

Statusartikel

Pneumocefalus

Ebba Katsler^{1, 2}, Alexander Lilja-Cyron¹ & Jane Skjøth-Rasmussen¹

1) Afdeling for Hjerne- og Nervekirurgi, Københavns Universitet – Rigshospitalet, 2) Afdeling for Rygkirurgi, Led- og Bindevævssygdomme, Københavns Universitet – Rigshospitalet

Ugeskr Læger 2026;188:V07250578. doi: 10.61409/V07250578

HOVEDBUDSKABER

- Pneumocefalus ses hyppigt efter neurokirurgiske indgreb og ved hovedtraumer.
- Behandlingen er oftest konservativ, men resorption af intrakranielluft kan fremskyndes ved iltbehandling.
- Hos patienter med trykpneumocefalus anbefales hurtig kontakt til neurokirurgisk afdeling med henblik på akut aflastning.

Pneumocefalus omtales også som intrakraniell pneumatocele eller arocele og betegner luft i de forskellige intrakranielle rum: epi- eller subduralt, i subaraknoidalrummet, ventrikelsystemet eller i hjerneparenkymet [1]. Enkelte studier har rubriceret intravaskulær luft som pneumocefalus, men klassisk forstås pneumocefalus som afgrænset ovenfor [2]. Tilstanden adskilles fra pneumorhakis, som er betegnelsen for luft i spinalkanalen, selv om fænotyperne kan optræde samtidigt [3].

Ætiologi

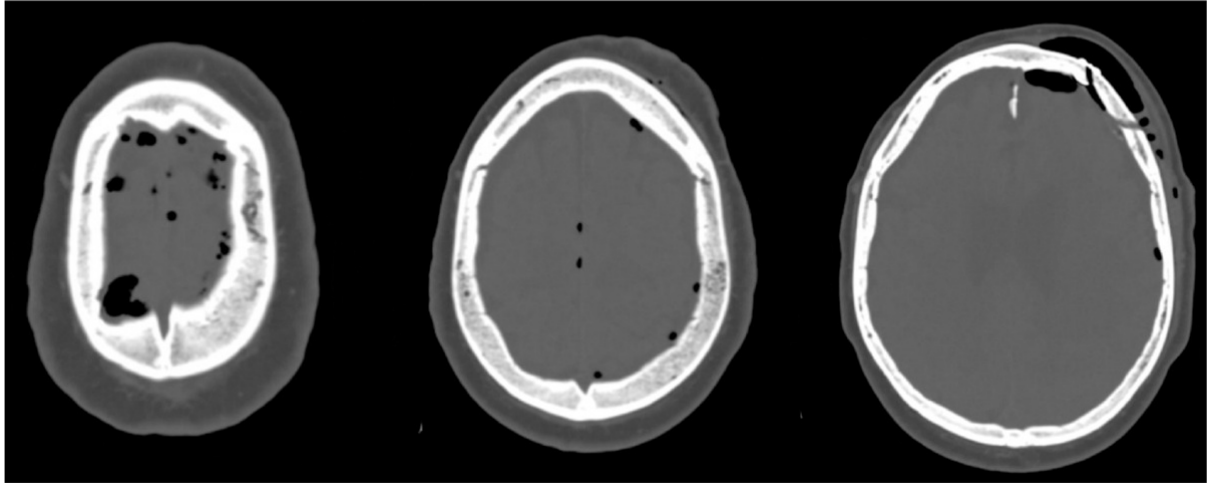
En af de hyppigste årsager til pneumocefalus er hovedtraumer med kraniefrakturer. Der er imidlertid stor variation i den rapporterede incidens blandt traumapatienter. I et ældre og ofte citeret review baseret på kasuistikker om 294 traumapatienter beskrives en incidens af pneumocefalus på op mod 74%, mens der i et retrospektivt studie baseret på CT'er af 508 patienter med hovedtraumer angives en incidens på 9,7% [4, 5]. Epidural pneumocefalus ses oftest ved kraniefrakturer med intakt dura, hvorimod duralæsioner hyppigt vil medføre subdural pneumocefalus [6]. Luft i det intrakranielle rum kan ved hovedtraumer stamme fra åbne frakturer, men skyldes formentlig oftere basis cranii-frakturer involverende luftfyldte sinuser.

Infektioner er vist at være årsag til ca. 9% af tilfældene af pneumocefalus [7]. Ud over at bakterier fra otitis media eller sinusitis med intrakraniell spredning kan give en lokal produktion af gas, findes der også eksempler på, at bakterielle infektioner har medført en erosion af kranievæggen og dermed faciliteret indtrængning af atmosfærisk luft. Lignende erosioner er noteret ved tumorer, f.eks. osteom eller sarkom i luftfyldte sinuser, og efter stråleterapi [7]. Der findes desuden rapporter om pneumocefalus som følge af skudsår, gentagne nys og Valsalvas manøvre, men også spontant i forbindelse med præeksisterende knogledefekter ved rejser til stor højde [7-10].

Neurokirurgiske indgreb anses for at være en af de hyppigste årsager til pneumocefalus [11, 12]. Dette er en naturlig følge af, at der ved disse operationer er behov for åbning af dura for at kunne behandle en underliggende patologi i hjerne eller rygmarv, hvilket medfører en eksponering for atmosfærisk luft. Subdural

lokalisering af luften er den hyppigste (**Figur 1**), men afhængigt af indgrebet kan luft forekomme i alle intrakranielle kompartenter [13, 14].

FIGUR 1 Aksiale CT-snit fra skanning udført efter et neurokirurgisk indgreb (frontal kraniotomi), der viser typisk udseende af en ukompliceret pneumocefalustilstandsluftansamling i relation til kraniotomien og derudover mindre og diffust udbredte luftbobler.



Peroperativt søges graden af pneumocefalus mindsket ved lejring af patienten med duraåbningen som toppunkt, installering af fysiologisk saltvand i subduralrummet og efterfølgende tæt lukning af dura, som kan kræve anvendelse af autograft (oftest en stilket eller fri perikraniellap) eller en syntetisk durasubstitut (f.eks. Lyoplant eller Neuro-Patch). Ud over neurokirurgiske indgreb anses ØNH-kirurgi for at være en anden af de hyppige iatrogene årsager til pneumocefalus [11]. En tredje iatrogen årsag er lumbalpunktur, som oftest kun fører til en mindre grad af pneumocefalus [4].

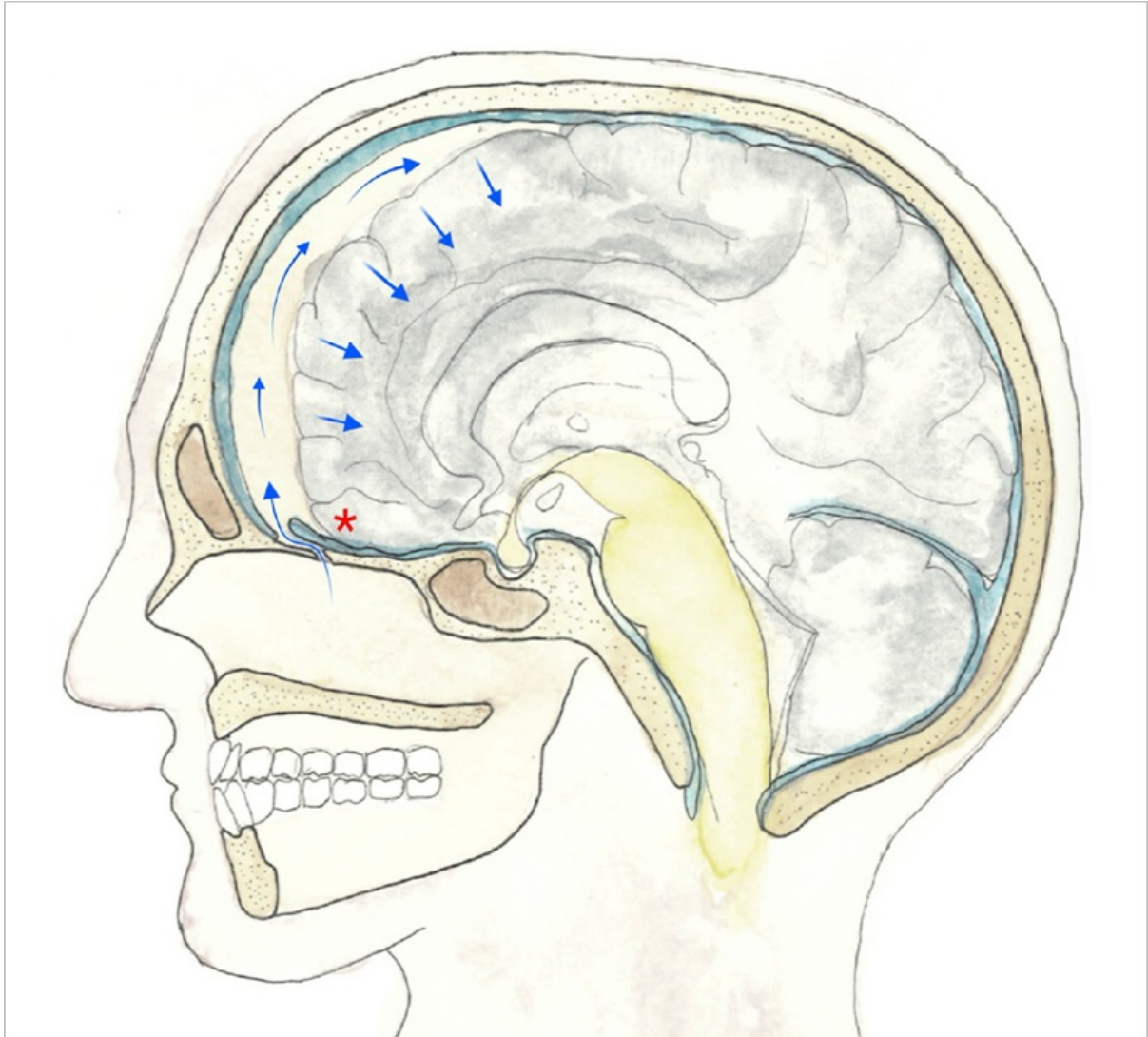
Ud over at inddele pneumocefalus på baggrund af ætiologi klassificerer nogle forfattere pneumocefalus efter, om symptomerne præsenteres akut (< 72 t.) eller sent ($\geq$ 72 t.) efter den udløsende årsag, f.eks. hovedtraumet. Det er dog vigtigt at understrege, at på trods af sen debut kan pneumocefalus progredierte hurtigt og give alvorlige kliniske manifestationer [9].

Patogenese

I tillæg til den direkte eksponering for luft ved kirurgiske indgreb, luftembolisering, eller in situ-produktion af bakterier beskrives ofte to hovedmekanismer bag pneumocefalus:

1) »Ball-valve«-mekanismen: Luft kan passere intrakranielt grundet et ekstrakranielt overtryk, f.eks. hoste, nys eller overtryksventilation, men grundet en ventilmekanisme fra intrakranielt væv lukkes åbningen, så luften ikke kan slippe ud igen (**Figur 2**). Denne mekanisme blev beskrevet af *Walter Dandy* allerede i 1926 [1].

FIGUR 2 »Ball-valve«-mekanismen, og hvordan trykpneumocefalus kan opstå. Luft (blå pile) træder ind gennem en defekt i kranie og dura. En intrakraniell struktur, i dette eksempel hjernen, presser mod åbningen i dura (asterisk). Når det eksterne tryk overstiger det intrakranielle, som ved f.eks. Valsalvas manøvre, host eller nys, kan luft passere intrakranielt, men ikke ud igen. Denne ventilmekanisme kan føre til trykpneumocefalus. Billede er tegnet af forfatterne med justeringer i BioRender.



2) »Inverted soda bottle«-mekanismen: Her antages det, at pneumocefalus opstår som følge af cerebrospinalvæske (CSV)-lækage med følgende negativt intrakranielt tryk (ICP), der fører til, at luft suges ind den modsatte vej [15]. Klinisk ses pneumocefalus ofte samtidig med CSV-lækage, men dette er således ikke obligat [16].

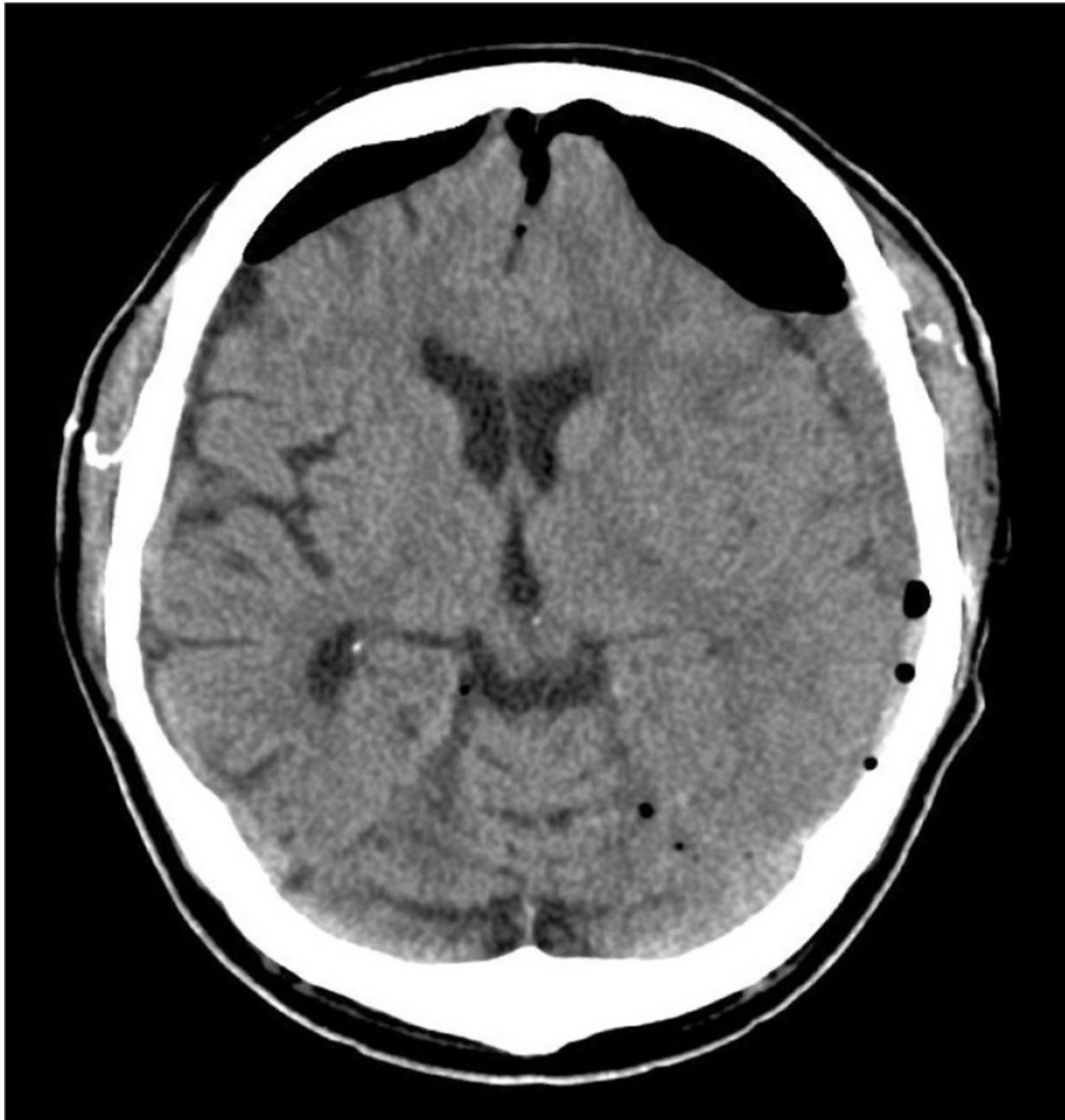
Kliniske manifestationer

Symptomer afhænger af lokalisering og luftvolumen [11]. Det hyppigste symptom er hovedpine, og en »klukkende« lyd ved hovedbevægelse, som er beskrevet som patognomonisk for tilstanden [9]. Derudover er symptomerne relateret til den udløsende årsag. Ved pneumocefalus, som er opstået på en otogen baggrund,

f.eks. ved malformation af mastoidcellerne, der åbnes ved en kraftig Valsalvas manøvre, kan øresmerter, otolikvøre og tinnitus forekomme. Hvis ætiologien er en underliggende infektion, ses hyppigt meningeale symptomer og feber [7].

Trykpneumocefalus defineres som intrakranielluft, der udøver masseeffekt på hjernen og kan medføre forhøjet ICP med dertilhørende symptomer, som inkluderer hovedpine, kvalme/opkastning, motorisk uro, fokale neurologiske udfald, f.eks. kranienervpåvirkning, kramper samt faldende bevidsthedsniveau og ultimativt død [9, 17, 18]. Trykpneumocefalus er beskrevet i forbindelse med mange af de tidligere nævnte ætiologier, herunder efter forskellige neurokirurgiske procedurer, traumer og spontant [9, 17-20]. Mortaliteten for ubehandlet trykpneumocefalus er ukendt, men må antages at være høj [20]. Trykpneumocefalus kan tænkes at opstå både som følge af en ventilmekanisme og som følge af udtalt CSV-lækage som tidligere beskrevet [9]. Et radiologisk fund, som kan ses ved trykpneumocefalus, er Mount Fuji-tegnet, hvor frontallapperne på aksiale CT eller MR-snit fremstår spidse, sammenpressede og adskilte ved frontallappen, hvilket giver et udseende, der minder om den kendte bjergsilhuet (**Figur 3**). Det er dog vigtigt at pointere, at både sensitivitet og specificitet er relativt lav, så ikke alle patienter med trykpneumocefalus udviser dette tegn, og at ikke alle patienter med Mount Fuji-tegn har trykpneumocefalus [20].

FIGUR 3 Aksialt CT-snit fra skanning udført efter operation for bilateralt subduralt hæmatom (borehulsevakuering). Der ses subdural pneumocephalus, som medfører spidse og adskilte frontallapper, det såkaldte Mount Fuji-tegn.



Diagnostik

CT, MR og konventionel røntgen kan alle bruges til at påvise intrakranielluft, men ved små volumener er CT mest følsom [11]. Ved mistanke om CSV-lækager udføres primært ikkeinvasiv diagnostik. Højopløselig CT (HRCT) kan i knoglevindue anvendes til at identificere knogledefekter i kraniet, også i tilfælde af pneumocephalus uden CSV-lækage, samt væskeansamlinger i paranasale sinus eller mastoidceller. MR-cisternografi uden kontrast kan med kraftigt T2-vægtet sekvens påvise lokaliseret ekstrakraniell væskeansamling (som udtryk for CSV-lækage) med høj specificitet [21, 22]. Invasive billediagnostiske metoder kan anvendes til både at bekræfte

og lokalisere CSV-lækagen. Blandt disse metoder ses CT- og MR-cisternografi med intratekal (i.t.) kontrast samt cisternografi med i.t. radionukleotid [21].

Behandling

Det er vigtigt at afgøre, om der er tale om ukompliceret pneumocefalus uden CSV-lækage eller pågående indtrængen af luft, da sidstnævnte situationer kan kræve operativt indgreb med tætning af kranie- og/eller duradefekten. Hos asymptomatiske patienter med ukompliceret pneumocefalus, f.eks. efter neurokirurgisk indgreb, er den primære behandling konservativ. Her anbefales elevation af hovedgærdet samt undgåelse af forhold, der øger ICP, f.eks. Valsalvas manøvre [11, 19]. Det angives nogle steder i litteraturen, at man bør undgå hypertermi og behandle med antipyretika grundet teoretiske overvejelser om sammenhængen mellem temperatur og massefylde for gasser. Dog vil temperaturstigning inden for et fysiologisk niveau ikke føre til en klinisk betydende volumenændring [11]. Den konservative strategi kan suppleres med normobar eller hyperbar iltbehandling. Et systematisk review fra 2024, der inkluderede tre studier med totalt 41 patienter og 40 kontroller, indikerede hurtigere resorption af pneumocefalus ved iltbehandling. I to af de inkluderede studier anvendtes normobar iltbehandling og i det tredje hyperbar iltbehandling, men der var positiv effekt af iltbehandlingen i alle tre studier [23].

Spørgsmålet om anvendelse af antibiotikaprophylakse ved en aktiv lækage af CSV er omdiskuteret. I en Cochrane-gennemgang fra 2015 af fem randomiserede kliniske forsøg (totalt $n = 208$) fandtes ingen forskel i forekomsten af meningitis mellem patienter med fraktur i kraniebunden, der modtog profylaktisk antibiotika, og dem, der ikke gjorde [24]. Dette uanset om der var aktiv CSV-lækage eller ej. Forfatterne drog i samme review en tilsvarende konklusion på baggrund af en separat analyse af 17 ikke-randomiserede studier ($n = 2.168$). Der forelå dog betydelig heterogenitet, da de antibiotiske regimer inkluderede forskellige præparater, doser og behandlingsvarighed. I et af de randomiserede kliniske forsøg, som var inkluderet i Cochrane-reviewet, undersøgte forfatterne profylaktisk antibiotika (1 g ceftriaxon i.v. $\times 1$ i 5 dage) ved traumatisk pneumocefalus, hvor der ikke blev fundet effekt på forekomsten af meningitis, mens et intrakranielt luftvolumen på > 10 ml var forbundet med øget risiko for meningitis og blev derfor kategoriseret som en sekundær risikofaktor [25]. Ifølge Statens Serum Institut vurderes patienter med CSV-lækage på baggrund af traume eller større kraniekirurgi at have en særdeles høj risiko for invasiv pneumokoksygdom. Det anbefales derfor, at ikkevaccinerede patienter i denne gruppe får vaccinen PCV13, som er en 13-valent pneumokokvaccine, med tillæg af vaccinen PPV23 – en 23-valent pneumokokvaccine – efter otte uger [26].

Ved svære fokale neurologiske udfald eller tryksymptomer (hovedpine, kvalme og/eller opkastning) og evt. bevidsthedspåvirkning er der indikation for akut aflastning, som kan være livreddende, hvorfor akut kontakt til neurokirurgisk afdeling anbefales. Afhængigt af luftens lokalisering kan aflastning ske ved nåleaspiration eller genåbning af tidligere borehul/kraniotomi, anlæggelse af nyt aflastende borehul eller evakuering ved anlæggelse af et eksternt ventrikeldræn [19, 27].

Pneumocefalus og flyvning

Når kabinetrykket falder under flyvning, ekspanderer luftfyldte rum i kroppen [28]. Da kraniet er en rigid struktur, er der således en mulighed for, at ekspansion af intrakranielt luft kan føre til et stigende ICP og evt. fokale neurologiske udfald afhængigt af lokalisering [29]. En svensk forskergruppe har udviklet en model, der relaterer intrakranielt luftvolumen til kabinehøjde og simulerer ændringer i ICP [28, 29]. Ved kabinetryk svarende til en højde på 8.000 fod over havets overflade, hvilket er et typisk kabinetryk ved langdistanceflyvninger, forudsiger modellen en volumenøgning på ca. 30% i forhold til havniveau.

Luftvolumener < 11 ml ville ifølge modellen ikke forventes at forårsage klinisk relevant ICP-stigning, selv med udgangs-ICP på 15 mmHg ved havniveau. Større volumener kan derimod give markant ICP-stigning afhængigt af udgangs-ICP, hvorfor der i disse tilfælde bør konfereres med neurokirurgisk afdeling, alternativt afventes resorption af luften inden for typisk 1-2 uger [12, 29]. Modellen indikerer desuden, at den hurtigste ICP-stigning opstår tidligt i opstigningen, hvor kabinetrykket falder mest. Eventuelle symptomerne hos en patient vil således debutere i rejsens første fase [28]. En særlig fare kan dog opstå hos patienter med evt. ikke-erkendt kraniedefekt, hvor også nedstigning med tiltagende kabinetryk kan medføre forværring af pneumocephalus [30].

Ved behov for transport af patienter med højt ICP og pneumocephalus kan kabinetrykket holdes højt ved at reducere flyvehøjden, hvilket dog kan være hydrodynamisk udfordrende med øget risiko for turbulens og et højere forbrug af brændstof. En del ambulancefly tilbyder dog alligevel transport med kabinetryk til havniveau for disse patienter [28, 29].

Konklusion

Pneumocephalus er en heterogen og oftest ufarlig tilstand, som hyppigt ses efter et hovedtraume eller et neurokirurgisk indgreb. Hos disse patientgrupper er pneumocephalus en vigtig differentialdiagnose til f.eks. intrakraniell blødning ved neurologiske udfald, og hurtig diagnostik med efterfølgende korrekt håndtering kan være afgørende.

Korrespondance Ebba Katsler. E-mail: ebba.louise.katsler@regionh.dk

Antaget 16. december 2025

Publiceret på ugeskriftet.dk 23. marts 2026

Interessekonflikter ingen. Alle forfattere har indsendt ICMJE Form for Disclosure of Potential Conflicts of Interest. Disse er tilgængelige sammen med artiklen på ugeskriftet.dk

Referencer findes i artiklen publiceret på ugeskriftet.dk

Artikelreference Ugeskr Læger 2026;188:V07250578

doi 10.61409/V07250578

Open Access under Creative Commons License [CC BY-NC-ND 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

SUMMARY

Pneumocephalus

In this review, pneumocephalus – a pathological condition that most commonly refers to intracranial air located in the epidural or subdural spaces, the ventricles, or within the brain parenchyma – is investigated. Symptoms include headache and a pathognomonic splashing sound on head movement. In the absence of symptoms, conservative treatment is recommended, and in the presence of mild symptoms, oxygen therapy can accelerate intracranial air resorption. In some cases, simple pneumocephalus can progress to tension pneumocephalus, a potentially life-threatening condition that may require acute neurosurgical intervention.

REFERENCER

1. Dandy WE. Pneumocephalus (intracranial pneumatocele or aerocele). Arch Surg. 1926;12(5):949-982. <https://doi.org/10.1001/archsurg.1926.01130050003001>
2. Thompson TP, Levy E, Kanal E, Lunsford LD. Iatrogenic pneumocephalus secondary to intravenous catheterization: case

- report. *J Neurosurg.* 1999;91(5):878-880. <https://doi.org/10.3171/jns.1999.91.5.0878>
3. Osunronbi T, Sofela A, Sharma H, Muquit S. Traumatic pneumorrhachis: systematic review and an illustrative case. *Neurosurg Rev.* 2021;44(2):731-739. <https://doi.org/10.1007/s10143-020-01300-8>
 4. Markham JW. The clinical features of pneumocephalus based upon a survey of 284 cases with report of 11 additional cases. *Acta Neurochir (Wien).* 1967;16(1):1-78. <https://doi.org/10.1007/BF01401900>
 5. Steudel WI, Hacker H. Prognosis, incidence and management of acute traumatic intracranial pneumocephalus: a retrospective analysis of 49 cases. *Acta Neurochir (Wien).* 1986;80(3):93-9. <https://doi.org/10.1007/BF01812281>
 6. McIntosh BC, Strugar J, Narayan D. Traumatic frontal bone fracture resulting in intracerebral pneumocephalus. *J Craniofac Surg.* 2005;16(3):461-3. <https://doi.org/10.1097/01.scs.0000157249.31826.b7>
 7. &mi&owska K, Sznajder-Stacha K, Kocy&owski D et al. Pneumocephalus as a rare complication: a systematic review plus clinical vignette. *Neurol Neurochir Pol.* 2021;55(3):253-268. <https://doi.org/10.5603/PJNNS.a2021.0014>
 8. Mirone G, Rotondo M, Scuotto A et al. Spontaneous intraparenchymal tension pneumocephalus triggered by compulsive forceful nose blowing. *Emerg Med J.* 2009;26(11):837-8. <https://doi.org/10.1136/emj.2008.067124>
 9. Pillai P, Sharma R, MacKenzie L et al. Traumatic tension pneumocephalus – two cases and comprehensive review of literature. *Int J Crit Illn Inj Sci.* 2017;7(1):58-64. https://doi.org/10.4103/IJCIIS.IJCIIS_8_17
 10. Hage P, Daou B, Jabbour P. Spontaneous otogenic pneumocephalus due to altitude changes: a case report and review of literature. *Clin Neurol Neurosurg.* 2015;138:162-4. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2015.08.025>
 11. Dabdoub CB, Salas G, Silveira EN, Dabdoub CF. Review of the management of pneumocephalus. *Surg Neurol Int.* 2015;6:155. <https://doi.org/10.4103/2152-7806.166195>
 12. Sloan T. The incidence, volume, absorption, and timing of supratentorial pneumocephalus during posterior fossa neurosurgery conducted in the sitting position. *J Neurosurg Anesthesiol.* 2010;22(1):59-66. <https://doi.org/10.1097/ANA.0b013e3181ba99a7>
 13. Sinclair AG, Scoffings DJ. Imaging of the post-operative cranium. *Radiographics.* 2010;30(2):461-82. <https://doi.org/10.1148/rg.302095115>
 14. Cunqueiro A, Scheinfeld MH. Causes of pneumocephalus and when to be concerned about it. *Emerg Radiol.* 2018;25(4):331-340. <https://doi.org/10.1007/s10140-018-1595-x>
 15. Horowitz M. Intracranial pneumocoele: an unusual complication following mastoid surgery. *J Laryngol Otol.* 1964;78:128-34. <https://doi.org/10.1017/S0022215100061910>
 16. Katsler E, Christiansen AT, Langkilde AR, Skjøth-Rasmussen J. Orbitopalpebral emphysema in a child after the removal of a giant meningioma: a case report and mini-review. *Brain Spine.* 2024;5:104168. <https://doi.org/10.1016/j.bas.2024.104168>
 17. Prichard RG. Tension pneumocephalus. *R I Med J (2013).* 2021;104(5):47-48
 18. Young M, Putty M, Schaible K. Spontaneous intraventricular tension pneumocephalus: case report and review of the literature. *World Neurosurg.* 2018;114:317-322. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.03.076>
 19. Azab MA, Hazem A, Lucke-Wold B. Tension pneumocephalus as a complication of surgical evacuation of chronic subdural hematoma: case report and literature review. *Explor Neuroprot Ther.* 2023;3:177-185. <https://doi.org/10.37349/ent.2023.00046>
 20. Michel SJ. The Mount Fuji sign. *Radiology.* 2004;232(2):449-50. <https://doi.org/10.1148/radiol.2322021556>
 21. Hiremath SB, Gautam AA, Sasindran V et al. Cerebrospinal fluid rhinorrhea and otorrhea: a multimodality imaging approach. *Diagn Interv Imaging.* 2019;100(1):3-15. <https://doi.org/10.1016/j.diii.2018.05.003>
 22. Scoffings DJ. Imaging of acquired skull base cerebrospinal fluid leaks. *Neuroimaging Clin N Am.* 2021;31(4):509-522. <https://doi.org/10.1016/j.nic.2021.05.009>
 23. Kim BJH, Ji MY, Chen JCC et al. Use of oxygen therapy for pneumocephalus: a systematic review. *Neurosurg Rev.* 2024;47(1):30. <https://doi.org/10.1007/s10143-023-02261-4>
 24. Ratilal BO, Costa J, Pappamikail L, Sampaio C. Antibiotic prophylaxis for preventing meningitis in patients with basilar skull fractures. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015;2015(4):CD004884. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004884.pub4>
 25. Eftekhari B, Ghodsi M, Nejat F et al. Prophylactic administration of ceftriaxone for the prevention of meningitis after traumatic pneumocephalus: results of a clinical trial. *J Neurosurg.* 2004;101(5):757-61. <https://doi.org/10.3171/jns.2004.101.5.0757>

26. Valentiner-Branth P. Rapport om pneumokokvaccination af risikogrupper med forhøjet risiko for invasiv pneumokoksygdom, 2020. https://www.ssi.dk/-/media/arkiv/dk/vaccination/risikogrupper/rapport_kortversion_apr_15_2020.pdf?la=da (17. okt 2025)
27. Lashkari S, Fugleholm K, Rubek N, Lilja-Cyron A. Cognitive dysfunction and decreased level of consciousness due to severe pneumocephalus in granulomatosis with polyangiitis. BMJ Case Rep. 2025;18(4):e265185. <https://doi.org/10.1136/bcr-2025-265185>
28. Andersson N, Grip H, Lindvall P et al. Air transport of patients with intracranial air: computer model of pressure effects. Aviat Space Environ Med. 2003;74(2):138-44
29. Brändström H, Sundelin A, Hoseason D et al. Risk for intracranial pressure increase related to enclosed air in post-craniotomy patients during air ambulance transport: a retrospective cohort study with simulation. Scand J Trauma Resusc Emerg Med. 2017;25(1):50. <https://doi.org/10.1186/s13049-017-0394-9>
30. Lim E, Lan BL, Ooi EH, Low HL. Pneumocephalus and air travel: an experimental investigation on the effects of aircraft cabin pressure on intracranial pressure. Sci Rep. 2020;10(1):13626. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-70614-w>