

ABC OM

Pneumotorax på akuten

Pneumotorax innebär att det finns luft mellan pleurabladet som klär lungvävnaden och pleurabladet som klär bröstkorgen. Handläggningsstandard vid millennieskiftet innebar att man förde in ett grovt drän i pleurarummet, sugbehandling och slutenvårdsbehandling. Sådan handläggning bör i dag enbart sällan förekomma. Denna artikel presenterar ett systematiskt förhållningssätt till handläggningen av patienter med pneumotorax på akuten baserat på studier och översiktsartiklar publicerade under senaste 20 åren.

Genes

Pneumotorax uppkommer på två principiellt olika sätt: endera genom att luft kommer in i pleurarummet genom en öppning i bröstkorgen eller genom ett läckage från lungparenkymet ut i pleurarummet. Pneumotorax delas in i olika grupper beroende på genesen [1]:

- Spontan pneumotorax innebär att luftläckaget från lungparenkymet uppstår i avsaknad av externa faktorer såsom trauma eller ingrepp.
- Primär spontan pneumotorax är en spontan pneumotorax som uppstår hos en lungfrisk patient.
- Sekundär spontan pneumotorax är en spontan pneumotorax som uppstår hos en patient med känd lungsjukdom såsom kroniskt obstruktiv lungsjukdom, cystisk fibros eller lungcancer.
- Traumatisk pneumotorax innebär att luftläckaget från lungparenkymet eller öppningen i bröstkorgen uppstår som en följd av trauma mot bröstkorgen. Öppen pneumotorax föreligger när luften passerar genom ett hål i bröstkorgen vid andning.
- Iatrogen pneumotorax innebär att luftläckaget uppstår till följd av att lungvävnaden punkteras av misstag i samband med ett ingrepp, till exempel anläggning av central venkateter.

Diagnostik

Pneumotorax bör misstänkas utifrån en kombination av symtom (pleuritisk bröstsmärta med plötslig debut, dyspné), kliniska fynd (ensidiga nedsatta andningsljud, hyperresonant perkussionston), situation (trubbigt eller penetrerande våld mot bröstkorgen inklusive hjärt-lungräddning och anläggning av central venkateter) och riskfaktorer (framför allt underliggande lungsjukdom). Om trycket i pleurarummet överstiger atmosfäriskt tryck under både in- och utandning (så kallad övertryckspneumotorax) påverkas ventilationen till den friska lungan och det venösa återflödet till hjärtat. Detta medför i sin tur att hypotoni, hypoxi, halsvenstas, trakealdeviation och hjärtstopp kan förekomma.

Helen Olofsson, fil dr, ST-läkare
● helen.olofsson@skane.se

Eric Dryver, överläkare; båda akutkliniken, Skånes universitetssjukhus Lund



En 24-årig man fick plötsligt pleuritisk smärta i samband med bänkpressövningar på gym. Ultraljud visade avsaknad av lungglidning på vänster sida. Lungröntgen bekräftade misstanken om pneumotorax och visade en relativt stor vänstersidig pneumotorax cirka 6,5 cm apikalt i expiration med en 1,5–2 cm bred spalt utmed laterala väggen hela vägen ner basalt. Traditionellt bedöms storleken av pneumotorax på en lungröntgen genom att mäta luftspalten mellan lungans apex och cupola eller mellan lungan och bröstkorgen vid hilusnivån. Eftersom patientens symtom var lindriga valdes konservativ behandling. Tre veckor efter incidenten visade lungröntgen att lungan var fullt expanderad.



För att utreda eventuell pneumotorax med ultraljud placeras patienten i ryggläge eller med huvudänden på britsen lätt upphöjd [42]. Luften vid en eventuell pneumotorax stiger då anteriort i patientens torax. Undersökningen genomförs med mikrokonvex, linjär eller konvex prob placerad i sagittalplan (det vill säga vinkelrätt mot revben) i andra till fjärde interkostalrummet i mittklavikulärlinjen (bilden till vänster). Bilden till höger visar hur det ser ut på ultraljudsskärmen med proben placerad som i bilden till vänster. Här syns revbenen i tvärsnitt som två hypoekogena ovaler (blå pilar), och pleuran syns som en horisontell vit linje mellan revbenen (grön pil).

Hos hemodynamiskt stabila patienter används i första hand konventionell lungröntgen med patienten stående för att diagnostisera pneumotorax [2]. En anteroposterior lungröntgen med patienten i ryggläge har dock en känslighet av enbart 47 procent (95 procents konfidensintervall [95KI] 31–63 procent) för traumatisk pneumotorax [3]. Förekomst av lungglidning (»lung sliding«) vid ultraljudsundersökning utesluter pneumotorax, och ultraljud genomfört av ickeröntgenologer på akuten har en känslighet av 91

procent (95KI 85–94 procent) för traumatisk pneumotorax [3]. DT är känsligare än lungröntgen och ultraljud för att identifiera luft i pleurarummet [2].

Handläggningsmål

Målen vid handläggningen av pneumotorax är att

- luften i pleurarummet ska försvinna och att lungan helt reexpanderar
- minimera biverkningar såsom blödning, infektion, smärta och recidiv av pneumotorax
- minimera onödig resursförbrukning såsom slutenvårdsbehandling.

STEG 1: GROVT DRÄN?

I vissa sammanhang bör en misstänkt pneumotorax åtgärdas innan dess närvaro kan bekräftas eller uteslutas röntgenologiskt. Det gäller när patienter med misstänkt pneumotorax lider av hypoxi, hypotoni eller hjärtstopp, det vill säga när en klinisk misstanke om övertryckspneumotorax föreligger. Handläggningen består av torakostomi i den säkra triangeln följt av införandet av ett grovt drän [4]. Nåldekompression är mer framgångsrik när den genomförs i den främre axillärlinjen (4:e eller 5:e interkostala området) än när den genomförs i mittklavikulärlinjen [5]. Tekniken för införande av ett grovt drän täcks i en annan ABC-artikel [6].

STEG 2: KONSERVATIV ELLER INVASIV BEHANDLING? Konservativ behandling

Traditionellt sett har man grundat beslutet om konservativ respektive invasiv behandling på storleken av pneumotoraxen. Har man bedömt den som stor har man valt att sätta drän. Det finns dock inget enhetligt sätt att mäta och klassificera storleken av en pneumotorax. Enligt brittiska riktlinjer klassificeras en pneumotorax som stor om det föreligger > 2 cm luftspalt mellan lungan och bröstkorgen vid hilusnivån [7]. Enligt amerikanska riktlinjer klassificeras en pneumotorax som stor om det föreligger > 3 cm luftspalt mellan lungans apex och cupola [8]. Studier visar att de två måtten överlappar varandra dåligt och att båda metoderna är suboptimala i förhållande till aktuell volym av pneumotoraxen [9, 10].

European Respiratory Society (ERS) betonar att storleken av pneumotorax inte bör avgöra dränanläggning vid primär spontan pneumotorax, utan att beslutet bör baseras primärt på patientens symtom (till exempel dyspné), önskemål och risker vid dräninläggning (smärta, blödningar, sepsis, subkutant emfysem och lungödem kopplat till reexpansionen av lungan) [11]. Risken att utveckla en övertryckspneumotorax hos patienter med primär spontan pneumotorax är väldigt liten [11]. En studie från 2020 randomiserade patienter med mellanstor eller stor primär spontan pneumotorax till konservativ behandling eller anläggning av ett tunt drän (≤ 12 F) [12]. Vid 8 veckor hade lungan reexpanderat fullt hos 129 av 131 patienter (98 procent) som fick invasiv behandling, jämfört med 118 av 125 patienter (94 procent) som fick konservativ behandling. Frekvensen av allvarliga biverkningar och recidiv av spontan pneumotorax var lägre vid konservativ behandling.

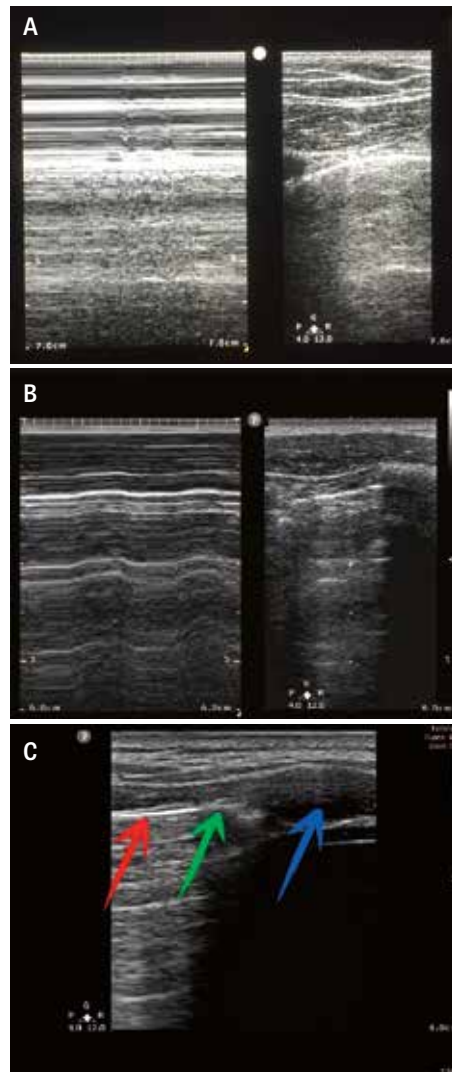
Patienter med sekundär spontan pneumotorax besväras i regel mer av sin pneumotorax än lungfriska

I friska lungor glider det visceral pleura-bladet längs det parietala pleura-bladet. På ultraljudsskärmen omvandlas detta fenomen till variationer i ekogeniteten som rör sig längs pleuralinjen (så kallad lungglidning).

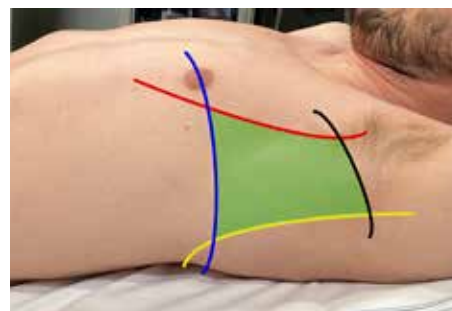
Vid M-mode-undersökning (bild A till vänster) syns linjer med ett havsutseende ovanför pleuralinjen och en textur med strandutseende under pleuralinjen (så kallat »beach sign«).

Vid pneumotorax saknas lungglidning, och vid M-mode-undersökning (bild B) syns enbart linjer med ett havsutseende (så kallad »lost at sea«). Frånvaro av lungglidning förekommer även när lungan inte ventileras eller vid pleuraadherenser.

Fyndet som är patognomont för en pneumotorax är lungpunkt (»lung point«), det vill säga den punkt där det visceral pleura-bladet börjar att separera från parietala pleura-bladet (bild C). Vid ultraljudsundersökning ser man avsaknad av lungglidning (röda pilen) och dess närvaro (grön pil) i samma bild. Pleuralinjen ligger precis under revbenet som syns här i en tvärsnittprojektion (blå pil). Lungpunkten kommer inte att synas om hela lungan är kollaberad.



Val av drän. Dränets ytterdiameter anges i French (F), där varje enhet motsvarar 1/3 mm. På bilden syns de vanligaste dränstorlekarna: från vänster: pigtail 8 F, Portexdrän 12 F samt toraxdrän med tjockleken 16 F, 20 F respektive 28 F.



Säkra triangeln. Grova drän sätts i den säkra triangeln (eller säkra romboiden som det kanske skulle kallas) mellan *m. pectoralis major* och *m. latissimus dorsi*, i främre axillärlinjen, inte lägre än mamillplan (interkostalrum 5). Tunna drän kan sättas både i säkra triangeln och i mittklavikulärlinjen i interkostalrum 2. Riskerna med felplacering av ett drän är blödningar (till exempel från *a. mamma interna*) eller att andra strukturer, exempelvis mediastinum, mjälte eller lever, punkteras. Sticksmärta och subkutant emfysem är två andra risker med ingreppet som kan uppstå även när dränet är korrekt placerat.

patienter [11], och då blir konservativ behandling mer sällan lämplig. Vid recidiv av primär spontan pneumotorax [11] och redan vid en sekundär spontan pneumotorax [13] rekommenderas ställningstagande till pleurodes och/eller lungkirurgi för att förebygga recidiv.

ATLS (advanced trauma life support) rekommenderar toraxdrän vid traumatisk pneumotorax, med undantag för täta observationer av subkliniska (ockulta) pneumotorax [14]. Ett flertal retrospektiva studier och observationsstudier rapporterar dock att > 90 procent av selekterade patienter med små traumatiska pneumotorax till följd av trubbigt eller penetrerande trauma framgångsrikt kan behandlas konservativt under noggrann observation [15-18]. Tyska riktlinjer från 2019 rekommenderar konservativ behandling av patienter med små iatrogena pneumotorax utan dyspné [19].

Nålaspiration

Luft kan manuellt aspireras utifrån pleurarummet genom en nål [20]. Har mer än 2,5-4 liter luft aspirerats och man inte fått ett hårt motstånd vid aspiration får man tolka det som att det finns ett pågående luftläckage och att metoden inte varit framgångsrik. Sannolikheten att misslyckas är högre vid bakomliggande lungsjukdom, och därför rekommenderas nålaspiration först och främst vid primär spontan pneumotorax och iatrogen pneumotorax [21]. Enligt European Respiratory Society misslyckas nålaspiration vid 25-50 procent av försök hos patienter med primär spontan pneumotorax [11]. En metaanalys som inkluderade 358 patienter med spontan pneumotorax rapporterar att nålaspiration är lika framgångsrik som dräninläggning (12-24 F) gällande omedelbar lungexpansion eller expansion inom en vecka [22]. Jämfört med grova drän är nålaspiration mindre smärtsam [21].

Tunt drän

Dränets ytterdiameter anges i French (F) där varje enhet motsvarar 1/3 mm. Ett flertal studier (till exempel [23-28]) och översikter [29, 30] visar att tunna drän (< 14 F) är minst lika effektiva som grova drän för att behandla olika typer av pneumotorax. En metaanalys som inkluderade 875 patienter med pneumotorax (63 procent spontan, 30 procent traumatisk, 5 procent iatrogen och 3 procent blandad genes) rapporterade att så kallat pigtaildrän (6,5-14 F) var lika effektivt som toraxdrän (≥ 16 F) för den initiala behandlingen av pneumotorax [31]. Studier visar även att pigtaildrän vid spontan pneumotorax är associerat med kortare dräntid, kortare inläggningstid och färre komplikationer jämfört med grovt drän [31, 32]. Tunna drän orsakar mindre smärta än grova drän [27, 33, 34]. Ett argument mot användningen av tunna drän vid traumatisk pneumotorax är att dränet kan obstrueras av koagulerat blod. Ett antal studier har dock rapporterat att drän i storleken 14 F kan vara lika effektiva som grova drän (28-40 F) för att dränera blod från traumatiskt uppkomna hemotorax och hemopneumotorax [26, 33, 35]. När ett drän behövs för att behandla iatrogen pneumotorax rekommenderas ett tunt drän [19].

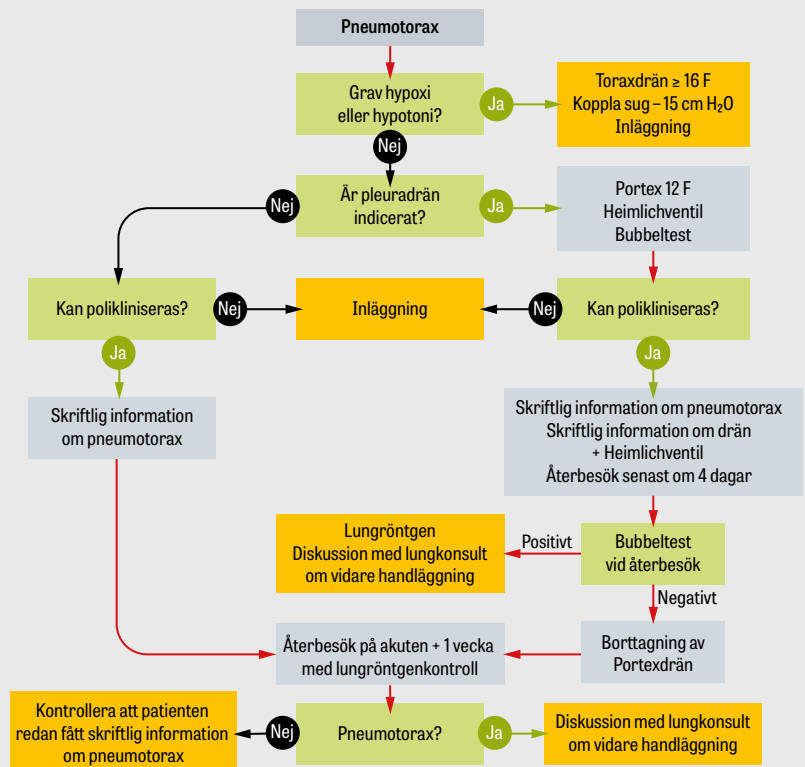
Minidränagesystem

Tru-close, Thoracic egg och Rocket pleural vent är minidränagesystem där ett drän och en Heimlichventil är ihopbyggda. Heimlichventil är en backventil speci-



Tru-close är ett exempel på ett minidränagesystem där ventil och drän är ihopbyggda. Det sätts i mittklavikulärlinjen i interkostalrum 2. Bilden till vänster visar dränet satt på höger sida av torax, och bilden till höger visar på en toraxmodell hur drändelen av minidränagesystemet som går in i torax ser ut när det är på plats. Dränet på bilden är 13 F.

Handläggning av pneumotorax på akuten



► En algoritm för att vägleda handläggningen av patienter med pneumotorax på akutmottagningen vid Skånes universitetssjukhus Lund (infördes september 2020). Vid misstänkt övertrycks-pneumotorax (oavsett genes) anläggs toraxdrän ≥ 16 F som kopplas till aktiv sug. Indikation för drän i övrigt styrs framför allt av patientens symtom vid spontanpneumotorax, medan storleken av pneumotorax i högre grad avgör om drän är indicerat vid traumatisk eller iatrogen pneumotorax. Om drän är indicerat används en 12 F Portexdrän (Portex Seldinger chest drainage kit; Smiths Medical) som valts ut i samråd med lungkliniken. Dränet kopplas till en Heimlichventil (Cook Medical). Patienter med traumatisk pneumotorax läggs in på sjukhuset. Patienter med spontan eller iatrogen pneumotorax som kan förstå och följa skriftliga instruktioner samt återkomma till akuten för uppföljning är lämpliga för poliklinisering. Vid terapivikt kontaktas lungkonsult om vidare handläggning.

ellt konstruerad för toraxdränage [36]. Minidränage-system har studerats mest vid spontan och iatrogen pneumotorax och knappt vid traumatisk pneumotorax [37-42]. En randomiserad kontrollerad studie med 236 patienter visade att poliklinisk behandling med Rocket pleural vent är lika effektiv som nålaspiration och/eller drän för primär spontan pneumotorax [41]. En annan studie visade däremot behandlingssvikt under första veckan hos 46 procent av patienter med sekundär spontan pneumotorax som fick Rocket pleural vent [42].

Passivt dränage alternativt aktiv sugbehandling

Traditionellt kopplas pleuradrän till en aktiv sug. En systematisk översikt som inkluderade 1235 patienter (992 med spontan och 243 med iatrogen pneumotorax) rapporterar reexpansion av lungan hos 86 procent av patienter med passivt dränage genom koppling av dränet till en Heimlichventil, och med samma långtidsförlopp jämfört med aktivt dränage [43]. European Respiratory Society rapporterar reexpansion av lungan inom 3 dagar hos 70 procent av patienter behandlade med passivt dränage och rekommenderar inte rutinmässigt användande av aktiv sug [11]. Flera studier har visat att patienter kan behandlas framgångsrikt genom poliklinisering med passivt dränage (se nedan). En ovanlig men allvarlig komplikation till både nålaspiration och aktiv sugbehandling är reexpansionsödem [7, 44], en typ av icke-kardiogent lungödem som förekommer efter att en kollaberad lunga återexpanderas [45]. Riskerna för detta tycks vara som störst om lungan varit kollaberad i >7 dagar, vid en stor pneumotorax och hos yngre patienter [46].

Bubbeltest

Erhåller patienten en Heimlichventil kan ett »bubbeltest« bekräfta dränfunktionen. Ventilen stoppas i en mugg med vatten och patienter uppmanas att hosta. Om det bubblar i muggen har man bekräftat korrekt läge och god funktion av dränet; samtidigt visar testet att luft kvarstår mellan pleurabladen. Detta test eller manuell luftaspiration genom dränet kan därmed ersätta kontrollröntgen [28, 47]. Det är dock viktigt att kontrollera att testet inte är falskt negativt på grund av att bladen i ventilen klibbat ihop.

STEG 3: POLIKLINISERING?

Fördelen med passivt dränage via en envägsventil är att det möjliggör poliklinisering av patienten. Flertal studier (till exempel [24, 39, 40, 47-50]) visar framgångsrik behandling via poliklinisering av patienter med framför allt primär och sekundär spontan pneumotorax. Även poliklinisering av patienter med iatrogen pneumotorax som fått Heimlichventil anses som rimlig [19, 28, 51]. Som regel observeras patienter med traumatisk pneumotorax inneliggande.

STEG 4: UPPFÖLJNING

Patienter som behandlas via poliklinisering ska föras med skriftlig information om uppföljningsplan och (om aktuellt) skötsel/funktion av dränet. I studien som utvärderade konservativ behandling av mellanstor eller stor primär spontan pneumotorax arrangerades en klinisk uppföljning inom 72 timmar och lungröntgenundersökning 2 veckor efter inklusion [12]. I studier-



Anläggning av Portexdrän kopplat till Heimlichventil.

1. Området där dränet ska placeras steriltvättas och insticksstället bedövas ända ner till pleuran.



2. När området är bedövat sticker man den grova nålen genom huden och följer ovasidan av revbenet för att därefter komma in i pleurarummet. Har man en spruta kopplad till nålen kan man bekräfta läget genom att aspirera luft. Ledaren träs därefter genom den grova nålen och matas tillräckligt långt in i pleurarummet.



3. Den grova nålen tas bort samtidigt som man hela tiden håller ett stadigt tag om ledaren så att den inte råkar glida in eller ut ur pleurarummet. Därefter träs dilatatorn över ledaren för att vidga ingången i huden så att dränet (i nästa steg) kan sättas på plats.



4. I regel är nu ingångsöppningen i huden tillräckligt stor för att Portexdränet kan föras in. Om inte, kan man lägga ett litet snitt i huden för att göra öppningen tillräckligt stor. Dränet behöver inte föras längre in än till patientens medellinje. (Det kan dock vara klokt att tänka på att det alltid är lättare att dra ut ett drän som kommit för långt in än att göra om proceduren därför att ett drän som hamnat för långt ut inte längre är sterilt och därför inte kan föras längre in i pleurarummet.) Dra ut ledaren. Aspirera luft genom dränet för att säkerställa att det fortfarande ligger inne i pleurarummet.



5. När dränet är fastsatt kopplas Heimlichventilen till dränet och bubbeltest kan genomföras. Detta görs genom att änden på ventilen stoppas i en mugg med vatten och patienten ombeds att hosta. Bubblar det i muggen är testet positivt och det är på så sätt säkerställt att dränet ligger på plats i pleurarummet och att luft passivt kan passera ur pleurarummet ut i fria luften.

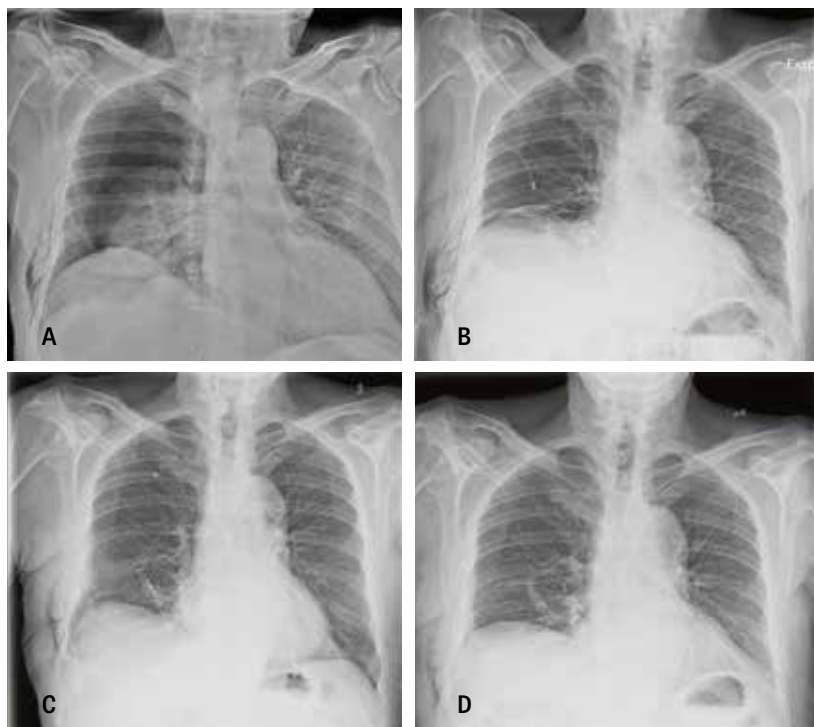


na om poliklinisk behandling med tunt drän kopplat till Heimlichventil genomfördes uppföljning inom 72 timmar, antingen med lungröntgen eller enbart bubbeltest [24, 47, 49, 50]. De flesta studier visar att en majoritet av dränbehandlingen varit framgångsrik efter 5 dagar [24, 47, 49, 50, 52, 53], och då kan dränet dras ut följt av kontrollröntgen av lungorna. Vid kvarstående luftläckage rekommenderas ställningstagande till pleurodes och/eller lungkirurgi [11, 13].

Patienter med spontan pneumotorax som inte har genomgått bilateral kirurgisk pleurektomi ska för all framtid avstå från att dyka med tuber/flaskor [19, 54]. Rökning är en riskfaktor för spontan pneumotorax, och rökstopp minskar förmodligen risken för recidiv [54]. Flygning rekommenderas inte inom två veckor efter avslutad behandling för pneumotorax [55]. Det finns inget bevis på att fysisk aktivitet ökar risken för spontan pneumotorax [19], varför motion kan återupptas gradvis efter två veckor från avslutad behandling [54]. ○

● Potentiella bindningar eller jävsförhållanden: Inga uppgivna.

Citera som: *Läkartidningen*. 2022;119:21108



En 88-årig man som snubblat på en kotte och slagit i bröstkorgen mot marken. Han sökte till vårdcentralen på grund av dyspné, där man upptäckte dämpade andningsljud över höger lungfält. Bedside-lungröntgen på akutrummet visade en stor högersidig pneumotorax (A) och subkutant emfysem. Patienten var stabil i vitala parametrar och erhöll ett Portexdrän 12 F med hjälp av Seldingerteknik (enligt tekniken som visas i bilderna på sidan intill). Dränet kopplades till en Heimlichventil, och redan 2,5 timmar efter den ursprungliga röntgen kunde man vid ny röntgenkontroll se betydande expansion av lungan (B). Lungröntgen 2 dagar senare (precis före dränborttagning) (C) och 3 dagar senare (dagen efter dränborttagning) (D) visade ingen kvarstående pneumotorax eller vätskespalt.

KONSENSUS

De flesta är ense om att

- pneumotorax hos patient med grav hypoxi eller hypotoni måste behandlas skyndsamt med grovt drän
- tunna drän med framgång kan användas för att behandla primär och sekundär spontan pneumotorax.

Åsikterna går isär vad gäller

- vilka patienter som överhuvudtaget ska behandlas med drän
- rollen av nålaspiration vid handläggning av pneumotorax
- om patienter med traumatisk pneumotorax kan behandlas med tunna drän
- poliklinisering av patienter med pneumotorax.

SUMMARY

Management of pneumothorax in the emergency department

A couple of decades ago, most large pneumothoraces were managed initially through the insertion of large-bore chest tubes, active suction and in hospital admission. Mounting evidence has since established that the patient's symptoms, not the size of the pneumothorax, should guide whether invasive management is required for spontaneous pneumothoraces. There is also mounting evidence that small traumatic and iatrogenic pneumothoraces can be managed conservatively. Small-bore chest tubes are just as effective as large-bore chest tubes for all types of pneumothoraces and likely associated with fewer complications. Passive drainage allows for out-of-hospital follow-up for selected patients. This article presents a stepwise approach to the management of pneumothoraces in the emergency department based on a review of the current literature.



En 71-årig kvinna ankom till akutmottagningen via ambulans på grund av dyspné och uttalad tungsvullnad, troligen utlöst av angioödem. Inom några minuter efter ankomsten drabbades hon av ett hypoxiutlöst hjärtstopp. Under pågående bröstkompressioner blev patienten koniotomerad och därefter övertrycksventilerad. Hon återfick bärande cirkulation, och en bedside-lungröntgen på akutrummet visade en liten apikal pneumotorax till höger (A, röd pil). Patienten överfördes till operations-salen för att genomgå en trakeostomi och drabbades där ånyo av hjärtstopp på grund av en högersidig övertryckspneumotorax. Denna behandlades med ett högersidigt grovt drän (B, blå pil till vänster på bilden). En vänstersidig övertryckspneumotorax utvecklades kort därefter, varför patienten behövde även vänstersidigt drän (B, blå pil till höger på bilden). Patienten överlevde utan neurologiska sequelae. Övertryckspneumotorax innebär att trycket i pleurarummet överstiger atmosfäriskt tryck under både in- och utandning. Övertryckspneumotorax uppstår som regel hos övertrycksventilerade patienter och är en extremt sällsynt händelse hos patienter med primär spontan pneumotorax [10].

REFERENSER

- UpToDate; Lee YCG. Pneumothorax in adults: epidemiology and etiology. 17 dec 2020. <https://www.uptodate.com/contents/pneumothorax-in-adults-epidemiology-and-etiology>
- UpToDate; Lee YCG. Clinical presentation and diagnosis of pneumothorax. 2 sep 2021. <https://www.uptodate.com/contents/clinical-presentation-and-diagnosis-of-pneumothorax>
- Chan KK, Joo DA, McRae AD, et al. Chest ultrasonography versus supine chest radiography for diagnosis of pneumothorax in trauma patients in the emergency department. *Cochrane Database Syst Rev*. 2020;(7):CD013031.
- Truhlář A, Deakin CD, Soar J, et al; Cardiac arrest in special circumstances section Collaborators. European Resuscitation Council Guidelines for resuscitation 2015: Section 4. Cardiac arrest in special circumstances. *Resuscitation*. 2015;95:148-201.
- Laan DV, Vu TD, Thiels CA, et al. Chest wall thickness and decompression failure: a systematic review and meta-analysis comparing anatomic locations in needle thoracostomy. *Injury*. 2016;47(4):797-804.
- Almquist M, Pålsson B, Gyllstedt E. ABC om Pleuradrän vid traum. *Läkartidningen*. 2004;101(23):2016-8, 2021-2.
- MacDuff A, Arnold A, Harvey J; TS Pleural Disease Guideline Group. Management of spontaneous pneumothorax: British Thoracic Society pleural disease guideline 2010. *Thorax*. 2010;65(Suppl 2):ii18-31.
- Baumann MH, Strange C, Heffner JE, et al; AACP Pneumothorax Consensus Group. Management of spontaneous pneumothorax: an American College of Chest Physicians Delphi consensus statement. *Chest*. 2001;119(2):590-602.
- Kelly AM, Druda D. Comparison of size classification of primary spontaneous pneumothorax by three international guidelines: a case for international consensus? *Respir Med*. 2008;102(12):1830-2.
- Montanari G, Orso D, Guglielmi N, et al. Comparison of different methods of size classification of primary spontaneous pneumothorax. *Am J Emerg Med*. 2018;36(2):327-8.
- Tschopp JM, Bintcliffe O, Astoul P, et al. ERS task force statement: diagnosis and treatment of primary spontaneous pneumothorax. *Eur Respir J*. 2015;46(2):321-35.
- Brown SGA, Ball EL, Perrin K, et al; PSP Investigators. Conservative versus interventional treatment for spontaneous pneumothorax. *N Engl J Med*. 2020;382(5):405-15.
- UpToDate; Lee YCG. Pneumothorax: definitive management and prevention of recurrence. 13 jul 2021. <https://www.uptodate.com/contents/pneumothorax-definitive-management-and-prevention-of-recurrence/print>
- Advanced trauma life support: student course manual. Chicago, IL: American College of Surgeons, Committee on Trauma; 2018.
- Kong VY, Oosthuizen GV, Clarke DL. The selective conservative management of small traumatic pneumothoraces following stab injuries is safe: experience from a high-volume trauma service in South Africa. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2015;41(1):75-9.
- Zhang M, Teo LT, Goh MH, et al. Occult pneumothorax in blunt trauma: is there a need for tube thoracostomy? *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2016;42(6):785-90.
- Walker SP, Barratt SL, Thompson J, et al. Conservative management in traumatic pneumothoraces: an observational study. *Chest*. 2018;153(4):946-53.
- Bou Zein Eddine S, Boyle KA, Dodgion CM, et al. Observing pneumothoraces: the 35-millimeter rule is safe for both blunt and penetrating chest trauma. *J Trauma Acute Care Surg*. 2019;86(4):557-64.
- Schnell J, Beer M, Eggeling S, et al. Management of spontaneous pneumothorax and post-interventional pneumothorax: German S3 guideline. *Respiration*. 2019;97(4):370-402.
- Pasquier M, Hugli O, Carron PN. Videos in clinical medicine. Needle aspiration of primary spontaneous pneumothorax. *N Engl J Med*. 2013;368(19):e24.
- Faruqi S, Gupta D, Aggarwal AN, et al. Role of simple needle aspiration in the management of pneumothorax. *Indian J Chest Dis Allied Sci*. 2004;46(3):183-90.
- Zhu P, Xia H, Sun Z, et al. Manual aspiration versus chest tube drainage in primary spontaneous pneumothorax without underlying lung diseases: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2019;28(6):936-44.
- Contou D, Razazi K, Katsahian S, et al. Small-bore catheter versus chest tube drainage for pneumothorax. *Am J Emerg Med*. 2012;30(8):1407-13.
- Lai SM, Teo AK. Outpatient treatment of primary spontaneous pneumothorax using a small-bore chest drain with a Heimlich valve: the experience of a Singapore emergency department. *Eur J Emerg Med*. 2012;19(6):400-4.
- Hussein RMM, Elshahat HM, Shaker A, et al. Study of pigtail catheter and chest tube in management of secondary spontaneous pneumothorax. *Egyptian Journal of Chest Diseases and Tuberculosis*. 2017;66(1):107-14.
- Kulvatunyou N, Vijayasekaran A, Hansen A, et al. Two-year experience of using pigtail catheters to treat traumatic pneumothorax: a changing trend. *J Trauma*. 2011;71(5):1104-7; discussion 1107.
- Kulvatunyou N, Erickson L, Vijayasekaran A, et al. Randomized clinical trial of pigtail catheter versus chest tube in injured patients with uncomplicated traumatic pneumothorax. *Br J Surg*. 2014;101(2):17-22.
- Tavare AN, Creer DD, Khan S, et al. Ambulatory percutaneous lung biopsy with early discharge and Heimlich valve management of iatrogenic pneumothorax: more for less. *Thorax*. 2016;71(2):190-2.
- Chong ID, Chao A, Hunter-Behrend M, et al. Diagnosis and management of spontaneous pneumothorax in the emergency department: a review of the most current clinical evidence for diagnosis and treatment. *Pulm Res Respir Med Open J*. 2016;3(2):23-9.
- Fang M, Liu G, Luo G, et al. Does pigtail catheters relieve pneumothorax? A PRISMA-compliant systematic review and meta-analysis. *Medicine*. 2018;97(47):e13255.
- Chang SH, Kang YN, Chiu HY, et al. A systematic review and meta-analysis comparing pigtail catheter and chest tube as the initial treatment for pneumothorax. *Chest*. 2018;153(5):1201-12.
- Riber SS, Riber LP, Olesen WH, et al. The influence of chest tube size and position in primary spontaneous pneumothorax. *J Thorac Dis*. 2017;9(2):327-32.
- Kulvatunyou N, Bauman ZM, Edine SBZ, et al. The small 14-French (Fr) percutaneous catheter vs large (28-32Fr) open chest tube for traumatic hemothorax (P-CAT): a multi-center randomized clinical trial. *J Trauma Acute Care Surg*. 2021;91(5):809-13.
- Dernevik L, Roberts D, Hamraz B, et al. Management of pneumothorax with a mini-drain in ambulatory and hospitalized patients. *Scand Cardiovasc J*. 2003;37(3):172-6.
- Bauman ZM, Kulvatunyou N, Joseph B, et al. A prospective study of 7-year experience using percutaneous 14-french pigtail catheters for traumatic hemothorax/hemopneumothorax at a level-1 trauma center: size still does not matter. *World J Surg*. 2018;42(1):107-13.
- Gogakis A, Barbetakis N, Lazaridis G, et al. Heimlich valve and pneumothorax. *Ann Transl Med*. 2015;3(4):54.
- Samelson SL, Goldberg EM, Ferguson MK. The thoracic vent. Clinical experience with a new device for treating simple pneumothorax. *Chest*. 1991;100(3):880-2.
- Kim YP, Haam SJ, Lee S, et al. Effectiveness of ambulatory Tru-close thoracic vent for the outpatient management of pneumothorax: a prospective pilot study. *Korean J Radiol*. 2017;18(3):519-25.
- Woo WG, Joo S, Lee GD, et al. Outpatient treatment for pneumothorax using a portable small-bore chest tube: a clinical report. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg*. 2016;49(3):185-9.
- Joh HK, Moon DH, Lee S. Efficacy and cost-effectiveness of portable small-bore chest tube (thoracic egg catheter) in spontaneous pneumothorax. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg*. 2020;53(2):49-52.
- Hallifax RJ, McKeown E, Sivakumar P, et al. Ambulatory management of primary spontaneous pneumothorax: an open-label, randomised controlled trial. *Lancet*. 2020;396(10243):39-49.
- Walker SP, Keenan E, Bintcliffe O, et al. Ambulatory management of secondary spontaneous pneumothorax: a randomised controlled trial. *Eur Respir J*. 2021;57(6):2003375.
- Brimms FJ, Maskell NA. Ambulatory treatment in the management of pneumothorax: a systematic review of the literature. *Thorax*. 2013;68(7):664-9.
- Mahfood S, Hix WR, Aaron BL, et al. Reexpansion pulmonary edema. *Ann Thorac Surg*. 1988;45(3):340-5.
- Chakraborty PP, Chakraborty S. Reexpansion pulmonary edema. *Indian J Surg*. 2012;74(2):174-6.
- Echevarria C, Twomey D, Dunning J, et al. Does re-expansion pulmonary oedema exist? *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2008;7(3):485-9.
- Voisin F, Sohier L, Rochas Y, et al. Ambulatory management of large spontaneous pneumothorax with pigtail catheters. *Ann Emerg Med*. 2014;64(3):222-8.
- Hassani B, Foote J, Borgundvaag B. Outpatient management of primary spontaneous pneumothorax in the emergency department of a community hospital using a small-bore catheter and a Heimlich valve. *Acad Emerg Med*. 2009;16(6):513-8.
- Massongo M, Leroy S, Scherperreel A, et al. Outpatient management of primary spontaneous pneumothorax: a prospective study. *Eur Respir J*. 2014;43(2):582-90.
- Khan F, Vali Y, Naem M, et al. Safety and efficacy of ambulatory management of secondary spontaneous pneumothorax: a case series. *BMJ Open Respir Res*. 2019;6(1):e000373.
- Gupta S, Hicks ME, Wallace MJ, et al. Outpatient management of postbiopsy pneumothorax with small-caliber chest tubes: factors affecting the need for prolonged drainage and additional interventions. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2008;31(2):342-8.
- Sahn SA, Heffner JE. Spontaneous pneumothorax. *N Engl J Med*. 2000;342(12):868-74.
- Marquette CH, Marx A, Leroy S, et al; Pneumothorax Study Group. Simplified stepwise management of primary spontaneous pneumothorax: a pilot study. *Eur Respir J*. 2006;27(3):470-6.
- UpToDate; Lee YCG. Treatment of primary spontaneous pneumothorax in adults. 9 sep 2020. <https://www.uptodate.com/contents/treatment-of-primary-spontaneous-pneumothorax-in-adults>
- UpToDate; Mohr LC. Pneumothorax and air travel. 17 sep 2020. <https://www.uptodate.com/contents/pneumothorax-and-air-travel>