

# Neumoencéfalo, una revisión de literatura

## Pneumocephalus, a literature review

Matías Gómez G.<sup>1,3</sup>, David Rojas Z.<sup>2</sup>, Rómulo Melo M.<sup>2</sup>, Belén Rivera C.<sup>4</sup>, Francisca Contreras H.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Servicio de Otorrinolaringología,  
Clínica Alemana de Santiago,  
Santiago, Chile.

<sup>2</sup>Servicio de Neurocirugía, Clínica  
Alemana de Santiago. Santiago,  
Chile.

<sup>3</sup>Facultad de Medicina Clínica  
Alemana, Universidad del  
Desarrollo. Santiago, Chile.

<sup>4</sup>Escuela de Medicina, Universidad  
del Desarrollo. Santiago, Chile.

Los autores no declaran conflicto  
de interés.

Recibido el 13 de mayo de 2022.  
Aceptado el 14 de septiembre de  
2022.

Correspondencia:  
Matías Gómez G.  
Av. Manquehue 1410, piso 11,  
Vitacura.  
Santiago, Chile.  
Email: jgomezg@alemana.cl

### Resumen

El neumoencéfalo corresponde a la presencia de aire intracraneal y, en general, es asintomático y autolimitado. Puede ocurrir posterior a trauma, cirugía craneofacial, defectos congénitos, infección, neoplasia o de forma espontánea. El neumoencéfalo a tensión es una emergencia neuroquirúrgica, en la que se acumula aire intracraneal de forma continua que genera un efecto de masa. Clínicamente, se caracteriza por cefalea y un deterioro neurológico marcado. A pesar de ser poco frecuente, es relevante considerar el neumoencéfalo a tensión como una posible complicación en pacientes con antecedente de neurocirugía y/o cirugía otorrinolaringológica, debido a que es una patología potencialmente grave. El diagnóstico es clínico e imagenológico, y requiere de un alto índice de sospecha. Un manejo oportuno es relevante para prevenir la herniación y la muerte.

**Palabras clave:** neumoencéfalo, neumoencéfalo a tensión, gas intracraneal, cefalea.

### Abstract

*Pneumocephalus refers to the presence of air in the cranial cavity, and in general, is self-limited and asymptomatic. It can occur after trauma, craniofacial surgery, due to congenital defects, infection, neoplasia or spontaneously. Tension pneumocephalus is a neurosurgical emergency in which intracranial air accumulates continuously, causing a mass effect. It presents with headache and marked neurological deterioration. Despite being rare, it is relevant to consider tension pneumocephalus as a possible complication in patients with a history of neurosurgery and/or otolaryngology surgery, as it can be life-threatening. Diagnosis requires a high index of suspicion and imagingologic confirmation. Timely management is relevant to prevent herniation and death.*

**Keywords:** pneumocephalus, tension pneumocephalus, intracranial gas, headache.

### Introducción

El neumoencéfalo se define como la presencia de aire intracraneal, que se puede localizar a nivel epidural, subdural, subaracnoideo, intraparenquimatoso o intraventricular<sup>1,2</sup>. Fue descrito por primera vez por Lecat en 1741<sup>3</sup>. En 1913, Lockett usaba radiografías de cráneo para su diagnóstico y, finalmente, el término “neumoencéfalo” fue acuñado por Wolff, en 1914<sup>4</sup>. El neumoencéfalo puede ocurrir posterior a trauma, cirugía craneofacial, por defectos congénitos, infección, neoplasia o de forma espontánea<sup>5,6</sup>. Se clasifica como neumoencéfalo simple o a tensión y también como agudo

(≤ 72 horas) o tardío (> 72 horas)<sup>1,2</sup>. Se debe considerar que existen casos en que el neumoencéfalo se desarrolla años después de una cirugía, incluso hay un caso reportado cinco años posterior a una cirugía endoscópica nasal transesfenoidal por un adenoma hipofisario<sup>7</sup>.

El neumoencéfalo se asocia a procedimientos neuroquirúrgicos y otorrinolaringológicos<sup>1</sup>. Casi la totalidad de los pacientes sometidos a procedimientos como craneotomía, craniectomía, descompresión con agujeros de trepanación, colocación de derivaciones, cirugía endoscópica de senos paranasales y cirugía transesfenoidal, tienen algún grado de neumoencéfalo dentro de los primeros días

postoperatorios cuando se busca de forma dirigida con tomografía computarizada (TC) de control, que puede persistir por 7 a 14 días<sup>6</sup>. Sin embargo, en la mayoría de los casos el volumen de aire intracraneal es pequeño, carece de manifestaciones clínicas y se reabsorbe espontánea y paulatinamente<sup>6</sup>. Previo al uso extendido de la TC, la incidencia de neumocéfalo era menor, debido a que el diagnóstico era realizado con radiografía simple<sup>8</sup>. En un estudio realizado por Reasoner et al. se describió que el 100% de pacientes sometidos a craneotomía supratentorial con brecha dural presentaron neumocéfalo los primeros 2 días postoperatorios y a los 7 días postoperatorios, el 75% presentó algún grado de neumocéfalo, en algunos casos persistiendo hasta 3 semanas<sup>8</sup>. Respecto a la cirugía endoscópica de senos paranasales, la incidencia de complicaciones intracraneales es < 1%, siendo el neumocéfalo extremadamente raro<sup>8</sup>. Ya que, en general, la presencia de aire intracraneal posterior a una intervención neuroquirúrgica u otorrinolaringológica no tiene trascendencia clínica, es un diagnóstico que en muchas ocasiones no se toma en consideración. Por ende, no se estudia de forma regular y la evidencia disponible es escasa.

Es relevante destacar, que los avances de la cirugía endoscópica de base de cráneo han permitido realizar intervenciones cada vez más extensas, de forma menos invasiva y con tasas de escisión tumoral similares a cirugías con abordaje abierto<sup>8</sup>. A pesar que la cirugía endoscópica o extracraneal se asocia a menor morbilidad, menor tiempo operatorio y menor tiempo de estadía hospitalaria respecto al abordaje intracraneal, las resecciones tumorales mayores conllevan defectos de la duramadre difíciles de sellar<sup>8,9</sup>. Lo anterior, ha aumentado la tasa de fistulas de líquido cefalorraquídeo (LCR), frecuentemente relacionadas con neumocéfalo<sup>8</sup>.

El neumocéfalo a tensión (NT) es una emergencia neuroquirúrgica, que se caracteriza por una acumulación continua de aire intracraneal que produce un efecto de masa, generando clínicamente un deterioro neurológico marcado<sup>10</sup>. El término "neumoencéfalo a tensión" fue descrito en 1962 por Ectors, Kessler y Stern<sup>11</sup>. Es relevante tener en cuenta las manifestaciones clínicas y los hallazgos

imagenológicos de un NT para un diagnóstico y manejo precoz, al ser una patología potencialmente grave que requiere una descompresión rápida para prevenir la herniación y muerte<sup>1,2,12,13</sup>.

El NT es una entidad poco frecuente después de una cirugía de base de cráneo, con pocos casos reportados en la literatura<sup>14</sup>. En general, la mayoría de los pacientes logra una recuperación completa de los síntomas posterior al tratamiento y excepcionalmente se han descrito casos con déficit neurológico permanente<sup>14</sup>. Es relevante diferenciarlo del neumocéfalo simple, ya que difieren en el manejo y el NT corresponde a una emergencia neuroquirúrgica<sup>10,14</sup>. En esta revisión se analiza la evidencia actual respecto a la etiología, la clasificación, el diagnóstico y el tratamiento del neumocéfalo, destacando la importancia de un diagnóstico y manejo oportuno, por un equipo multidisciplinario. Se debe reconocer y considerar el neumocéfalo como una posible complicación posterior a la cirugía endoscópica nasal funcional y la cirugía de base de cráneo, ya que puede generar déficit neurológico permanente o la muerte.

## Etiología

La principal causa de neumocéfalo es el trauma craneofacial, generando el 75% de los casos<sup>2</sup>. Ocurre en relación a fracturas de base de cráneo con brecha de duramadre, fractura de senos paranasales y lesiones penetrantes con laceración de la duramadre<sup>5</sup>. Anteriormente, era diagnosticado con radiografía simple y detectado en menos del 1% de los pacientes con trauma craneofacial, pero actualmente debido al mayor uso de TC, se ha reportado que 7-9% de los pacientes con trauma craneofacial presentan aire intracraneal<sup>8</sup>.

El neumocéfalo postquirúrgico puede ocurrir en relación a procedimientos como la craneotomía (sobre todo en cirugías de fosa posterior en posición prono y tras evacuación de hematoma subdural crónico en posición supina), craniectomía, agujeros de trepanación, ventriculostomías, cirugía endoscópica transesfenoidal, cirugía endoscópica de los senos paranasales, septoplastia y posterior a una punción lumbar o cirugía de columna ver-

tebral<sup>15,6,15</sup>. Sumado a esto, se han descrito casos en la literatura de neumoencéfalo simple y NT debido al uso de ventilación no invasiva con presión positiva en pacientes postoperados, ya que se puede forzar la entrada de aire intracraneal a través de un defecto en la base de cráneo o deshacer la herida quirúrgica formando una fistula, importante de tener en consideración posterior a una cirugía endoscópica de base de cráneo<sup>13</sup>.

Dentro de las condiciones congénitas que pueden causar un neumoencéfalo, están los defectos en la base del cráneo y defectos en el *tegmen tympani*<sup>5</sup>. La hiperneumatización del hueso temporal es un factor de riesgo, que puede ser congénito, pero también se cree que puede ser exacerbada por la realización de maniobras de Valsalva a repetición<sup>16</sup>.

Se ha detectado aire intracraneal en pacientes con tumores que erosionan el cráneo o tumores de base de cráneo como osteoma, adenoma epidermoide o hipofisario<sup>5</sup>. También, se ha reportado como complicación de la rotura de quiste dermoide intracraneal<sup>17</sup>.

El neumoencéfalo espontáneo es extremadamente raro y se conoce como la acumulación de aire intracraneal sin una causa aparente<sup>6</sup>. Se puede relacionar con barotrauma, maniobras de Valsalva e hiperneumatización de las celdillas mastoideas<sup>6</sup>. El barotrauma se puede generar en vuelos aéreos o deportes como el montañismo y el buceo<sup>6</sup>.

## Fisiopatología

El neumoencéfalo se genera cuando la presión intracraneal es menor a la atmosférica y para que ocurra, debe existir un defecto en el cráneo que permita la entrada de aire y a su vez, un factor adicional que promueva la entrada de aire<sup>18</sup>. Hay dos mecanismos fisiopatológicos principales, en primer lugar, la “válvula de bola” en que el aire ingresa al cráneo a través de un defecto cada vez que la presión del aire extracraneal excede la intracraneal (por ejemplo, al toser o estornudar) y se impide su salida por que hay tejido interpuesto<sup>18</sup>. En segundo lugar, la “botella invertida” en la que una fuga continua de líquido cefalorraquídeo genera una presión negativa en la cavidad intracraneal y, para equilibrar esta diferencia de presiones,

se compensa con la entrada de aire<sup>1</sup>. También se ha descrito el neumoencéfalo generado por microorganismos productores de gas en el contexto de una infección intracraneal, pero es muy infrecuente<sup>14</sup>.

## Presentación clínica

La mayoría de los pacientes neuroquirúrgicos tienen algún grado de neumoencéfalo durante los primeros 2 días postoperatorios, que puede persistir 7 a 14 días<sup>6</sup>. En general, son asintomáticos y autolimitados, ya que el aire se absorbe con el tiempo, por lo tanto, no tiene mayor relevancia clínica<sup>6</sup>. A pesar que, hasta nuestro conocimiento, no existe literatura que describa la presencia de aire intracraneal posterior a procedimientos otorrinolaringológicos habituales a nivel nasal y de oído, se postula que se pudiese presentar de forma frecuente y asintomática.

En general, los síntomas se desarrollan en el neumoencéfalo persistente o a tensión cuando el aire es atrapado en la cavidad intracraneal y genera un efecto de masa<sup>19</sup>. El síntoma más frecuente en pacientes con neumoencéfalo es la cefalea<sup>2,6</sup>. Siempre se debe sospechar neumoencéfalo frente a cefalea persistente posterior a cirugía de cráneo o espinal, pérdida de LCR (por la nariz, el oído o la herida operatoria), convulsiones postoperatorias, meningitis postoperatoria o síndrome del lóbulo frontal<sup>5</sup>.

Otros síntomas presentes en el NT son tos, náuseas, vómitos, letargia, agitación, delirium, ataxia, vértigo, afasia y alteración de la conciencia, sugerentes de hipertensión endocraneana e incluso focalidad neurológica<sup>1,6,10</sup>.

El examen físico puede estar normal o alterado. El neumoencéfalo simple es difícil de diagnosticar clínicamente<sup>5</sup>. Sin embargo, dentro de los signos del NT se encuentran la hemiparesia o hemiplejía, parálisis de nervios craneales, afasia, escotoma visual, cambios en el tamaño pupilar, reflejo pupilar alterado, papiledema y compromiso de conciencia.<sup>1,5,10,16</sup> El NT puede imitar las manifestaciones clínicas de una masa cerebral, pudiendo dar a lugar signos de desplazamiento del tronco encefálico como cambios en el ritmo respiratorio y paro cardiorrespiratorio<sup>2</sup>. En caso de sospechar una fistula de líquido cefalorraquídeo (LCR), se

debe obtener una muestra de la secreción nasal y medir la actividad de la  $\beta 2$ -transferrina<sup>19</sup>. El NT se caracteriza por tener una evolución natural con deterioro neurológico progresivo y si no es diagnosticado a tiempo puede progresar a herniación, coma e incluso muerte debido al aumento de la presión intracraneal<sup>13,14</sup>.

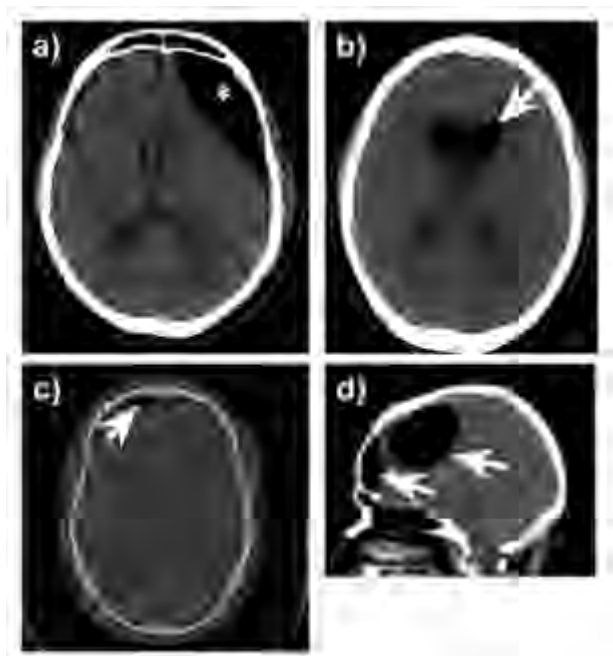
### Estudio y diagnóstico

La TC es el estándar de oro para confirmar la sospecha clínica de un neumoencéfalo, ya que puede detectar hasta 0,5 cm<sup>3</sup> de aire<sup>1,2</sup>. Además, en la mayoría de los pacientes permite localizar el sitio del defecto óseo si se estudia dirigidamente<sup>1</sup> (Figura 1).

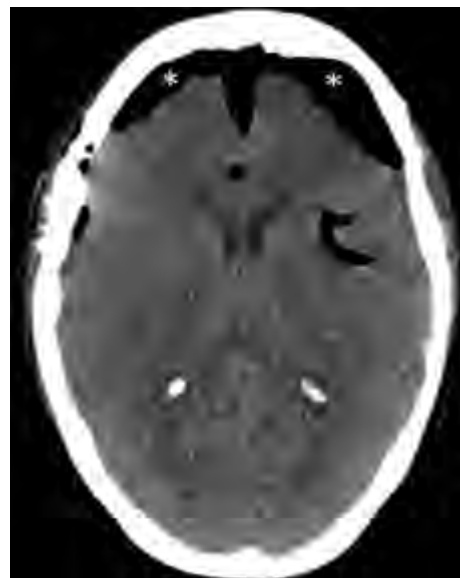
El diagnóstico del NT siempre debe ser considerado ante un paciente que presenta deterioro clínico después de una cirugía de base de cráneo<sup>13</sup>. Además del efecto de masa que se puede observar en las imágenes en el NT, hay dos signos característicos en la TC, el signo del Monte Fuji y el signo de burbujas de aire<sup>14</sup>. El signo del Monte Fuji se observa cuando los polos de los lóbulos frontales están en punta debido a una acumulación de aire bifrontal que comprime y separa ambos lóbulos, ensanchando la cisura interhemisférica, similar a la silueta de un volcán (Figura 2). En una revisión de literatura con una muestra de 26 pacientes con NT, el signo del Monte Fuji estuvo presente en el 30,8% de los casos<sup>1</sup>. Por otro lado, el signo de burbujas de aire se observan múltiples burbujas de aire dispersas por varias cisternas<sup>5</sup>.

La resonancia magnética (RM) cerebral es útil, pero tiene menor sensibilidad que la TC para el diagnóstico de neumoencéfalo<sup>5</sup>. Cabe agregar, que el neumoencéfalo también puede ser diagnosticado con una radiografía simple de cráneo, pero a diferencia de la TC, para detectar aire en la cavidad intracraneal debe tener al menos 2 ml<sup>5</sup>.

La cisterno-TC es uno de los métodos estándar para evaluar la fístula de LCR, incluso permite identificar defectos óseos pequeños que pueden no ser detectados por la TC ni la RM<sup>19</sup>. Sin embargo, es un procedimiento invasivo, de alto costo y con riesgo de infección<sup>19</sup>. Debido a que la RM con potenciación T2 no es invasiva, hoy es el método de estudio



**Figura 1.** Tomografía computarizada de cerebro, (a) corte axial con neumoencéfalo subdural (asterisco blanco); (b) corte axial con neumoencéfalo ventricular (punta de flecha blanca); (c) corte axial con neumoencéfalo epidural (punta de flecha blanca), y, (d) corte sagital con neumoencéfalo subcutáneo epidural y de parénquima cerebral (puntas de flechas blancas).



**Figura 2.** Tomografía computarizada de cerebro, reconstrucción axial en la que se observa el signo de Monte Fuji, compresión bilateral de los lóbulos frontales por una colección de aire, compatible con neumoencéfalo a tensión (asterisco blanco).

## ARTÍCULO DE REVISIÓN

de primera línea para el diagnóstico de fístula de LCR<sup>15</sup>.

La combinación de los hallazgos clínicos, imagenológicos, intraoperatorios (en caso de ser necesario una intervención quirúrgica, caracterizado por una rápida fuga de aire durante la cirugía), y una mejoría del estado neurológico posterior al tratamiento, confirman el diagnóstico<sup>10</sup>.

### Tratamiento

En general, el manejo de un neumoencéfalo simple consiste en tratamiento médico. Dentro de las medidas no farmacológicas, están el reposo en cama, la posición de Fowler con elevación de la cabeza en 30°, evitar maniobras que aumenten la presión intracraneal (por ejemplo, maniobra de Valsalva o sonarse la nariz) y toser o estornudar con la boca abierta<sup>1</sup>. Respecto a las medidas farmacológicas, se recomienda oxígeno a alto flujo (al menos 5 L/min por mínimo 5 días) con mascarilla con reservorio de no reinhalación, analgesia y antibióticos endovenosos en caso de sospechar infección<sup>1,5</sup>. Se ha observado que, con estas medidas, el 85% de los casos se resuelven después de 2 a 3 semanas<sup>15</sup>.

La oxigenoterapia es muy relevante ya que permite una resolución más rápida del neumoencéfalo. La colección de aire intracraneal en general está compuesta por aire ambiental y tiene los mismos componentes y proporciones del aire atmosférico, 78% de nitrógeno y 21% de oxígeno<sup>5</sup>. Cuando se administra oxígeno al 100%, la concentración de nitrógeno en la sangre disminuye, aumentando el gradiente de concentración entre el nitrógeno de la colección de aire y del tejido cerebral, facilitando su difusión hacia la sangre. Paulatinamente, el neumoencéfalo estará formado por oxígeno, que tiene alta solubilidad con el tejido cerebral y sanguíneo facilitando su absorción y resolución, cerrando la brecha activa<sup>12</sup>. Modelos computacionales han demostrado que la resolución de una colección de gas de 50 ml con aire ambiental inspirado demora 40,6 días, en cambio con FiO<sub>2</sub> 100%, 4,2 días<sup>13</sup>.

El tratamiento quirúrgico está indicado en un neumoencéfalo sintomático, NT, recurrente o traumático que persiste por más

de una semana<sup>5,11</sup>. Se debe considerar que el NT es una emergencia neuroquirúrgica, pero el manejo médico descrito previamente debe ser incorporado entre el momento del diagnóstico y la intervención quirúrgica<sup>13,14</sup>. Para el tratamiento quirúrgico, idealmente se debe realizar de forma simultánea una descompresión y un reparo definitivo del defecto. La descompresión es mandatoria en el NT y se deben hacer agujeros de trepanación en el sitio de máximo neumoencéfalo para permitir la salida del aire<sup>13</sup>. En caso de tener una craneotomía previa, se puede introducir una aguja en los agujeros de trépanos y aspirar el aire con una jeringa<sup>13</sup>. Para la reparación definitiva del defecto dural, se debe hacer un sellado en multicapas y éste puede ser realizado mediante craneotomía o reparación endoscópica<sup>13</sup>. La reparación quirúrgica definitiva del defecto consiste en la mejor medida para prevenir la recurrencia del NT<sup>2</sup>. El uso de fluoresceína intraoperatoria para la comprobación del cierre del defecto puede ser de gran ayuda<sup>13</sup>. En caso de neumoencéfalo asociado a fístula de LCR, se recomienda cirugía endoscópica para reparar el defecto de la base de cráneo<sup>8</sup>. Cabe agregar que, en dos estudios realizados por Del Gaudio et al. y Gata et al., observó que el tratamiento conservador es ineficaz cuando el defecto es mayor a 15 mm<sup>8,20</sup>.

Se han publicado casos de tratamiento conservador exitoso como manejo del NT, por lo tanto, el criterio clínico, el trabajo con un equipo multidisciplinario y un manejo personalizado es muy relevante en estos pacientes<sup>1</sup>. A pesar que no hay guías clínicas con recomendaciones establecidas aún, hay autores que plantean, a partir de su experiencia clínica, que el manejo de NT depende del grado del efecto de masa y los síntomas que genera<sup>1</sup>. Es relevante destacar que existen casos de neumoencéfalo simple y NT por uso de ventilación con presión positiva, por lo que debe evitarse después de una cirugía de base de cráneo<sup>13</sup>.

### Pronóstico

El neumoencéfalo simple, en general, es autolimitado y solo requiere tratamiento conservador. El NT tiene un buen pronóstico cuando se realiza un diagnóstico precoz y ma-



nejo oportuno<sup>5</sup>. Sin embargo, un tratamiento tardío puede generar consecuencias neurológicas severas, shock neurogénico e incluso la muerte<sup>1,13</sup>.

## Conclusión

Se debe tener en cuenta el neumoencéfalo como una posible complicación posterior a una cirugía de base de cráneo, y tener un alto índice de sospecha clínica ya que puede generar consecuencias graves para el paciente, incluso causar la muerte. No hay consenso sobre el manejo del neumoencéfalo, solo recomendaciones basadas en expertos. Sin embargo, el neumoencéfalo a tensión se considera una emergencia neuroquirúrgica que requiere una intervención rápida con reparación del defecto que permite la entrada de aire al cráneo.

## Bibliografía

- Li W, Liu Q, Lu H, et al. Tension Pneumocephalus from Endoscopic Endonasal Surgery: A Case Series and Literature Review. *Ther Clin Risk Manag* 2020;16:531-538. doi: 10.2147/TCRM.S258890.
- Mirkarimi T, Modirian E, Namdar P, Salek M. Delayed post-traumatic Tension Hydropneumocephalus; a Case Report of Conservative Treatment. *Arch Acad Emerg Med* 2021;9(1):e22. doi: 10.22037/aaem.v9i1.1172.
- Jelsma D, Moore DF. Cranial aerocele. *Am J Surg* 1954;87(3):437-51. doi: 10.1016/s0002-9610(54)90147-6.
- Schirmer CM, Heilman CB, Bhardwaj A. Pneumocephalus: case illustrations and review. *Neurocrit Care* 2010;13(1):152-8. doi: 10.1007/s12028-010-9363-0.
- Das JM, Bajaj J. Pneumocephalus. StatPearls 2021. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK535412/>. Consultado el 8 de agosto 2021.
- Beaumont R, Anderson R, Carlson JN. An unusual case of spontaneous nontraumatic pneumocephalus in the setting of remote craniofacial surgery. *Am J Emerg Med* 2021;47:336.e1-336.e3. doi: 10.1016/j.ajem.2021.02.065.
- Matsuda T, Horiguchi K, Higuchi Y, Hanazawa T, Okamoto Y, Iwadate Y. Unexpected prominent tension pneumosella five years after endoscopic endonasal transsphenoidal surgery. *Laryngoscope* 2018;128(8):1798-1801. doi: 10.1002/lary.27060.
- Gata A, Toader C, Trombitas VE, Ilyes A, Albu S. Endoscopic Skull Base Repair Strategy for CSF Leaks Associated with Pneumocephalos. *J Clin Med* 2020;10(1):46. doi: 10.3390/jcm10010046.
- Webber-Jones JE. Tension pneumocephalus. *J Neurosci Nurs* 2005;37(5):272-6. doi: 10.1097/01376517-200510000-00007.
- Healy J, Grant M, Melnyk S, Boldt B. Tension pneumocephalus – A rare complication of cerebrospinal fluid leak. *Radiol Case Rep* 2018;14(3):365-367. doi: 10.1016/j.radcr.2018.10.030
- Kankane VK, Jaiswal G, Gupta TK. Posttraumatic delayed tension pneumocephalus: Rare case with review of literature. *Asian J Neurosurg* 2016;11(4):343-347. doi:10.4103/1793-5482.180904
- Siegel JL, Hampton K, Rabinstein AA, McLaughlin D, Diaz-Gomez JL. Oxygen Therapy with High-Flow Nasal Cannula as an Effective Treatment for Perioperative Pneumocephalus: Case Illustrations and Pathophysiological Review. *Neurocrit Care* 2018;29(3):366-373. doi: 10.1007/s12028-017-0464-x.
- Castle-Kirsbaum M, Wang YY, King J, et al. Tension Pneumocephalus from Positive Pressure Ventilation Following Endoscopic Skull Base Surgery: Case Series and an Institutional Protocol for the Management of Postoperative Respiratory Distress. *World Neurosurg* 2020;141:357-362. doi: 10.1016/j.wneu.2020.06.079.
- Biju RD, Wu J, Hussain Z. Tension pneumocephalus after skull base surgery. A case report and review of the literature. *J Clin Neurosci* 2020;75:218-220. doi: 10.1016/j.jocn.2020.03.041.
- Chastanet S, Goga D, Paré A. Headache after septoplasty. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis* 2020;137(2):139-141. doi: 10.1016/j.anorl.2019.12.011.
- Subramaniam S, Christopher J. A rare case of spontaneous otogenic pneumocephalus with picorial illustration of temporal evolution. *J Clin Neurosci* 2021;87:132-136. doi: 10.1016/j.jocn.2021.02.023.
- Esquenazi Y, Kerr K, Bhattacharjee MB, Tandon N. Traumatic rupture of an intracranial dermoid cyst: Case report and literature review. *Surg Neurol Int* 2013;4:80. doi:10.4103/2152-7806.113357
- Healy J, Grant M, Melnyk S, Boldt B. Tension pneumocephalus – A rare complication of cerebrospinal fluid leak. *Radiol Case Rep* 2018;14(3):365-367. doi: 10.1016/j.radcr.2018.10.030.
- Van Liedekerke L, Sanoussi S. Spontaneous pneumocephalus secondary to a cerebrospinal fluid fistula demonstrated by CT cisternography. *Radiol Case Rep* 2020;15(10):1829-1831. doi:10.1016/j.radcr.2020.07.036
- DelGaudio JM, Ingley AP. Treatment of pneumocephalus after endoscopic sinus and microscopic skull base surgery. *Am J Otolaryngol* 2010;31(4):226-30. doi: 10.1016/j.amjoto.2009.02.012.