pilotos comerciales y militares¹⁵.

La parálisis barotraumática del nervio facial es otra forma inusual de barotrauma por vuelo. Su incidencia no ha sido reportada en estudios epidemiológicos, probablemente por ser una condición clásicamente autolimitada. La evidencia sobre esta patología proviene, principalmente, de reportes de casos y revisiones literarias¹⁶⁻¹⁸. En estos estudios se han observado más casos durante el ascenso, con edad media de presentación de 36 años, predominancia del sexo masculino y antecedente de múltiples episodios en la mayor parte de los sujetos¹⁸.

El objetivo de esta revisión de la literatura es describir los aspectos epidemiológicos, fisiopatológicos, clínicos y terapéuticos de los barotraumas otorrinolaringológicos relacio-

nados con el transporte aéreo.

Se llevó a cabo una revisión de la literatura científica publicada en las bases de datos *PubMed*, *ScienceDirect*, *Elsevier* y *Scielo*, sin límite de fecha, incluyendo artículos originales, revisiones sistemáticas y metaanálisis escritos en inglés y español. Para la búsqueda, se utilizaron los descriptores: “*barotrauma*”, “*flight barotrauma*”, “*otitis*”, “*sinusitis*”, “*alternobaric vértigo*” y “*facial baroparesis*”, y se combinaron mediante los operadores booleanos “AND” y “OR”. Los criterios de inclusión consideraron todos los artículos científicos cuyo tema central incorpore el barotrauma inducido por vuelo y los criterios de exclusión contemplaron aquellos artículos que no hicieran referencia a barotraumas en otorrinolaringología.

Fisiopatología general

El barotrauma provocado por viajes aéreos se produce durante los cambios abruptos de altitud de la aeronave, principalmente en el ascenso inicial o, más frecuentemente, en el descenso previo al aterrizaje¹. El mecanismo del barotrauma se basa en la ley de Boyle-Mariotte, la cual establece que, para un gas a temperatura constante, el volumen es inversamente proporcional a la presión sobre éste ($pV = k$). Una interpretación útil de la ley es que un aumento de la presión induce una reducción proporcional del volumen ($p_1 V_1 = p_2 V_2$) y viceversa, siempre y cuando la temperatura y la cantidad de gas en el sistema sean constantes. La situación anterior se presenta comúnmente en cavidades cerradas o semicerradas como el oído, cavidades paranasales y la vía aérea inferior, lo que determina una mayor susceptibilidad de estos órganos a sufrir daños ante cambios bruscos de presión^{1,19-21}.

Normalmente, en un avión moderno volando a altitud de crucero (10.000-12.000 m), la cabina se encuentra presurizada para mantener la presión del aire a, aproximadamente, un 75% (570 mmHg) de la presión atmosférica a nivel del mar (760 mmHg)⁶. Esta condición previene la hipoxia frente a la caída masiva de la presión parcial de oxígeno en altura, pero aún resta una diferencia de presión que podría ser suficiente para generar barotrauma en individuos susceptibles. Se ha estimado

que, en la mayoría de los aviones comerciales, el descenso desde la altitud de crucero típica puede establecer una gradiente de presión de hasta 80 mmHg, lo que confiere un riesgo de barotrauma variable según las características de la aeronave (altura máxima, tasa de ascenso o descenso, sistema de presurización, etc.)²². Durante el ascenso, la presión barométrica disminuye a medida que incrementa la altitud, lo que provoca una expansión del volumen de los órganos contenedores de gas. En el descenso ocurre lo contrario, la presión barométrica aumenta, comprimiendo el volumen de las cavidades.

Barotrauma del oído medio

El ejemplo más representativo de la fisiopatología del barotrauma se presenta en el oído medio, cavidad semicerrada por la membrana timpánica y la tuba auditiva. Al elevarse, el gas del oído medio se expande y la cavidad adquiere presión positiva con respecto al ambiente, empujando, lateralmente, la membrana timpánica y provocando dolor en personas susceptibles (Figura 1B). Este fenómeno puede observarse mediante la otoscopia durante el vuelo¹¹ y rara vez constituye un problema, ya que suele compensarse por la función fisiológica de la tuba auditiva, que se abre pasivamente dejando escapar el exceso relativo de gas en la cavidad timpánica²³. Durante el descenso, en cambio, el gas del oído medio se contrae (generando presión negativa) y la presión barométrica se restaura, transmitiéndose al conducto auditivo externo, la membrana timpánica y la nasofaringe (Figura 1C). En este caso, la tuba auditiva no funciona de forma fisiológica y debe abrirse activamente mediante la deglución, bostezo o maniobras de Valsalva para ingresar aire al oído medio, mecanismo que esclarecería por qué el barotrauma ótico es más frecuente y severo en el descenso⁶. Por lo demás, la compensación a través de estas maniobras se dificulta a medida que aumenta la presión diferencial, si la gradiente de presión superase los 30-60 mmHg, se experimenta plenitud ótica y otalgia, producto de la compresión de la cavidad timpánica. Al sobrepasar los 80-90 mmHg de gradiente, los músculos periostafinos son incapaces de superar la presión de la

ARTÍCULO DE REVISIÓN

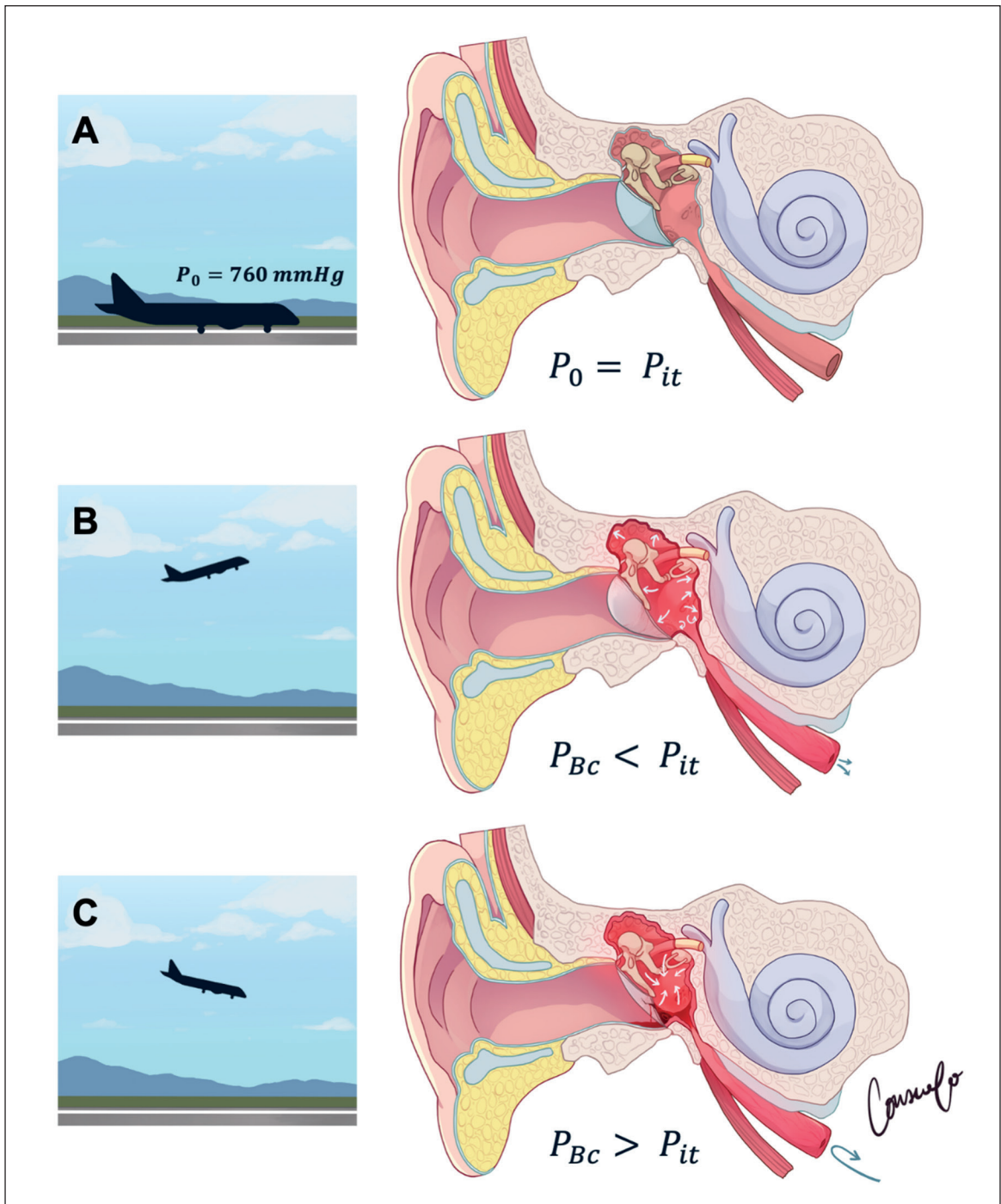


Figura 1. Fisiopatología del barotrauma del oído medio. **(A)** A nivel del mar, la presión intratimpánica (P_{it}) y la presión barométrica (P_0) se encuentran en equilibrio. **(B)** Durante el ascenso la presión barométrica de cabina (P_{Bc}) disminuye y el gas del oído medio se expande. En tubas auditivas disfuncionales, el exceso relativo de aire en el oído medio falla en expulsarse, aumentando la P_{it} . La compresión de la mucosa y el estiramiento lateral de la membrana timpánica producen otalgia. **(C)** Durante el descenso la P_{Bc} incrementa y el gas del oído medio se contrae. Una tuba auditiva severamente disfuncional fallará en abrirse mediante la activación de los músculos periestafilinos. Lo anterior impide la entrada compensatoria de aire desde la nasofaringe y genera una P_{it} negativa, lo que conduce a edema de la mucosa, exudado de líquido sero/hemático y riesgo de perforación de la membrana timpánica.

nasofaringe, la tuba auditiva se bloquea y se pierde la capacidad de compensación. En este punto se inician los cambios fisiopatológicos de la "barotitis media", con edema, exudado seroso, rotura de vasos sanguíneos de la mucosa y hemotímpano²⁴. En general, una gradiente mayor a 100 mmHg se asocia a abombamiento y perforación de la membrana timpánica, típicamente, con un repentino alivio del dolor, hipoacusia conductiva, vértigo, tinnitus y otorragia²⁰. Estos rangos son aún más limitados en personas con tubas auditivas disfuncionales o anatómicamente desfavorables como es el caso de los niños, en que la tuba suele ser más corta, estrecha y horizontal que en el adulto. Lo anterior podría explicar por qué el barotrauma ótico ocurre con mayor frecuencia en niños y pacientes con alergias o infecciones activas de la vía aérea superior^{5,6}.

Cuadro clínico y estudio complementario

El barotrauma ótico medio se manifiesta con síntomas intensos y característicos. En un estudio aplicado a 179 viajeros ingleses, el 84% reportó haber sufrido síntomas otológicos durante un vuelo, destacándose la otalgia (63%), percepción auditiva de "crépitos" o "chasquidos" (58%) e hipoacusia (18%)²⁵. La hipoacusia por barotitis media es habitualmente transitoria, conductiva y de grado variable, dependiendo del daño estructural del oído medio; no suele superar umbrales promedio de 25 dB¹¹. La barotitis media suele presentarse en episodios cortos, con un tiempo medio de resolución de 8,2 (± 3) días⁹, no obstante, se han descrito cuadros subagudos y crónicos que resultan de efusiones persistentes del oído medio, perforaciones no cicatrizadas de la membrana timpánica y luxaciones o adherencias de los osículos, condiciones que se asocian a pérdidas auditivas de mayor grado¹¹. La barotitis media puede, a su vez, presentarse con vértigo (10%), tinnitus (5%) y otorrea (6%)^{24,25}. Obedeciendo a la fisiopatología del cuadro, la mayoría de los síntomas se manifiestan durante el descenso, sobre todo en ausencia de técnicas preventivas como maniobras de Valsalva o deglución de líquidos^{11,25}. Se ha descrito el barotrauma ótico medio de presentación retardada, en que los síntomas se manifiestan horas después del vuelo, presuntamente asociados a la exposición prolongada del pasajero a oxígeno al 100%

en viajes de larga duración¹¹. Además, se han reportado barotitis medias recurrentes y se ha observado que sufrir un episodio de barotrauma ótico es un factor de riesgo de recurrencia del cuadro a largo plazo^{11,26}.

La clasificación de Teed es una escala clínica para la estadificación del barotrauma del oído medio, basada en la severidad de los hallazgos al examen físico. El grado 0 informa un tímpano indemne, el grado I alude a una retracción timpánica con leve eritema de la *pars flaccida*, en el grado II la retracción y el eritema abarcan toda la superficie timpánica, el grado III describe un hemotímpano junto a los hallazgos descritos en el grado II, y un grado IV implica una perforación timpánica⁶. La mayoría de las lesiones derivadas del barotrauma ótico se resolverán espontáneamente, de manera que el tratamiento conservador será suficiente para la mayoría de los afectados^{6,11}. El tiempo de resolución de las lesiones dependerá del compromiso de las estructuras óticas. En el barotrauma sin signos otológicos (grado 0 de Teed), la otalgia y la plenitud ótica ceden típicamente en horas, a medida que la presión intratimpánica se equilibra con la presión ambiental. En el caso de barotitis media de mayor grado, la inflamación y las efusiones serohemáticas timpánicas pueden tardar días a semanas en resolverse, mientras que las perforaciones cicatrizan, generalmente, en varias semanas²⁷.

Prevención y tratamiento

Diversos estudios se han llevado a cabo buscando nuevas estrategias preventivas y terapéuticas para el barotrauma por vuelo que sean eficaces, seguras, sencillas y flexibles. Evitar los viajes en avión en presencia de síntomas de infecciones respiratorias altas²³ es una indicación clásica, simple y efectiva, pero poco factible en la actualidad.

En base a la fisiopatología del barotrauma ótico, se han recomendado medidas preventivas simples que promueven la apertura de la tuba auditiva, tales como: bostezar, masticar chicle, sorber y deglutir fluidos, o maniobras de Valsalva y Toynbee⁶. Estas acciones deben realizarse en intervalos de pocos minutos, durante el ascenso y descenso, para prevenir el barotrauma ótico efectivamente.

Intervenciones farmacológicas como el uso de antihistamínicos y descongestionantes

orales o nasales previos al vuelo, podrían ser útiles en la prevención del barotrauma ótico, probablemente, al reducir la obstrucción de la tuba y, en consecuencia, facilitar la ecualización de las presiones. Un ensayo clínico aleatorizado doble-ciego (n = 250) determinó que la administración de una dosis de 120 mg de pseudoefedrina oral, 30 minutos antes del despegue, disminuye en un 30% la incidencia de barotrauma ótico en comparación con placebo (p = 0,0001), con mínimos efectos adversos²⁸. Otro ensayo clínico aleatorizado doble-ciego (n = 124) comparó la eficacia de 120 mg de pseudoefedrina oral, oximetazolina 0,05% intranasal y placebo en la prevención del barotrauma durante el vuelo. Se observó una reducción de 52% [(IC95% = 33-71); p = 0,002] del riesgo relativo de barotrauma en el grupo que recibió pseudoefedrina, mientras que no hubo diferencias significativas en el riesgo del grupo que recibió oximetazolina²⁹. Un estudio clínico no aleatorizado (n = 90) también reportó que una profilaxis con 60 mg de pseudoefedrina oral y/o xilometazolina 0,1% intranasal previas al despegue tendía a disminuir la probabilidad de sufrir otalgia durante el vuelo versus controles, sin embargo, este estudio no reportó sus resultados mediante métodos estadísticos estándar³⁰. Todos los estudios anteriores reportan la eficacia y seguridad de pseudoefedrina oral en adultos, sin embargo, en población pediátrica no ha demostrado un impacto significativo en la incidencia de otalgia durante el vuelo y se asocia a somnolencia⁵. Se describe en la literatura que pasajeros alérgicos podrían beneficiarse del uso de antihistamínicos, pero actualmente no hay datos que apoyen su uso profiláctico para el barotrauma por vuelo. En lo que respecta al tratamiento, hoy en día no existe evidencia que respalde el uso de descongestionantes, antihistamínicos o corticoides como intervenciones terapéuticas para el barotrauma ótico ya establecido, por lo que su uso deberá evaluarse caso a caso. La administración de antibióticos tópicos se considera apropiada, solamente, en situaciones de otorrea debido a sobreinfección. Para los pacientes que experimentan otalgia intensa y persistente, se debe considerar el uso de antiinflamatorios no esteroideos¹.

Los dispositivos de autoinflación son apa-

ratos diseñados para mejorar la ventilación del oído medio en niños con disfunción de la tuba auditiva u otitis media con efusión. Consisten en un balón que se inserta en una fosa nasal y se infla mientras se cierra la boca y la fosa nasal contralateral, permeabilizando así la tuba. Un estudio realizado por Stangerup et al.³¹ (n = 94) determinó que un dispositivo de autoinflación es más eficaz que la maniobra de Valsalva para abrir la tuba auditiva y mitigar la presión negativa intratimpánica generada durante el descenso del avión (p < 0,001). En otro ensayo clínico aleatorizado (n = 185) se observó que los pasajeros que utilizaron el dispositivo durante el descenso presentaron una menor frecuencia de hallazgos otoscópicos (6% vs. 14%, p < 0,05) o timpanométricos (3% vs. 15%, p < 0,05) compatibles con barotitis media después del aterrizaje en comparación con controles, sin diferencias significativas entre los grupos antes del embarque³². Los estudios han objetivado una reducción importante de los síntomas otológicos en, aproximadamente, el 76% al 80% de los individuos durante el vuelo, sin evidencia de efectos adversos serios^{32,33}. Por lo anterior, se puede considerar el uso de autoinflación con balón nasal como una medida no invasiva preventiva y terapéutica para el barotrauma ótico.

En casos refractarios o recurrentes la miringotomía es, a la vez, una alternativa terapéutica y preventiva plausible. Este procedimiento permite drenar la efusión o hemorragia timpánica y mejorar la audición en barotitis leves a moderadas. La miringotomía, además, previene las recurrencias al eliminar el gradiente de presión entre el oído medio y el ambiente^{6,20,23,24}. Sin embargo, considerando que la miringotomía tiende a cicatrizar en un lapso breve (hasta 2 semanas, dependiendo de la técnica empleada), se sugiere la inserción de tubos de ventilación para optimizar la eficacia del tratamiento y extender su utilidad preventiva en grupos expuestos. En pacientes de alto riesgo que no puedan evitar la exposición frecuente a viajes en avión, se puede considerar la miringotomía e instalación de tubos de ventilación para prevenir el barotrauma ótico recurrente²⁴.

En un estudio piloto más reciente (n = 156) se propuso evaluar la eficacia preventiva y terapéutica de un catéter calibre 24G modifi-

cado como herramienta de timpanostomía y ventilación del oído medio para el barotrauma ótico por vuelo. La terapia fue efectiva en un 99% de los casos, el 88% de los tubos fue expulsado de forma espontánea y un 99,6% de las membranas timpánicas cicatrizaron, completamente, en un tiempo promedio de 6 semanas³⁴. Aunque aún faltan estudios para recomendar el uso rutinario de esta técnica, factores como la seguridad y eficacia, el menor riesgo de complicaciones en comparación con la timpanostomía convencional¹³⁵⁻³⁷ y el hecho de ser un procedimiento ambulatorio sencillo que requiere insumos usualmente asequibles, la convierten en una opción viable, especialmente, en casos recurrentes leves a moderados.

La tuboplastia o dilatación tubárica con balón es un procedimiento, mínimamente invasivo, que consiste en la introducción de un catéter transnasal acoplado a un balón a través del lumen de la tuba auditiva, con el fin de dilatar su porción cartilaginosa y facilitar la ventilación de la cavidad timpánica. Esta técnica fue desarrollada y postulada por el grupo de Sudhoff et al.^{38,39} en el año 2010. Desde entonces, la evidencia la ha posicionado como una alternativa terapéutica sencilla, segura y, particularmente, eficaz para el tratamiento de la disfunción tubárica barotraumática⁴⁰⁻⁴². Según el consenso español sobre el tratamiento de la disfunción tubárica obstructiva⁴³, la tuboplastia con balón está indicada en adultos que padecen síntomas de presión ótica u otalgia (uni o bilateral) secundaria a barotrauma en contexto de aviación o buceo.

En la Tabla 1 se resumen las principales recomendaciones preventivas y alternativas terapéuticas médico-quirúrgicas para el manejo de este y otros barotraumas otorrinolaringológicos.

Vértigo Alternobárico

En algunos individuos se establece una diferencia entre las gradientes de presión a través de la membrana timpánica derecha e izquierda, presuntamente, por asimetrías funcionales entre ambas tubas auditivas. Cuando esta diferencia excede los 45 mmHg podría provocarse una estimulación asimétrica de los sistemas vestibulares, precipitando un sín-

me vestibular agudo transitorio, denominado “vértigo alternobárico”²¹.

Cuadro clínico y estudio complementario

El vértigo alternobárico es la causa más frecuente de vértigo en la aviación y, a diferencia de otros barotraumas, tiende a ocurrir durante la fase de ascenso. La presentación clínica habitual es una crisis de vértigo periférico agudo de minutos de duración, asociada a nistagmo de características periféricas que cumple la “ley de Alexander”, desorientación, náuseas y vómitos^{12,21}. Otros síntomas referidos son tinnitus y, anecdóticamente, hipoacusia reversible. El examen físico neurológico debería ser normal¹².

En pacientes con vértigo alternobárico, la otoscopia no suele revelar mayores hallazgos, el diagnóstico es fundamentalmente clínico, contextualizando los síntomas con una historia de vuelo reciente. Se recomienda, no obstante, realizar un estudio diferido de la tuba auditiva y descartar otros diagnósticos diferenciales como vértigo posicional paroxístico benigno¹².

Aunque se ha descrito como un cuadro simple y autolimitado, es importante considerar que la desorientación que produce el vértigo alternobárico puede constituir un riesgo potencial para pilotos que lo desarrollen durante su actividad laboral.

Prevención y tratamiento

El vértigo alternobárico suele resolverse, espontáneamente, en minutos y sin secuelas vestibulares a largo plazo, por lo que no existen medidas preventivas o terapéuticas que otorguen algún beneficio. Se han reportado casos de vértigo alternobárico prolongado por días o semanas. En esta circunstancia, el manejo consiste en descartar causas más importantes de vértigo^{12,21}.

Barotrauma del oído interno

En casos de disfunción extrema de la tuba auditiva, con enormes gradientes de presión, se puede generar un barotrauma del oído interno con ruptura de las ventanas oval y/o redonda, hemorragia, desgarros de la membrana laberíntica o fistulas perilinfáticas asociadas²⁰. El desgarramiento de las estructuras

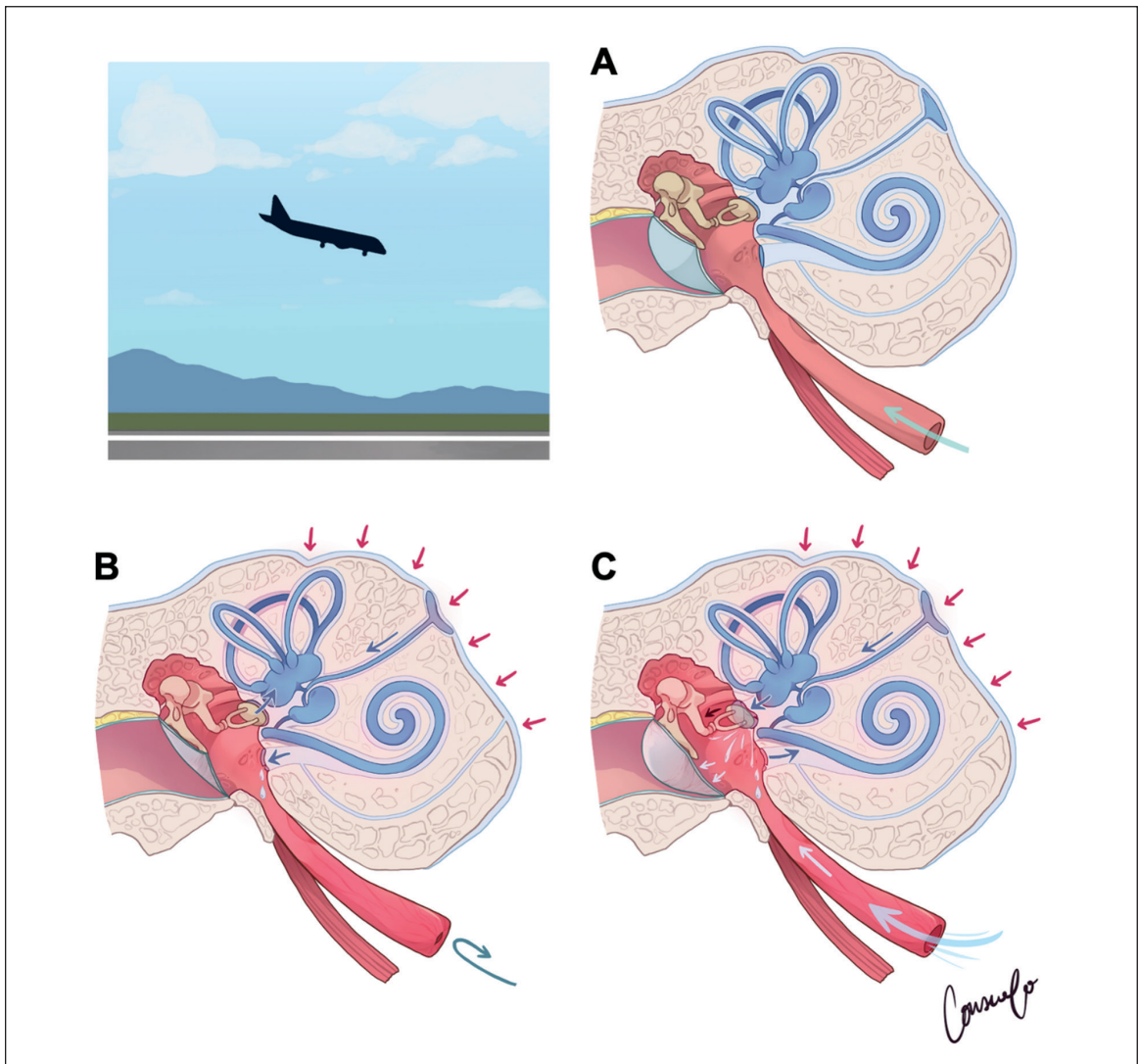
ARTÍCULO DE REVISIÓN

Tabla 1

Cuadros Clínicos	Medidas de Prevención	Tratamiento Médico	Tratamiento Quirúrgico
Barotrauma del medio oído	<ul style="list-style-type: none"> Evitar viajes aéreos en presencia de IRA Maniobras de apertura de la tuba auditiva (bostezar, masticar, sorber líquidos, deglutir, Valsalva) durante cambios de altitud Antihistamínicos y descongestionantes orales/nasales (Pseudoefedrina 120 mg oral) Dispositivos de autoinflación (e.g. Otovent®) 	<ul style="list-style-type: none"> AINES orales Dispositivos de autoinflación Antibióticos tópicos ante perforación timpánica y sobreinfección Considerar descongestionantes (Pseudoefedrina 120 mg oral) y corticoides 	<p>Cuadros refractarios recurrentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> Miringotomía con tubo de ventilación Dilatación de la porción cartilaginosa de la tuba con balón
Barotrauma del interno oído	<p>Similar a la prevención del barotrauma, de oído medio</p>	<p>Tratamiento individualizado por especialista</p> <ul style="list-style-type: none"> Considerar corticoides y descongestionantes (Pseudoefedrina 120 mg oral) 	<p>Según la lesión:</p> <ul style="list-style-type: none"> Miringonlastia/Timpanoplastia Reparación de fistula perilinfática
Baronaresia del nervio facial	<p>En casos recurrentes, considerar:</p> <ul style="list-style-type: none"> Corticoides orales Descongestionantes intranasales Antihistamínicos en pacientes alérgicos 	<p>Cuadro frecuentemente benigno y autolimitado:</p> <ul style="list-style-type: none"> Manejo conservador: corticoides orales 	<p>Frente a síntomas persistentes por horas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Miringotomía con tubo de ventilación. Corticoides orales
Barotrauma sinusal	<ul style="list-style-type: none"> Evitar viajes aéreos en presencia de IRA Descongestionantes orales previos a despegue (Pseudoefedrina 120 mg oral) Descongestionantes intranasales antes y durante el descenso. 	<p>Bacosinusitis aguda:</p> <ul style="list-style-type: none"> Manejo de sinusitis aguda: corticoides y aseos nasales Analgésicos y descongestionantes según evolución <p>Frente a síntomas prolongados > 24 horas, considerar:</p> <ul style="list-style-type: none"> Antibióticos orales Corticoides orales 	<p>Considerar cirugía endoscópica nasosinusal (CEN):</p> <ul style="list-style-type: none"> Lesiones orbitarias, neumoencéfalo, fistula de LCE u otras complicaciones Cronicidad asociada a anomalías anatómicas corregibles en pacientes expuestos (laboral).
Vértigo altermobárico	<p>Autolimitado, sin medidas preventivas o terapéuticas específicas. Se sugiere descartar causas más importantes de vértigo concomitantes.</p>		

anteriores puede darse por un aumento súbito de la presión del líquido perilinfático en un proceso denominado “ruptura explosiva” (Figura 2B). Durante un descenso precipitado, el daño se desencadenaría por el alza abrupta de la presión ambiental y su transmisión al oído interno a través de los osículos. Una vez que se alcanza la gradiente de presión crítica para la tuba auditiva (80-90 mmHg), los intentos fallidos de apertura

mediante maniobras de Valsalva resultan en un aumento de la presión intracraneal que también será retransmitida al oído interno, favoreciendo la ruptura de la ventana oval o redonda⁴⁴. Por otro lado, de lograrse la apertura activa de la tuba auditiva, un fenómeno de rápida descompresión y entrada de gas lateraliza la membrana timpánica con violenta tracción de la cadena osicular, ligamento anular y ventana oval, facilitando su lesión



por "ruptura implosiva" (Figura 2C). Ambos escenarios pueden resultar en una fístula perilinfática barotraumática^{44,45}.

Cuadro clínico y estudio complementario

El barotrauma ótico interno es una patología descrita más frecuentemente entre buzos,

pero puede ocurrir en contexto de vuelo en función de las gradientes de presión inducidas por el descenso del avión. Las manifestaciones clínicas se explican por el daño de estructuras internas como la ventana redonda u oval y la ruptura de la membrana basilar, fenómenos facilitados por fluctuaciones abruptas de la

presión perilinfática⁴⁴. La fístula perilinfática puede presentarse inmediatamente posterior al trauma, con síntomas leves e intermitentes o graves y permanentes⁴⁵⁻⁴⁷. Entre estos síntomas destaca la presencia de tinnitus, el cual tiende a la resolución completa en la mayoría de los pacientes tratados adecuadamente⁴⁴. Otros síntomas descritos son náuseas, vómitos, sensación de plenitud ótica, vértigo e hipoacusia sensorioneural unilateral que puede ser sùbita y profunda^{44,45,48}. Se ha descrito la ocurrencia simultánea de barotitis del oído medio e interno⁴⁴.

Al examen físico es posible evidenciar el “signo de la fístula” cuando se genera nistagmo al aplicar cambios de presión en el conducto auditivo externo. El “signo de Tullio”, el cual consiste en crisis de vértigo o nistagmo gatilladas por un estímulo auditivo de elevada intensidad, es otro hallazgo posible, aunque no específico de fístula perilinfática. La prueba de Romberg, como en otras alteraciones periféricas del equilibrio, lateralizará hacia el lado afectado al bloquear el estímulo visual. Por último, en la otoscopia es posible evidenciar alteraciones compatibles con barotitis media, sin embargo, encontrar un tímpano sano no es infrecuente^{6,45,46}. Muchos de los signos descritos podrían estar ausentes en el momento de la primera evaluación y, actualmente, ninguno se considera patognomónico. Además, no existen muchos exámenes sensibles y específicos para fístula perilinfática y es común que se realice el diagnóstico definitivo durante la exploración quirúrgica^{45,48,49}.

La audiometría tonal, habitualmente, informará hipoacusia sensorioneural, no obstante, y dada la posibilidad de injuria concomitante del oído medio, la hipoacusia podría ser mixta^{6,44}. La tomografía computada (TC) de huesos temporales de alta resolución es el método más sensible para su detección, con un 80% de sensibilidad en comparación con la visualización intraoperatoria de la fístula, lo cual puede aumentarse hasta 100% si se agrega resonancia magnética (RM)⁴⁸. En el contexto de un posible barotrauma por vuelo, se requiere una elevada sospecha clínica para realizar un diagnóstico oportuno, ofrecer el tratamiento adecuado y prevenir las secuelas audiovestibulares permanentes de la fístula perilinfática^{45,48}.

Tratamiento

Cuando el barotrauma se manifiesta con lesiones graves del oído medio o interno, el caso debe referirse al especialista^{1,6,11}. Pacientes con historia de un vuelo reciente e hipoacusia sensorioneural, vértigo persistente, nistagmo, perforaciones de la membrana timpánica o alteraciones audiométricas, cumplen criterios de derivación inmediata al otorrinolaringólogo, a fin de prevenir o limitar las secuelas audiológicas o vestibulares del barotrauma^{20,27}, para lo cual el tratamiento se ajustará de acuerdo con la naturaleza de la lesión sospechada^{46,47}. El procedimiento utilizado puede variar ampliamente, por ejemplo, a través de la reparación de fístulas perilinfáticas de la ventana redonda u oval⁵⁰⁻⁵². El éxito dependerá, fundamentalmente, de la severidad del daño, la técnica utilizada y el intervalo de tiempo entre el inicio de los síntomas y la intervención quirúrgica. Sin embargo, podrían quedar secuelas auditivas permanentes a pesar de una intervención oportuna^{49,50,52}. Por ser una forma excepcional de barotrauma ótico, no existen medidas específicas para su prevención, aunque los corticoides sistémicos son una alternativa razonable en caso de hipoacusia neurosensorial. La fisiopatología de la enfermedad indica que recomendaciones similares a las establecidas para disminuir la incidencia de barotitis media podrían ser de utilidad en la prevención del barotrauma del oído interno.

Barotrauma sinusal

Otros órganos expuestos al barotrauma son los senos paranasales, ya que tienen el potencial de convertirse en cavidades cerradas en presencia de sinusitis crónica, infecciones respiratorias activas, rinitis alérgica u otras causas de obstrucción de sus drenajes naturales. Durante el ascenso disminuye la presión barométrica y la expansión concomitante del gas intracavitario aumenta la presión intrasinusal, produciendo lesiones por compresión expansiva de la mucosa contra las paredes óseas externas, lo que genera inflamación y desgarros (Figura 3B). En el descenso, la cavidad paranasal colapsa con el aumento de la presión barométrica en un proceso descrito como “injuria por descompresión”, con inflamación, hematomas y

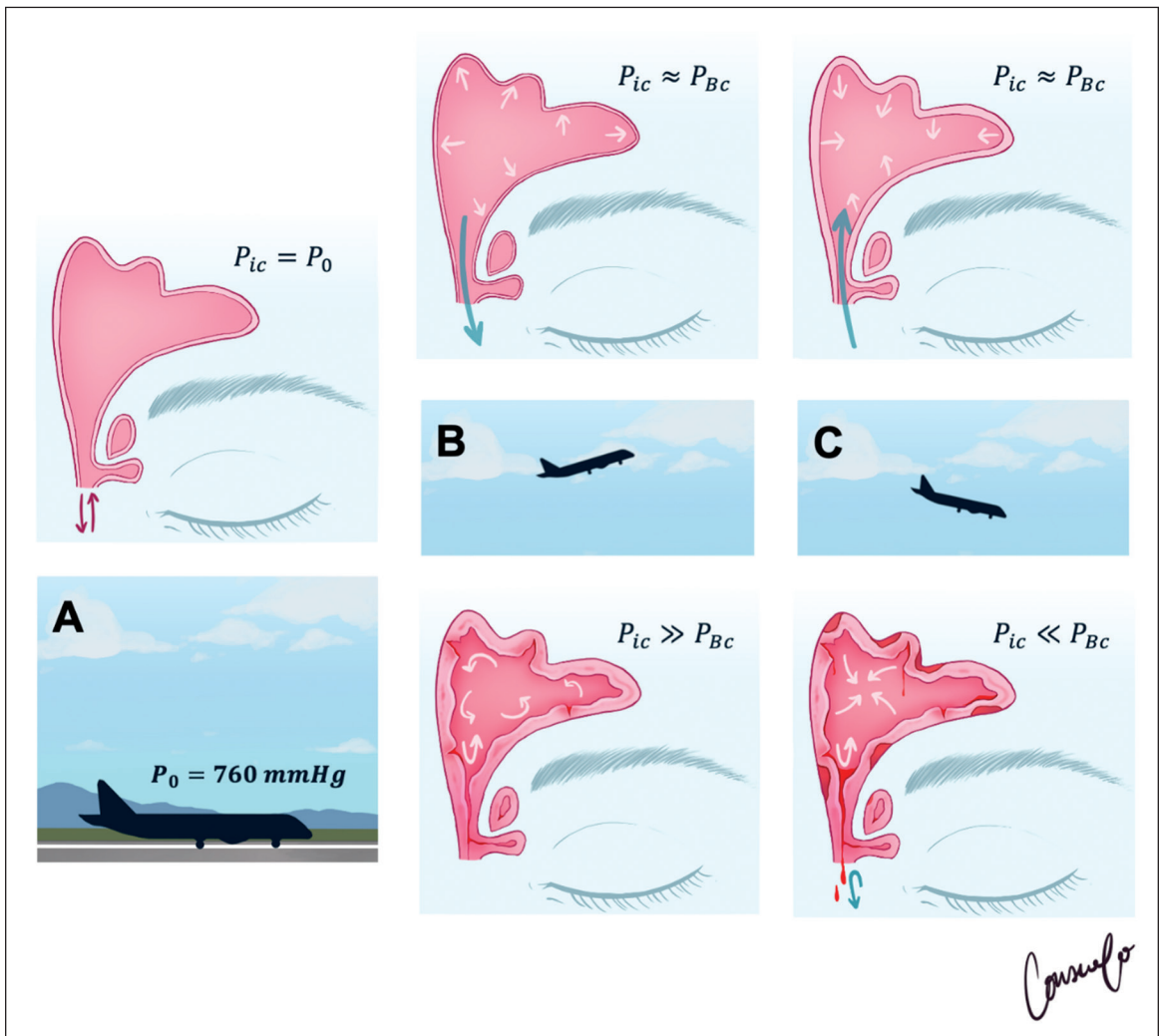


Figura 3. Fisiopatología del barotrauma sinusal. **(A)** A nivel del mar, la presión intracavitaria (P_{ic}) y la presión barométrica (P_0) se encuentran en equilibrio. **(B)** Durante el ascenso, el gas intrasinusal se expande a medida que disminuye la presión barométrica de cabina (P_{Bc}). En condiciones fisiológicas, el aire escapa de la vía de drenaje sinusal, permitiendo el equilibrio de presiones. En presencia de sinusitis crónica, rinitis alérgica, infecciones respiratorias u otras causas de obstrucción de sus drenajes naturales, el aire es retenido y aumenta la P_{ic} , produciendo lesiones e inflamación de la mucosa por compresión expansiva. **(C)** Durante el descenso, la P_{Bc} incrementa y el gas intrasinusal se contrae. Si los drenajes de las cavidades paranasales son permeables, ingresa aire a la cavidad y las presiones permanecen en equilibrio. En caso de obstrucción ostial, se establece una P_{ic} negativa que lleva al colapso de la cavidad ("injurias por descompresión"), generando inflamación, hematomas y la posibilidad de avulsión de la mucosa sinusal.

posibilidad de avulsión de la mucosa sinusal con intenso dolor facial (Figura 3C). Ambos cuadros descritos anteriormente, corresponden a formas de barosinusitis inducida por vuelo¹⁵.

Cuadro clínico y estudio complementario

La barosinusitis por vuelo se presenta, habitualmente, en individuos con antecedentes de

inflamación crónica rinosinusal de otra causa y puede ocurrir tanto en el ascenso como en el descenso^{15,53,54}. La barosinusitis aguda suele afectar a una sola cavidad a la vez y el cuadro clínico se caracteriza por la aparición de dolor facial de inicio súbito, de carácter punzante o sordo, cuya localización dependerá del seno paranasal comprometido, siendo más frecuen-

te el frontal (68-100%), seguido del maxilar y el esfenoides^{53,55}. La epistaxis estará presente hasta en un 58% de los pacientes⁵³ y con menor frecuencia, el paciente puede referir crépitos en la región del seno afectado, descarga nasal, anestesia en el área innervada por el nervio maxilar y odontalgia^{15,19}.

La variante recurrente consiste en episodios de barosinusitis a repetición en un paciente que se mantiene asintomático entre episodios, sin evidencia clínica o radiológica de la enfermedad. La barosinusitis crónica se define por episodios recurrentes de barosinusitis y persistencia de los síntomas entre cuadros, es la forma de presentación más severa y, frecuentemente, se confunde por rinosinusitis crónica¹⁵. Esta variante tiende a afectar múltiples senos simultáneamente (a diferencia de la presentación aguda) y se relaciona con la exposición repetida al barotrauma^{15,56}.

En el estudio complementario, el TC de cavidades paranasales permite evaluar anomalías anatómicas predisponentes para barosinusitis aguda, recurrente o crónica, y planificar la cirugía en caso de ser necesaria¹⁵. En la barosinusitis aguda, los hallazgos radiológicos pueden estar ausentes o reflejar opacificación total o parcial del seno paranasal comprometido⁵⁴. No obstante, una historia clínica acabada, el antecedente de exposición reciente a un vuelo y los hallazgos del examen físico suelen ser suficientes para el diagnóstico de barosinusitis aguda. En barosinusitis recurrentes, las imágenes podrían revelar desviación septal u otras variaciones anatómicas que obstruyan el drenaje de las cavidades paranasales, aun cuando debieran encontrarse limpias entre episodios. Finalmente, la variante crónica podría presentar engrosamiento bilateral de la mucosa nasosinusal u opacificación total de los senos durante y entre episodios¹⁵. En la nasofibroscofia se podría encontrar degeneración mucosa polipoidea, ostium maxilar accesorio u otras alteraciones propias de rinitis o sinusitis crónica.

Prevención y tratamiento

La barosinusitis aguda se asocia fuertemente con infecciones respiratorias altas recientes y otras causas de inflamación de la mucosa nasosinusal, esto determina que la medida preventiva más importante y efectiva a indicar

sea excluirse de los viajes en avión durante estos episodios¹⁵. En el caso de imposibilidad de evitar o reprogramar el viaje, la administración de descongestionantes orales antes del despegue e intranasales inmediatamente antes del descenso, podría reducir la incidencia de barosinusitis. No obstante, los estudios que soportan esta recomendación fueron realizados para la prevención del barotrauma ótico^{28,29} y, además de la experiencia clínica, no se han realizado ensayos clínicos controlados de esquemas profilácticos para el barotrauma sinusal.

Para el tratamiento de la barosinusitis aguda se han planteado diferentes alternativas médico-quirúrgicas, aunque aún sin evidencia robusta que las sustente. El manejo médico puede ir desde el manejo expectante en casos muy leves, hasta el uso de analgésicos, descongestionantes, antibióticos, corticoides nasales y orales. Se ha supuesto que los episodios aislados de barosinusitis aguda podrían responder, adecuadamente, a un tratamiento descongestionante y analgésico oral, inmediatamente, después del inicio de los síntomas, sin embargo, la recomendación se basa, únicamente, en la opinión de expertos⁵⁷. El rol de los antibióticos y corticoides es aún incierto y se ha sugerido su uso eventual para los casos cuya sintomatología se prolonga por más de 24 horas¹⁵. La recomendación actual de tratamiento es utilizar las orientaciones técnicas para el manejo de sinusitis agudas de otras etiologías y diferir el diagnóstico por imágenes si no se sospechan complicaciones¹⁵. En pacientes con barosinusitis aguda recurrente podría realizarse TC de cavidades paranasales para la evaluación de anomalías anatómicas que expliquen la predisposición. La presencia de barosinusitis crónica implica la necesidad de un tratamiento médico exhaustivo, símil al que se aplica a la rinosinusitis crónica, antes de plantear un manejo quirúrgico, pero este tratamiento médico no ha sido aún estandarizado. En la literatura trasladada desde la barosinusitis crónica por buceo se han propuesto regímenes de lavado nasal con solución salina y fluticasona en aerosol, asociada a pulsos de 100 mg de prednisona oral por 5 días, con buena respuesta sintomática y reincorporación a la práctica de submarinismo habitual^{56,58}. Pese a todo, aún no existe consenso en el manejo médico de la barosinusitis crónica, se requie-

ren más estudios para elaborar orientaciones terapéuticas para ésta y otras variantes del barotrauma sinusal.

El manejo quirúrgico en la barosinusitis aguda aislada quedaría reservado para el tratamiento de lesiones orbitarias, neumoencefalo, fistula de líquido cerebroespinal u otras complicaciones agudas del barotrauma. Ante la sospecha de barosinusitis aguda recurrente, se recomienda realizar un estudio radiológico y endoscópico acabado de la anatomía sinusal, a fin de encontrar causas, quirúrgicamente, corregibles. La decisión acerca del procedimiento quirúrgico a realizar es individualizada, dependiendo de los hallazgos clínico-radiológicos y las características del paciente, siendo la cirugía endoscópica nasosinusal (CEN) la alternativa principal^{15,57}. En barosinusitis crónicas cuyo tratamiento médico ha fracasado, la CEN ha reportado tasas de éxito de hasta 92-95% a largo plazo⁵⁹. Actualmente, la barosinusitis crónica se considera como un marcador de inexorable exposición a cambios abruptos de presión, por lo cual los expertos coinciden en que debe realizarse la máxima apertura posible de las vías de drenaje sinusal para evitar la reestenosis y recidiva de los síntomas¹⁵. El conjunto de procedimientos recomendados comprende antróstomía maxilar ampliada, etmoidectomía y disección de seno frontal con Draf IIA o superior, según el caso^{60,61}.

Existe literatura escasa respecto del uso profiláctico de sinusoplastia con balón, sin conclusiones claras acerca de su utilidad, no obstante, en base a la fisiopatología y experiencia de expertos, se ha considerado como alternativa para la prevención del barotrauma sinusal¹⁵. Se requieren aún más estudios que comparen técnicas quirúrgicas a fin de establecer recomendaciones robustas para la prevención y tratamiento de barosinusitis aguda, crónica o recurrente en personas de alto riesgo.

Baroparesia del nervio facial

La hipótesis más ampliamente aceptada acerca de la fisiopatología de la baroparesia facial se basa en la neuropraxia isquémica, mecanismo que se ha fundamentado en hallazgos de estudios anatómicos, modelos animales y la evidencia clínica basada en su rápida instala-

ción durante el vuelo y posterior resolución¹⁸. Se postula que dehiscencias de la lámina ósea en la porción timpánica del canal del nervio facial, presentes hasta en un 56% de los huesos temporales⁶² (Figura 4A), permitirían que las gradientes de presión generadas en el oído medio durante el ascenso se transmitan al séptimo par, generando fenómenos de compresión de la *vasa nervorum* e isquemia del nervio¹⁸ (Figura 4B) que se manifiestan como grados variables de parálisis facial periférica (Figura 4C). Otra hipótesis involucra la transmisión de la presión al nervio facial a través de la cuerda del tímpano. Esta teoría, aunque menos reconocida, podría explicar la ocurrencia de baroparesia facial en pacientes cuyo estudio radiológico no encuentra un canal facial dehiscente.

Cuadro clínico y estudio complementario

En los reportes que han descrito casos de baroparesia facial, los síntomas más frecuentes incluyeron paresia facial periférica (100%), sensación de plenitud ótica (56,5%), otalgia (43,4%) e hipoacusia (17,3%). Los episodios se presentaron, mayoritariamente, durante el ascenso y tuvieron una resolución espontánea sin tratamiento, la duración promedio oscilaba entre 5 minutos y 4,5 horas¹⁸. Con menor frecuencia se reportaron crisis de vértigo durante los episodios y dolor facial residual. Ante la duda diagnóstica, el estudio complementario con TC de huesos temporales puede evidenciar la dehiscencia del canal facial con una sensibilidad de 66-80% y especificidad de 84-98%¹⁸.

Prevención y tratamiento

La parálisis facial alternobárica, de manera similar al vértigo alternobárico, es una forma de barotrauma benigna y autolimitada que en general se resuelve, espontáneamente, en minutos hasta pocas horas, aunque se han reportado casos de baroparesia del nervio facial prolongada por hasta dos meses y medio¹⁸. En pacientes con parálisis facial barotraumática recurrente, se ha recomendado el uso profiláctico de corticoides, descongestionantes intranasales y antihistamínicos en pacientes alérgicos^{17,63}, sin embargo, esta recomendación se basa en la experiencia clínica y reportes de casos, no en ensayos clínicos controlados aleatorizados. Ante la sospecha de baroparesia facial persistente, se recomienda la referencia

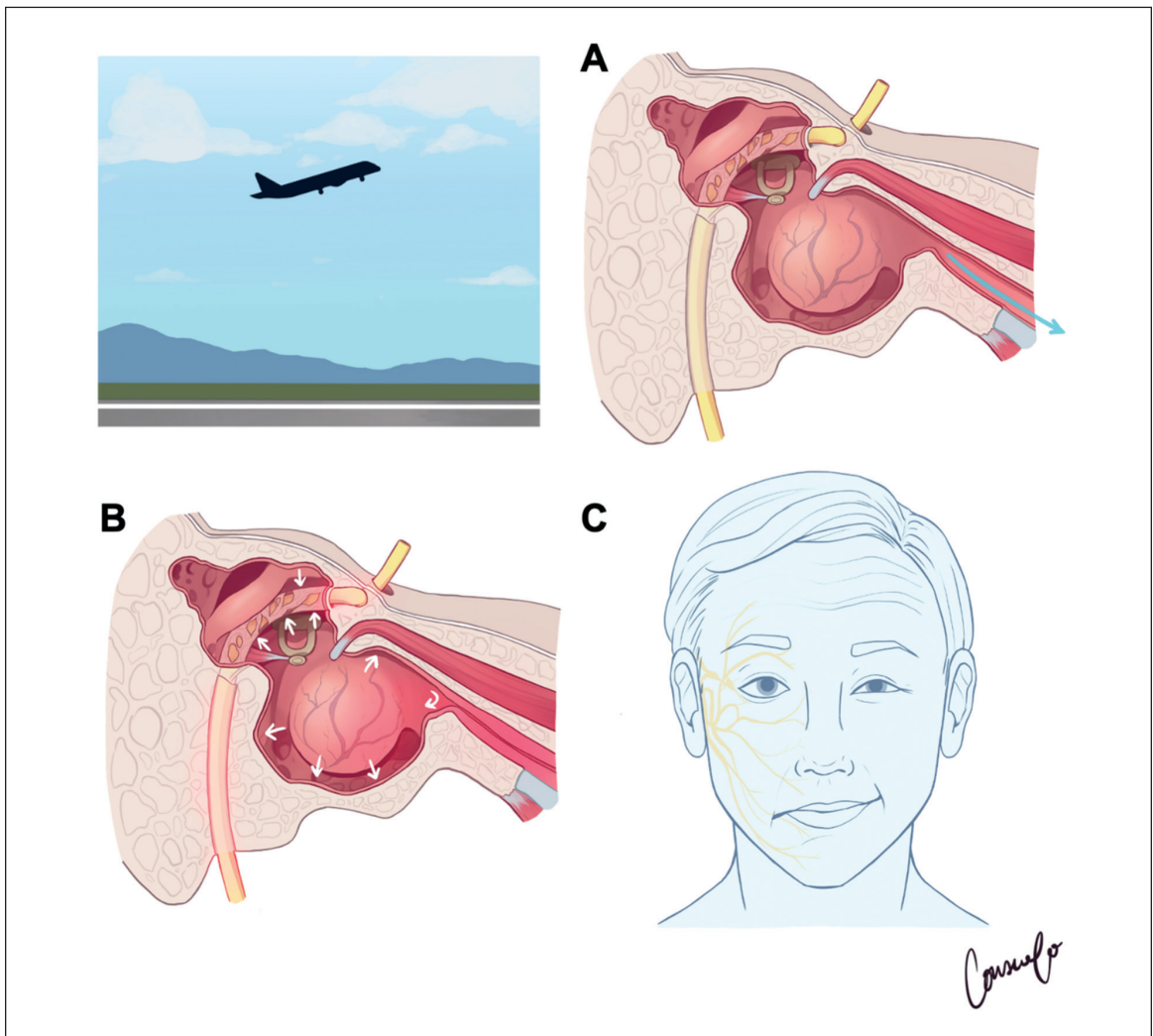


Figura 4. Fisiopatología de la baroparesia del nervio facial. **(A)** Hasta un 56% de los huesos temporales presentan dehiscencias de la lámina ósea del canal facial en su porción timpánica⁶², lo que no causa problemas durante el vuelo en personas con tubas auditivas funcionales. **(B)** Durante el ascenso, en condiciones patológicas de la tuba auditiva, las dehiscencias óseas permiten la transmisión de las gradientes de presión al nervio facial, generando compresión de los *vasa nervorum* y neuropraxia isquémica. **(C)** La neuropraxia isquémica del séptimo par se manifiesta clínicamente como una parálisis facial de patrón periférico.

inmediata al otorrinolaringólogo para miringotomía de urgencia con instalación de tubo de ventilación, medida orientada a prevenir el daño irreversible del séptimo par^{18,63}. Se desconoce aún si la administración de corticoides orales aporta algún beneficio terapéutico, pero se ha descrito como una alternativa plausible en reportes de casos de baroparesia del nervio facial, especialmente, si se asocia a hipoacusia sensorineural⁶³.

Conclusión

Si bien el barotrauma es un motivo de consulta, relativamente infrecuente, en la práctica otorrinolaringológica habitual, esta situación podría cambiar, notablemente, con la creciente exposición poblacional a cambios abruptos de presión. Entre las causas de barotrauma, el viaje en avión es la etiología más frecuente y se pronostica un alza progresiva de los casos,

considerando las grandes cifras de pasajeros, personal asociado transportado y vuelos que se realizan anualmente en el mundo, cuyo aumento sostenido en el tiempo sólo ha sido interrumpido por la pandemia COVID-19, durante el período 2020-2022.

La mayoría de los órganos afectados por el barotrauma por vuelo pertenecen al campo de la otorrinolaringología, siendo el oído, las cavidades paranasales y el nervio facial, los más afectados. La fisiopatología del barotrauma por vuelo se ha relacionado con los cambios de la presión barométrica a diferente altitud, asociados a disfunciones de la tuba auditiva y/o infecciones respiratorias altas, por lo que las medidas preventivas se han orientado a reducir la congestión de la vía aérea superior, tratar la disfunción de la tuba auditiva y mejorar la permeabilidad del drenaje sinusal. Las consideraciones anteriores son, especialmente, relevantes para aquellas personas con exposición crónica a cambios de presión por motivos laborales, quienes podrían verse afectados por la patología con mayor frecuencia.

La mayoría de los barotraumas son benignos y autolimitados. La barotitis media de bajo grado, el vértigo alternobárico, la barosinusitis aguda aislada y la baroparesia facial son patologías de buen pronóstico que, salvo en casos persistentes, sólo requerirán un manejo conservador. La barotitis media complicada, el barotrauma del oído interno y las barosinusitis crónicas o recurrentes, requieren un manejo médico-quirúrgico activo para aliviar los síntomas y prevenir secuelas audiovestibulares permanentes. La sospecha clínica de un barotrauma grave impone la necesidad de derivación urgente al otorrinolaringólogo para estudio y tratamiento de las complicaciones.

El conocimiento de los aspectos epidemiológicos, fisiopatológicos y clínicos del barotrauma inducido por vuelo otorgará al médico general y especialista las destrezas necesarias para reconocer, prevenir y resolver esta patología, junto con evitar recurrencias y consecuencias a largo plazo.

Bibliografía

- Battisti AS, Haftel A, Murphy-Lavoie HM. Barotrauma. In: StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing; 2021.
- International Civil Aviation Organization. The World of Air Transport in 2019. Annual Report 2019.
- Rodrigue JP. The Geography of Transport Systems 5th Edition. Routledge; 2020.
- Junta de Aeronáutica Civil. Anuario de Tráfico Aéreo.; 2019.
- Buchanan BJ, Hoagland J, Fischer PR. Pseudoephedrine and air travel-associated ear pain in children. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 1999;153(5):466-468. doi:10.1001/archpedi.153.5.466
- Mirza S, Richardson H. Otic barotrauma from air travel. *J Laryngol Otol.* 2005;119(5):366-370. doi:10.1258/0022215053945723
- Lindfors OH, Ketola KS, Klockars TK, Leino TK, Sinkkonen ST. Middle Ear Barotraumas in Commercial Aircrew. *Aerosp Med Hum Perform.* 2021;92(3):182-189. doi:10.3357/AMHP.5738.2021
- Hanna HH. Aeromedical aspects of otolaryngology. *Aviat Space Environ Med.* 1979;50(3):280-283.
- Pinto JA, Nunes H dos SS, dos Santos RS, et al. Otitis media with effusion in aircrew members. *Aerosp Med Hum Perform.* 2019;90(5):462-465. doi:10.3357/AMHP.5266.2019
- Morgagni F, Autore A, Landolfi A, Appiani MC, Appiani GC. Predictors of ear barotrauma in aircrews exposed to simulated high altitude. *Aviat Space Environ Med.* 2012;83(6):594-597. doi:10.3357/ASEM.3255.2012
- King PF. Otic barotrauma. *Int J Audiol.* 1976;15(4):279-286. doi:10.3109/00206097609071788
- Swain SK, Acharya S. Alternobaric vertigo-An uncommon medical hazard. *Journal of Clinical and Scientific Research.* 2020;9:229-234. doi:10.4103/JCSR.JCSR_37_20
- Subtil J, Varandas J, Galvão F, Santos A Dos. Alternobaric vertigo: Prevalence in Portuguese Air Force pilots. *Acta Otolaryngol.* 2007;127(8):843-846. doi:10.1080/00016480601075415
- Klokker M, Vesterhauge S. Perilymphatic fistula in cabin attendants: an incapacitating consequence of flying with common cold. *Aviat Space Environ Med.* 2005;76(1):66-68.
- Vaezaefshar R, Psaltis AJ, Rao VK, Zarabanda D, Patel ZM, Nayak J V. Barosinusitis: Comprehensive Review and Proposed New Classification System. *Allergy and Rhinology.* 2017;8(3). doi:10.2500/ar.2017.8.0221
- Mendoza I, Sepúlveda I, Schmidt T. Parálisis facial recidivante en vuelos comerciales: Reporte de un caso. *Rev Otorrinolaringol Cir Cabeza Cuello.* 2016;76(2):201-204. doi:10.4067/S0718-48162016000200008
- Cumming B, Matchett I, Meller C, Saxby A. High Altitude Alternobaric Facial Palsy: Case Series and Systematic Review of the Literature. *Otol Neurotol.* 2019;40(10):1378-1385. doi:10.1097/MAO.0000000000002379
- Alwan M, Gordan M. Facial nerve baroparesis

ARTÍCULO DE REVISIÓN

- during airflight: a case report and literature review. *J Laryngol Otol.* 2021;135(1):88-92. doi:10.1017/S0022215120002431
19. Battisti AS, Lofgren DH, Lark JD. Barosinusitis. In: StatPearls. StatPearls Publishing; 2017.
 20. ONeill OJ, Brett K, Frank AJ. Middle ear barotrauma. In: StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing; 2018.
 21. Francescon D, Jamal Z, Cooper JS. Alternobaric Vertigo. In: StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing; 2022.
 22. Kortschot HW, Oosterveld WJ. Barotrauma in Boeing 737 cabin crew. *ORL.* 1993;55(2):114-116. doi:10.1159/000276393
 23. Brown TP. Middle ear symptoms while flying. Ways to prevent a severe outcome. *Postgrad Med.* 1994;96(2):135-142. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8041680>
 24. Westerman ST, Fine MB, Gilbert L. Aerotitis: cause, prevention, and treatment. *J Am Osteopath Assoc.* 1990;90(10):926-928.
 25. Mitchell-Innes A, Young E, Vasiljevic A, Rashid M. Air travellers' awareness of the preventability of otic barotrauma. *Journal of Laryngology and Otology.* 2014;128(6):494-498. doi:10.1017/S0022215114001145
 26. Sohn JH. Recurrent middle ear barotrauma in student pilots. *Aerosp Med Hum Perform.* 2019;90(8):681-687. doi:10.3357/AMHP.5254.2019
 27. Orji FT, Agu CC. Determinants of spontaneous healing in traumatic perforations of the tympanic membrane. *Clinical Otolaryngology.* 2008;33(5):420-426. doi:10.1111/j.1749-4486.2008.01764.x
 28. Csortan E, Jones J, Haan M, Brown M. Efficacy of Pseudoephedrine for the Prevention of Barotrauma During Air Travel. *Ann Emerg Med.* 1994;23(6):1324-1327. doi:10.1016/S0196-0644(94)70359-0
 29. Jones JS, Sheffield W, White LJ, Bloom MA. A double-blind comparison between oral pseudoephedrine and topical oxymetazoline in the prevention of barotrauma during air travel. *Am J Emerg Med.* 1998;16(3):262-264. doi:10.1016/S0735-6757(98)90097-3
 30. Iana RO, Stefanescu DC, Zainea V, Hainarosie R. The Role of Pseudoephedrine Tablets Versus Xylometazoline Spray in Otic Barotrauma Prevention During Flights. *Revista de Chimie.* 2018;69(11):3199-3202. doi:10.37358/RC.18.11.6711
 31. Stangerup SE, Tjernström Ö, Harcourt J, Klokker M, Stokholm J. Barotitis in children after aviation; prevalence and treatment with Otovent®. *J Laryngol Otol.* 1996;110(7):625-628. doi:10.1017/S0022215100134450
 32. Stangerup SE, Klokker M, Vesterhauge S, Jayaraj S, Rea P, Harcourt J. Point Prevalence of Barotitis and Its Prevention and Treatment with Nasal Balloon Inflation: A Prospective, Controlled Study. *Otol Neurotol.* 2004;25(2):89-94. doi:10.1097/00129492-200403000-00001
 33. Stangerup SE, Tjernström O, Klokker M, Harcourt J, Stokholm J. Point prevalence of barotitis in children and adults after flight, and effect of autoinflation. *Aviat Space Environ Med.* 1998;69(1):45-49.
 34. Zhang Q, Banks C, Choroomi S, Kertesz T. A novel technique of otic barotrauma management using modified intravenous cannulae. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2013;270(10):2627-2630. doi:10.1007/s00405-012-2301-3
 35. Koc A, Uneri C. Sex distribution in children with tympanosclerosis after insertion of a tympanostomy tube. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2001;258(1):16-19. doi:10.1007/pl00007517
 36. Kim CW, Jin JW, Rho YS. Tuberculous otitis media developing as a complication of tympanostomy tube insertion. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2007;264(3):227-230. doi:10.1007/s00405-006-0167-y
 37. Jeon EJ, Park YS, Lee SK, et al. Factors of the blockage of ventilation tubes in the immediate postoperative period. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2007;264(12):1393-1397. doi:10.1007/s00405-007-0375-0
 38. Ockermann T, Reineke U, Upile T, Ebmeyer J, Sudhoff HH. Balloon dilation eustachian tuboplasty: A feasibility study. *Otol Neurotol.* 2010;31(7):1100-1103. doi:10.1097/MAO.0b013e3181e8cc6d
 39. Ockermann T, Reineke U, Upile T, Ebmeyer J, Sudhoff HH. Balloon dilatation eustachian tuboplasty: A clinical study. *Laryngoscope.* 2010;120(7):1411-1416. doi:10.1002/lary.20950
 40. Poe DS, Silvola J, Pyykkö I. Balloon Dilation of the Cartilaginous Eustachian Tube. *Otolaryngol Head Neck Surgery.* 2011;144(4):563-569. doi:10.1177/0194599811399866
 41. Meyer TA, O'Malley EM, Schlosser RJ, et al. A Randomized Controlled Trial of Balloon Dilation as a Treatment for Persistent Eustachian Tube Dysfunction With 1-Year Follow-Up. *Otol Neurotol.* 2018;39(7):894-902. doi:10.1097/MAO.0000000000001853
 42. Poe D, Anand V, Dean M, et al. Balloon dilation of the eustachian tube for dilatory dysfunction: A randomized controlled trial. *Laryngoscope.* 2018;128(5):1200-1206. doi:10.1002/lary.26827
 43. Plaza G, Navarro JJ, Alfaro J, Sandoval M, Marco J. Consenso sobre el tratamiento de la disfunción tubárica obstructiva mediante dilatación con balón. *Acta Otorrinolaringol Esp.* 2020;71(3):181-189. doi:10.1016/j.otorri.2019.01.005
 44. Rozycki SW, Brown MJ, Camacho M. Inner ear barotrauma in divers: An evidence-based tool for evaluation and treatment. *Diving Hyperb Med.* 2018;48(3):186-193. doi:10.28920/dhm48.3.186-193
 45. Stott C, Tabilo P, Albertz N, Toro C. Fistula perilinfática traumática: Entidad

- otorrinolaringológica poco frecuente. *Rev Otorrinolaringol Cir Cabeza Cuello*. 2008;68(3):283-287. doi:10.4067/S0718-48162008000400009
46. Pullen FW. Perilymphatic fistula induced by barotrauma. *Am J Otol*. 1992;13(3):270-272.
 47. Al Felasi M, Pierre G, Mondain M, Uziel A, Venail F. Perilymphatic fistula of the round window. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis*. 2011;128(3):139-141. doi:10.1016/j.anorl.2010.12.004
 48. Sarna B, Abouzari M, Merna C, Jamshidi S, Saber T, Djalilian HR. Perilymphatic Fistula: A Review of Classification, Etiology, Diagnosis, and Treatment. *Front Neurol*. 2020;11. doi:10.3389/fneur.2020.01046
 49. Park GY, Byun H, Moon IJ, Hong SH, Cho YS, Chung WH. Effects of Early Surgical Exploration in Suspected Barotraumatic Perilymph Fistulas. *Clin Exp Otorhinolaryngol*. 2012;5(2):74-80. doi:10.3342/ceo.2012.5.2.74
 50. Delrue S, Verhaert N, Dinther J van, et al. Surgical Management and Hearing Outcome of Traumatic Ossicular Injuries. *J Int Adv Otol*. 2016;12(3):231-236. doi:10.5152/iao.2016.2868
 51. Xing C, Liu H, Li G, Li J, Li X. Type 1 tympanoplasty in patients with large perforations: Comparison of temporalis fascia, partial-thickness cartilage, and full-thickness cartilage. *J Int Med Res*. 2020;48(8):300060520945140. doi:10.1177/0300060520945140
 52. Ahn J, Son SE, Choi JE, Cho YS, Chung WH. Surgical Outcomes on Hearing and Vestibular Symptoms in Barotraumatic Perilymphatic Fistula. *Otol Neurotol*. 2019;40(4):e356-e363. doi:10.1097/MAO.0000000000002160
 53. Fagan P, McKenzie B, Edmonds C. Sinus Barotrauma in Divers. *Annals of Otolology, Rhinology & Laryngology*. 1976;85(1):61-64. doi:10.1177/000348947608500110
 54. Weissman B, Green RS, Roberts PT. Frontal sinus barotrauma. *Laryngoscope*. 1972;82(12):2160-2168. doi:10.1288/00005537-197212000-00003
 55. Ambiru S, Furuyama N, Aono M, Otsuka H, Suzuki T, Miyazaki M. Analysis of risk factors associated with complications of hyperbaric oxygen therapy. *J Crit Care*. 2008;23(3):295-300. doi:10.1016/j.jcrc.2007.08.002
 56. Klingmann C, Praetorius M, Baumann I, Plinkert PK. Otorhinolaryngologic disorders and diving accidents: an analysis of 306 divers. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2007;264(10):1243-1251. doi:10.1007/s00405-007-0353-6
 57. Weitzel EK, McMains KC, Rajapaksa S, Wormald PJ. Aerosinusitis: Pathophysiology, prophylaxis, and management in passengers and aircrew. *Aviat Space Environ Med*. 2008;79(1):50-53. doi:10.3357/ASEM.2203.2008
 58. Skevas T, Baumann I, Bruckner T, Clifton N, Plinkert PK, Klingmann C. Medical and surgical treatment in divers with chronic rhinosinusitis and paranasal sinus barotrauma. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2012;269(3):853-860. doi:10.1007/s00405-011-1742-4
 59. Parsons DS, Chambers DW, Boyd EM. Long-term follow-up of aviators after functional endoscopic sinus surgery for sinus barotrauma. *Aviat Space Environ Med*. 1997;68(11):1029-1034.
 60. Weitzel EK, McMains KC, Wormald PJ. Comprehensive surgical management of the aerosinusitis patient. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*. 2009;17(1):11-17. doi:10.1097/MOO.0b013e32831b9caa
 61. Weitzel EK, Flottmann JT, McMains KC. Endoscopic Frontal Sinus Drillout for Recurrent Barotrauma: A Procedure to Save a Pilot's Career. *Aviat Space Environ Med*. 2009;80(7):660-662. doi:10.3357/ASEM.2513.2009
 62. Moreano EH, Paparella MM, Zelterman D, Goycoolea M V. Prevalence of Facial Canal Dehiscence and of Persistent Stapedial Artery in the Human Middle Ear. *Laryngoscope*. 1994;104(3):309-320. doi:10.1288/00005537-199403000-00012
 63. Ardehali MM, Yazdani N, Heidarali M. Transient Facial Nerve Baroparesis: Case Report. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 2009;12(5):476-479. doi:10.3923/pjbs.2009.476.479