

TENSION PNEUMOCEPHALUS PADA CEDERA KEPALA**Ranindita Maulya Ismah Amimah¹, Husdal Badri², Ernawati^{3*}**

Program Studi Profesi Dokter, Fakultas Kedokteran Universitas Tarumanagara Jakarta¹, Spesialis Bedah Saraf, Rumah Sakit Umum Daerah Ciawi², Departemen Ilmu Kesehatan Masyarakat dan Kedokteran Keluarga, Fakultas Kedokteran, Universitas Tarumanagara, Jakarta³

*Corresponding Author : ernawati@fk.untar.ac

ABSTRAK

Pneumocephalus, yang juga dikenal sebagai *pneumatocoele* atau *aerocele* intrakranial, merupakan kondisi patologis akibat keberadaan udara di dalam kompartemen intrakranial seperti ruang epidural, subdural, subaraknoid, parenkim serebral, atau ventrikel otak. Etiologi *pneumocephalus* dapat bersifat traumatik, infeksius, neoplastik, iatrogenik, maupun terjadi secara spontan. Salah satu mekanisme yang umum diterima dalam patogenesis kondisi ini adalah teori katup satu arah (*one-way ball valve*), yang memungkinkan udara masuk namun terperangkap di dalam rongga intrakranial. Bila udara tersebut menyebabkan peningkatan tekanan intrakranial, maka kondisi ini disebut sebagai *tension pneumocephalus*. Ciri khas radiologis dari *tension pneumocephalus* pada pemeriksaan CT kepala adalah adanya gambaran *Mount Fuji sign*. Dilaporkan kasus seorang pria berusia 49 tahun yang datang ke RSUD Ciawi dengan keluhan nyeri kepala yang terus-menerus, penurunan kesadaran, mual, muntah, rhinorea, sejak dua hari sebelum masuk rumah sakit. Tidak ditemukan defisit neurologis fokal pada ekstremitas. Pasien memiliki riwayat trauma kepala akibat tertimpa ranting pohon dua hari sebelumnya. Hasil CT scan kepala menunjukkan pneumoencephalus pada regio bifrontal. Diagnosis ditegakkan sebagai *tension pneumocephalus* regio frontal dextra et sinistra disertai fraktur basis cranii. Pasien menjalani prosedur kraniotomi dan pemasangan *external ventricular drainage* (EVD) sebagai penanganan.

Kata kunci : *mount fuji sign*, *pneumocephalus*, *tension pneumocephalus*

ABSTRACT

Pneumocephalus, also referred to as *pneumatocoele* or *intracranial aerocele*, is a pathological condition characterized by the presence of air within intracranial compartments, including the epidural, subdural, subarachnoid spaces, cerebral parenchyma, or ventricular system. The etiology of *pneumocephalus* can be traumatic, infectious, neoplastic, iatrogenic, or spontaneous. A widely accepted mechanism underlying its pathogenesis is the one-way ball valve theory, in which air enters but becomes trapped within the intracranial cavity. When this air accumulation leads to increased intracranial pressure, the condition is classified as *tension pneumocephalus*. A hallmark radiological feature of *tension pneumocephalus* on head CT imaging is the presence of the *Mount Fuji sign*. We report a case of a 49-year-old male who presented to RSUD Ciawi with complaints of persistent headache, decreased consciousness, nausea, vomiting, rhinorrhea for two days prior to admission. No focal neurological deficits were observed in the extremities. The patient had a history of head trauma caused by a falling tree branch two days earlier. A head CT scan revealed bifrontal pneumoencephalus. The diagnosis of *tension pneumocephalus* in the right and left frontal regions, accompanied by a skull base fracture, was established. The patient underwent craniotomy with the insertion of an external ventricular drainage (EVD) system as part of the treatment.

Keywords : *pneumocephalus*, *tension pneumocephalus*, *mount fuji sign*

PENDAHULUAN

Pneumocephalus, yang juga dikenal sebagai *aerocele* intraserebral atau *pneumatocoele*, didefinisikan sebagai keberadaan udara dalam kompartemen intrakranial, meliputi ruang intraventrikular, intraparenkimal, subaraknoid, subdural, maupun epidural. Manifestasi klinis yang sering dijumpai antara lain adalah nyeri kepala (terlaporkan pada sekitar 38%

kasus), disertai mual, muntah, kejang, pusing (dizziness), serta adanya penurunan status neurologis. Pneumocephalus sering kali terjadi sebagai komplikasi dari trauma, infeksi, keganasan, atau faktor iatrogenik, dan dapat pula timbul secara spontan. Secara epidemiologis, pneumocephalus paling sering ditemukan pada kasus trauma kepala, dengan insidensi yang dilaporkan mencapai hingga 74% (Joe M. Das et al., 2024).

Akumulasi udara di dalam rongga intrakranial dapat muncul dalam dua bentuk berdasarkan waktu terjadinya, yaitu bentuk akut (kurang dari 72 jam) dan bentuk tertunda atau delayed (lebih dari atau sama dengan 72 jam). Pada sebagian besar kasus, keberadaan udara ini bersifat tidak membahayakan dan tidak menimbulkan gejala klinis yang jelas. Namun, bila udara tersebut menyebabkan peningkatan tekanan intrakranial serta menimbulkan efek massa yang disertai gangguan neurologis, kondisi ini dikenal sebagai tension pneumocephalus. Identifikasi dini dan pembedaan antara pneumocephalus sederhana dengan tension pneumocephalus memiliki peran penting dalam pengambilan keputusan klinis. Gejala yang sering dikaitkan dengan tension pneumocephalus meliputi agitasi, delirium, penurunan kesadaran, perubahan pada respons pupil, serta tanda-tanda gangguan fungsi lobus frontal. Selain itu, perubahan pada status hemodinamik, seperti bradikardia dengan atau tanpa hipertensi, juga dapat menjadi bagian dari spektrum klinisnya (Tony H. et al., 2016).

Diagnosis pneumocephalus sebagian besar bergantung pada pemeriksaan radiologis, dengan CT scan kepala sebagai metode yang paling sensitif. CT scan mampu mendeteksi udara intrakranial dalam volume kecil ($\geq 0,5$ mL) dan memberikan informasi yang lebih akurat dibandingkan pemeriksaan konvensional (Chukwueke & Spetzler, 2019). Pemeriksaan ini sangat penting untuk membedakan antara bentuk sederhana dan bentuk tension, yang memerlukan penanganan segera. Pada kasus tension pneumocephalus, sering ditemukan tanda khas pada pencitraan yaitu Mount Fuji sign, yaitu gambaran pemisahan bilateral lobus frontal akibat tekanan udara subdural yang tinggi. Tanda ini diidentifikasi sebagai indikator spesifik tension pneumocephalus dan pertama kali dijelaskan oleh Ishiwata et al. (1988), serta telah dikonfirmasi sebagai indikator kegawatan klinis (Dabdoub et al., 2015). Selain itu, terdapat juga Peaking sign, yaitu kompresi lobus frontal tanpa pemisahan yang signifikan, serta Air Bubble sign, di mana udara tersebar dalam bentuk gelembung di berbagai kompartemen intrakranial. Tanda-tanda ini membantu memperkuat diagnosis dan menentukan urgensi tindakan medis (Michel et al., 2018).

Secara patofisiologi, mekanisme terjadinya tension pneumocephalus dapat dijelaskan melalui dua teori utama yaitu "ball-valve mechanism" dan "inverted bottle mechanism". Ball-valve mechanism menjelaskan masuknya udara melalui defek kranial tanpa bisa keluar kembali, sedangkan inverted bottle mechanism menggambarkan masuknya udara akibat tekanan negatif intrakranial setelah kehilangan cairan serebrospinal (Reasoner et al., 1994). Penanganan pneumocephalus bervariasi tergantung pada jenis dan berat gejala yang ditimbulkan. Pada pneumocephalus non-tension, penanganan konservatif seperti istirahat tirah baring, pemberian oksigen 100%, dan monitoring ketat sering kali cukup. Namun, tension pneumocephalus adalah kondisi darurat yang memerlukan tindakan bedah segera seperti burr hole atau kraniotomi dekompresi untuk mengeluarkan udara dan menurunkan tekanan intrakranial (Broughton & Holloway, 2017).

LAPORAN KASUS

Seorang laki-laki berusia 49 tahun datang ke IGD RSUD Ciawi pada tanggal 23 Maret 2025 pukul 14.00 dengan keluhan utama sakit kepala terus menerus sejak 2 hari yang lalu. Pasien memiliki riwayat trauma kepala akibat tertimpa ranting pohon yang jatuh dan mengenai bagian atas kepala. Setelah kejadian, pasien mulai merasakan nyeri kepala yang berkelanjutan dengan intensitas yang semakin memberat hingga hari perawatan. Tidak ditemukan riwayat

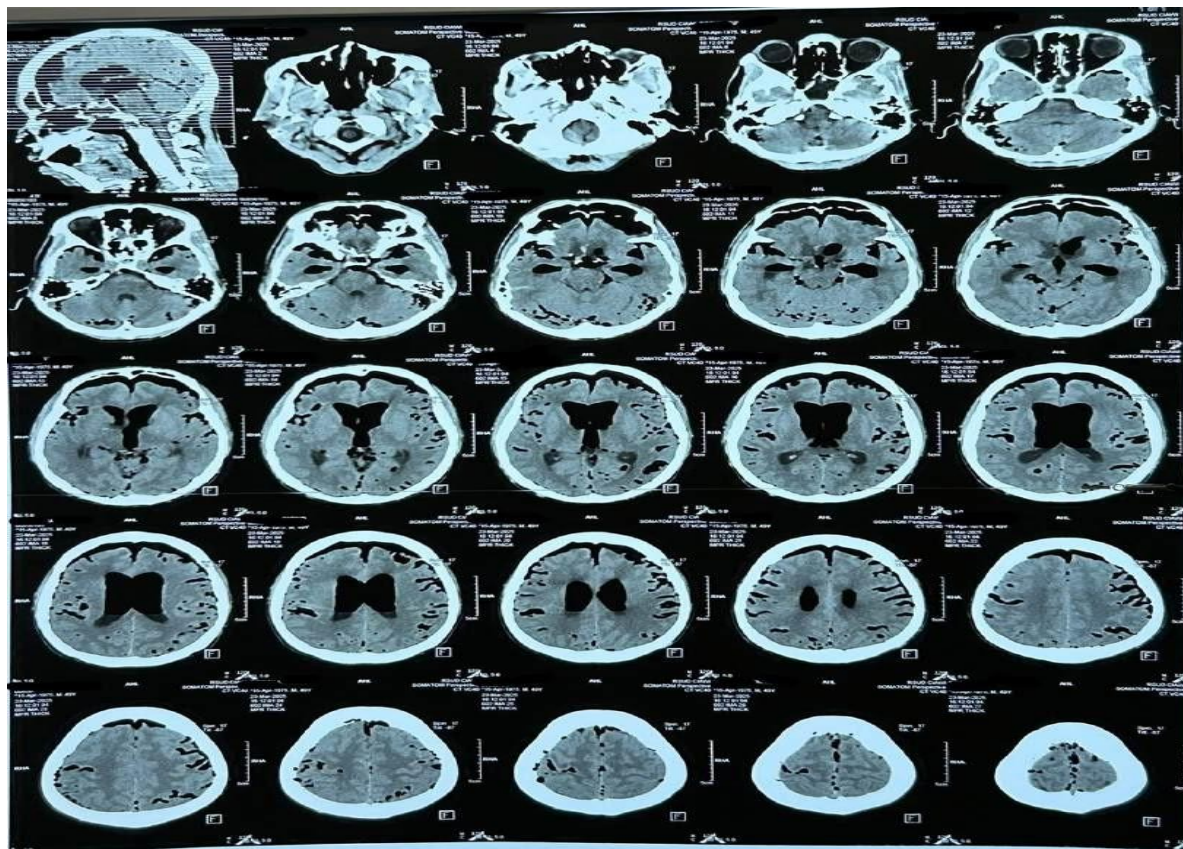
kejang, kehilangan kesadaran, maupun kelemahan pada salah satu sisi tubuh. Pasien dilaporkan dalam kondisi cenderung mengantuk, namun masih memberikan respons terhadap rangsang verbal, membuka mata, serta mampu melakukan kontak verbal secara adekuat. Diketahui pasien mengalami mual juga muntah sebanyak tiga kali, dengan isi berupa cairan berwarna kehitaman dan tanpa disertai semburan yang kuat. Selain itu, pasien juga mengalami epistaksis (mimisan) sebanyak dua kali pada hari yang sama. Tidak ditemukan perdarahan dari telinga. Riwayat operasi sebelumnya disangkal. Pada pemeriksaan fisik didapatkan kesadaran somnolen, GCS E3V5M6 (14). Tanda vital didapatkan tekanan darah 150/90 mmHg, denyut nadi 50 kali/menit, frekuensi pernafasan 24 kali/menit, suhu 37.5°C. Pada status lokalis kepala tidak ada luka terbuka di area kepala maupun wajah. Status generalis pasien didapatkan, mata, hidung, mulut, leher, jantung, paru, abdomen, dan ekstremitas dalam batas normal. Pada pemeriksaan penunjang laboratorium tanggal 23 Maret 2025 didapatkan :

Tabel 1. Hasil Kimia Klinik

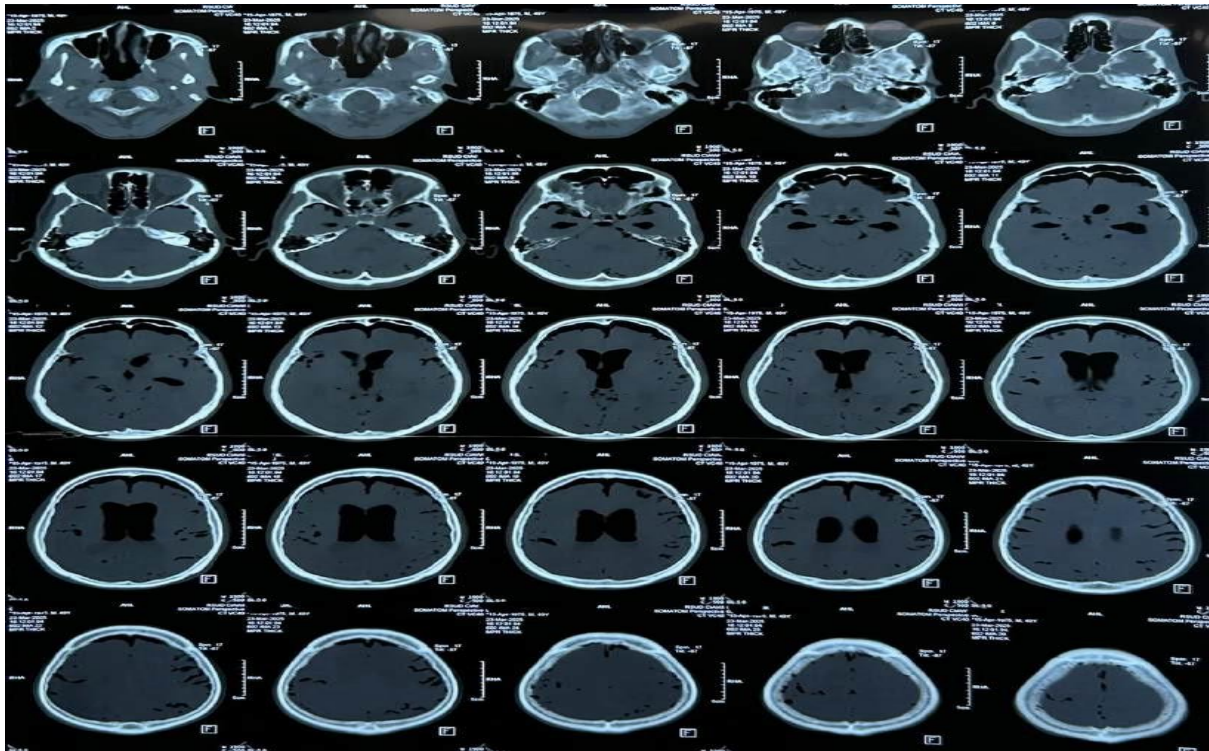
	Hasil Pemeriksaan	Satuan	Nilai Normal
Glukosa Darah Sewaktu	104	mg/dL	80 – 200
Ureum	19.1	mg/dL	10-50
<i>Creatinin</i>	0.69	mg/dL	<1.2
SGOT	17	U/L	0-50
SGPT	21	U/L	0-50

Tabel 2. Hasil Laboratorium Sedian Darah dan Kimia Darah

	Hasil Pemeriksaan	Satuan	Nilai Normal
Hemoglobin	12.1	g/dL	11.7 – 15.3
Hematokrit	41.8	%	35 – 47
Lekosit	9.0	10 ³ /uL	3.6 – 11
Trombosit	218	10 ³ /uL	150 – 440

**Gambar 1. CT scan kepala pada 25 Maret 2025**

Berdasarkan hasil anamnesis, pemeriksaan fisik, serta penunjang diagnostik, pada pasien ini ditegakkan diagnosis *tension pneumocephalus*. Penatalaksanaan awal meliputi posisi kepala ditinggikan 30 derajat, pemberian cairan infus NaCl 0,9% sebanyak 20 tetes/menit, pemasangan kateter uretra, serta tindakan *burr hole* disertai pemasangan *eksternal ventricular drainage* (EVD). Prosedur operatif dilakukan dengan pembuatan *burr hole* dan pemasangan EVD. Setelah operasi, pasien ditatalaksana dengan pemberian oksigen 10 liter/menit, IVFD NaCl 0.9% 20 tetes per menit, pemasangan kateter uretra, posisi supinasi, injeksi *ceftriaxone* 2x1 gram, injeksi *omeprazole* 1x40mg, injeksi *asam tranexamat* 3x500mg, injeksi *paracetamol* 3x1g, injeksi *glauketa* 3x1, injeksi *citicolin* 2x500mg, dan *tramadol* 3x1drip.



Gambar 2. CT scan kepala pada 25 Maret 2025



Gambar 3. Foto Interaoperatif Saat Burr Hole



Gambar 4. Foto Intraoperatif Saat Pemasangan EVD

PEMBAHASAN

Pneumocephalus merupakan akumulasi udara dalam rongga intrakranial yang dapat bersifat akut (<72 jam) maupun *delayed* (≥ 72 jam). Beberapa literatur juga mengelompokkan *pneumocephalus* berdasarkan waktu menjadi *pneumocephalus* dini (<7 hari) dan *pneumocephalus* lambat (≥ 7 hari). Udara dapat terlokalisasi pada berbagai kompartemen intrakranial seperti ruang epidural, subaraknoid, intraventrikular, intraserebral, maupun subdural, dengan ruang subdural dilaporkan sebagai lokasi yang paling sering dijumpai. Area frontal merupakan lokasi yang paling umum terlibat, diikuti oleh area oksipital dan temporal. Mekanisme terjadinya *pneumocephalus* dijelaskan melalui dua teori utama. Pertama, teori *ball-valve effect* menggambarkan masuknya udara dari ruang ekstrakranial melalui kebocoran cairan serebrospinal (CSS), di mana udara dapat masuk tetapi tidak dapat keluar akibat tertutupnya saluran fistula oleh tekanan intrakranial yang meningkat. Kedua, teori *inverted soda bottle* menjelaskan masuknya udara sebagai pengganti CSS yang hilang melalui fistula, menciptakan tekanan negatif di dalam rongga intrakranial. (Carlos B, dkk, 2015)

Etiologi utama dari *pneumocephalus* adalah trauma kepala, yang dilaporkan sebagai penyebab tersering menyumbang sekitar 75% dari seluruh kasus. (Carlos B, dkk, 2015) Fraktur tulang tengkorak dan defek pada dura mater dapat menyebabkan terbentuknya jalur masuk bagi udara ke dalam rongga intrakranial. Akumulasi udara dalam jumlah besar berpotensi menekan struktur otak, sehingga meningkatkan tekanan intrakranial (ICP) dan dapat memicu terjadinya sindrom herniasi. Selain itu, keberadaan udara juga berisiko menjadi media potensial bagi masuknya agen infeksi ke dalam sistem saraf pusat. Udara yang masuk ke dalam ruang meningeal dapat menimbulkan iritasi pada korteks serebri, yang selanjutnya dapat memicu timbulnya kejang. Selain trauma, penyebab lain mencakup tindakan bedah kranial atau spinal, infeksi, dan neoplasma. Faktor risiko yang berkontribusi terhadap terjadinya *pneumocephalus* meliputi penggunaan anestesi *nitrous oxide*, durasi pembedahan yang lama, keberadaan shunt ventrikuloperitoneal, dehidrasi cairan otak melalui drain eksternal, serta pemberian manitol intraoperatif. (Das, Munakomi, & Bajaj, 2024).

Secara radiologis, diagnosis *pneumocephalus* paling tepat ditegakkan dengan *CT scan* kepala tanpa kontras, yang mampu mendeteksi volume udara sekecil 0,55 mL. Salah satu tanda khas pada *CT scan* adalah "*Mount Fuji sign*", yang menunjukkan adanya udara subdural di regio frontal yang memisahkan kedua lobus frontal akibat tekanan udara yang tinggi, sehingga

menyerupai bentuk gunung. Tanda ini umumnya ditemukan pada kasus *tension pneumocephalus* yang membutuhkan penanganan segera. Oleh karena itu, identifikasi dini tanda *Mount Fuji* melalui *CT scan* kepala sangat penting dalam menentukan strategi penatalaksanaan yang tepat untuk mencegah komplikasi serius. (Sinha MK, dkk, 2015). Penatalaksanaan *pneumocephalus* bergantung pada etiologi dan gejala klinis. Pada kasus ringan tanpa gejala, penanganan konservatif seperti posisi kepala setengah duduk (*Fowler*), pemberian oksigen suplemental, dan pemantauan neurologis dapat dilakukan, karena sebagian besar kasus akan mengalami reabsorpsi spontan dalam waktu beberapa minggu. Namun, pada kasus dengan gejala neurologis yang memburuk atau ditemukan *tension pneumocephalus*, intervensi bedah seperti pemasangan *drain* eksternal atau tindakan dekompresi kranial menjadi pilihan utama untuk menurunkan tekanan intrakranial dan mencegah kerusakan parenkim otak lebih lanjut. (Das, Munakomi, & Bajaj, 2024).

Penggunaan *external ventricular drain* (EVD) telah terbukti menjadi metode yang efektif dan aman dalam menangani kasus *tension pneumocephalus*. Roa et al. (2022) melaporkan bahwa EVD tidak hanya berfungsi sebagai alat dekompresi untuk menurunkan tekanan intrakranial secara cepat, tetapi juga memungkinkan pengeluaran udara dari sistem ventrikular dan penggantian bertahap dengan cairan. Teknik yang diterapkan melibatkan pembuatan sistem *water-seal* sederhana menggunakan spuit berisi *saline* steril yang terhubung ke kateter EVD, sehingga memungkinkan udara keluar secara spontan melalui kolom air dan mencegah masuknya udara baru dari atmosfer. Pendekatan ini secara signifikan menurunkan efek massa dari akumulasi udara, tanpa menimbulkan cedera tambahan pada jaringan otak. Keberhasilan prosedur ini juga sangat bergantung pada penempatan kateter yang tepat dan penutupan rapat di sekitar tempat keluarnya EVD untuk mencegah terbentuknya fistula kutaneo-ventrikular. Teknik ini memungkinkan pasien mengalami perbaikan kondisi klinis secara cepat tanpa memerlukan intervensi bedah tambahan. Oleh sebab itu, EVD dapat dipertimbangkan sebagai modalitas utama dalam tatalaksana *tension pneumocephalus*, terutama ketika penanganan segera diperlukan untuk mencegah komplikasi neurologis yang lebih berat. (Roa et al., 2022).

KESIMPULAN

Tension Pneumocephalus merupakan komplikasi yang jarang terjadi namun dapat berakibat fatal. Apabila terdapat indikasi klinis, penanganan segera melalui pemasangan *external ventricular drain* (EVD) secara emergensi dapat membantu menurunkan tekanan intrakranial dan memungkinkan penggantian bertahap udara di dalam ventrikel dengan cairan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Universitas Tarumanegara atas dukungan akademik dan fasilitas yang telah diberikan selama proses penyusunan artikel ini. Ucapan terimakasih juga ditujukan kepada RSUD Ciawi atas kesempatan dan bantuan yang telah mendukung kelancaran penelitian dan penulisan artikel ini. Semoga kerja sama ini dapat terus terjalin demi kemajuan ilmu pengetahuan dan pelayanan kesehatan yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

Broughton, H., & Holloway, R. (2017). *Management of tension pneumocephalus: A surgical emergency. Neurosurgery Review*, 40(3), 445–452. <https://doi.org/10.1007/s10143-017-0866-3>

- Chukwueke, I., & Spetzler, R. F. (2019). *Radiologic evaluation of pneumocephalus*. *Journal of Neuroimaging*, 29(2), 157–163. <https://doi.org/10.1111/jon.12576>
- Dabdoub, C. B., Salas, G., Silveira, E. do N., & Dabdoub, C. F. (2015). *Review of the management of pneumocephalus*. *Surgical Neurology International*, 6, 155. <https://doi.org/10.4103/2152-7806.166195>
- Das, J. M., Munakomi, S., & Bajaj, J. (2024, December 11). *Pneumocephalus*. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK535412/>
- Hardian, T., & Farihin, M. (2016). *Delayed tension pneumocephalus pada pasien cedera kepala*. *Syifa' MEDIKA: Jurnal Kedokteran dan Kesehatan*, 7(1), 36–37.
- Ishiwata, Y., Fujitsu, K., Sekino, T., Kubokura, T., & Kurokawa, T. (1988). *The Mount Fuji sign: A new CT finding in tension pneumocephalus*. *Neurosurgery*, 23(5), 796–798. <https://doi.org/10.1227/00006123-198811000-00009>
- Kumar, A., Gupta, V., & Singh, R. (2022). *Clinical outcomes and prognosis of pneumocephalus: A review*. *Asian Journal of Neurosurgery*, 17(4), 629–636. https://doi.org/10.4103/ajns.ajns_147_21
- Michel, P., Wagemans, M., & Peeters, F. (2018). *Imaging signs in pneumocephalus: Peaking sign and Air Bubble sign*. *European Journal of Radiology Open*, 5, 233–239. <https://doi.org/10.1016/j.ejro.2018.07.003>
- Reasoner, D. K., Todd, M. M., Scott, D. F., & Holtzman, R. N. (1994). *Mechanisms of pneumocephalus: Ball-valve and inverted bottle mechanisms*. *Neurosurgery*, 35(4), 724–728. <https://doi.org/10.1227/00006123-199410000-00019>
- Roa, J. A., Feng, R., Schupper, A. J., Hardigan, T., Yaeger, K., Ladner, T., Reilly, K., & Shigematsu, T. (2022). *Understanding the pathophysiology of tension pneumoventricle: A technical case report*. *Interdisciplinary Neurosurgery: Advanced Techniques and Case Management*, 28, 101511. <https://doi.org/10.1016/j.inat.2022.101511>
- Sinha, M. K., Tripathi, M., Ahmad, K., & Sinha, M. (2015). *Mount Fuji sign and tension pneumocephalus: Report of two cases*. *Asian Journal of Neurosurgery*, 10(2), 145–147.
- Tony, H., Widodo, A., & Lestari, S. (2016). *Delayed tension pneumocephalus pada pasien cedera kepala*. *Syifa' MEDIKA: Jurnal Kedokteran dan Kesehatan*, 7(1), 36–37.