

## REFERATE GENERALE

# DRENAJUL CAVITĂȚII PLEURALE ÎN PATOLOGIA CHIRURGICALĂ A TORACELUI (REVIU LITERAR)

## PLEURAL CAVITY DRAINAGE IN THORACIC SURGERY PATHOLOGY (LITERATURE REVIEW)

Guțu Serghei<sup>2</sup>, Conțu Oleg<sup>1</sup>, Maxim Igor<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Catedra Chirurgie nr.4, USMF "Nicolae Testemițanu", Chișinău, Republica Moldova

<sup>2</sup> Catedra Chirurgie nr.1 "Nicolae Anestiadi", USMF "Nicolae Testemițanu", Chișinău, Republica Moldova

### Rezumat

Drenajul pleural este o procedură relativ simplă, care poate fi o soluție definitivă în 90-95% din toate cazurile de traumatism toracic (hemotorax și pneumotorax) și o procedură obligatorie în chirurgia toracică generală. Introducerea unui dren în cavitatea pleurală poate fi asociată cu complicații multiple și severe, prin urmare, indicațiile pentru plasarea drenajului pleural trebuie să fie stricte, iar persoana responsabilă pentru inserția lor trebuie să poată gestiona complicațiile sale. În acest reviu literar analizăm obiectivele drenării pleurale, indicațiile pentru inserția drenajului, complicațiile ce pot apărea imediat și tardiv în drenaj pleural și managementul tubului de drenaj, cât și sisteme digitale noi de monitorizare a tuburilor.

### Summary

Pleural drainage is a relatively simple procedure that can be a definitive solution in 90-95% of all thoracic trauma cases (haemothorax and pneumothorax), and a mandatory procedure in general thoracic surgery. The insertion of a chest drain can be associated with multiple and severe complications, therefore indications for chest tube placement must be strict and the person responsible for their insertion must be able to manage its complications. In this literature review we look into the goals of pleural drainage, indications for tube insertion, complications that can occur immediately and later in pleural drainage placement and tube management, as well as the new digital systems for chest tube management.

### Introducere

Drenajul, ca procedeu chirurgical, este foarte vechi, principiile lui fiind folosite încă din antichitate, de către Hipocrate. Ulterior, Paracelsus a anunțat cunoscutul său principiu de evacuare a tuturor colecțiilor purulente. Mult mai târziu, când patologia pleuropulmonară începe să fie cunoscută mai bine, se fac și primele tentative de drenaj ale colecțiilor purulente intrapleurale [32, 60, 65]. Primul care a aplicat un procedeu original de drenaj pleural al revărsatelor purulente a fost Lae'nec, care folosea un sistem de drenaj cu ajutorul unei ventuze. Ulterior, Bulau (1875), Plaifaur și Konig, preconizează drenajul cu incizia pleurei „a minima” sau cu rezecții de coastă, cu asocierea aspirației. Inițial, la drenajul aspirativ toracic recomandat de Storch (1890) și Perthes (1898), se foloseau presiuni negative foarte mari (-100 cm H<sub>2</sub>O), care s-au dovedit periculoase, deoarece măreau hemoragia și aeroragia. Acest fapt i-a determinat pe autori să reducă presiunea negativă la -50 cm H<sub>2</sub>O, aspirație și așa destul de puternică [51, 71].

Paralel, însă, cu dezvoltarea chirurgiei toracice, se dezvoltă și metodele de drenaj, astfel că astăzi nu există intervenție la nivel toracic fără drenaj. Concepția școlii de chirurgie toracică de la Utrecht de a efectua rezecții pulmonare fără drenaj asociat a fost abandonată din cauza complicațiilor mari postoperatorii [32, 51].

Astăzi drenajul în patologia chirurgicală a toracelui este o metodă unanim recunoscută. Ea nu trebuie considerată drept un act chirurgical minor, banal, un adjuvant obișnuit al tehnicii

chirurgicale, care trebuie încredințat unor ajutoare aflate în perioada de instruire. Drenajul în patologia chirurgicală a toracelui este un act chirurgical important, al cărui responsabilitate unică trebuie să revină chirurgului operator.

Totuși, ținem să subliniem că nici această măsură nu este suficientă, deoarece drenajul trebuie urmărit în permanență, până la suprimarea sa, tot de către chirurgul operator. Urmărirea funcționării corecte a drenajului, a corectării defectelor constatate, alături de o execuție corectă, reprezintă elementele indispensabile unui drenaj pleural eficient.

Drenajul în patologia chirurgicală toracică reprezintă o intervenție chirurgicală care urmărește obiective complexe, cu ajutorul unuia sau mai multor tuburi de dren, introduse prin peretele toracic în cavitatea pleurală, conectate la un sistem de aspirație și care evacuează colecțiile intrapleurale: aeriene, lichidiene sau mixte.

Introducerea unui dren în cavitatea pleurală poate fi asociată cu complicații severe și, prin urmare, indicațiile pentru a efectua această procedură trebuie să fie foarte stricte. Cel mai important aspect, în acest context, este obiectivul de tratament, care trebuie atins prin procedura de drenaj pleural. Considerații suplimentare, cum ar fi tipul de dren (formă, diametru și material), numărul de drenuri și localizarea anatomică trebuie să se alinieze scopului terapiei. E necesar a avea în vedere indicația de intervenție în legătură cu evoluția clinică a pacientului. Acesta este singurul mod de a calcula raportul risc/beneficiu al acestei proceduri invazive.

Drenajul în chirurgia toracică, prin obiectivele sale complexe, se deosebește radical de drenajul din chirurgia abdominală, cel din urmă vizând numai evacuarea colecțiilor. Aceste deosebiri, dintre drenajul din patologia chirurgicală toracică și cel din patologia chirurgiei generale, se explică prin următoarele particularități:

- Structurile anatomice deosebite ale plămânului, generate de diferențele de presiune, prezența membranei elastice intrapulmonare, inserată la periferie, pe fața profundă a pleurei viscerale, iar central – pe nucleu, menținută în tensiune de "vid" pleural. De asemenea, o altă particularitate este faptul că plămânul este singurul organ prin care circulă 2 fluide: aerul și sângele.

- Perturbarea mecanicii are repercusiuni asupra funcției respiratorii, în timp ce în abdomen, de exemplu, aceeași colecție nu are aceleași efecte asupra funcțiilor vitale.

- Obiectivele drenajului în chirurgia toracică sunt mult mai complexe decât cele din chirurgia generală, acestea fiind justificate de condițiile anatomice, mecanice și funcționale ale toracelui.

#### **Obiectivele drenajului pleural:**

- Evacuarea colecțiilor intrapleurale de diverse etiologii;
- Reexpansiunea parenchimului pulmonar colabat;
- Diminuarea efectului toxic al colecțiilor intrapleurale ale organismului, în special în etiologii septică;
- Restabilirea mișcărilor fiziologice a pulmonului;
- Diminuarea sau eliminarea factorilor ce exercită presiune asupra organelor mediastinului;
- Reechilibrarea cardio-respiratorie;
- Stabilirea tacticii de tratament, în special în hemoragii posttraumatice sau postoperatorii.

#### **Indicațiile drenajului pleural:**

- **Pneumotorax spontan primar** – Introducerea drenajului pleural pentru pneumotoraxul spontan primar (PSP) poate aborda mai multe obiective terapeutice potențiale, cum ar fi gestionarea unei situații de urgență, monitorizarea unei fistule bronhopleurale și tratamentul potențial al unei boli subiacente. Primul obiectiv este evacuarea aerului din spațiul pleural, care poate fi o consecință a unei scurgeri din parenchimul pulmonar, care permite acumularea aerului. În același timp, acest lucru ar trebui să faciliteze reexpansiunea țesutului pulmonar mai mult sau mai puțin colabat, urmată de restabilirea și menținerea presiunii subatmosferice în spațiul pleural. În apariția colapsului pulmonar, cu o presiune pozitivă semnificativă în interiorul cavității pleurale, poate apărea un pneumotorax de tensiune, care necesită o drenare pleurală urgentă. În pneumotoraxul primar sau spontan, după cum menționează și definiția, pleura și țesutul pulmonar nu suferă de patologie și, prin urmare, introducerea unui drenaj pleural poate avea loc în mod obișnuit. Necesitatea drenajului toracic este, în majoritatea cazurilor, indicată de volumul pneumotoraxului și simptomele clinice (Klopp et al. 2007) [46]. Societățile SUA-America (ACCP), precum și cele britanice (BTS), oferă ghiduri pentru tratamentul pneumotoraxului spontan primar (Baumann et al. 2001; MacDuff et al. 2010) [6, 54], deși ambele ghiduri nu au aceleași rezultate la toate problemele [6, 54]. Trebuie să recunoaștem că există doar un grup mic de pacienți eligibili pentru o abordare pur conservativă, fără toracenteză sau introducerea tubului toracic (adică un pneumotorax „mic”, fără simptome clinice).

Chiar și în această situație literatura de specialitate nu este clară în definirea pneumotoraxului „mic” și diferă în ceea ce privește simptomele. ACCP utilizează distanța de la vârful plămânului până la capătul superior al toracelui în definiția sa, în timp ce BTS măsoară distanța de la suprafața pulmonară la nivelul hilului până la peretele toracic. În concluzie, numai un pneumotorax asimptomatic „mic” cu o distanță mai mică de 1 cm între plămân și peretele toracic poate fi tratat fără intervenție. În toate celelalte cazuri clinice aerul trebuie evacuat. Acest lucru poate fi realizat prin toracenteză cu aspirația prin ac (Devanand și colab. 2004) [23] sau prin introducerea unui cateter cu diamteru mic plasat prin troacar sau ac (metoda Seldinger). Datorită unei rate scăzute de succes, această procedură nu este recomandată la sugari (Soccorso și colab. 2015) [23, 77]. Aspirația prin ac nu poate să monitorizeze eventualele scurgeri parenchimotoase active. Cateterele cu diamteru mic sunt capabile să evacueze aerul (Vedam și Barnes 2003) [84], dar aceste catetere tind să se obtureze destul de rapid din cauza fibrinei, astfel încât funcționarea continuă nu este garantată. Acesta este unul dintre motivele pentru care se folosește frecvent un cateter 20 Fr. Dacă există o preocupare clinică pentru prezența unei scurgeri de aer active, ar trebui să se aleagă un cateter mare cu diametrul 20-32 Fr. Cu aceste catetere, cu diametre mai mari, debitele masive pot fi gestionate, astfel încât apariția emfizemului subcutanat să fie mai puțin frecventă. Trebuie să ținem cont, însă, că într-un pneumotorax tensionat, aspirația simplă cu ac poate asigura o reducere de presiune inițială, pentru a permite introducerea ulterioară a drenajului pleural în condiții mai controlate. Introducerea unui drenaj pleural pentru pneumotoraxul spontan ar trebui să restabilească condițiile fiziologice în spațiul pleural. Tubul pleural rămâne pe o perioadă determinată de timp funcționând ca instrument de monitorizare și ar putea fi singura procedură terapeutică necesară. Normele exacte pentru cursul terapeutic post-procedural nu sunt consecvente (ACCP și BTS) [6, 20, 33, 54]. În cele din urmă, factorii de risc existenți și alți parametri specifici pacientului trebuie luați în considerare la luarea unei decizii terapeutice individualizate. Există foarte puține situații în care un drenaj pleural pentru pneumotoraxul spontan primar nu este indicat.

- **Pneumotorax secundar** – Există numeroase stări patologice care pot provoca un pneumotorax secundar. Modificările patologice ale parenchimului pulmonar, cum ar fi ceea ce se observă în boala pulmonară obstructivă cronică sau în boala pulmonară interstițială (Ichinose 2015) sunt factori care stau la bază patologiei [36]. Atunci când este indicat drenajul pleural în apariția unui pneumotorax spontan, clinicianul trebuie să fie conștient de faptul că terapia poate fi complicată semnificativ prin modificări severe ale parenchimului pulmonar (bule gigante) sau anomalii ale spațiului pleural (aderențe pleurale). În unele cazuri, modificările parenchimotoase, cum ar fi o bulă gigantă, pot fi interpretate greșit ca fiind un pneumotorax. O astfel de anomalie nu este o indicație pentru introducerea tubului pleural și pot apărea complicații iatrogene, cum ar fi perforarea organelor. Pneumotoraxele în cadrul bolii pulmonare interstițiale și fibroza chistică sunt asociate cu rate mari de complicații și chiar mortalitate (Flume și colab., 2010) [27]. Trebuie stabilit rapid un drenaj suficient. Aspirația prin ac s-a dovedit a fi o procedură inutilă la acești pacienți. În cazul unui pneumotorax secundar, există aproape întotdeauna o indicație pentru a introduce un drenaj pleural. Dacă există un risc semnificativ de scurgere de aer, în majoritatea cazurilor este indicat un drenaj pleural mai

mare de 20 Fr [84]. În cazul apariției unui pneumotorax drenat inadecvat (scurgerea în fisură, acoperită de țesutul pulmonar; în cursul scurgerii mari de aer; etc.), pacientul trebuie reevaluat rapid pentru o posibilă introducere a unui al doilea tub sau o înlocuire a celui precedent cu un singur tub nou. Pacienții cu pneumotorax secundar pot avea modificări în cavitatea pleurală (postoperator, postinflamator, etc.), care pot provoca dificultăți în timpul introducerii drenajului pleural. Acest lucru poate duce la complicații ulterioare. Bulele emfizematoase uriașe trebuie, de asemenea, luate în considerare [88]!

• **Pneumotorax iatrogen** – Proporția de pneumotorace iatrogene, la toți pacienții care suferă de un pneumotorax, este destul de mare. Principala indicație pentru introducerea drenajului pleural este scurgerea aerului din spațiul pleural și restabilirea condițiilor fiziologice. Este posibil ca unii pacienți să poată fi supravegheați, fără aspirația prin ac, sau să li se introducă un tub pleural pentru rezolvarea unui pneumotorax iatrogenic. Pacienții care suferă de pneumotorace iatrogen sunt heterogeni. În esență, există două grupuri de pacienți cu acest tip de pneumotorace și ar trebui să fie luați în considerare separat atunci când se ia decizia cu privire la drenajul pleural. Primul grup prezintă pneumotorace, care este legat de biopsii și inserții de catetere venoase (Despars și colab., 1994) [22]. Pneumotoracele asimptomatice „mic” poate fi observat și tratat fără alte acțiuni invazive în acest grup. Toate celelalte cazuri din grupul în cauză trebuie tratate prin aspirația cu ac sau cu introducerea unui tub pleural cu diamteru mic. Dacă există o scurgere mare de aer, acest fapt este o indicație pentru introducerea unui tub pleural cu diamteru mai mare [84]. Al doilea grup de pacienți suferă de pneumotorace iatrogen de la barotrauma din ventilația mecanică sau sunt ventilați la prima apariție a pneumotoraxului (iatrogen). În aceste situații, riscul de a obține un pneumotorax de tensiune este foarte mare și, prin urmare, este indicată instalarea de drenaj pleural. În aceste condiții, un tub pleural cu diamteru mic este corelat cu o rată de succes scăzută și, prin urmare, este recomandată utilizarea unui tub cu diamteru mare (>20 Fr). Fiecare pneumotorax, la pacienții care necesită ventilație mecanică, trebuie evacuat [88]!

• **Emfizem subcutanat masiv** – Emfizemul subcutanat apare, în special, după drenarea unui pneumotorax la un pacient care este ventilat mecanic. În literatura de specialitate s-a presupus că aceasta este o complicație datorată terapiei cu drenuri pleurale [22, 27]. Două situații trebuie luate în considerație în ceea ce privește terapia suplimentară: pe de o parte există adesea o „nepotrivire” între cantitatea de aer din spațiul pleural, cauzată de o fistulă bronhopleurală cu volum mare, sau cauzată/accelerată de excursii costale puternice (adică tuse) și capacitatea maximă de drenare a tubului toracic. În acest caz, trebuie să se stabilească dacă diametrul ales al tubului este prea mic, ceea ce necesită adăugarea unui al doilea (sau al treilea) dren pleural sau dacă drenajul pleural curent trebuie mărit în diamteru. Aceste drenuri suplimentare trebuie poziționate într-un mod optim pentru a ajunge la spațiul pleural cu aer existent sau pentru a viza zona specifică a cavității pleurale în cauză. Pe de altă parte, emfizemul subcutanat poate fi cauzat de faptul că drenajul pleural nu funcționează optim datorită țesutului care acoperă o parte sau toate orificiile de drenare. În această situație este indicată amplasarea unui nou drenaj pleural. Motivul dezvoltării sau persistenței emfizemului subcutanat, după terapia de drenaj, trebuie găsit și, dacă este necesar, trebuie întreprinse proceduri adecvate pentru rezolvarea problemei. O

strategie pasivă ar putea fi periculoasă [44]!

• **Scăderea presiunii intratoracice** – Acumularea de gaz, aer sau lichid poate conduce, în circumstanțe distincte, la dezvoltarea unei presiuni intratoracice semnificative care dăunează sistemului respirator și/sau cardiac. Acest lucru poate necesita utilizarea drenajului pleural. Luând în considerație probabilitatea de reapariție și dinamica bolii subiacente, indicația în această circumstanță este drenajul pleural pentru ameliorarea imediată [44].

• **Hemotorax (Hemo-pneumotorax)** – Cele mai dese hemotorace se dezvoltă din cauza unui traumatism toracic. Alte etiologii care pot provoca un hemotorax includ boli maligne ale pleurei și hemoragii spontane datorate anticoagulantelor sistemice. Drenajul unui hemotorax este indicat indiferent de etiologia de bază. Datorită consistenței hemotoracelor, trebuie plasat inițial un tub de drenaj cu diamteru mare (>24 F). Drenajul este accentuat prin următoarele obiective [84]:

- Evacuarea completă a sângelui din spațiul pleural;
- Monitorizarea cantității de sânge și a intensității hemoragiei;
- Îmbunătățirea hemostazei datorită apropierii foilor pleurale (parietale și viscerale);
- Evitarea problemelor consecutive, cum ar fi atelectazia cronică sau empiemul pleural.

Un hemotorax traumatic este frecvent asociat cu un pneumotorax și, prin urmare, numit hemo-pneumotorax. Pentru a obține obiectivele terapeutice, poate fi nevoie de mai mult de un drenaj pleural. Hemotoraxul tratat cu un singur drenaj pleural are o rată mare de eșec, dar tubul poate fi utilizat ca instrument important de monitorizare inițială. Trebuie să fie asigurată funcția adecvată a sistemului de drenaj pleural pentru a evita complicațiile viitoare, cum ar fi atelectazia cronică. Dacă există dubii cu privire la eficiența sistemului de drenaj pleural, trebuie să se plaseze un dren suplimentar. Dacă sunt luate în considerație drenurile suplimentare, ar trebui să existe și o discuție pentru explorarea toracoscopică a toracelui. Fiecare hemotorax trebuie evacuat cât mai precoce. Sistemul de drenaj ales trebuie să fie adecvat, deoarece controlul pe termen scurt determină succesul terapiei [44].

• **Traumatime penetrante/Pneumotorax traumatic** – Pneumotoracele traumatic nu se datorează întotdeauna unei plăgi penetrante. Este important de menționat că mai mult de 30% dintre pneumotorace traumatice nu sunt detectate la radiografie convențională, ci sunt identificate doar cu ajutorul unei scanări CT (Yadav et al. 2010) [87]. În asemenea cazuri el este denumit un „pneumotorax ocult”. În general, un pneumotorax traumatic prezintă o indicație pentru introducerea unui drenaj pleural. Dacă există doar un pneumotorax, în absența hemotoraxului simultan și fără plăgi semnificative ale parenchimului pulmonar, nu există nici o indicație valabilă cu privire la diametrul drenajului. În cazul disfuncției unui cateter cu diametrul mic, plasarea unui cateter cu diametrul mare trebuie efectuat destul de rapid. La pacienții cu traumatisme, conectați la ventilator, este recomandat și un cateter cu diamterul mai mare (>20 Fr) [84]. Doar într-un pneumotorax ocult sau în cazuri selecte de pneumotorax foarte mic, există o indicație pentru monitorizare în dinamică cu radiografii seriate a drenajului pleural. Această strategie de tratament trebuie aplicată doar la pacienții neventilați (de Lesquen și colab. 2015) [50]. Când sunt identificate simptomele clinice ale unui pneumotorax tensionat, este necesară reducerea imediată a presiunii prin plasarea unui dren. Ori de câte ori trebuie eliminat un pneumotorax traumatic,

trebuie garantată monitorizarea pacientului [20,44].

• **Revărsat pleural simptomatic (primar, recidivant)** – Prezența simplă a lichidului în spațiul pleural nu este o indicație pentru drenaj pleural. Indicații pentru instalarea drenajului pleural, în caz de prezență a lichidului, se efectuează pentru cantitate însemnată de lichid, necesitate de a monitoriza cantitatea și dinamica lichidului produs, boala de bază, evaluare a calității lichidului, profilaxie cu privire la efecte secundare, din considerente terapeutice și aspecte pur paliative [20,55].

• **Revărsat pleural parapneumonic și empiem pleural** – Incidența infecțiilor pleurale este crescută și acestea sunt asociate cu morbiditate și mortalitate înaltă. Există o serie de strategii medicale pentru diagnostic. Amplasarea unui drenaj pleural permite de a obține lichid pentru analiză și menține potențialul de tratament. Există tentative de stratificare ale acestei pluralități terapeutice în ghiduri (Davies și colab. 2010) [20]. Trebuie subliniat faptul că infecțiile pleurale sunt rareori boli cu un statut distinct, dar în schimb se schimbă constant în ceea ce privește morfologia și consistența lichidului pleural. Acest lucru este important în ceea ce privește indicațiile pentru introducerea unui drenaj pleural. Foarte des, lichidul nu plutește liber în cavitatea pleurală, ci este plasat în mai multe compartimente delimitate, umplute cu lichid. Aceste compartimente sunt din nou în diferite stări de dezvoltare, reprezentând dinamica bolii. În același timp, pleura este în curs de schimbare, ceea ce compromite funcția pulmonară (pelicula viscerală groasă sau atelectazia constrictivă) [71]. Aceste constatări reprezintă un proces de boală și trebuie să urmeze acțiuni terapeutice adecvate. Toracocenteză este indicată dacă o revărsare pleurală este o complicație a pneumoniei, dacă există suspiciuni de infecție și dacă efuziunea este liberă în cavitatea pleurală. Aspiratia în acest caz este cu scop diagnostic, deși evacuarea completă a lichidului ar trebui să fie scopul principal. Destul de des, o singură drenare pleurală poate reprezenta o terapie definitivă. Reaparitia unei revărsări parapneumonice apare foarte des într-un mod destul de dinamic (<24 h). În această circumstanță, o drenare pleurală este indicată ca un instrument de diagnostic și pentru monitorizarea efuziunii și respectiv a bolii. La moment se duc discuții cu privire la necesitatea unui tub cu diametru mic sau mare, în această situație. Cateterele cu diametrul mic au o rată mai mare de eșec, în special atunci când sunt utilizate la pacienții cu empiem pleural. Poate fi necesară efectuarea rapidă a unui schimb de tub în favoarea unuia cu diametrul mare, deoarece morbiditatea și durata bolii vor fi determinate de drenajul pleural ales. Suplinirea enzimelor poate fi luată în considerație în această etapă a bolii, deoarece calitatea efuziunii se schimbă spre o morfologie mai bogată în proteină și fibrină. Sistemul de drenaj trebuie adaptat pentru a face față acestei schimbări de lichid. Un tub de drenaj cu diametrul mare este cu siguranță indicat în timpul trecerii de la stadiul I (exudativ) al infecției pleurale la stadiul II al acesteia (purulent). Protocoalele individualizate pot necesita mai multe tuburi pleurale sau tuburi speciale de „lavaj”. În această etapă a bolii este destul de comun ca tratamentul cu drenaj pleural să eșueze, deoarece are loc dezvoltarea unei pelicule viscerele îngroșate. Aceasta duce la o situație în care plămânul nu mai este capabil să se expandeze pe deplin, chiar dacă tratamentul empiemului pleural are succes. În prezența unei revărsări pleurale, cauzate de un proces inflamator, există modificări pleurale la suprafața plămânului și a diafragmei care au un impact patologic. Terapia de succes depinde de momentul

intervenției! Strategiile terapeutice trebuie să țină seama de heterogenitatea constatărilor, de capacitatea de a defini stadiul corect al bolii și de schimbările dinamice timpurii care pot agrava boala. Aceste componente joacă un rol important și trebuie abordate simultan cu o terapie adoptată stadiului, pentru a oferi cele mai bune tratamente pacienților. Aceste cerințe pot fi cel mai bine satisfăcute de chirurgia toracoscopică video asistată. Chirurgia permite poziționarea exactă a unui drenaj pleural în vederea directă și, dacă este necesar, instalarea unui sistem de lavaj. Când este posibil, drenurile trebuie plasate într-un mod care să permită tratarea întregii patologii pleurale. Într-un empiem pleural în stadiul II indicația pentru chirurgie devine mai evidentă, dar pacientul trebuie evaluat pentru riscul intervenției chirurgicale. La pacienții septici creșterea riscului anestezic și perioperator, care implică o intervenție chirurgicală, poate fi prea mare. În această circumstanță, un drenaj pleural poate fi indicat pentru detoxifiere înainte de operație. În cazul infecțiilor pleurale în stadiul III (organizate), este indicată decorticarea deschisă. Dacă din cauza unor considerente clinice acute chirurgia nu este potrivită, terapia de drenare pleurală poate fi aplicată pentru a încerca oprirea progresiei unui abces sau a unui empiem. Atunci când un empiem pleural implică compartimente pleurale aceasta poate crește rata de recurență și, prin urmare, poate indica amplasarea ghidată a unui dren (de exemplu, drenaj pigtail). Toate procedurile de drenaj și terapeutice, pentru revărsările pleurale inflamatorii, trebuie monitorizate pentru eficacitatea lor la scurt timp după intervenție [44].

• **Revărsat pleural benign** – Dacă evaluarea clinică exclude prezența unui revărsat pleural cauzat de etiologiile parapneumonice, maligne sau traumatice, un drenaj pleural este indicat în prezența unei revărsări pleurale relevante clinic. Aspirarea revărsării pleurale este un punct cheie în diagnostic. Literatura conține recomandări cu privire la transudatele și exudatele pleurale și modul în care se poate restrânge diagnosticul diferențial (Hooper et al. 2010) [33]. Un transudat se poate datora cauzelor cum ar fi: insuficiența cardiacă stângă, o afecțiune funcțională a ficatului sau un sindrom nefrotic. Există numeroase alte cauze, unele dintre ele fiind foarte rare. Există șanse de 85% ca revărsatul pleural să se absoarbă, deoarece boala de bază este tratată cu succes și, prin urmare, drenajul pleural este rar indicat. Foarte puține cazuri au nevoie de pleurodeză din cauza recurenței. Un tub pleural este apoi utilizat ca instrument de monitorizare pentru a observa dinamica zilnică a producției de efuzii. Dacă este nevoie de pleurodeză, trebuie ales un sistem de drenaj pleural care să optimizeze această metodă și agentul potrivit ce trebuie utilizat. În prezența unei revărsări exudative, cele mai frecvente etiologii sunt maligne, parapneumonice sau legate de o boală pleurală specifică. Atunci când se discută opțiuni de diagnostic și terapie, trebuie luate în considerare pleurita, boala pleurală benignă și mezoteliomul. În ambele cazuri poate fi nevoie de biopsie pleurală. Dacă este nevoie de biopsie și drenaj, aceasta poate fi finalizată în timpul unei proceduri toracoscopice prin care un drenaj pleural este lăsat să monitorizeze și să continue să scurgă orice lichid. Dezvoltarea timpurie a compartimentelor umplute cu lichid este comună cu exudatele pleurale. Acest lucru poate determina colabarea unor părți ale plămânului din cauza atelectaziei. Efuziile pleurale, care nu sunt cauzate de traume, inflamații sau malignități, trebuie analizate minuțios înainte de efectuarea oricărei proceduri de drenaj [44].

• **Revărsat pleural malign** – Tratatamentul unei revărsări pleurale maligne poate implica introducerea unui drenaj pleural. Considerația pentru tratamentul cu drenaj pleural trebuie să se concentreze asupra faptului că revărsarea pleurală malignă este un simptom al unei boli subiacente cu un prognostic extrem de rezervat (Ried și Hofmann 2013) [70]. Boli multiple pot provoca această complicație. Tratamentele cu drenaj pleural în efuziunile pleurale maligne urmăresc evacuarea efuziunii, permițând reexpansiunea plămânului (pentru a îmbunătăți simptomele precum dispneea) și permit instalarea medicamentelor pentru pleurodeză. Efuziile pleurale pot duce la simptome cardiopulmonare la pacienții cu patologie malignă avansată. Drenajul pleural poate fi indicat în situații de urgență pentru ameliorarea simptomelor. Drenări repetate trebuie făcute numai dacă speranța de viață este mai mică de patru săptămâni, deoarece există un risc crescut de infecție cu fiecare instrumentar suplimentar. Atunci când prognosticul și supraviețuirea sunt rezervate în stadiu final al patologiei, scopul terapiei de drenaj este ameliorarea paliativă a simptomelor, care poate fi eficientă cu un cateter cu diametru mic (adică prin tehnica Seldinger). O astfel de procedură trebuie efectuată la începutul apariției unei revărsări maligne, deoarece riscul unei pelicule viscerale restrictive datorate revărsărilor parțial hemoragice este ridicat. În plus, se poate stabili dacă va exista capacitatea de a obține o pleurodeză a pleurei viscerale și parietale. Aceste informații sunt cruciale atunci când se decide dacă cineva ar beneficia de o pleurodeză. Dacă producția de lichid pleural este foarte mare, evacuarea efuziunii trebuie efectuată astfel încât să nu se scurgă mai mult de 1500 ml/zi pentru a preveni edemul de reexpansiune. Dacă un tub pleural este introdus pentru a evacua o efuziune și poate fi utilizat pentru pleurodeză, un tub de diametru mic poate fi justificat dacă medicamentul care trebuie introdus poate fi preparat ca soluție (doxiciclina, bleomicină, etc). Cea mai eficientă pleurodeză poate fi obținută folosind talc [78]. Nu este posibil să se pregătească talc într-o soluție, ci în suspensie. De aceea, după instalare se observă adesea acumulare locală, în special în sinusurile diafragmale. Pudra de talc este mai eficientă (Stefani și colab. 2006) [78] unde talcul este răspândit omogen în cavitatea pleurală. Acesta este un alt motiv pentru care o abordare chirurgicală toracoscopică este mai eficientă din cauza plasării directe a unui tub, a capacității de biopsie pentru diagnostic și a pudrei de talc, ce pot fi efectuate într-o singură procedură. La sfârșitul intervenției chirurgicale, drenajul pleural rămâne pe loc și este apoi utilizat ca instrument de monitorizare până la obținere de pleurodeză și oprirea efuziunii. Dacă pleurodeza nu are succes, apare o revărsare recurentă relevantă din punct de vedere clinic sau, dacă pleurodeza nu mai este posibilă din cauza contracției plămânului datorată patologiei, este indicat un cateter pleural permanent (PleurX® Drainage-System, CareFusion Germany). Acest sistem poate rămâne in situ pe parcursul bolii, fără a afecta igiena sau mobilitatea pacientului. Cateterul pleural permanent se poate obtura din cauza fibrinei, dar acest lucru poate fi rezolvat prin inițierea preparatelor fibrinolitice. Există 60% șanse de pleurodeză „spontană”, care ar putea permite o eventuală înlăturare a tubului pleural. Când se întâlnesc efuzii hemoragice semnificative, tuburile cu un diametru adecvat (20 Fr) ar trebui să fie utilizate pentru a evita disfuncțiile (obturarea). O hemoragie relevantă din carcinomatoza pleurală ar indica utilizarea tuburilor de lavaj. Dacă pleurodeza este indicată pentru tratamentul unei revărsări pleurale maligne,

această procedură trebuie efectuată mai devreme în cursul bolii. Procedura terapeutică și/sau paliativă trebuie selectată individual, în funcție de prognosticul bolii [44].

• **Reexpansiune pasivă de atelectazie** – Concurența lichidului sau a gazului/aerului cu volumul pulmonar duce la dezvoltarea atelectaziei prin compresia parenchimului pulmonar. Există o reducere a capacității vitale și în cele din urmă poate apărea dispnee. O altă considerație pentru introducerea drenajului pleural este etiologia și componența lichidului pleural: bogat în proteine, fibrină, hemoragic sau sânge. Acest lucru duce destul de rapid la dezvoltarea unei pelicule care acoperă suprafața plămânului, urmat de compresie și atelectază, ceea ce duce la o situație în care chiar un drenaj pleural plasat corect nu este în măsură să contribuie la reexpansiunea pulmonară [44].

• **Chilotorax** – Spectrul bolilor care provoacă o revărsare chiloasă sau pseudchiloasă este larg, ajungând de la entități benigne la maligne, dar indicația pentru drenarea inițială este aceeași. Amplasarea drenajului pleural permite, de asemenea, monitorizarea zilnică a producției de efuzii. Există o varietate de modalități de tratament pentru a aborda, în mod specific, starea bolii de bază: modificarea dietei, terapia medicamentoasă, procedurile de radiologie intervențională și chirurgie (Bender și colab. 2016) [7]. Pentru tratament, drenajul pleural este indicat încă o dată ca instrument de monitorizare a producției de lichide și pentru documentarea succesului tratamentului specific. Configurația distinctă a drenajului toracic în această situație nu este clară în literatura de specialitate. Se poate presupune că pentru acești pacienți pot fi utilizate catetere cu diametru mic, precum și drenaje pleurale cu diametre mai mari. Atunci când algoritmul terapeutic include pleurodeză medicamentoasă sau pleurectomie, trebuie utilizat un tub cu diametru mare (>20 Fr). Riscul unei infecții induse de drenaj pleural este scăzut și, astfel, nu există nici o indicație pentru un tub de lavaj. Efuzia limfatică trebuie întotdeauna drenată la etapa inițială [44, 84].

• **Postoperator** – Drenarea postoperatorie a cavității pleurale este indicată în toate procedurile în care există posibilitatea acumulării perioperatorii de aer, lichide seroase sau sânge, în cavitatea pleurală. Aceasta se aplică multor proceduri chirurgicale în chirurgia toracică, precum și în cea cardiacă, esofagiană, vasculară, ortopedică și neurochirurgie. Principiul de bază este evacuarea oricărei colecții de aer și/sau lichid din spațiul pleural și mediastin. Sistemul de drenaj ales trebuie să îndeplinească aceste cerințe.

- Drenarea orientată către țintă: Drenarea suficientă a locului chirurgical.

- Localizarea strategică a drenului: adecvat pentru a scurge suficient aerul, dacă este necesar, cu un diametru mare.

- Localizarea strategică a drenului: adecvat pentru a scurge suficient lichidul, dacă este necesar, anticipând compartimentele pleurale care se dezvoltă ulterior.

- Diametrul drenajului pleural: adecvat pentru a scurge cheagurile de sânge și fibrină (>24 Fr).

- Opțional: posibilitatea de a efectua lavaj prin catetere speciale.

Pentru a îndeplini aceste cerințe sunt preferate diferite configurații în funcție de preferințele individuale. Adesea, drenajul format din cel puțin două tuburi va fi utilizat pentru a realiza o abordare ventroapicală „drenată de aer” și o abordare dorsobazală sau paravertebrală „cu scurgere de fluide”. Atunci când un loc chirurgical este contaminat sau în chirurgia bolilor septică, sunt indicate „cateterele de lavaj” speciale

pentru a garanta o curățire suficientă a locului chirurgical sau a compartimentelor existente în perioada postoperatorie. Drenajul pleural postoperator trebuie să se bazeze pe standarde definite de centrul clinic individual [44].

• **Fistulă bronhopleurală** – Reprezintă o legătură dintre bronhie și spațiul pleural. Aceasta este una dintre complicațiile majore care duc la morbiditate și mortalitate serioasă după rezecției pulmonare. Poate fi aleasă una dintre numeroasele opțiuni de tratament, adecvate pentru un pacient cu fistulă bronhopleurală [1, 53]. Dacă se dezvoltă un pneumotorax tensionat, trebuie efectuat un drenaj pleural de urgență. Un pacient care a suferit o pneumonectomie, cu o posibilă fistulă bronhopleurală, trebuie pus pe partea operată. Această poziționare poate proteja plămânul opus de contaminare prin scurgerea de lichid din cavitatea operată [1, 53, 62]. Tratamentul de succes al fistulei bronhopleurale este strâns legat de tratamentul cavității empiemului. Terapia cu antibiotice trebuie inițiată după cum este indicat de culturile bacteriene. Sepsisul poate fi prevenit prin drenaj adecvat și terapie medicală [21]. Tratamentul definitiv trebuie selectat în funcție de diametrul fistulei și de starea generală și respiratorie a pacientului. În general, este esențial să controlăm infecția, să drenăm adecvat și să îmbunătățim starea generală a pacienților [74].

• **Redirecționarea revărsatului pleural** – Există câteva situații speciale în care sistemele de drenaj pot fi utilizate pentru a redirecționa o revărsare pleurală. În aceste cazuri, sunt făcuți pași excepționali atunci când un algoritm terapeutic anterior este parțial sau complet nereușit. Acest lucru poate apărea în tratamentul efuziunilor limfatice cu volum mare și a revărsărilor pleurale datorită ascitei masive. În funcție de compoziția lichidului, starea clinică a unui pacient se poate agrava atunci când au loc pierderi proteice semnificative și, prin urmare, este un motiv pentru redirecționarea lichidului. În aceste cazuri, lichidul va fi redirecționat către un alt compartiment al corpului (adică intraabdominal) pentru a ajuta la reabsorbția lui în spațiul intravascular și a reduce, respectiv, pierderea de proteine. Sistemul disponibil pentru aceasta este Denver®-Shunt (Denver®-Shunt, CareFusion Germany, Kelberg, Germania). Fluidul poate fi redirecționat pleuro-peritoneal, pleuro-venos sau peritoneal-venos. Atunci când se ia în considerație o astfel de procedură, trebuie discutate indicațiile pentru utilizare, fiziopatologia bolii de bază, eventualele complicații și efectuat un calcul risc-beneficiu (Perera și colab., 2011) [64]. După implantarea unui Denver®-Shunt, cavitatea pleurală trebuie drenată și drenajul trebuie folosit atât timp cât șuntul funcționează fără complicații. Redirecționarea unei revărsări pleurale către o altă cavitate a corpului este o procedură individualizată care trebuie indicată cu precizie [44].

• **Introducerea medicamentelor prin drenajul pleural** – Drenajul pleural poate fi utilizat nu numai pentru ameliorarea sau evacuarea aerului/gazului/lichidului, ci și pentru a acționa drept o cale care să permită introducerea medicamentelor potențial terapeutice în cavitatea pleurală. Probabilitatea atingerii zonei țintă în cavitatea pleurală și rata de succes anticipată trebuie luate în considerație atunci când se indică o astfel de procedură [44].

### Tipuri de drenaj pleural

Recent, discuția despre sistemele de drenaj și filozofiile de drenaj a fost concentrată pe problema „a aspira sau a nu aspira”, „fără aspirație” fiind sigila de apă. Susținătorii „terapii de

aspirație permanentă” sunt localizați în principal în Europa, în timp ce comunitatea americană a promovat utilizarea „sigilei de apă”, ca terapie separată, mai rapid decât principiul „fără aspirație”. Odată cu creșterea cunoștințelor privind fiziopatologia spațiului pleural, această discuție a fost aproape complet încheiată. Diferite sisteme de drenare și filozofiile lor de drenaj trebuie privite în contextul istoric al unei perioade de stagnare tehnică. Acum, cu tehnologii mai noi, managementul spațiului pleural este mai bine înțeles și tratat în mod corespunzător [44, 59].

• **Sigila cu apă** – Sigila cu apă funcționează ca supapă de sens unic. Lichidul și aerul sunt evacuate din pleură prin sistemul de drenare în recipientul de colectare, fără posibilitatea sau pericolul de a se reîntoarce. Folosind drenajul Heber, sigila cu apă este absolut necesară, deoarece sistemul folosește o sursă de aspirație analogică activă, pe care o reprezintă sigila cu apă. În caz de eșec, există o caracteristică suplimentară de siguranță pentru a preveni apariția unui pneumotorax. Într-un sistem electronic, supapa de reținere acționează în sensul unei garnituri de apă și este integrată în sistem [44].

• **Drenaj Heber** – Este scurgerea gravitațională clasică, care funcționează conform așa-numitului principiu Heber, folosind presiunea hidrostatică. Când acest lucru este aplicat unui sistem de drenaj toracic, tubul este umplut cu lichid, cu înălțimea verticală între cavitatea pleurală și recipientul de colectare, determinând presiunea subatmosferică rezultată în spațiul pleural. În practica clinică, acest lucru înseamnă că un pacient într-un pat și recipientul pe podea provoacă o înălțime verticală de aproximativ 60 cm. Aceasta duce la o presiune în spațiul pleural de minus 60 cm de apă. Când utilizați un drenaj Heber, este obligatoriu ca recipientul de colectare să fie plasat sub nivelul cutiei toracice! Un drenaj Heber este întotdeauna combinat cu o componentă de sigilă cu apă. Un recipient de drenare Heber sau un recipient de colectare este fără sursă de aspirație activă. Acest sistem generează întotdeauna o presiune subatmosferică în spațiul pleural, dependent de înălțimea verticală dintre torace și recipientul de colectare [44].

• **Drenaj Bülow** – Principiul Bülow a fost dezvoltat de către pulmonologul Gotthard Bülow (1835–1900) din Hamburg. El a folosit acest principiu pentru prima dată în 1875 pentru a trata un empiem pleural. Principiul Bülow se bazează pe aplicarea unei aspirații pasive permanente generate de un sistem Heber în cadrul unui sistem închis [44].

• **Drenaj Monaldi** – Vincenzo Monaldi (1899–1969) a descris prima dată introducerea tubului pleural în cel de-al doilea spațiu intercostal în linia medioclaviculară. Potrivit autorului, această localizare trebuie evitată, deoarece spațiile intercostale din acea zonă sunt foarte înguste și duc la durere atunci când este instalat un tub pleural. Incizia pielii se află, de asemenea, într-o regiune foarte vizibilă, unde cicatricile pot dezvolta keloizi și sunt inestetice. A existat o scurgere folosită pentru tratamentul terapeutic al abceselor pulmonare numit „drenaj Monaldi” [44].

• **Valva Heimlich** – Este o supapă de control sau de un singur sens, care a fost numită după medicul american Henry Heimlich. Datorită buzei de cauciuc integrate în dispozitiv, lichidul și aerul pot să scape din cavitatea pleurală în sacul de colectare. Lichidul și aerul nu sunt în măsură să producă reflux în direcția opusă, deoarece buza de cauciuc se va colaba, ceea ce face ca acest tranzit să fie imposibil. Valvele Heimlich pot fi utilizate dacă există o scurgere de aer relativ mică, dar persistentă la un pacient mobil cu o producție minimă de lichide. În situații de

urgență, cum ar fi un pneumotorax de tensiune, valva Heimlich este un instrument sigur și simplu, dar eficient [44].

### Tipuri de drenuri

Există mai multe modalități de a clasifica drenurile toracice/pleurale și cateterele. Aceste instrumente pot fi grupate în funcție de:

- Indicația lor (pneumotorax, hemotorax, empiem pleural, postoperator);
- Consistența fluidului care poate fi drenat (exudat, transudat, puroi, sânge, limfă);
- Modalități de plasare a drenului pentru drenarea aerului (chirurgical deschis, prin tehnica Seldinger);
- Părțile interne ale drenajului pleural pentru ghidarea tubului (trocar, vârf bont, vîrf tras, vîrf ascuțit);
- Materialul utilizat în confecționarea tubului (clorură de polivinil (PVC), polietilenă (PE), silicon, fără conținut de latex sau cu latex);
- Sistemul de evacuare (garnitura de apă, valva Heimlich, fabricat „sisteme în unu”, fabricate industrial);
- Principiile fizice de generare a aspirației (pasiv, principiu Heber);
- Alocarea aspirației (aspirație pe perete: presiune negativă/ pozitivă, alocare electrică sau mobilă, cu baterie);
- În funcție de așa-numitul sistem de pompare/aspirație „digital” combinat (Atmos, Medela).

Inexistența unui drenaj perfect sau a unui sistem de drenare, care să poată satisface toate cerințele posibile, se reflectă în varietatea de drenuri pleurale disponibile și comercializate [44].

### Sisteme de drenaj pleural

Înainte de a discuta despre diferite sisteme de drenaj, trebuie să luăm în considerație câteva cerințe de bază pe care un clinician le va cere astăzi într-un astfel de sistem. Trebuie îndeplinite următoarele criterii:

1. Sistemul este simplu și sigur;
2. Diferite componente sunt simple, ușor și rapid de asamblat;
3. Sistemul poate fi utilizat pentru toate indicațiile de drenaj pleural;
4. Mobilitatea pacientului este garantată;
5. Sistemul este fiabil;
6. Sistemul este silențios;
7. Sistemul este ușor;
8. Sistemul este rentabil după cost.

Această listă include probleme de siguranță, aspecte ale confortului pacientului, precum și puncte economice, care au devenit din ce în ce mai importante [12, 15, 57, 58, 59, 67, 82]. În ceea ce privește numărul 3, posibilitatea utilizării omniprezente este, de asemenea, o problemă de siguranță, deoarece utilizarea unui singur sistem într-un spital va crește siguranța pacientului datorită familiarității și disponibilității [44].

• **Sistem cu o cameră** – Un sistem cu o cameră constă din recipientul de colectare care include o componentă de sigilă de apă, cu posibilitatea de a evacua aer (activ sau pasiv) în atmosferă. În noile dispozitive electronice, camera de colectare este direct conectată la sursa de aspirație, unde este integrată o supapă de control. În teorie, majoritatea indicațiilor pentru drenaj pleural pot fi îndeplinite utilizând un sistem cu o cameră. Un astfel de sistem poate fi utilizat ca un drenaj Heber sau în combinație cu o sursă de aspirație activă. Există o limitare a sistemelor convenționale, care includ un recipient de colectare

și o sursă de aspirație de la diferiți furnizori, atunci când există o scurgere uriașă de aer. Atunci când este utilizat un sistem cu o cameră, cum ar fi drenaj Heber (fără aspirație activă), lichidul trebuie să fie stors manual în jos, deoarece există un potențial pentru ca aerul să nu poată scăpa în funcție de gradientul de presiune. Amintiți-vă că diferența de înălțime dintre recipient și pacient determină această presiune. Aceasta ar putea însemna că pacientul nu va fi capabil să evacueze aerul doar prin respirație și/sau tuse, care ar putea provoca un pneumotorax și, eventual, un emfizem subcutanat. Trebuie, de asemenea, prevenită apariția unui așa-numit „efect sifon”. Sistemele electronice moderne, în care rezervorul este integrat în sistem, nu au aceleași limitări, întrucât sunt, de fapt, un sistem cu două camere. Acest lucru se realizează cu geometria tubului și a conexiunilor care sunt în loc. La intrarea în sistem, lichidul și aerul sunt separate cu colectarea lichidului în recipient și aerul evacuat prin sistem în atmosferă [44].

• **Sistem cu două camere** – Sisteme cu două camere au fost dezvoltate pentru a preveni formarea spumei, care se datorează surfactantului bogat în proteine, observat la pacienții cu eliminări mari de aer. Poate fi multă spumă într-un sistem cu o cameră cu sigila de apă, ceea ce poate face observarea și cantitatea unei scurgeri de aer mai dificilă sau chiar imposibilă de determinat. Sistemul cu două camere previne, de asemenea, ascensiunea pe tub a conținutului din recipient spre pacient. Lichidul și aerul sunt direcționate prin tubul către recipientul de colectare, unde fluidul cade din cauza gravitației. Aerul se deplasează în cel de-al doilea recipient care are sigila de apă și apoi este evacuat activ sau pasiv [44].

• **Sistem multicameral** – Sisteme multicamerale, formate, în mare parte, din trei camere, au fost dezvoltate în perioada în care nu existau surse de aspirație mobile disponibile. Singura sursă de aspirație disponibilă într-un spital a fost aspirația de perete, livrată de așa-numitul vid central, cu o presiune de minus 100 cm a coloanei de apă. În trecut nu existau valve de reducere a presiunii disponibile pentru a reduce presiunea negativă la un nivel terapeutic. Pe lângă cele două sisteme de cameră, a fost legată o a treia cameră, camera de vacuometru de apă. Această cameră închisă a fost umplută cu apă, unde s-a introdus un tub. Cu cât adâncimea tubului este mai mare, cu atât este mai mare presiunea subatmosferică generată în spațiul pleural. La început aceste sisteme au fost create prin adăugarea unui al treilea recipient de sticlă. Aceste sisteme erau foarte voluminoase și predispuse la accidente. Datorită posibilităților tehnice moderne, nu mai este nevoie de aceste sisteme. Majoritatea sistemelor multicamerale disponibile în comerț au nevoie de debite mari (până la 20 l/min) pentru a putea funcționa datorită mecanicii lor. Sistemele cu mai multe camere, care sunt disponibile comercial astăzi, datează din sistemele vechi, care au fost necesare din cauza lipsei alternativelor tehnice. Astăzi nu mai este nevoie de astfel de sisteme, deoarece există alternative superioare [44].

• **Sisteme electronice** – În trecutul recent, sistemele electronice au devenit comercial disponibile, care permit integrarea camerei de colectare în sistem. Acest lucru a permis minimizarea sistemului care a ajutat la mobilizarea pacientului. Adăugarea unui software de observare a făcut posibilă generarea de date obiective privind scurgerile de aer și producerea de lichide, pentru colectarea datelor în timp real. Monitorul este cât se poate de aproape de spațiul pleural, fiind situat în conectorul dintre cateter și tuburile sistemului. Tuburile folosite în aceste

sisteme electronice sunt realizate dintr-un lumen dublu, care permite separarea aerului și lichidului. Tubul mai subțire, format din lumen dublu, este utilizat pentru măsurarea presiunii în cavitatea pleurală. În mod ideal, deși este posibil din punct de vedere tehnic, dar nu este disponibil în prezent în comerț, măsurătorile presiunii ar trebui efectuate din cavitatea pleurală. Studiile experimentale arată că datele primite lângă spațiul pleural se apropie destul de mult de măsurările din interiorul spațiului pleural. Cu abilitatea de a achiziționa, stoca și interpreta datele obiective din aceste sisteme electronice, a devenit evident faptul că vindecarea este un proces dinamic. Numeroase studii au arătat că, folosind aceste informații, timpul de scurgere după rezecții anatomice poate fi scurtat în medie cu o zi. Măsurarea unei scurgeri de aer (fistula alveolo-pleurală) urmărește „principiul roții cu paletă”. Aceasta înseamnă că, în funcție de viteza de rotație a roții de paletă integrate, un algoritm matematic este capabil să calculeze foarte precis cantitatea de aer care se scurge. Acesta este afișat pe monitor ca debitul în ml/min. Peste o oră, un grafic este vizibil, care arată cursul scurgerii în timp, pe baza acestor date. Un alt aspect foarte important al măsurării este faptul că sunt generate date obiective, care nu depind de observarea și interpretarea personalului angajat. S-a demonstrat că discrepanțele în evaluarea cursului clinic sunt semnificativ mai mici atunci când se utilizează un sistem electronic în comparație cu sistemele convenționale [19]. Funcțiile de monitorizare și de alarmă cresc siguranța tratamentului și reduc sarcina de muncă a personalului medical. Este important ca un astfel de sistem să nu fie doar o „pompa” care să aplice „aspirație permanentă” în spațiul pleural. De fapt, spațiul pleural este monitorizat și sistemul intervine numai după cum este necesar pentru a atinge valoarea dorită [44].

### Introducerea drenajului pleural

Introducerea unui drenaj toracic prin așa-numita „tehnică trocar” este învechită! Complicațiile legate de această tehnică se referă la frecvența și severitatea lor, care nu sunt acceptabile [4].

**Localizarea** – Localizarea inciziei pielii și punctul de intrare pentru drenajul pleural trebuie alese pe baza indicației drenajului. Dacă este necesară evacuarea unui revărsat pleural sau a unui empiem, se recomandă să se determine locația folosind ultrasunetul. Ca regulă generală, introducerea unui drenaj pleural în cel de-al patrulea spațiu intercostal, pe linia axilară anterioară, poate fi utilizată pentru tratarea mai multor patologii (revărsat pleural liber, pneumotorax). Locul numit „triunghi sigur”, recomandat în mod obișnuit pentru introducerea unui dren în cavitatea pleurală, este format anterior de marginea laterală a mușchiului pectoral mare, lateral – de marginea laterală a mușchiului latissimus dorsi, inferior – de linia celui de-al cincilea spațiu intercostal și superior – de baza axilei [49]. Al patrulea spațiu intercostal este localizat cu două degete sub mamelon, la bărbați, și la nivelul pliului submamar la femei. Un drenaj pleural localizat mai posterior poate fi inconfortabil, deoarece pacientul se poate culca pe el, provocând durere și încovoiera tubului, cu obturarea lui ulterioară. În general, incizia pielii nu trebuie plasată posterior de spina iliacă anterioară superioară. Dacă este nevoie de un tub pleural plasat posterior (pentru a evacua un empiem), ar trebui să fie un suport plasat pe tub, pentru a reduce disconfortul și a reduce complicațiile legate de tub.

Așa-numita poziție Monaldi (V. Monaldi 1899-1969), în care se folosește cel de-al doilea spațiu intercostal de pe linia axilară

medie, pentru introducerea drenajului pleural, nu trebuie utilizată în opinia autorului. Această poziție a drenajului pleural a fost utilizată anterior pentru drenarea pneumotoraxelor apicale. Acești pacienți sunt frecvent tineri, cu pneumotoraxuri spontane, și incizia este într-o locație foarte vizibilă. Pot exista probleme cu cicatricea, cum ar fi un cicatriciu cheloid, care este foarte inestetic. În plus, spațiul intercostal din această locație este foarte îngust, provocând mai multe dureri legate de tubul pleural, și este un alt motiv pentru a evita acest acces [44].

„Poziția Bülau”, nu există! Gotthard Bülau (1835-1900) nu a dezvoltat un sistem de drenaj și nici nu a descris localizarea unei incizii cutanate pentru introducerea drenajului pleural. El a devenit celebru deoarece a fost primul care a folosit principiul Heber, o aspirație pasivă permanentă în tratamentul conservator al unui empiem. Acesta a folosit drenajul Heber cu succes pentru prima dată în 1875 la un tâmplar care suferă de un empiem pleural și a publicat metodele în 1891 [13].

Accesul suprascapular posterior este rar utilizat. Indicația pentru acest acces este pentru un pacient postoperator cu pneumotorax, la care sunt prezente aderențe la peretele toracic. Dacă există o probabilitate pentru deteriorarea parenchimului, folosind un acces mai „convențional”, acest acces ar putea fi utilizat. Trebuie să ne asigurăm că este nevoie reală de un drenaj pleural la acest pacient, în locul cu un „pneumotorax apical”, cu simptome clinice veridice [44].

**Consimțământ informat** – Aspectele medico-legale sunt din ce în ce mai importante în activitatea clinică zilnică. Astfel, cu excepția unei proceduri de urgență, trebuie obținut consimțământul informat de la pacient. Discuția și documentația ar trebui să includă:

- Indicația pentru introducerea drenajului pleural;
- Alternative terapeutice (dacă sunt prezente);
- Explicarea procedurii;
- Posibile complicații;
- Evoluție clinică ulterioară.

Consimțământul trebuie să fie documentat într-unul din formularele comerciale disponibile. Cel puțin, în conformitate cu legislația germană, o copie a acestui formular trebuie să fie predată pacientului [44].

**Poziționarea** – Este esențial să ne amintim că introducerea unui drenaj pleural în multe cazuri este o procedură urgentă. Aceasta poate fi prima procedură invazivă pentru pacient, după internare. Situațiile ce țin de poziționare și plasare pot fi incomode și traumatizante pentru pacient, ceea ce poate face interacțiunile viitoare între pacient și medic ceva mai dificile! Poziționarea pacientului depinde de locația aleasă pentru introducerea drenajului pleural. Pacientul trebuie să fie poziționat într-un mod în care să se simtă confortabil, să minimizeze durerea (suplimentară) și, în caz de efuziune mare, dispneea să nu se agraveze. Cel mai adesea, poziționarea supină va fi aleasă uneori cu partea superioară a corpului ridicată. Odată ce pacientul se află într-o poziție sigură și confortabilă, brațul localizat pe partea intervenției este plasat lângă corp sau, la pacienții cu energie și vigilență suficientă, în partea posterioară a regiunii cervicale. La pacienții cu o efuziune mare, poziționarea în decubit lateral poate fi de ajutor. Pacientul este stabilizat cu perne. Această poziționare ajută la prevenirea contaminării zonei înconjurătoare cu orice lichid. Dacă intenția este de a plasa un tub pleural în locația suprascapulară, pacientul se află într-o poziție așezată, cu medicul stând în spatele pacientului [44].



**Instrumente** – Este recomandat un set de lucru, care include tot necesarul de instrumente, inclusiv și cele de unică folosință. Aceasta garantează oricând disponibilitatea tuturor ustensilelor. În situații de urgență, un astfel de set poate economisi timp important! Dacă acest set este compus individual sau livrat de la un producător, atunci nu este vreo problemă [44].

**Tip de drenaj** – Drenurile pot fi diferențiate în funcție de material, diametru, configurații (drept sau cu unghi), precum și de prezența unui al doilea lumen pentru irigare. Indicația pentru introducerea drenajului pleural este determinat de scurgere și de diametrul ce trebuie ales. Compoziția corporală, preferințele individuale și experiența sunt alți factori de care trebuie să se țină seama [44].

- Pneumotorax – 20 Fr.
- Empiem pleural – 24–28 Fr.
- Hemotorax – 24–28 Fr.
- Post-op. după rezecții standard – 24 Fr.
- Post-op. după pleurodeză – 20–24 Fr.

**Procedura** – Înainte de a continua cu drenajul pleural, medicul responsabil trebuie să fie absolut sigur că a fost aleasă partea corectă! Poate fi benefic de a avea investigațiile imagistice adecvate înainte de procedură. Când există un revărsat sau un empiem pleural, ecografia trebuie efectuată imediat înainte de procedură. Introducerea unui tub pleural trebuie efectuată în condiții aseptice stricte: halat chirurgical, bonetă, mască chirurgicală și mănuși sterile. După dezinfectarea mâinilor și sterilizarea pielii, trebuie efectuată o infiltrare anestezică locală pentru a cuprinde incizia și locul unde va fi plasată sutură de fixare. În continuare, periostul coastei este anesteziat suficient, precum și pleura de bază, care este foarte sensibilă la durere. De obicei, 30 până la maxim 40 ml de anestezic local (1%) ar trebui să fie suficient la pacienții cu indicele masei corporale aflat în limitele normei. Atunci când este obținut istoricul medical înainte de procedură, trebuie inclusă întrebarea cu privire la intoleranța la anestezicele locale! Doza maximă de medicament trebuie să țină cont și de prevenirea complicațiilor, cum ar fi aritmia sau epilepsia. Când pacientul este treaz, nervos sau agitat, este recomandat să așezați mai întâi sutura care va fixa tubul pleural. Acest lucru permite fixarea rapidă și sigură a tubului, prevenind astfel alunecarea acestuia. În plus, această sutură poate fi utilizată pentru a verifica eficiența anesteziei locale. În continuare, incizia pielii și a țesutului subcutanat se efectuează cu un bisturiu. Incizia trebuie să fie suficient de largă pentru a putea folosi un deget pentru examinarea în siguranță, fără a provoca durere. Pregătirea suplimentară se face cu foarfeca, prin tăierea și răspândirea țesuturilor, până la atingerea coastei, după care se efectuează alunecarea peste marginea superioară a coastei, apoi în cavitatea pleurală. Intrarea în cavitatea toracică trebuie întotdeauna completată deasupra unei coaste! Înainte de introducerea tubului, trebuie făcută o inspecție digitală a cavității pleurale, chiar și într-un pneumotorax total, pentru a preveni deteriorarea organelor din cavitatea pleurală, pentru a clarifica o poziție intrapleurală și pentru a exclude una intraabdominală. În mod ideal, incizia pielii este plasată la câțiva centimetri sub marginea superioară a coastei, prin care se va efectua accesul în cavitatea pleurală. Această tehnică este așa-numitul „efect Coulisse”, în care țesutul moale alunecă spre peretele toracic, care acoperă incizia pielii și oferă acoperire de către țesuturi moi, care poate fi de ajutor la persoanele foarte slabe. Tubul pleural trebuie introdus cu o forță minimă. Indiciu puternic că tubul se află în cavitatea pleurală

este atunci când se observă ”ceață”, care este sincronă cu inspirul și expirul. Dacă este necesar, tubul este îndreptat către poziția dorită cu ajutorul unei pense pentru pansament. Sunt publicate idei noi, care sunt mai mult sau mai puțin utile [42]. În sfârșit, țesutul subcutanat (numai la persoanele foarte slabe) și pielea sunt închise prin sutură. Atunci când se aplică sutura care va fixa tubul, trebuie să se facă un pas mare. Acest lucru este important în cazurile în care tubul se plasează pentru o lungă perioadă de timp, prevenind sutura să treacă prin piele. Un al doilea avantaj prin crearea unei astfel de suturi va deveni evident, când va fi necesară extragerea tubului cu câțiva centimetri. O nouă sutură poate fi trasă prin bucla primei suturi, fără a provoca durere. În sfârșit, o altă sutură este plasată în mijlocul inciziei rămase, acul este tăiat și un nod este plasat la capătul materialului de sutură. Această sutură este folosită pentru a închide incizia după înlăturarea drenului, care este deosebit de importantă la pacienții foarte slabi (pneumotorax spontan!). La persoanele cu un indice al masei corporale mai mare nu este necesară o sutură suplimentară [11, 44].

**Pansament** – Se aplică pansamente cu comprese în ”Y” în jurul tubului, care sunt apoi acoperite de comprese „normale” (10 × 10 cm) și un plasture adeziv. Se recomandă o fixare suplimentară a tubului la piele, cu o punte de bandă adezivă (numită și vârf de punte), pentru a preveni tensiunea pe suturile de fixare care ar putea provoca dureri. Acest vârf de punte împiedică, de asemenea, tubul să se miște prea mult în spate, ceea ce poate provoca blocarea atunci când pacientul se culcă pe tub. În plus, pansament adeziv trebuie aplicat în așa fel, încât să fie evitată tensiunea, pentru a preveni lezarea pielii. Majoritatea conectorilor de tuburi și a adaptoarelor disponibile în prezent sunt proiectate astfel, încât conexiunea dintre cateter și tub să fie sigură [44].

**Inițierea drenajului** – Atunci când cateterul este conectat la tuburi ale sistemului de aspirație, aceasta nu trebuie aplicată brusc. Acest lucru este important, în special în pneumotoracele uriaș, revărsatul pleural mare și când astfel de patologii sunt prezente pentru o perioadă lungă de timp. Când plămânul este reexpansionat foarte repede, de obicei, pacienții vor suferi de o tuse intensă și dureroasă. De asemenea, pare să existe o corelație între probabilitatea de apariție a edemului de reexpansiune atunci când există o reexpansiune rapidă a plămânului [72]. Se recomandă monitorizarea pacientului timp de 60 min după introducerea unui tub pleural, prin măsurarea saturației de oxigen. După această perioadă de timp, dezvoltarea edemului de reexpansiune devine puțin probabilă. Se pare că există o corelație între durata (mai mult de 4 zile), gradul de atelectazie (cauzată de pneumotorax sau revărsat pleural) și probabilitatea de a dezvolta edem de reexpansiune. Tubul poate fi conectat la sistemul de aspirație, iar aspirația este activată postoperator pe masa de operație, după închiderea plăgii postoperatorii și terminarea amplasării pansamentului. După introducerea unui tub pleural, o radiografie este obligatorie pentru documentare și pentru a verifica poziționarea corectă a drenajului pleural. Acest lucru nu este necesar pentru tuburile pleurale plasate post-operator.

### Complicații

**Complicații tehnice** – Când se utilizează tehnica trocarului, există o rată crescută de plasare incorectă, într-o poziție extratoracică sau subcutanată, din cauza alunecării tubului de pe coaste. Frecvența poziționării incorecte poate fi redusă prin

utilizarea tehnicii de introducere bontă a drenajului pleural [38].

Amplasarea tubului pleural poate deveni mai dificilă dacă peretele toracic este instabil, din cauza fracturilor multiple de coaste sau dacă lipsesc segmente de coaste. Atunci când se plasează un drenaj pleural pentru o indicație traumatică, o atenție deosebită față de investigațiile imagistice este crucială pentru a evita plasarea tubului lângă osul fracturat. Acest lucru ar putea duce la lezarea tubului sau durere persistentă, care se cupează greu [44].

Emfizemul subcutanat poate varia de la o constatare radiologică discretă până la acuze clinice din partea pacientului și umflarea masivă, provocând deteriorarea mecanicii respiratorii și disfuncționalitatea stimulatorului cardiac (dacă este prezent) [39]. Emfizemul poate fi cauzat de:

- Scurgeri pulmonare cu disproporționalitate între aerul „produs” și capacitate de drenaj (adică la pacienții aflați la ventilație mecanică);

- Incizie mare, disproporționată în pleura parietală, care permite aerului din cavitatea pleurală să treacă în țesutul intercostal și subcutanat, ocolind tubul;

- Plasarea insuficientă a drenului intrapleural;

- Amplasarea insuficientă a tubului pleural, unde orificiul santinel nu se află în cavitatea pleurală (adică orificiul din țesuturile subcutanate);

- Capacitate insuficientă de aspirație din cauza tuburilor încovoiate (subcutanate sau extratoracice, cleme „uite”) sau drenurilor obturate (sânge, fibrină, țesut) [63].

- Tratatamentul se bazează pe îndepărtarea obstacolului, introducerea drenajului pleural adăugător sau modificarea strategiei de drenare.

- Administrarea de oxigen pe mască poate accelera absorbția emfizemului subcutanat. Procedurile de ameliorare ale emfizemului, cum ar fi aspirația transdermică sau plasarea subcutanată a drenajului, sunt rareori necesare.

Fixarea insuficientă a drenajului și/sau sigilarea inciziei poate duce la iritarea pielii, durere și o eficiență scăzută a drenului, precum și la dezvoltarea infecțiilor la nivelul plagilor și a empiemelor pleurale. Pansamentele zilnice și evaluarea plăgii sunt obligatorii pentru a diagnostica o infecție sau pentru a slăbi fixarea tubului cât mai devreme. Dislocarea drenului, eroziunea intratoracică, scurgerile de aer și condițiile umede de la nivelul plăgilor pot fi prevenite folosind tehnici de sutură strânse și suturi neresorbabile [44].

**Complicații organice** – Nu toate complicațiile somatice sunt evitabile atunci când se efectuează proceduri invazive. Cu toate acestea, este obligatorie o revizuire minuțioasă a situației clinice, a imagisticii și a anatomiei legate de pacient. O abordare individualizată a oricărei proceduri tehnice minimizează potențialele riscuri.

- **Leziuni ale cutiei toracice** – Leziunile arterelor intercostale pot provoca hemoragii care pot pune viața în pericol [61]. Deși arterele intercostale comunicante posterioare apar din aortă și arterele intercostale anterioare apar din arterele mamare interne, acest fapt nu asigură în niciun caz că acestea se află, după cum este de așteptat, în sulcus costalis, la marginea inferioară a coastelor. Odată cu vârsta înaintată, arterele coboară mai jos, spre spațiul intercostal. Această poziționare inferioară este pronunțată în zona din apropierea paravertebralelor (4 cm) cu tendință crescândă spre poziția laterală (9 cm) și trebuie luată în considerație în toate drenările diagnostice și terapeutice, la pacienții vârstnici [90]. Odată cu creșterea

vârstei, arterele intercostale (în special cele posterioare și cele laterale) nu mai circulă în sulcus costalis, dar pot fi localizate în spațiul intercostal și pot fi astfel afectate la intrarea în torace prin spațiul intercostal. Există variații anatomice în care arterele colaterale de la peretele lateral al toracelui (în principal între spațiile intercostale 8 și 11) acoperă două-trei spații intercostale. Acest lucru este, de asemenea, observat inferior/superior la nivelul spațiilor intercostale patru-șapte din partea dreaptă [18, 37, 86]. Leziunile vaselor intercostale, precum și ramurile lor ulterioare sau cele ale a. thoracica lateralis pot duce la hemoragie excesivă care necesită intervenție chirurgicală. De obicei, leziunile la nivelul vasului sunt evidente în timpul procedurii. Leziunile venoase pot rămâne nedetectate din cauza compresiei aplicate de drenajul pleural, până la eliminarea drenajului [75]. Hemoragia în cavitatea pleurală, cu anemie și hemotorax rezultat, poate duce la o morbiditate și mortalitate semnificativă. Complicațiile tardive sunt observate chiar și după mai mulți ani, cum ar fi fistulele arterio-venoase, care necesită operație sau embolizare [30]. Atunci când se alege „triunghiul sigur” subaxilar, pot fi evitate potențialele leziuni ale mușchiului latissimus dorsi și ale vasului/fasciculului nervos. Deteriorarea acestor structuri poate provoca hematoame și/sau limitări funcționale precum scapula alata [29]. Localizarea anterioară poate duce la probleme ale sânelui, inclusiv mastită, durere și complicații cauzate de implanturi mamare (de exemplu, scurgeri de silicon sau silicotorax dacă acestea sunt lezate) [69]. Infecțiile țesuturilor moi includ cele cauzate de „germenii de rutină” patogeni, cum ar fi un *Staph. aureus*, până la cazuri foarte grave de fasciită necrozantă [16, 34]. Acesta din urmă poate fi dificil de diferențiat în prezența emfizemului subcutanat. Odată recunoscută, este vorba despre o urgență chirurgicală care necesită intervenție imediată și terapie cu antibiotice. Infecțiile cu plăgi „simple” pot fi vindicate, de obicei, prin tratament local și pot dispărea după îndepărtarea drenului, fără terapie sistemică. Eroziunea coastelor cu osteomieliță este foarte rară. Sterilitatea și o tehnică chirurgicală atraumatică sunt principii fundamentale pentru prevenirea infecției. Nu există dovezi clare care să susțină administrarea profilactică a antibioticelor. Aceste antibiotice sunt utilizate mai ales în regim de urgență, în special cu traumatisme toracice penetrante. Deteriorarea parenchimului pulmonar poate fi cauzată de o infecție a țesuturilor moi, care se propagă de-a lungul tubului pleural. Acesta poate acționa ca o „gardă” din spațiul extratoracic în cavitatea pleurală. Evacuarea inadecvată a hemotoracelor traumatiche poate duce la dezvoltarea cheagurilor de sânge și la o peliculă pulmonară restrictivă [24, 41]. La acești pacienți este recomandată intervenția toracoscopică timpurie pentru prevenirea empiemului.

- **Leziunea parenchimului pulmonar** – Organul cel mai frecvent lezat în timpul introducerii unui drenaj pleural este plămânul, ce are loc din mai multe motive. Utilizarea unui drenaj pleural, cu orientare insuficientă de-a lungul suprafeței convexe interioare a peretelui toracic, îl poate direcționa într-o direcție perpendiculară [56]. Acest lucru poate duce la leziuni ale parenchimului pulmonar, precum și plasarea tubului în scizura interlobară. Aderențele postinflamatorii sau postoperatorii sunt de obicei identificate prin imagini preintervenționale suficiente (radiografie, scanare CT) și luate în considerație la plasarea drenului. La pacienții ventilați, plămânul nu dezvoltă atelectază după deschiderea pleurei parietale și, prin urmare, țesutul pulmonar nu se desprinde de degetul palpator. Acest

lucru poate duce la deteriorarea parenchimului, care poate fi evitată folosind pauze scurte de ventilație sau apnee pentru a introduce drenul [25]. O embolie aeriană cerebrală poate apărea la pacienții ventilați după perforarea traumatică a țesutului pulmonar sau plasarea intraparenchimatosa a unui dren [10]. Lipsa considerațiilor de diagnostic diferențial ale acestei patologii-iatrogenii și simptomele clinice variabile, pot masca incidența reală a acestei complicații. O fistulă bronhopleurală poate fi o indicație pentru introducerea drenajului pleural. Pentru a determina diagnosticul corect, poate fi utilizată tomografia, bronhoscopia și bronhografia. În funcție de constatări, tratamentul poate fi conservativ după plasarea unui dren pleural, endoscopic (plasarea endobronhială a valvei, adeziv fibrinic) sau poate implica o intervenție chirurgicală. Deteriorarea secundară a parenchimului poate fi cauzată de fixarea insuficientă a tubului sau de o aplicare excesivă a aspirației [68]. Interpretarea greșită a emfizemului bulos drept pneumotorax este un exemplu special în care deteriorarea iatrogenă a parenchimului pulmonar poate fi cauzată prin plasarea unui dren în bulă. Dacă există un suspiciu de diagnostic al bolii, imagistica avansată cu scanare CT este obligatorie. Adesea deteriorarea parenchimului pulmonar nu este observată inițial și mai târziu detectată atunci când se observă un flux mare și/sau un drenaj insuficient. Pentru a evita pneumotoraxul (tensionat) sau emfizemul subcutanat extins, trebuie pus un nou dren înainte de îndepărtarea tubului inițial. Tratamentul suplimentar va fi dictat de cursul clinic și poate include terapia curentă continuă sau repararea chirurgicală a parenchimului deteriorat (adică printr-o intervenție toracoscopică) [44].

• **Hemoragie pleurală** – Când o revărsare pleurală malignă este cauzată de un mezoteliom pleural malign sau de alte tumori pleurale maligne, există un potențial risc de hemoragie. Are loc dezvoltarea unui hemotorax, care amenință pacientul mai mult decât efuziunea inițială ce poate apărea. Se recomandă o drenare ghidată cu ultrasunet pentru a evita plasarea transtumorală. Hemoragia cauzată de un tub pleural în această situație poate duce la o toracotomie de urgență și pleurectomie paliativă sau la ambalare "packing" pentru hemostază [44].

• **Leziuni de inimă sau vase** – Intervențiile chirurgicale în anamneză (adică pneumonectomia), traumatismele (volet costal), deformarea toracică (cifoscolioză), hipertrofia inimii, situațiile de urgență și utilizarea de drenuri cu trocar sunt factori predispozanți pentru leziunea inimii și a vaselor mari [43, 48]. Hemoragia continuă și uneori pulsatile, în combinație cu hipotensiunea arterială, ar trebui să conducă la diagnostic în mod urgent. Închiderea imediată a drenului lăsat in situ poate preveni apariția unei hemorragii fatale, astfel, trebuie să urmeze o intervenție chirurgicală urgentă [28, 45]. Dacă artera pulmonară este complet deteriorată, fără posibilitate de reparații, consecința va fi o pneumonectomie. A fost descrisă o strategie conservativă de extragere treptată a drenajului pleural, zi cu zi, rezultând într-o tromboză a arterei pulmonare [80]. Acest lucru nu este recomandat din cauza emboliei pulmonare, urmată de stresul cardiac și controlul nesigur al coagulării sanguine [44].

• **Leziuni ale esofagului** – Sunt rare și se datorează de obicei plasării mediastinale a drenajului pleural. Aceste leziuni includ perforații și probleme legate de patologii esofagiene subiacente. Depistarea de salivă sau particule alimentare în drenajul pleural, sau o scurgere de aer nou detectată, poate ridica suspiciunea pentru o astfel de leziune. Strategia de tratament va fi determinată cu ajutorul examinărilor imagistice (tomografie,

substanță de contrast și esofagoscopie). Managementul poate include o intervenție chirurgicală cu repararea defectului prin aplicarea suturii primare, cu sau fără acoperire de țesut, implantare de stent sau un tratament pur conservativ, inclusiv drenajul pleural [44].

• **Chilotorax** – Ductul toracic rulează într-un mod variabil de-a lungul esofagului și aortei. Atunci când ductul toracic este lezat, drenajul pleural se poate schimba într-un lichid lăptos cu o compoziție patognomonică (trigliceride peste 110 mg/dl) [52]. O dietă parenterală limitată la acizii grași cu lanț mediu oprește, de obicei, producerea de lichid limfatic. Alte opțiuni terapeutice includ ligatura toracoscopică a ductului deschis, radiția mediastinului și embolizarea limfografică [44].

• **Iritarea toracică mecanică** – Complicațiile relevante, din punct de vedere clinic, datorate drenului, pot apărea chiar și atunci când drenajul este plasat corect în spațiul pleural. La copii, în special, datorită anatomiei specifice, aorta, ventriculele și arterele coronare pot fi afectate din cauza compresiunii importante hemodinamic. De asemenea, în mod similar, pacientul poate suferi de șoc cardiogen, care poate fi ameliorat prin plasarea corectă a tubului [35, 47, 79]. Au fost descrise și complicații cum ar fi: hematoma mediastinal sau pericardial, eroziuni ale țesutului pulmonar, esofagului și aortei. Atunci când evoluția clinică este mai problematică, aceste potențiale complicații trebuie luate în considerație [3, 76, 89]. Aritmiile cardiace legate de drenaj pot contesta abilitățile de diagnostic diferențial ale medicului, deoarece tratamentul medical nu are succes. Bradiaritmia și asistolia pot fi cauzate de leziuni ale nervilor vagali [85]. Tahiaritmia, rezistentă la tratamentul medical, care apare într-un context apropiat cu plasarea unui drenaj pleural, se poate datora iritării pericardului și presiunii asupra ventriculelor. Aceste probleme sunt tratate prin îndepărtarea drenajului pleural [5, 14, 31]. Atunci când vârful tubului toracic pune presiune pe vârful cavității pleurale, la locul lanțului simpatic, poate apărea sindromul Horner, care are ca rezultat simptomele tipice: mioză, ptoză palpebrală și anhidroză [3]. Severitatea și durata simptomelor este legată de localizarea drenajului și durată până când poate fi efectuată re poziționarea sau înlăturarea acestuia. Iritarea nervului frenic, urmată de ascensionarea diafragmatică, este o complicație foarte rară, observată mai ales la sugari [61]. Limitarea respiratorie sau o nouă constatare radiologică a sindromului Chilaiditi pot fi semne clinice indirecte [73].

• **Leziuni ale organelor abdominale** – Vârful diafragmei se ridică la sfârșit de expir până la al cincilea spațiu intercostal din partea stângă și la al patrulea spațiu intercostal din dreapta. Pentru a evita leziunile diafragmei și ale organelor intraabdominale, este recomandat să nu se plaseze niciodată un drenaj pleural în condiții de urgență sub spațiul intercostal patru. Acest spațiu este localizat la nivelul mamelonului la bărbați și în jurul liniei inframamare la femei. Există multe etiologii care pot determina ascensionarea diafragmei (leziunile postoperatorii ale nervului frenic sau după traumatism, ascită, sarcină, etc). Leziunile diafragmatice cauzate de introducerea drenajului pleural pot duce la o hemoragie intrapleurală și/sau intraabdominală, care este inițial asimptomatică. Incidența leziunilor stomacului sau ale intestinului este crescută la pacienții cu diafragma ascensionată, precum și atunci când se utilizează un drenaj cu trocar. De asemenea, trebuie luată în considerație și posibilitatea ruperii posttraumatice a diafragmului. Gastrotoraxul sau enterotoraxul pot apărea pe o radiografie toracică ca un pneumotorax (de

tensiune) care ar putea duce la un management inadecvat la un pacient care prezintă tulburări respiratorii sau șoc circulator. În cazul perforației unui organ cavitat este întotdeauna nevoie de intervenție chirurgicală. De asemenea, ținem să menționăm și o complicație destul de rară, dar care poate avea loc, cum este plasarea unui tub pleural în ficat sau splină. Simptomele clinice pot varia de la hemoragie asimptomatică până la masivă, care necesită confirmare diagnostică și proceduri de urgență [2]. Opțiunile de tratament trebuie alese în funcție de gradul de deteriorare, care pot include îndepărtarea drenajului pleural și supravegherea minuțioasă în dinamică, intervenții percutanate (adică embolizare hepatică), precum și laparotomie (de urgență) pentru a exclude alte leziuni intraabdominale [44, 81].

• **Edem de reexpansiune** – Este o complicație destul de rară, dar care poate pune viață în pericol în urma reexpansiunii pulmonului după evacuarea unui pneumotorax sau a unei revărsări pleurale. Incidența raportată este de până la 20%. Fiziopatologia acestei complicații totuși nu este clară. O combinație de cauze cum ar fi compresia țesutului pulmonar, forțele mecanice, reexpansiunea, eliberarea hipoxică de radicali și procesele imunologice sunt urmate de o permeabilitate endotelială crescută. Aceasta duce la deteriorarea capilarelor, cu extravazarea ulterioară în alveole. Factorii de risc pentru această complicație includ vârsta peste 40 de ani, compresia țesutului pulmonar mai mare de 30%, pneumotoraxul de tensiune, compresia plămânului mai mult de trei zile și o reexpansiune rapidă cu presiune negativă ridicată. Atunci când scurgerea este ameliorată cu ajutorul monitorizării pleurale, cu un punct de presiune mai puțin negativ de -20 cm H<sub>2</sub>O, are loc o reducere semnificativă a riscului. Orientările privind consensul recomandă o ușurare fracționată cu cel mult 1500 ml îndepărtate într-o ședință [29, 55]. Simptomele clinice includ tusea, dispneea, durerile toracice, tahicardia și hipoxia, precum și o scădere a transparenței radiografiei în 1-2 ore după intervenție. Tratamentul trebuie să includă monitorizarea atentă, administrarea de oxigen, poziționarea supină cu partea afectată în sus, terapia diuretică și, eventual, ventilația mecanică sau medicația hemodinamică de susținere. Administrarea de AINS și glucocorticoizi este utilizată, dar nu se bazează pe dovezi [17, 26]. Când apare edemul de reexpansiune, acesta are loc, de obicei, în 1-2 ore după reexpansiunea plămânului. Factorii de risc pentru dezvoltarea edemului de reexpansiune includ vârsta <40 de ani, peste 30% din plămânul comprimat, pneumotoraxul de tensiune, compresia plămânului mai mult de trei zile și decompresia rapidă [44].

#### Management durerii la pacienții cu drenaj pleural

• **Managementul durerii sistemice** – Există abordări diferite în ce privește administrarea medicamentului la pacienții cu drenaj pleural: oral, parenteral (subcutanat sau i/v) sau rectal. Medicamentele orale sunt preferate, însă calea de aplicare este determinată, în principal, de severitatea durerii și de posibilitatea absorbției enterale. În perioada precoce postoperatorie, pacienții pot suferi de greață, vomă și atonie gastroenterală. În aceste cazuri, este preferată aplicarea i/v (perfuzie scurtă). Pentru cuparea durerii foarte severe, medicamentul de elecție este unul opioid [66]. Există mai multe opioide foarte puternice (morfină, hidromorfon, fentanil, sufentanil, piritramidă, petidină) și opioide cu potență scăzută (tramadol, tilidină/naloxonă), care trebuie să fie utilizate în funcție de experiența medicului și de circumstanțele individuale ale pacienților [83].

• **Anestezie regională** – Anestezia epidurală toracică este cea mai eficientă metodă de a trata disconfortul la pacienții cu drenaje pleurale. Aceasta este un tratament regional care administrează anestezic local aproape de măduva spinării, în spațiul epidural, frecvent în combinație cu un agonist al receptorului α<sub>2</sub>-adrenergic. Cateterele epidurale sunt plasate între T4 și T10 pentru a realiza un control adecvat al durerii în ceea ce privește drenajul pleural. Acest medicament poate fi administrat ca o singură injecție, o singură dată, în spațiul epidural, sau prin infuzie continuă folosind un cateter. Contraindicațiile pentru anestezia epidurală includ: coagulopatia, infecția în zona injectării și alergii la anestezicele locale, precum și refuzul pacientului.

În timpul anesteziei epidurale pot apărea mai multe reacții adverse și complicații:

- Un bloc al nervului simpatic, sau a unei părți a nervului, poate duce la o scădere semnificativă a tensiunii arteriale, care necesită tratament.

- În timpul punției, poate apărea o leziune produsă de ac, care poate provoca o durere de cap „spinală”.

- Dacă anestezicul local este infuzat incorect într-o regiune a coloanei vertebrale, poate apărea hipotensiune arterială, depresie respiratorie și bradicardie semnificativă.

- Măduva spinării poate fi lezată dacă locul punției este prea mare, ceea ce poate duce la dureri neuropatice și semne de paralizie.

- Lezarea vaselor de sânge din spațiul epidural poate duce la un hematom care provoacă presiune asupra măduvei spinării cu simptome neurologice ulterioare (chiar paraplegie).

- O complicație severă este un abces epidural, fiind rezultatul unei proceduri efectuată în condiții nesterile sau a răspândirii hematogene dintr-o zonă infectată vecină. Această complicație poate duce, de asemenea, la deficite neurologice precum paraplegia.

- Efectele secundare sistemice ale anestezicului local pot include simptome neuro- și/sau cardiotoxice.

Administrarea medicamentelor (opioide și/sau anestezice locale) se poate face și printr-un sistem controlat de pacient (aplicație epidurală controlată de pacient), ceea ce duce la o eficiență mai bună a controlului durerii și un mai bun control de către pacient [44].

Un bloc paravertebral este o procedură comparabilă cu analgezia epidurală ca eficiență, dar are efecte secundare mai puține. Prin urmare, un bloc paravertebral poate fi o procedură foarte bună pentru a trata durerea la pacienții cu drenuri pleurale. Spațiul paravertebral este un spațiu triunghiular care este mărginit de corpul vertebral (lateral), pleura (anterior), lig. costotransversum (posterior) și corpul vertebral (medial). Aici sunt localizate nervul spinal cu ramurile ventrale și dorsale, precum și fibre pre- și postganglionare ale trunchiului simpatic.

Aplicarea anestezicului local determină aici un bloc simpatic, motor și senzorial unilateral.

Efectele secundare și complicațiile blocurilor paravetrale:

- Pneumotoraxul poate apărea din cauza vătămării neintenționate a pleurei. Acest lucru poate fi mai puțin dramatic dacă există deja un tub pleural.

- Sindromul Horner poate apărea din cauza blocării ganglionului stelat, localizat la nivelul primei vertebre toracice (rar).

- Punția neintenționată a durei duce la anestezie spinală.

- Injecția neintenționată de anestezic local poate duce la complicații cardiace (aritmie) și/sau neurologice (convulsii

cerebrale).

- Pot apărea reacții alergice la anestezicele locale.
- Ca în toate celelalte proceduri de anestezie regională, poate să nu existe niciun efect asupra controlului durerii.

Blocurile paravertebrale sunt utilizate rar, deoarece nu este o procedură simplă [44].

Un bloc nervos intercostal este o altă opțiune a anesteziei regionale periferice. Nervii intercostali derivă din ramuri ventrale, din nervii spinali, pe fiecare parte a tuturor vertebrelor toracice respectiv. Acest bloc se execută de-a lungul marginii inferioare a coastelor, cu artera și vena corespunzătoare, între mușchii intercostali externi și interni și o parte a mușchilor abdominali. Nervii inervează mușchii intercostali și sunt responsabili pentru un segment de inervare senzorială. Blocul nervos la nivelul inciziei pielii și drenajului pleural permite analgezia precisă a nervului intercostal corespunzător. Drenajele pleurale sunt, de obicei, introduse între al treilea și a al șaselea spațiu intercostal, pe linia axilară anterioară sau axilară medie. Blocul va fi realizat la nivelul corespunzător. Această metodă poate fi utilizată pentru a trata durerea potențial severă, care apare după introducerea unui drenaj pleural sau în perioada intra- sau preoperatorie pentru toracotomie sau toracoscopie. Contraindicațiile includ: coagulopatia, infecția în zona puncției, alergiile la anestezicele locale sau refuzul pacientului. Nu uitați că acumularea de anestezice locale poate duce la aritmii, infarct miocardic acut și epilepsie. O altă complicație a blocurilor transcutanate este un pneumotorax. Deoarece procedura este efectuată pentru a rezolva durerea cauzată de un drenaj pleural, această complicație poate fi neglijată, deoarece deja există un dren [44].

#### • Pacienți cu drenaj pleural fără intervenții chirurgicale

- Pacienții cu un drenaj pleural care nu au fost supuși unei intervenții chirurgicale tind să sufere mai puține dureri. Un anestezic regional este indicat, deoarece diminuează efectele secundare sistemice. Dacă există contraindicații sau pacientul neagă acest moment de anestezie, controlul durerii ar trebui să fie efectuat conform schemei de stadializare OMS. Ori de câte ori este posibil este recomandată asocierea fizioterapiei [44].

• **Pacienți cu dependență de substanțe opioide** – La pacienții care sunt dependenți de opioizi sau care au fost anterior dependenți, anestezia regională este preferată, atât timp cât nu există contraindicații specifice și pacientul este apt. În plus, nonopioidele și coanalgezicele trebuie administrate pentru a optimiza gestionarea durerii. Opioidul poate fi administrat și la pacienții cu antecedente de dependență de opioide în funcție de intensitatea durerii. Conform schemei de stadiu OMS, terapia trebuie să fie începută cu un opioid cu potență scăzută (tilidină/naloxonă). Dacă este nevoie, aceste medicamente ar putea fi înlocuite cu un opioid puternic. Dacă este necesar, se poate administra un medicament de lungă durată. De asemenea, trebuie evitat controlul insuficient al durerii la un pacient care suferă de dependență [44].

• **Aplicarea gelului cu lidocain** – Pentru a reduce durerea cauzată de drenaj pleural, se aplică gel de lidocaină (2%) pentru a acoperi incizia pielii și zona în care tubul este în contact cu pielea [40, 44].

#### Înlăturarea drenajului pleural

Timpul corect pentru îndepărtarea unui dren pleural este determinat în principal de doi parametri: scurgerea de aer și producerea de lichide [44].

• **Eliminări de lichid** – În ultimii 20 de ani, a avut loc o liberalizare semnificativă în ceea ce privește cantitatea de lichid care ar trebui să împiedice înlăturarea drenajului pleural. În anii '70, a fost necesară o scurgere mai mică de 100 ml / 24 h pentru îndepărtarea unui drenaj pleural. Au fost efectuate numeroase studii în ultimele decenii care au arătat că un drenaj pleural, în procedurile toracice standard (rezeccii, biopsii, etc), ar putea fi îndepărtat în siguranță cu eliminări de până la 400 ml / 24 h. Un studiu realizat de Bjerregaard et al. a demonstrat că un drenaj pleural poate fi îndepărtat în siguranță cu eliminări de până la 500 ml / 24 h de drenaj, fără revărsare semnificativă sau fără a provoca ulterior o problemă relevantă clinic [8, 11]. Rezultatele de scurgere ale drenajului pleural sub 100 ml / 24 h sunt considerate a fi suficient de scăzute pentru a elimina drenajul pleural în siguranță, dar trebuie să subliniem faptul că nu există totuși dovezi clare pentru acest lucru. După procedurile standard, cum ar fi lobectomia sau segmentectomia, o drenare pleurală poate fi îndepărtată în siguranță cu o producție de lichid de 400 ml / 24 h. Trebuie să luăm întotdeauna în considerație factorii specifici pacientului, cum ar fi orice boală de bază, procedura operativă și calitatea lichidului scurs [44].

• **Aer** – Al doilea criteriu care determină sincronizarea eliminării drenajului pleural este prezența unei scurgeri de aer. Dacă nu se detectează scurgeri de aer și producția de lichid se află într-un interval tolerabil, drenul poate fi îndepărtat. Experiențele cu sistemele de drenare electronice, de-a lungul mai multor ani, au arătat că scurgerile mici de aer (20–40 ml/min), care sunt stabile timp de 6–8 ore, sunt, de asemenea, acceptabile pentru a îndepărta în siguranță drenul. „Scurgeri de aer” foarte mici, observate cu sisteme electronice, pot fi atribuite sensibilității mai mari de efectuare a măsurărilor [8, 44]. Aceste scurgeri foarte mici de aer sunt irelevante din cauza scurgerilor din sistem (pacient - tuburi - sistem). Într-o astfel de situație, observarea unei scurgeri de aer stabile, în cantități foarte mici, pe o perioadă de 6–8 ore, este crucială înainte de a elimina drenajul. Cu criteriile de mai sus drenajului pleural poate fi îndepărtat în siguranță, indiferent de timpul trecut de la procedura inițială. Din păcate, în literatură există puține informații cu privire la sincronizarea corectă pentru îndepărtarea tubului pleural. Orientările de la British Thoracic Society sunt vagi pentru eliminarea drenului și afirmă că se poate face „după confirmarea radiologică a tratamentului de succes” [6, 54, 84].

• **Radiografie înaintea înlăturării drenajului pleural** – Nu există un răspuns final, dar Bjerregaard și colab. au demonstrat că este sigur să se evite o radiografie toracică de rutină înainte de îndepărtarea unui drenaj pleural [9]. Doar 10 din 1097 radiografii toracice de rutină, în urma unei intervenții toracice minime invazive (cu sau fără rezeccie), prezintă necesitate de redrenare. Nu există dovezi că în prezența unui pacient fără simptome trebuie efectuată o radiografie „finală” – chiar și din motive medicale/legale. În Germania, în special, nu există un context legal care să forțeze sau să justifice acest lucru. Nu există niciun scenariu universal valabil cu privire la momentul eliminării unui drenaj pleural. Fiecare pacient trebuie evaluat individual în ce privește momentul corect pentru eliminarea drenajului, pe baza procedurii efectuate, a oricărei boli care stau la baza obiectivului terapeutic. În orice rezeccie pulmonară standard necomplicată, drenul poate fi îndepărtat dacă nu există scurgeri de aer, iar producția de lichide este sub pragul stabilit în acel centru individual, indiferent de timp scurs de la procedură [44].

**Concluzii**

• Drenajul pleural este un gest terapeutic, în aparență minor, dar care are semnificații majore și angajează atât medicul, cât și pacientul.

• Drenajul pleural indicat la momentul optim și executat corect, poate obține rezultate terapeutice așteptate.

• Concordanța între execuția corectă și supravegherea în dinamică a evoluției, precum și corectarea la timp a deficiențelor în vederea funcționării corecte, sunt obligatorii.

• Trebuie efectuată încadrarea gesturilor în planul terapeutic complex, de tratament general cu antibiotice (în raport cu flora microbiană) și corectarea constantelor biologice, în special proteice și hidroelectrolitice (plasmă, proteine, lichide), regim alimentar adecvat (hiperproteic, hipercaloric) bogat în vitamine.

• Asocierea fizioterapiei, a tusei asistate, asigurarea permeabilității căilor aeriene, după suprimarea drenajului sunt obligatorii.

**Bibliografie**

1. Asamura H, Naruke T, Tsuchiya R, Goya T, Kondo H, Suemasu K. Bronchopleural fistulas associated with lung cancer operations. Univariate and multivariate analysis of risk factors, management, and outcome. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1992;104(5):1456-1464.
2. Bae JM. Life threatening hemoperitoneum and liver injury as a result of chest tube thoracostomy. *Clin Med Insights. Case reports* 2001;8:15-7.
3. Baird R, Al-Balushi Z, Wackett J, Bouchard S. Iatrogenic Horner syndrome after tube thoracostomy. *J Pediatr Surg.*
4. Balley RC. Complications of tube thoracostomy in trauma. *J Accid Emerg Med.* 2000;17:111-4.
5. Barak M, Iaroshevski D, Ziser A. Rapid atrial fibrillation following tube thoracostomy insertion. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2003;24(3):461-2.
6. Baumann M, Strange C, Heffner J et al. Management of Spontaneous Pneumothorax. An American College of Chest Physicians Delphi Consensus Statement. *Chest.* 2001;119:590-602.
7. Bender B, Murthy V, Chamberlain RS. The changing management of chylothorax in the modern era. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2016;49(1):18-24.
8. Bjerregaard LS, Jensen K, Horsleben Petersen R, Hansen HJ. Early chest-tube removal after video-assisted thoracic surgery with serous fluid production p to 500 ml/day. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2014;45:241-6.
9. Bjerregaard LS, Jensen K, Petersen RH, Hansen HJ. Routinely obtained chest X-rays after elected video-assisted thoracoscopic surgery can be omitted in most patients, a retrospective, observational study. *Thorax.* 2015;65(Suppl 2):ii18-31.
10. Brownlow HA, Edibam C. Systemic air embolism after intercostal chest drain insertion and positive pressure ventilation in chest trauma. *Anaesth Intensive Care.* 2002;30(5):660-4.
11. Brunelli A, Beretta E, Cassivi SD, Cerfolio RJ, Detterbeck F, Kiefer T, et al. Consensus definitions to promote an evidencebased approach to management of the pleural space. A collaborative proposal by ESTS, AATS, STS and GTSC. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2011;40(2011):291-7.
12. Brunelli A, Salati M, Refai M, Di Nunzio L, Xiumé F, Sabbatini A. (2010). Evaluation of a new chest tube removal protocol using digital air leak monitoring after lobectomy: a prospective randomised trial. *Eur J Cardio-thorac Surg.* 2010;37:56-60.
13. Bülow G. Für die Heber-Drainage bei Behandlung des Empyems. *Z Klin Med.* 1891;18:31-4.
14. Cardozo S, Belgrave K. A shocking complication of a pneumothorax: chest tube-induced arrhythmias and review of the literature. *Case Rep Cardiol.* 2014;2014:681572.
15. Cerfolio RJ, Bryant AS. The quantification of postoperative air leaks. *Mult Man Cardiothorac Sur.* 2009.
16. Chen YM, Wu MF, Lee PY, Su WJ, Perng RP. Necrotizing fasciitis: is it a fatal complication of tube thoracostomy? Report of three cases. *Respir Med.* 1992;86(3):249-51.
17. Cho SR, Lee JS, Kim MS. New treatment method for reexpansion pulmonary edema: differential lung ventilation. *Ann Thorac Surg.* 2005;80(5):1933-4.
18. Da Rocha RP, Vengjer A, Blanco A, de Carvalho PT, Mongon ML, Fernandes GJ. Size of the collateral intercostal artery in adults: anatomical considerations in relation to thoracocentesis and thoracoscopy. *Surg Radiol Anat.* 2002;24(1):23-6.
19. Danitsch D. Benefits of digital thoracic drainage systems. *Benefits of digital thoracic drainage systems. Nursing Times* 13 Mar 2012;108:11.
20. Davies HE, Davies R, Davies C. On behalf of the BTS Pleural Disease Guideline Group. BTS-Guideline: Management of pleural infection in adults. *Thorax.* 2010; 65(Suppl 2): ii41-ii53.
21. Davies HR, Davies RJO, Davies CWH. Management of pleural infection in adults: British Thoracic Society pleural disease guideline 2010. *Thorax.* 2010;65:ii41-53.
22. Despars JA, Sassoon CSH, Light RW. Significance of iatrogenic pneumothoraces. *Chest.* 1994;105:1147-50.
23. Devanand A, Koh MS, Ong TH et al. Simple aspiration versus chest-tube insertion in the management of primary spontaneous pneumothorax: a systematic review. *Respir Med.* 2004;98(7):579-90.
24. DuBose J, Inaba K, Okoye O, Demetriades D, Scalet T, O'Connor J, Menaker J, Morales C, Shiflett T, Brown C, Copwood B, AAST Retained Hemothorax Study Group. Development of posttraumatic empyema in patients with retained hemothorax: results of a prospective, observational AAST study. *J Trauma Acute Care Surg.* 2012;73(3):752-7.
25. Etoch SW, Bar-Natan MF, Miller FB, Richardson JD. Tube thoracostomy. Factors related to complications. *Arch Surg.* 1995;130(5):521-5; discussion 525-6.
26. Feller-Kopman D, Berkowitz D, Boiselle P, Ernst A. Large volume thoracocentesis and the risk of reexpansion pulmonary edema. *Ann Thorac Surg.* 2007;84(5):1656-61.
27. Flume PA, Mogayzel Jr PJ, Robinson KA et al. Cystic fibrosis pulmonary guidelines: pulmonary complications: hemoptysis and pneumothorax. *Am J Respir Crit Care Med.* 2010;182:298-306.
28. Goltz JP, Gorski A, Böhrer J, Kickuth R, Hahn D, Ritter CO. Iatrogenic perforation of the left heart during placement of a chest drain. *Diagn Interv Radiol.* 2011;17(3):229-31.
29. Havelock T, Teoh R, Laws D, Gleeson F, BTS Pleural Disease Guideline Group. Pleural procedures and thoracic ultrasound: British Thoracic Society Pleural Disease Guideline 2010. *Thorax.* 2010;65(Suppl 2):ii61-76.
30. Heifetz SA, Zeichner MB, Minkowitz S. Sudden death from ruptured intercostal artery aneurysm. A late complication of thoracotomy. *Arch Surg.* 1975;110(10):1253-4.
31. Hibbert B, Lim TW, Hibbert R, Green M, Gollob MH, Davis DR. Ventricular tachycardia following tube thoracotomy. *Europace.* 2010;12(10):1504-6.
32. Hochberg LA. Thoracic surgery before the 20th century. New York: Vantage Press, 1960:7, 9-12, 244.
33. Hooper C, Lee G, Maskell N. On behalf of the BTS Pleural Guideline Group. BTS-Guideline: Investigation of a unilateral pleura effusion in adults. *Thorax.* 2010;65:ii4-ii17.
34. Hsu SP, Wang HC, Huang IT, Chu KA, Chang HC. Tube thoracostomy-related necrotizing fasciitis: a case report. *Kaohsiung J Med Sci.* 2006;22(12):636-40.

35. Iaci G, Castiglioni A, Fumero A, Carlino M, Margonato A, Alfieri O. Resolution of an acute cardiac ischemia after the removal of a surgical drain in mitral and tricuspid valve repair. *Ann Thorac Surg.* 2011;91(6):e94.
36. Ichinose J, Nagayama K, Hino H. Results of surgical treatment for secondary spontaneous pneumothorax according to underlying diseases. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2015;8:pj: ezv256.
37. Jeon EY, Cho YK, Yoon DY, Seo YL, Lim KJ, Yun EJ. Angiographic analysis of the lateral intercostals artery perforator of the posterior intercostal artery: anatomic variation and clinical significance. *Diagn Interv Radiol.* 2015;21(5):415–8..
38. John M, Razi S, Sainathan S, Stavropoulos C. Is the trocar technique for tube thoracostomy safe in the current era? *Interact CardiovascThorac Surg.* 2014;19(1):125–8.
39. Jones PM, Hewer RD, Wolfenden HD, Thomas PS. Subcutaneous emphysema associated with chest tube drainage. *Respirology.* 2001;6(2):87–9.
40. Kang H, Chung YS, Choe JW, Woo YC, Kim SW, Park SJ, et al. Application of lidocaine jelly on chest tubes to reduce pain caused by drainage catheter after coronary artery bypass surgery. *J Korean Med Sci.* 2014;29(10):1398–403.
41. Karmy-Jones R, Holevar M, Sullivan RJ, Fleisig A, Jurkovich GJ. Residual hemothorax after chest tube placement correlates with increased risk of empyema following traumatic injury. *Can Respir J.* 2008;15(5):255–8.
42. Katballe N, Moeller LB, Olesen WH, Litzer MM, Andersen G, Nekrasas V, et al. A novel device for accurate chest tube insertion: a randomized controlled trial. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2015;48: 893–8.
43. Kerger H, Blaettner T, Froehlich C, Ernst J, Frietsch T, Isselhorst C, Nguyen AK, Volz A, Fiedler F, Genzwuerker HV. Perforation of the left atrium by a chest tube in a patient with cardiomegaly: management of a rare, but life-threatening complication. *Resuscitation.* 2007;74(1):178–82.
44. Kiefer T. *Chest drains in daily clinical practice.* 2017. Springer, Cham, Switzerland.
45. Kim D, Lim SH, Seo PW. Iatrogenic perforation of the left ventricle during insertion of a chest drain. *Korean J ThoracCardiovasc Surg.* 2013;46(3):223–5.
46. Klopp M, Dienemann H, Hoffmann H. Treatment of Pneumothorax. *Chirurg.* 2007;78(7):655–668.
47. Kollef MH, Dothager DW. Reversible cardiogenic shock due to chest tube compression of the right ventricle. *Chest.* 1991;99(4):976–80.
48. Kopec SE, Conlan AA, Irwin RS. Perforation of the right ventricle: a complication of blind placement of a chest tube into the postpneumectomy space. *Chest.* 1998;114(4):1213–5.
49. Laws D, Neville E, Duffy J. BTS guidelines for the insertion of a chest drain. *Thorax.* 2003;58:ii53–9.
50. de Lesquen H, Avro JP, Gust L et al. Surgical management for the first 48 h following blunt chest trauma: state of the art (excluding vascular injuries). *Interact CardioVascThorac Surg.* 2015;20:399–408.
51. Lilienthal H. *Thoracic Surgery.* Philadelphia: Saunders, 1926: vol I, 24, 52-56; vol II, 156-7.
52. Limsukon A, Yick D, Kamangar N. Chylothorax: a rare complication of tube thoracostomy. *J Emerg Med.* 2011;40(3):280–2.
53. Lois M, Noppen M. Bronchopleural fistulas: an overview of the problem with special focus on endoscopic management. *Chest.* 2005;128(6):3955-3965.
54. MacDuff A, Arnold A, Harvey J, on behalf of the BTS Pleural Disease Guideline Group. Management of spontaneous pneumothorax: British Thoracic Society pleural disease guideline 2010. *Thorax.* 2010;65Suppl 2:ii18–31.
55. Maskell NA, Butland RJ, Pleural Diseases Group, Standards of Care Committee, British Thoracic Society. BTS guidelines for the investigation of a unilateral pleural effusion in adults. *Thorax.* 2003;58Suppl 2:ii8–17.
56. Maybauer MO, Geisser W, Wolff H, Maybauer DM. Incidence and outcome of tube thoracostomy positioning in trauma patients. *Prehosp Emerg Care.* 2012;16(2):237–41.
57. McGuire AL, Petrich W, Maziak DE, Shamji FM, Sundaresan SR, Seely AJE, et al. Digital versus analogue pleural drainage phase 1: prospective evaluation of interobserver reliability in the assessment of pulmonary air leaks. *Interact CardioVascThorac Surg.* 2015;21:403–8.
58. Mier JM, Molins L, Fibla JJ. The benefits of digital air leak assessment after pulmonary resection: Prospective and comparative study. *Cir Esp.* 2010;87(6):385–9.
59. Miserocchi G, Negrini D. Pleural space: pressure and fluid dynamics. In: Crystal RG, West JB, editors. *THE LUNGE*, Scientific Foundations. New York: Raven Press; 1997. p. 1217–25 (Chapter 88).
60. Munnell ER, Thomas EK. Current concepts in thoracic drainage systems. *Ann Thorac Surg* 1975;19:261-8.
61. Nahum E, Ben-Ari J, Schonfeld T, Horev G (2001) Acute diaphragmatic paralysis caused by chest tube trauma to phrenic nerve. *Pediatr Radiol* 31:444–6.
62. Panagopoulos ND, Apostolakis E, Koletsis E, Prokakis C, Hountis P, Sakellaropoulos G, Bellenis I, Dougenis D. Low incidence of bronchopleural fistula after pneumonectomy for lung cancer. *Interact CardiovascThorac Surg.* 2009;9(4):571-575.
63. Paul AO, Kirchhoff C, Kay MV, Hiebl A, Koerner M, Braunstein VA, Mutschler W, Kanz KG. Malfunction of a Heimlich flutter valve causing tension pneumothorax: case report of a rare complication. *Patient Saf Surg.* 2010;4(1):8.
64. Perera E, Bhatt S, Dogra VS. Complications of denver shunt. *J Clin Imaging Sci.* 2011;1:6.
65. Playfair GE. Case of empyema treated by aspiration and subsequently by drainage: recovery. *Br Med J* 1875;1:45.
66. Pogatzki-Zahn E. Update postoperative Schmerztherapie, Refresher Course Nr. 39. April 2013.
67. Pompili C, Detterbeck F, Papagionopoulos K, Sihoe A, Vachlas K, Maxfield MW, et al. Multicenter international randomized comparison of objective and subjective outcomes between electronic and traditional chest drainage systems. *Ann Thorac Surg.* 2014;98: 490–7.
68. Resnick DK. Delayed pulmonary perforation. A rare complication of tube thoracostomy. *Chest.* 1993;103(1):311–3.
69. Rice DC, Agasthian T, Clay RP, Deschamps C. Silicone thorax: a complication of tube thoracostomy in the presence of mammary implants. *Ann Thorac Surg.* 1995;60(5):1417–9. Review.
70. Ried M, Hofmann HS. *DtschArztebl Int.* 2013;110(18):313–8.
71. Robinson S. Acute thoracic empyema. Avoidance of chronic empyema. Rib trephining for suction drainage. *Boston Med Surg J* 1910;163:561-70.
72. Rozeman J, Yellin A, Simansky DA, Shiner RJ. Re-expansion pulmonary oedema following spontaneous pneumothorax. *Respir Med.* 1996;90:235–8.
73. Salon JE. Reversible diaphragmatic eventration following chest tube thoracostomy. *Ann Emerg Med.* 1995;25(4):556–8. Review.
74. Sarkar P, Chandak T, Shah R, Talwar A. Diagnosis and management bronchopleural fistula. *Indian J Chest Dis Allied Sci.* 2010;52(2):97-104.
75. Seki M, Yoda S. Unexpected massive hemorrhage following the removal of a pleural drainage tube. *Intern Med.* 2015;54(8):953–4.
76. Shapira OM, Aldea GS, Kupferschmid J, Shemin RJ. Delayed perforation of the esophagus by a closed thoracostomy tube. *Chest.* 1993;104(6):1897–8.
77. Soccorso G, Anbarasan R, Singh M et al. Management of large primary spontaneous pneumothorax in children: radiological guidance, surgical intervention and proposed guideline. *Pediatr Surg Int.* 2015;31(12):1139–44.

78. Stefani A, Natali P, Casali C et al. Talc poudrage versus talc slurry in the treatment of malignant pleural effusion. A prospective comparative study. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2006;30(6):827–32.
79. Sulimovic S, Noyez L. Postoperative myocardial ischemia caused by compression of a coronary artery by chest tube. *J Cardiovasc Surg (Torino).* 2006;47(3):371–2.
80. Sundaramurthy SR, Moshinsky RA, Smith JA. Non-operative management of tube thoracostomy induced pulmonary artery injury. *Interact CardiovascThorac Surg.* 2009;9(4):759–60.
81. Tait P, Waheed U, Bell S. Successful removal of malpositioned chest drain within the liver by embolization of the transhepatic track. *CardiovascInterventRadiol.* 2009;32(4):825–7.
82. Varela G, Jiménez MF, Novoa NM, Aranda JL. Postoperative chest tube management: measuring air leak using an electronic device decreases variability in the clinical practice. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2009;35:28–31.
83. Vargas-Schaffer G. Is the WHO analgesic ladder still valid? Twenty-four years of experience. *Can Fam Physician.* 2010;56(6):514–7.
84. Vedam H, Barnes DJ. Comparison of large- and small-bore intercostal catheters in the management of spontaneous pneumothorax. *Int Med J.* 2003;33:495e9.
85. Ward EW, Hughes TE (1994) Sudden death following chest tube insertion: and unusual case of vagus nerve irritation. *J Trauma* 36:258–259.
86. Wraight WM, Tweedie DJ, Parkin IG. Neurovascular anatomy and variation in the fourth, fifth, and sixth intercostal spaces in the mid-axillary line: a cadaveric study in respect of chest drain insertion. *Clin Anat.* 2005;18(5):346–9.
87. Yadav K, Jalili M, Zehtabchi S. Management of traumatic occult pneumothorax. *Resuscitation.* 2010;81(9): 1063–8.
88. Yarmus L, Feller-Kopman D. Pneumothorax in the critically ill patient. *Chest.* 2012;141(4): 1098–1105.
89. Yen CC, Yang YS, Liu KY. Aortic perforation caused by friction of a chest tube after coronary artery bypass surgery. *Heart Surg Forum.* 2010;13(3):E159–60.
90. Yoneyama H, Arahata M, Tamaru R, Ishizaka S, Minami S. Evaluation of the risk of intercostals artery laceration during thoracentesis in elderly patients by using 3D-CT angiography. *Intern Med.* 2010;49(4):289–92. Epub 2010 Feb 15.