

**Versorgung bei einer Thoraxdrainage**  
**Ein Selbststudiumkurs ohne Zeitvorgabe, möglich**  
**gemacht durch eine uneingeschränkte**  
**Weiterbildungsbeihilfe der**  
**Atrium Medical Corporation**



# Versorgung bei einer Thoraxdrainage - Selbststudiumkurs ohne Zeitvorgabe

---

## ■ Zweck

Diese Weiterbildungsmaßnahme soll zertifizierten Krankenschwestern/-pflegern über die Betreuung von Patienten mit einer Thoraxdrainage informieren. Unser Ziel ist es, dass Krankenschwestern/-pfleger die Physiologie und Pathophysiologie für die Bedingungen, die eine Thoraxdrainage erforderlich machen, besser verstehen. Durch die Absolvierung dieser Schulung hinsichtlich der sicheren und effektiven Anwendung von Thoraxdrainagesystemen können zertifizierte Krankenschwestern/-pfleger ihre Patienten umfassend versorgen, um so optimale Versorgungsergebnisse zu erzielen.

## ■ Lernziele

Nach Abschluss dieses Selbststudiumkurses sollte der Lernende in der Lage sein ...

1. die normale Thorax-Anatomie zu beschreiben
  2. die Änderungen zu erklären, die beim Atmen in der Brusthöhle eintreten
  3. abnorme Zustände zu identifizieren, die eine Thoraxdrainage erforderlich machen
  4. die Merkmale des herkömmlichen 3-Flaschen-Thoraxdrainagesystems zu erläutern
  5. das herkömmliche 3-Flaschen-Drainagesystem mit den heute erhältlichen, in sich geschlossenen Einweg-Thoraxdrainageeinheiten zu vergleichen und die Unterschiede hervorzuheben
  6. die Schritte zum Einrichten eines Thoraxdrainagesystems zu kennen
  7. die wesentlichen Aspekte in der Versorgung eines Patienten, der eine Thoraxdrainage benötigt, erläutern zu können
  8. vier Zeichen dafür anzuführen, dass ein Thoraxtubus entfernt werden kann
  9. die Verwendung der Autotransfusion mit den Thoraxdrainagesystemen zusammenzufassen. Was sind Ihre persönlichen Ziele bei dieser Selbststudium-Schulungsmaßnahme?
- 
- 

## ■ Empfohlene Bedienungsanleitung

- Lesen Sie sich die Informationen zum Zweck und den Lernzielen oben durch und vergleichen Sie sie mit Ihrem persönlichen Lernbedarf.
- Sehen Sie sich diese Selbststudium-Analyse an. Beachten Sie die Titelzeilen, Darstellungen sowie die markierten Informationen.
- Lesen Sie sich die Analyse durch. Markieren Sie Bereiche von besonderem Interesse für Sie oder Bereiche, die Sie gern genauer durcharbeiten würden. Machen Sie sich nach Bedarf Notizen. Verwenden Sie das Glossar zur Definition von Begriffen, die Ihnen möglicherweise nicht vertraut sind. Glossarbegriffe werden im Text bei der ersten Verwendung fett dargestellt.
- Wenn Sie nach dem Durchführen der Maßnahme weitere Informationen benötigen oder noch Fragen haben, können Sie sich das empfohlene Lesematerial durchlesen, Kontakt zu einer fachkundigen Krankenschwester/einem fachkundigen Krankenpfleger aufnehmen, oder der Verfasserin unter [pat@patcarroll.net](mailto:pat@patcarroll.net) eine E-Mail senden.

### ■ **Verfasser**

Dieser Selbststudiumkurs ohne Zeitvorgabe wurde erstellt von:

Patricia Carroll RN, BC, CEN, RRT, MS

Inhaber, Educational Medical Consultants

Meriden, CT

Adjunct Professor, Excelsior College

Albany, NY

Sie ist die alleinige Verantwortliche für den hierin enthaltenen Inhalt.

### ■ **Haftungsausschlüsse**

Ms. Carroll entwickelt die Schulungsprogramme für die Atrium Medical Corporation als Beraterin.

Diese Fortbildungsmaßnahme wird durch eine uneingeschränkte Fortbildungsbeihilfe der Atrium Medical Corporation unterstützt.

### ■ **Prüfer**

Wir möchten den folgenden Krankenschwestern für ihre Überprüfung dieser Fortbildungsmaßnahme danken.

Emily Cannon RN, MSN

Associate Professor of Nursing

Ivy Tech Community College

Terre Haute, IN

Haftungsausschluss: Keiner

Mary Dormandy RN, BSN

Operations Manager and Director of Patient Services

St. Peter's Home Care

Albany, NY

Haftungsausschluss: Keiner

<b>Anatomie der Brust</b> .....	<b>1</b>
Der Thorax .....	1
Das Mediastinum .....	1
Die Lunge und die Lungenkavitäten .....	2
<b>Respirationsphysiologie</b> .....	<b>3</b>
<b>Pathophysiologie</b> .....	<b>4</b>
Pneumothorax .....	5
Spannungspneumothorax .....	6
Hämothorax .....	7
Herzbeuteltamponade .....	9
<b>Thoraxdrainagesysteme</b> .....	<b>10</b>
Thoraxtuben .....	10
Patientenschläuche .....	12
<b>Wiederverwendbare Thoraxdrainagesysteme</b> .....	<b>13</b>
1-Flaschen-Thoraxdrainagesystem .....	13
2-Flaschen-Thoraxdrainagesystem .....	14
3-Flaschen-Thoraxdrainagesystem .....	14
Saugkontrollflasche .....	15
Nachteile des 3-Flaschen-Systems .....	15
<b>Einmal-Thoraxdrainagesysteme</b> .....	<b>16</b>
Sammelkammer .....	16
Wassersäulenkammer .....	17
Trockendichtungs-Thoraxdrainagegerät .....	17
Saugkontrollkammer .....	18
Doppelsammel-Thoraxdrainagegeräte .....	19
Thoraxdrainagesysteme für Säuglinge/Kleinkinder .....	19
Geschlossene Wundreservoirs .....	19
<b>Konfiguration eines Thoraxdrainagesystems</b> .....	<b>20</b>
Thorakostomie .....	20
Schritte für die Einführung eines Thoraxtubus und Konfiguration des Versorgung .....	21
<b>Patienten, die sich einer Thoraxdrainage unterziehen müssen</b> .....	<b>23</b>
Respirationen .....	23
Wissensstand .....	23
Schmerzkontrolle .....	23
Vitalzeichen .....	23
Patientenposition/-bewegung .....	24
Thoraxtubusposition/Verband .....	25
Schläuche .....	25
Drainageflüssigkeit .....	26
Wassersäule .....	27
Ansaugen .....	28

<b>Trennung des Thoraxdrainagegerätes</b> .....	<b>29</b>
<b>Entfernen des Thoraxtubus</b> .....	<b>30</b>
<b>Autotransfusion</b> .....	<b>31</b>
<b>Die Zukunft ist hier: Mobile Thoraxdrainagegeräte</b> .....	<b>32</b>
<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>34</b>
<b>Glossar</b> .....	<b>35</b>
<b>Empfohlenes Lesematerial</b> .....	<b>38</b>
<b>Klassische Referenzen</b> .....	<b>45</b>
<b>Empfohlenes Lesematerial in Bezug auf das Thoraxtubus-Stripping</b> .....	<b>46</b>

# Anatomie der Brust

---

## ■ Der Thorax

**Der Thorax** liegt zwischen dem Hals und dem Abdomen. Die Wände der Brusthöhle bestehen lateral aus den Rippen, anterior aus dem **Sternum** und posterior aus der Brustwirbelsäule. Die knöchernen Thoraxstrukturen sind von internen und externen Interkostalmuskeln bedeckt. Das kuppelförmige Muskelmembran bildet die untere Abgrenzung (gelegentlich auch als Boden bezeichnet) der Brusthöhle. Die anatomischen Hauptstrukturen der Brust finden Sie in Abbildung 1 dargestellt. Die Brusthöhle bildet ein halbstarres Gestell, das Herz, Lunge, große Gefäße, Thymusdrüse und Teile der **Trachea** und des Ösophagus schützt. Darüber hinaus bildet die Struktur einen luftdichten Balgmechanismus (auf diesen wird im nächsten Abschnitt näher eingegangen), der ein Unterdrucksystem erzeugt, das beim Einatmen die Lunge ausdehnt.

Der Thorax ist in drei markante Bereiche unterteilt:

- Das zentral angeordnete Mediastinum
- Die rechte Lungenkavität
- Die linke Lungenkavität

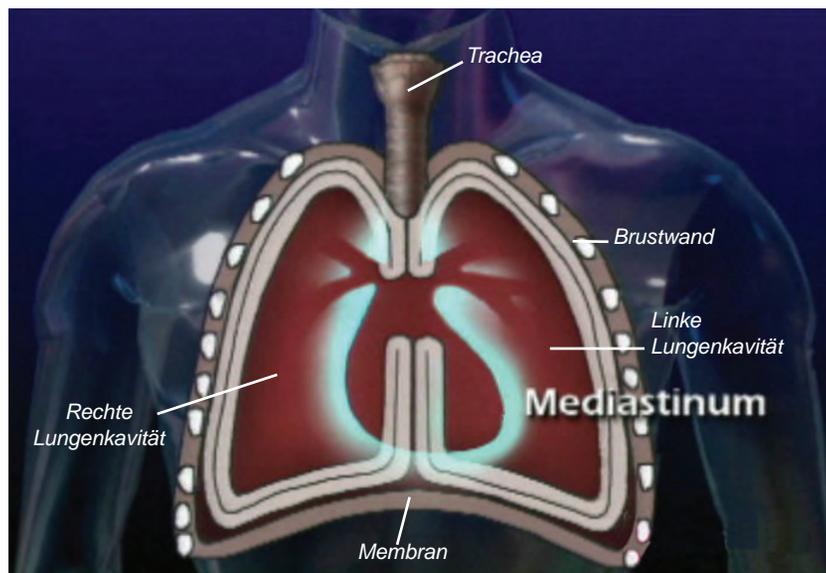


Abbildung 1 - Anatomie der Brust

## ■ Das Mediastinum

**Das Mediastinum** ist eine flexible Membran in der Mitte der Brusthöhle. Die linke und die rechte (pleurale) Kavität liegen lateral zum Mediastinum, das Sternum befindet sich anterior und die Wirbelsäule posterior.

Das Mediastinum enthält das Herz, das vom **Perikard** bedeckt ist; die Thymusdrüse; Teile des Ösophagus und der Trachea sowie ein Netz aus Nerven und Blutgefäßen.

## ■ Die Lunge und die Lungenkavitäten

Die kegelförmige, spongiöse, elastische Lunge ist an der Trachea aufgehängt und füllt einen großen Teil der Brusthöhle. Der linke Lungenflügel ist schlanker, länger und kleiner als der rechte (auf Grund der Position des Herzen links von der Mittellinie); er ist in zwei Lappen unterteilt: der obere und der untere Lungenlappen. Der größere rechte Lungenflügel ist in drei Lappen unterteilt: den oberen, den mittleren und den unteren Lungenlappen. Durch die obere Luftröhre wird Luft in die Brusthöhle eingesogen. Die Trachea ist in zwei primäre Bronchien (einen Bronchus für jeden Lungenflügel) unterteilt, die wiederum viele Male in immer kleinere Luftröhren unterteilt sind, die schließlich in den Lungenalveolen enden, in denen der Gasaustausch durch die alveoläre-kapillare Membran erfolgt. Jede luftdichte Lungenkavität wird von der Brustwand, der Membran und dem Mediastinum begrenzt. Diese Kavität ist mit einer Membran, dem so genannten parietalen Rippenfell, ausgekleidet. Eine ähnliche Membran, das sogenannte pulmonare oder viszerale Rippenfell, bedeckt die Oberfläche beider Lungenflügel.

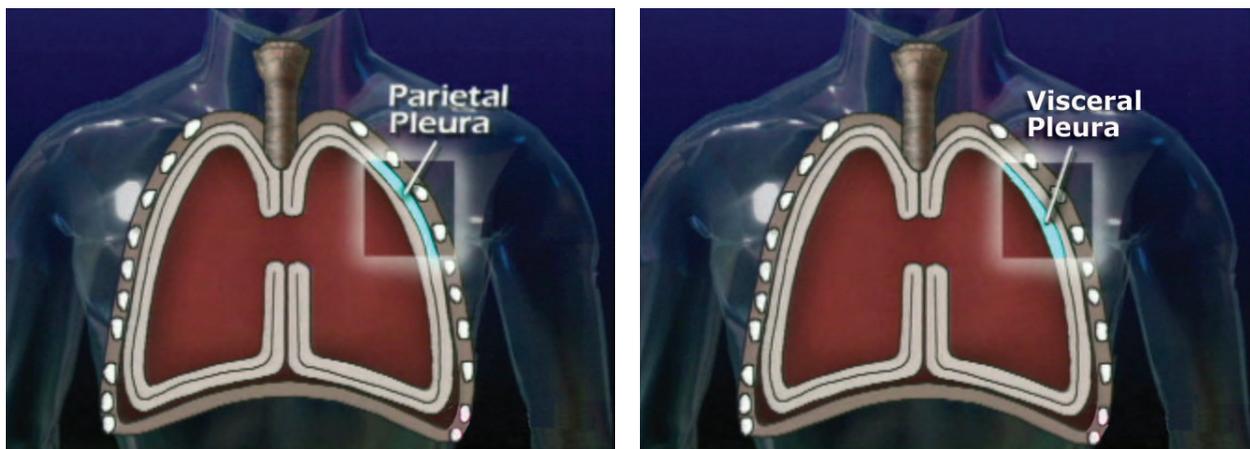


Abbildung 2 - Membran, die die Brustwand (L) und die Lunge (R) bedeckt

Ein dünner Film aus seröser Schmierflüssigkeit, der so genannten Pleuralflüssigkeit, trennt die parietalen und viszeralen pleuralen Oberflächen. Durch diese Flüssigkeit haften die feuchten pleuralen Membranen aneinander und gleiten beim Ausdehnen und Zurückziehen der Lunge beim Ein- und Ausatmen reibungslos übereinander. Die in 24 Stunden produzierte Flüssigkeitsmenge entspricht ca. 0,3 ml/kg Körpergewicht oder ca. 25 ml. Die Lunge hat die natürliche Neigung zu kollabieren bzw. sich zurückzuziehen. Durch die Adhäsion der pleuralen Flüssigkeiten wird die Lunge nach oben und gegen die Innenseite der Brustwand gezogen, wodurch das natürliche Zurückziehen kompensiert wird. Diese Neigung der Lunge, sich von den Brustwänden zurückzuziehen, führt zu einem subatmosphärischen Druck - einem Unterdruck - in dem winzigen Zwischenraum zwischen den Pleurae. Normalerweise beträgt dieser intrapleurale Druck beim Einatmen ca.  $-8\text{cmH}_2\text{O}$  und beim Ausatmen ca.  $-4\text{cmH}_2\text{O}$ . Durch diesen Unterdruck bleibt die Lunge ausgedehnt, daher kann sie sich beim Einatmen zusammen mit dem Brustkorb und der Membran bewegen.

# Respirationsphysiologie

---

Die normale Atmung umfasst:

- Beatmung: der mechanische Akt, Luft in die Lunge strömen bzw. aus der Lunge entweichen zu lassen
- Respiration: Gasaustausch über die alveoläre-kapillare Membran

Bei der normalen Atmung gelangt die Luft folgendermaßen über die Trachea in die bzw. aus der Brusthöhle (siehe Abbildung 3):

1. Beim Einatmen stimuliert der Zwerchfellnerv die Membran, sodass sie sich zusammenzieht und sich dadurch nach unten bewegt. Gleichzeitig können sich die externen Interkostalmuskeln ebenfalls zusammenziehen, wodurch die Brustwand nach außen gedrückt wird. Durch beide Aktionen vergrößert sich die Brusthöhle.
2. Durch die Adhäsion der Pleurae dehnt sich bei der Vergrößerung des Brustraums auch die Lunge aus.
3. Wenn sich das Lungenvolumen vergrößert, sinkt der Druck in der Lunge (dies geschieht gemäß dem Boyle'schen Gasgesetz, das besagt, dass es ein umgekehrtes Verhältnis zwischen Volumen und Druck gibt). Dies erzeugt einen intrapulmonale Unterdruck.
4. Luft strömt natürlicherweise aus Bereichen mit einem höheren Druck in Bereiche mit einem niedrigeren Druck. Daher wird bei einem stärkeren intrapulmonale Unterdruck Luft durch die Trachea in die Lunge gesogen.
5. Beim Ausatmen entspannen sich die Membran- und Interkostalmuskeln. Die Brustwand bewegt sich nach innen und das Lungenvolumen vermindert sich durch das natürliche elastische Zurückziehen.
6. Wenn sich das Lungenvolumen verringert, steigt der intrapulmonale Druck in Relation zum atmosphärischen Druck (ebenfalls gemäß dem Boyle'schen Gasgesetz).
7. Nun strömt Luft durch die Trachea aus der Lunge heraus.
8. Dieser Zyklus wiederholt sich dann ca. 25.920 Mal pro Tag.

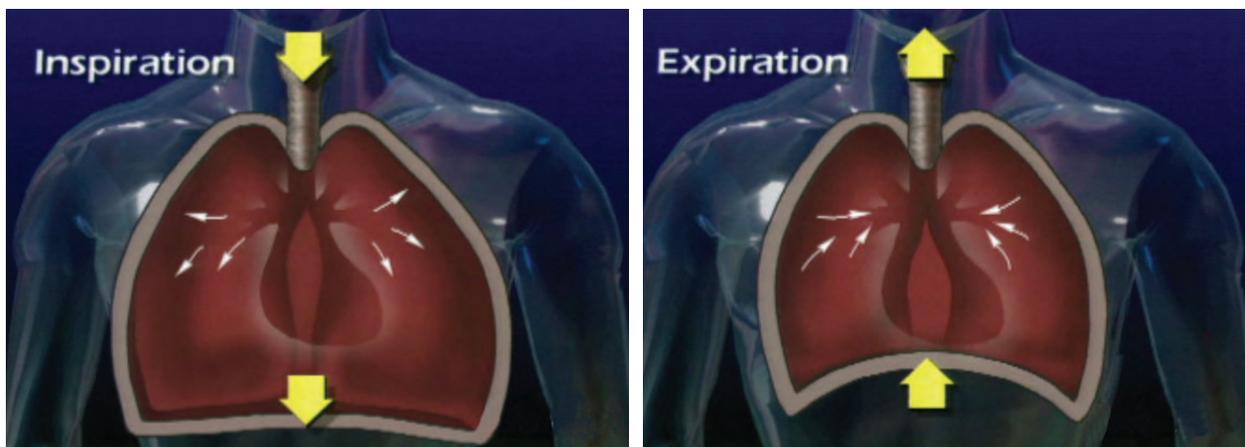


Abbildung 3 - der Atmungsmechanismus

## Pathophysiologie

Wenn Luft, Flüssigkeit oder Blut in den winzigen Zwischenraum zwischen parietaler und viszeraler Pleura eindringt, wird der Unterdruck, der die Adhäsion der Pleurae gewährleistet und die Lunge gegen die Brustwand gedrückt hält, beeinträchtigt. Die natürliche Tendenz der Lungen, sich zurückzuziehen, setzt ein und die Lunge kollabiert. Wenn dies eintritt, kann sich die Lunge beim Einatmen nicht mehr vollständig ausdehnen (siehe Abbildung 4). Je nach pulmonalem Zustand des Patienten und dem Grad der Beeinträchtigung im pleuralen Raum kann der Patient minimale Symptome haben oder unter signifikanter Kurzatmigkeit leiden. Darüber hinaus sind die parietalen Pleurae stark von sensorischen Nerven durchzogen, sodass jede Änderung des pleuralen Raums sich als äußerst schmerzhaft erweisen kann. Pleuritische Schmerzen äußern sich als scharfer stechender Schmerz beim Einatmen, wenn sich die Pleurae bewegen. Die Patienten vermindern unwillkürlich das Tidalvolumen und die Atemfrequenz erhöht sich, um eine ausreichende Luftversorgung sicherzustellen. Gleichzeitig verringern sie die Bewegung der Pleurae, um die Schmerzen zu lindern. Üblicherweise muss Luft oder Flüssigkeit aus dem pleuralen Raum entfernt werden, bevor sich die Lunge wieder vollständig ausdehnen und die normale Atmung wieder aufgenommen werden kann. In Situationen, in denen die Luft- oder Flüssigkeitsakkumulation sehr gering ist, kann es ausreichen, den Patienten sorgfältig zu überwachen, während sein Körper die Luft oder die Flüssigkeit auf natürliche Weise absorbiert.

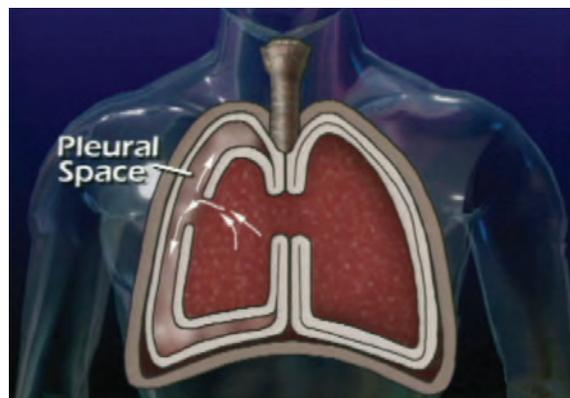


Abbildung 4 - Luft im pleuralen Raum

Eine pleurale Drainage ist bei zwei gängigen klinischen Zuständen erforderlich:

- Riss in der Lungenoberfläche (wie eine Luftblase) oder im tracheobronchialen Baum, durch den Luft und möglicherweise seröse oder serosanguinöse Flüssigkeit in den pleuralen Raum eindringen kann, während die Brustwand intakt bleibt
- Penetration der Brustwand von außen durch einen chirurgischen Eingriff oder ein Trauma (wie eine Schuss- oder Stichwunde), durch die Luft und Blut oder serosanguinöse Flüssigkeit aus den beschädigten Geweben in den pleuralen

Raum eindringen können (siehe Abbildung 5). Da ein Trauma üblicherweise sowohl die Brustwand als auch die Lungenoberfläche verletzt, kann Luft aus der Atmosphäre (durch die Öffnung in der Brustwand) oder der Lunge in den pleuralen Raum eindringen. Die Blutung kann von der Brustwand oder der Lunge selbst kommen.



Abbildung 5 - Stichwunde in den linken Hämithorax;  
mit freundlicher Genehmigung von [trauma.org](http://trauma.org)

## ■ Pneumothorax

Wenn die Brustwand geöffnet oder die Lunge penetriert wird, entweder bei einem chirurgischen Eingriff oder durch eine traumatische oder iatrogene Verletzung (wie das Setzen eines zentralen Venenkatheters), tritt Luft in den pleuralen Raum ein und der Unterdruck zwischen den Pleurae wird aufgehoben, wodurch die Lunge kollabiert. Dieser Zustand von Luft im pleuralen Raum wird als **Pneumothorax** bezeichnet.

Wenn Luft durch eine traumatische Penetration der Brustwand auf Grund einer Schuss- oder Stichwunde, eine Pfählungsverletzung oder ein ähnliches Trauma in den pleuralen Raum gelangt, wird der pleurale Raum der Atmosphäre geöffnet. Dieser Zustand wird als offener **Pneumothorax** oder „saugende Brustwunde“ bezeichnet (siehe Abbildung 6). Luft kann ungehindert durch die Öffnung in der Brustwand in den pleuralen Raum eindringen und aus ihm herausströmen. So lange die Öffnung in der Brust deutlich kleiner ist als die Trachea, kann der Patient den offenen Pneumothorax einige Zeit lang tolerieren; es ist jedoch auf jeden Fall eine schnelle und definitive Behandlung indiziert.



**Abbildung 6 - offene Brustwunde in der linken oberen posterioren Brust, offener Pneumothorax.**

*Mit freundlicher Genehmigung von trauma.org*

Wenn Luft durch einen Riss in der Lunge und dem viszeralem Rippenfell in den pleuralen Raum eindringt (wie beispielsweise bei einem Barotrauma auf Grund einer mechanischen Beatmung), die Brustwand jedoch intakt bleibt, wird dieser Zustand als geschlossener **Pneumothorax** bezeichnet. In diesem Fall kann Luft in den pleuralen Raum eindringen, jedoch nicht so leicht, wie bei einem offenen Pneumothorax, wieder aus ihm entweichen (siehe Abbildung 7).



**Abbildung 7 - geschlossener Pneumothorax.**

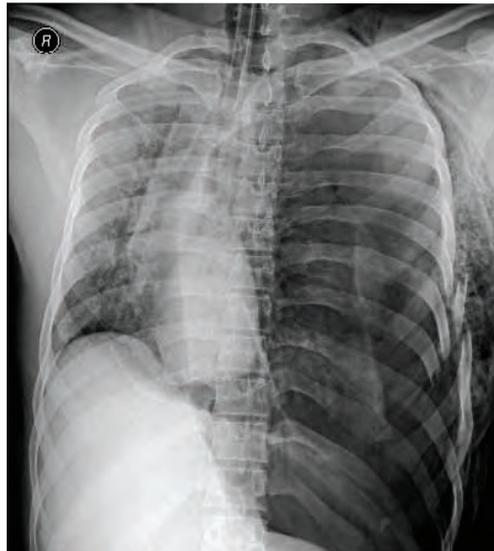
Gelegentlich leidet ein Patient ohne offensichtliche Ursache unter einem Pneumothorax. Dieser Zustand wird als **spontaner Pneumothorax** bezeichnet. Eine Theorie besagt, dass dieser Zustand häufiger bei jungen Männern auftritt, die einen Wachstumsschub haben, bei dem das Skelettwachstum das Lungenwachstum übersteigt. Diese Diskrepanz führt zu großen Spannungen der Pleurae am Apex der Lunge, wo ein Riss am ehesten auftritt. Ein spontaner Pneumothorax kann auch eintreten, wenn eine emphysematöse Luftblase auf der Lungenoberfläche reißt. Diese Patienten entwickeln

eine Kurzatmigkeit und leiden unter pleuritischen Brustschmerzen. Wenn das Luftvolumen im pleuralen Raum klein ist, kann der Patient sorgfältig überwacht werden, während sein Körper die Luft reabsorbiert.

In den Richtlinien des American College of Chest Physicians wird der spontane Pneumothorax in zwei Kategorien eingeteilt: Primärer spontaner Pneumothorax, bei dem keine Evidenz für eine zu Grunde liegende Lungenerkrankung vorliegt, und sekundärer spontaner Pneumothorax, bei dem Evidenz einer zugrunde liegenden Lungenerkrankung vorliegt, wie eine chronisch obstruktive Lungenerkrankung, eine Lungeninfektion, die das Lungengewebe schwächt, sowie Lungenkrebs. ■ Siehe Clinical Update: Jun 2001 (Part 1), Sept 2001 (Part 2)

## ■ Spannungspneumothorax

Wenn weiterhin Luft in den pleuralen Raum einströmt und aus diesem nicht mehr entweichen kann, baut sich im pleuralen Raum schnell Druck auf. Dieser ernste Zustand wird als **Spannungspneumothorax** bezeichnet. Der stärker werdende intrapleurale Druck wird positiv und eliminiert den normalen intrapleuralen Unterdruck. Wenn der Druck groß genug wird, kann die Lunge vollständig kollabieren und der Druck kann in diesem Fall auf das Mediastinum übertragen werden. Das Mediastinum kann von der betroffenen Seite beiseite gedrückt werden; bei dieser Verschiebung können die großen Gefäße und sogar das Herz komprimiert werden. Wenn dies geschieht, wird der venöse Rücklauf zum Herzen vermindert, was zu einer deutlich verringerten Herzleistung führt. Der Blutdruck sinkt abrupt ab. Diese mediastinale Verschiebung ist eine lebensgefährliche Situation; eine sofortige Erkennung und Behandlung sind ausschlaggebend, um einen kardiovaskulären Kollaps und den Tod zu verhindern (siehe Abbildung 8).



**Abbildung 8 - Brustradiogramm eines linken Spannungspneumothorax Beachten Sie, wie die Membran durch den Druck in der Brust nach unten und das Mediastinum auf die rechte Seite der Brust gedrückt werden.**

*Mit freundlicher Genehmigung von trauma.org*

Patienten, die eine Überdruck-Beatmung erhalten (entweder von einem Beatmungsgerät oder durch einen manuellen Beatmungsbeutel) sind im Vergleich zu spontan atmenden Patienten besonders anfällig für Komplikationen durch einen Spannungspneumothorax, da die Luft bei jedem Atemzug unter Druck in den Brustraum gedrückt wird. Patienten mit einem künstlichen Luftzugang können darüber hinaus nicht sprechen, wodurch es für sie schwieriger ist, das Pflegepersonal auf eine veränderte Atmung und pleuritische Brustschmerzen hinzuweisen.

Da ein Spannungspneumothorax sowohl die Atmung als auch den Kreislauf stark beeinträchtigen kann, ist eine sorgfältige Beurteilung der Pflegekräfte erforderlich, um einen Spannungspneumothorax schnell zu entdecken, sodass er definitiv versorgt werden kann. Zu den Anzeichen und Symptomen zählen:

- Erhöhte Atemfrequenz und größere Anstrengung beim Atmen
- **Dyspnoe**
- Pleuritische Brustschmerzen (wenn der Patient kommunizieren kann)
- Verminderte Bewegung der betroffenen Brustseite (siehe Abbildung 9)
- Verringerte Atemgeräusche bei der Auskultation der betroffenen Seite
- Sinkender Blutdruck
- Erhöhter Puls



**Abbildung 9 - die linke Brustseite ist bei vollständiger Einatmung starr, dies ist charakteristisch für einen Spannungspneumothorax.** Mit freundlicher Genehmigung von trauma.org



**Abbildung 10 - Abtasten einer Brust mit einem subkutanen Emphysem**  
Mit freundlicher Genehmigung von trauma.org

In den Lehrbüchern ist oft angegeben, dass Atemgeräusche vollständig fehlen, wodurch viele Pflegekräfte erwarten, auf der betroffenen Seite nichts zu hören. In Wirklichkeit werden die Geräusche von der unbetroffenen Seite auf die Brustseite mit dem Pneumothorax übertragen. Daher sind die Atemgeräusche vermindert oder sie klingen entfernt, sind jedoch vorhanden. Achten Sie zudem auf eine tracheale Abweichung fern von der betroffenen Seite (bei einem künstlichen Atemweg ist dies schwerer zu erkennen); kühle, fleckige Haut und subkutane Emphyseme, ein knisterndes Geräusch beim Abtasten der Brust, was drauf hindeutet, dass Luft in die subkutanen Gewebe eingedrungen ist (siehe Abbildung 10). Wenn der Patient eine volumen-

geregelte Überdruck-Beatmung erhält, zeigt das Manometer am Beatmungsgerät einen höheren Einatmungsdruck und kehrt mit einer geringeren Wahrscheinlichkeit auf Null zurück (oder zur Baseline, wenn ein PEEP verwendet wird). Wenn der Patient mit einem manuellen Beatmungsbeutel beatmet wird, lässt sich der Beutel immer schwerer zusammendrücken, um einen Atemzug zu liefern.

## ■ Hämothorax

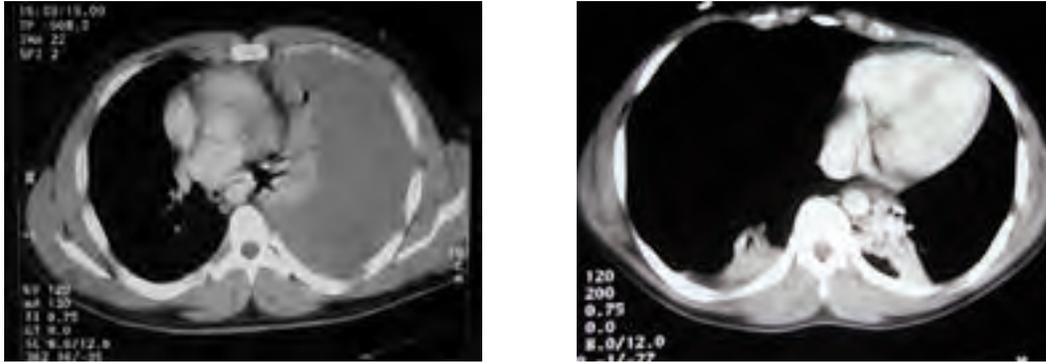
Nach einer Thorax-OP oder bestimmten Brustverletzungen kann sich Blut im pleuralen Raum sammeln. Dieser Zustand wird als Hämothorax bezeichnet. Eine Kombination aus Blut und Luft wird als Hämopneumothorax bezeichnet. Diese Zustände treten üblicherweise nach einer Öffnung der Brustwand - entweder während einer OP oder auf Grund einer penetrierenden Verletzung - auf. In einigen Fällen kann sich Blut auch nach einem stumpfen Brusttrauma im pleuralen Raum sammeln, wenn beispielsweise die scharfen Enden gebrochener Rippen das Lungengewebe (Pneumothorax) und die Blutgefäße (Hämothorax) verletzen.

Wie beim Pneumothorax wird bei einem Hämothorax der normale intrapleurale Unterdruck beeinträchtigt. Dadurch kann das normale Zurückziehen der Lunge eintreten, wodurch die Lunge zu einem gewissen Grad kollabiert, je nachdem, wie viel Blut sich im pleuralen Raum befindet. Nachdem die Lunge kollabiert ist, dehnt sie sich erst wieder aus, wenn das Blut aus dem pleuralen Raum entfernt wird (siehe Abbildung 11).



**Abbildung 11 - linker Hämothorax Beachten Sie die Kompression des linken Lungenflügels**  
Mit freundlicher Genehmigung von trauma.org

Darüber hinaus kann es bei einer Störung des normalen Gleichgewichts zwischen der Menge an produzierter pleuraler Flüssigkeit und der Menge an absorbierten Flüssigkeit ebenfalls zu einer Ansammlung von Flüssigkeit im pleuralen Raum kommen. Dies wird als pleurale Effusion bezeichnet. Dieser Zustand tritt üblicherweise bei Patienten mit Lungen- und Brustkrebs ein. 3 Siehe Clinical Update: Dec 2002 and Dec. 2005. Empyem (Pyothorax) ist eine Ansammlung von Eiter im pleuralen Raum, verursacht durch eine Lungenentzündung, einen Lungenabszess oder eine Kontamination der pleuralen Kavität. Chylothorax ist die Ansammlung von lymphatischer Flüssigkeit im pleuralen Raum.



**Abbildung 12 - das CT-Bild auf der linken Seite zeigt einen Hämithorax Beachten Sie die helle Farbe des rechten Hämithorax, wo sich das Blut sammelt, und die fehlende mediastinale Verschiebung. Das CT-Bild rechts zeigt einen Spannungspneumothorax. Beachten Sie den schwarzen linken Hämithorax, wo die Luft unter Druck eingeschlossen ist, sowie die Verschiebung des Mediastinums nach rechts.**

*Mit freundlicher Genehmigung von trauma.org*

Wie beim Pneumothorax und Hämithorax beeinträchtigen diese Ansammlungen von Stoffen im pleuralen Raum den normalen intrapleuralen Unterdruck und behindern die Atmung, keine dieser Flüssigkeitsansammlungen führt jedoch wahrscheinlich zu einem Überdruck, der dem Patienten auf eine Weise gefährlich werden kann, wie dies bei einem Spannungspneumothorax der Fall ist (siehe Abbildung 12). Ohne Dauertransfusion würde der Patient vermutlich exsanguinieren, bevor sich genügend Blut im pleuralen Raum ansammeln kann, um sich negativ auf das Mediastinum auszuwirken.

Blut, Flüssigkeiten, Eiter oder lymphatische Drainageflüssigkeit, die sich im pleuralen Raum angesammelt haben, verursachen jedoch eine Entzündungsreaktion und hindern die Lunge daran, sich beim Einatmen vollständig auszudehnen. Daher sollten sie entfernt werden, insbesondere, wenn der Patient kurzatmig ist und/oder über pleuritische Brustschmerzen klagt. Im Allgemeinen ist die Ansammlung groß genug, um drainiert zu werden, wenn der kostophrenische Winkel auf einem vertikalen Brustdiagramm verdeckt ist.

## ■ Herzbeutelamponade

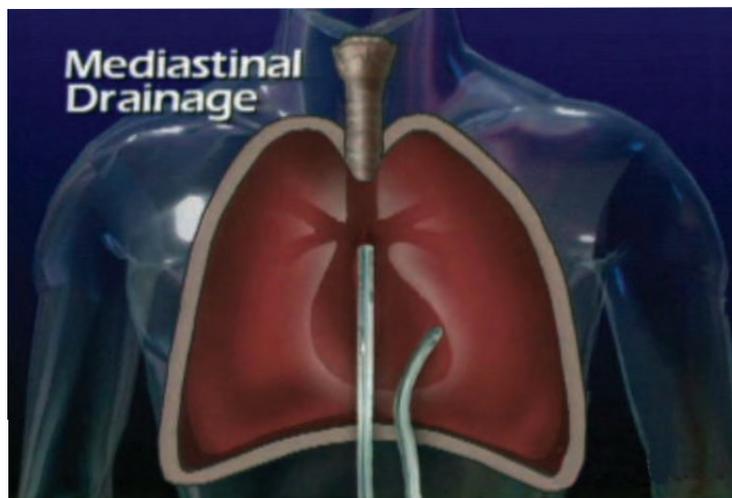
Nach einer Herz-OP oder einem Brusttrauma kann sich Blut in der mediastinalen Kavität ansammeln. Blut kann sich zwischen dem Perikard und dem Herzen ansammeln und das Herz extern komprimieren. Dieser Zustand wird als Herzbeutelamponade bezeichnet. Eine Herzbeutelamponade ist, wie ein Spannungspneumothorax, lebensgefährlich, wenn sie nicht erkannt und sofort behandelt wird, da sie die Fähigkeit des Herzens zur Aufnahme des Venenrücklaufs vermindert, was zu einer deutlich verringerten Herzleistung führt. Eine Notfallbehandlung ist eine Perikardpunktion mit einer Nadel (siehe Abbildung 13).

Eine Ansammlung von Blut im Perikard ist zudem ein Medium für bakterielles Wachstum, was potenziell zu einer postoperativen Infektion führen kann.



**Abbildung 13 - Notfallversorgung einer Herzbeutelamponade per Perikardpunktion, üblicherweise gefolgt von einer Pleuradrainage.**

*Mit freundlicher Genehmigung von trauma.org*



**Abbildung 14 - Mediastinale Pleuradrainage**

*Mit freundlicher Genehmigung von trauma.org*

Zur Verringerung des Risikos einer Blutansammlung im Mediastinum werden postoperativ wenigstens ein, häufiger jedoch zwei Thoraxtuben eingesetzt, um die mediastinale Kavität zu drainieren, damit das Blut aus der Brust entfernt werden kann (siehe Abbildung 14).

# Thoraxdrainagesysteme

---

Die meisten Patienten können eine geringe Luft- oder Flüssigkeitsmenge im pleuralen Raum tolerieren, besonders, wenn sie nicht unter einer Lungenerkrankung leiden. Wenn weniger als zehn Prozent des pleuralen Raums mit Luft oder Flüssigkeit gefüllt sind, hat der Patient üblicherweise weniger Atemsymptome und der Körper kann die Luft/Flüssigkeit ohne externe Drainage reabsorbieren. In einigen Fällen wird eine Punktionsdrainage durchgeführt, um die Luft aus dem pleuralen Raum abzulassen oder ein Ablassen der Flüssigkeit (pleurale Effusion) zu ermöglichen. In anderen Situationen ist eine Thoraxtubusdrainage erforderlich. Die Entscheidung, eine Pleuradrainage durchzuführen, basiert auf dem Lungenzustand des Patienten sowie auf der Luft- oder Flüssigkeitsmenge im pleuralen Raum.

Die Thoraxtubusdrainage wird angewendet:

- Um die Flüssigkeit/Luft schnellstmöglich zu entfernen
- Um zu verhindern, dass abgelassene Luft und/oder Flüssigkeit wieder in die Brusthöhle eindringt
- Um die Lunge auszudehnen und den normalen intrapleuralen Unterdruck wiederherzustellen

Ein Thoraxtubus ist üblicherweise mit einem Brustablass verbunden, der die Drainage aus dem pleuralen Raum aufnimmt und ein Wiederausdehnen der Lunge ermöglicht. Die Drainage muss so konzipiert sein, dass sie beim Einatmen oder wenn der Unterdruck im intrapleuralen Raum wiederhergestellt ist einen Rückströmen/einen Rücklauf der Luft- oder Flüssigkeitsdrainage in die Brust verhindert. Derselbe Ablass dient zum Auffangen des Mediastinumblutes, um so die Gefahr einer Herzbeutelamponade nach einer Herz-OP oder einem Brusttrauma zu verringern. Während der mediastinalen Drainage ist der Unterdruck im Brustraum jedoch kein so signifikanter Faktor wie bei einer Pleuradrainage.

Alle Thoraxdrainagesysteme haben einige gemeinsame Komponenten:

- Einen Thoraxtubus, der in die pleurale Kavität oder die Mediastinale Kavität eingesetzt wird, damit die Luft und/oder die Flüssigkeit die Brust verlassen können
- Ein flexibler Patientenschlauch (1,80 m), mit dem der Thoraxtubus am Thoraxdrainagesystem angeschlossen ist
- Ein Drainagesystem, das üblicherweise aus drei Komponenten besteht: (1) einer Sammelkammer, in der die Flüssigkeitsdrainage aufgefangen wird, und die die Messung des Drainagevolumens ermöglicht, (2) einer Einweg-Wassersäulenkammer oder einem mechanischen Ventil, das die Luft aus der Brust entweichen lässt und verhindert, dass Außenluft eindringt, (3) eine Saugkontrollkammer oder ein mechanisches Ventil, das die Höhe des Unterdrucks, der auf die Brust wirkt, begrenzt; diese Funktion ermöglicht die sichere Anwendung der Saugoption zur schnelleren Evakuierung von Luft und/oder Flüssigkeit.

Frühe Thoraxdrainagesysteme bestanden aus einem Satz mit einer, zwei oder drei Glas- oder Kunststoffflasche(n). Sechzehn Teile und 17 Verbindungen waren erforderlich, um ein 3-Flaschen-System ordnungsgemäß einzurichten. Heute sind die meisten Thoraxdrainagesysteme in sich geschlossene Einheiten aus Kunststoffformteilen. Die Grundsätze sind dieselben, ungeachtet der Art des verwendeten Systems.

## ■ Thoraxtuben

☞ Siehe Clinical Update: Sep 1998

Ein Thoraxtubus (auch als Thoraxkatheter bezeichnet) ist üblicherweise ca. 51 cm lang und verfügt über vier bis sechs Ösen, die als Drainageöffnungen am (distalen) Patientenende und als Öffnung für den Anschluss am

Thoraxdrainagesystem am proximalen Ende, außerhalb des Körpers, dienen. Der Tubus verfügt der Länge nach über eine röntgenfähige Linie, damit er auf einem Brustradiogramm besser zu sehen ist. Diese röntgenfähige Linie wird von den meisten Herstellern unterbrochen, um die Position des Lochs anzuzeigen, das sich der Haut am nächsten befindet, sodass es anhand des Radiogramms leicht ist, die Position der proximalsten Öffnung zu ermitteln. Auf diese Weise lässt sich der Tubus neu positionieren, wenn er sich nicht vollständig in der Brust befindet (siehe Abbildung 15).



**Abbildung 15 - Loch im Thoraxtubus, markiert durch einen blauen Pfeil, außerhalb des pleuralen Raums.**

*Mit freundlicher Genehmigung von trauma.org*

Es gibt zwei grundlegende Arten von Thoraxtuben:

- *Thorakotomie-Thoraxtubus*, ein flexibler gerader oder rechtwinkliger Tubus, der für die Einführung durch eine kleine Inzision in der Brust vorgesehen ist, üblicherweise nach einem chirurgischen Eingriff. Obgleich einige Ärzte Silikon vorziehen, bestehen die meisten Tuben aus transparentem Polyvinylchlorid (PVC) in medizinischer Qualität. Rechtwinklige Katheter werden am häufigsten bei der Mediastinaldrainage eingesetzt.
- *Trokar-Thoraxtubus*, bei dem der Thoraxtubus mit einem entfernbaren, spitzen und starren Mandrin ausgestattet ist. Mit diesem Mandrin kann der Thoraxtubus durch eine Punktion mit dem Trokar in die Brust eingeführt werden — der Arzt drückt den Mandrin und den Thoraxtubus mit großem Kraftaufwand durch die Brustwand und in den pleuralen Raum. Der Trokar wird dann entfernt, wodurch der Thoraxtubus zurückbleibt. Diese Technik wird häufiger in Notaufnahmen und anderen Bereichen außerhalb des OP-Raums eingesetzt, in denen Thoraxtuben schnell und außerhalb von OP-Situationen bei Patienten eingesetzt werden müssen. Diese Thoraxtuben haben möglicherweise nur zwei oder drei Drainagelöcher. Auf Grund des erforderlichen Kraftaufwandes zur Einführung von Trokar-Thoraxtuben besteht ein größeres Risiko einer Lungenverletzung bei der Einführung als bei Thorakotomie-Thoraxtuben.

Der Durchmesser des ausgewählten Thoraxtubus ist abhängig von der Patientengröße, der Art der Drainage (Luft und/oder Flüssigkeit) sowie der erwarteten Drainagedauer. Typische Thoraxtubendurchmesser sind:

- 8 bis 12 French - Säuglinge und Kleinkinder
- 16 bis 20 French - Kinder und junge Erwachsene
- 24 bis 32 French - die meisten Erwachsenen
- 36 bis 40 French - große Erwachsene

Mit dem Aufkommen von minimalinvasiven Kardiothorax-OP-Techniken wurden kleinere Thoraxtuben gängiger, wodurch sich das Ausmaß der Gewebetraumata verringern und eine postoperative Genesung beschleunigen lässt. Die Food and Drug Administration (FDA) hat geschlossene Abflusskatheter für Wunden zur postoperativen Drainage bei Kardiothorax-OP-Patienten zugelassen. Der Abflusskatheter für Wunden wird zur Drainage mit einem Reservoirball verbunden — dieselbe Art von Reservoirball, die auch beispielsweise für Abdominalwunden verwendet wird — und nicht an ein Thoraxdrainagegerät angeschlossen.

Ein herkömmlicher Thoraxtubus ist ein Hohlkatheter mit einem einzelnen Lumen. Eine Abflusskatheterart für Wunden hat eine Konfiguration, die sich von der Patientenspitze bis zum proximalen Ende, das am Reservoirball angebracht ist, drei Mal ändert. Das distale Ende hat ein Multilumen-Design mit vier Kanälen. Wenn Sie das Lumen an der distalen Spitze des Tubus ansehen, erkennen Sie ein „t“ — ein PVC-Kern teilt den Katheter für die Drainage in vier separate

Sektionen (siehe Abbildung 16). Statt vier Löcher, wie bei einem herkömmlichen Thoraxtubus, ermöglichen Schlitze entlang des Abflusskatheters für Wunden, dass die Flüssigkeit zur Drainage in die Sektionen läuft. Im mittleren Teil des Tubus bleibt das PVC „t“, der Tubus ist jedoch nach außen geschlossen. Diese Sektion sorgt für den Wechsel vom offenen Multilumen-Katheter zum dritten Teil des Tubus, der mit einem Drainagegerät verbunden ist — einem Einzellumen-Katheter.



**Abbildung 16.a Vergleich: Wunddrainagekatheter (L) mit Thoraxdrainagekatheter (r)**

Drei Hauptvariablen beeinflussen, wie gut Blut und Flüssigkeit über einen Thoraxtubus aus der Brust entweichen können: die Länge des Tubus, die Höhe des angelegten Unterdrucks (Saugen) sowie der Innendurchmesser des Tubus. Die Fähigkeit des Tubus zur Evakuierung der Brust ist abhängig von der kleinsten oder restriktivsten Tubuskomponente. Der mittlere Teil des dreiteiligen Abflusskatheters für Wunden ist am restriktivsten, wohingegen die Flussrate eines herkömmlichen Thoraxtubus durch ein Einzellumen über die gesamte Tubuslänge hinweg konstant bleibt. Als Tubusgröße wird der Außendurchmesser und nicht der innere Flussbereich angegeben. Wenn der Innendurchmesser berücksichtigt wird, ermöglicht der 20-Fr-Thoraxtubus einen etwas größeren Fluss als der dreiteilige 24-Fr-Abflusskatheter für Wunden und mehr als das 2,5-fache des Flusses eines 19-Fr-Abflusskatheters für Wunden. Daher kann ein Chirurg, der einen 24-Fr-Abflusskatheter für Wunden verwendet, für eine bessere Drainage stattdessen einen kleineren Thoraxtubus verwenden, der weniger Gewebe beschädigt. ■ Siehe Clinical Update: Mar 2004

**Tabelle 1 - Eigenschaften der Thoraxdrainagegeräte und Abflusskatheter für Wunden**

<b>Thoraxdrainagegerät</b>	<b>Abflusskatheter für Wunden</b>
Entlüftung durch Überdruck	Geschlossenes System ohne Entlüftung
Konstanter Sauggrad	Variabler Sauggrad
Gleichmäßige Flussrate	Variable Flussrate je nach Änderung des Sauggrads
Die Drainage wird so lange fortgesetzt, wie sich der Ablass unterhalb der Brust befindet	Drainage stoppt, wenn das Reservoir gefüllt ist (100 cc), ungeachtet der Position des Abflusskatheters
Funktioniert auch, wenn der Kliniker die Drainage nicht aktiv durchführt	Muss vom Kliniker angewendet werden, um einen ordnungsgemäßen Einsatz zu gewährleisten
Kann für alle Kardiothorax-Patienten verwendet werden	Kann nicht verwendet werden, wenn beim Patienten ein Luftleck vorliegt
Bleibt während der Anwendung ein geschlossenes System	Muss in regelmäßigen Abständen geöffnet werden, um die Drainage zu entsorgen

### ■ Patientenschläuche

Ein 1,80-m-Schlauch verbindet den Thoraxtubus mit der Sammelkammer des Thoraxdrainagesystems. Durch die Länge dieses Schlauchs kann sich der Patient im Bett umdrehen und bewegen und ohne Spannung am Thoraxtubus gehen. Darüber hinaus wird die Gefahr minimiert, dass Drainage durch einen tiefen Atemzug zurück in die Brusthöhle gesogen werden kann. Manchmal werden zwei Thoraxtuben mit einem Y-Verbinder an einem einzelnen Patientenschlauch und Thoraxdrainagesystem angeschlossen.

# Wiederverwendbare Thoraxdrainagesysteme

Die ersten Thoraxdrainagesysteme bestanden aus einem Satz von einer bis drei untereinander verbundener, wiederverwendbarer Glasflaschen. Obgleich diese Systeme heutzutage weitestgehend durch einteilige Drainagegeräte aus Kunststoffformteilen ersetzt wurden, gelten die Grundsätze, auf denen die Flaschensysteme basieren auch für die integrierten Thoraxdrainagesysteme von heute noch.

## ■ 1-Flaschen-Thoraxdrainagesystem

Die einfachste Art, den Thorax zu drainieren, ist die Installation einer einzelnen Flasche mit einem Tubus, der bis zu einer Tiefe von 2 Zentimetern unter Wasser getaucht ist, wie in Abbildung 6 demonstriert. Ein kurzer Tubus führt durch den Verschluss oben hinaus, sodass die Luft an die Atmosphäre abgegeben werden kann. Der eingetauchte Tubus ist mit dem Patientenschlauch verbunden. Indem das distale Ende des Tubus unter Wasser gehalten wird, wird eine Wassersäule – das wichtigste Element eines Pleuradrainagesystems – erzeugt. Die Wassersäule stellt ein Einweg-Ventil mit geringem Widerstand dar, durch das die Luft die Brusthöhle verlassen kann, durch das jedoch zugleich verhindert wird, dass beim Atmen Außenluft in die Brust gesogen wird.

Bei einem Überdruck über  $+2\text{cmH}_2\text{O}$  wird die Luft im Tubus nach unten gedrückt. Die Luft tritt unter Blasenbildung durch das Wasser aus und verlässt das Thoraxdrainagesystem durch die atmosphärische Entlüftung. Wenn der in Wasser eingetauchte Tubus mit einer Zentimeterskala markiert ist, wird die Wassersäule zu einem Manometer, das intrapleurale Drücke messen kann. Druckänderungen im pleuralen Raum, die durch die Atmung verursacht werden, sind als Schwankungen im Wasserstand innerhalb des Tubus zu sehen. Diese Schwankungen, die so genannten „Tidalfluktuationen“ (Tidalling), können bei der normalen spontanen Atmung bis zu 5 - 10  $\text{cmH}_2\text{O}$  betragen. Der Wasserspiegel hebt sich (negativer) beim Einatmen und er sinkt (Rückkehr zur Baseline) beim Ausatmen. Wenn der Patient eine Überdruck-Beatmung erhält, sinkt der Wasserspiegel (positiver) beim Einatmen und er kehrt zurück (zur Baseline) beim Einatmen. Dies spiegelt den höheren Überdruck in der Brust bei einer mechanischen Beatmung wider.

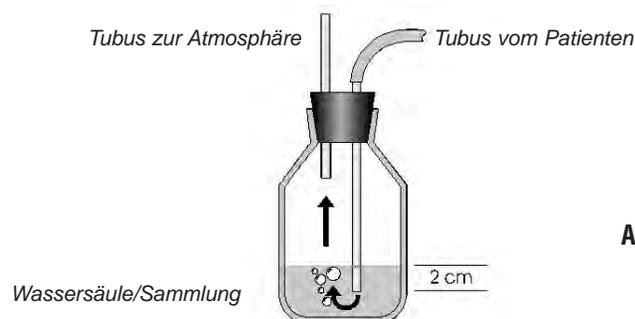
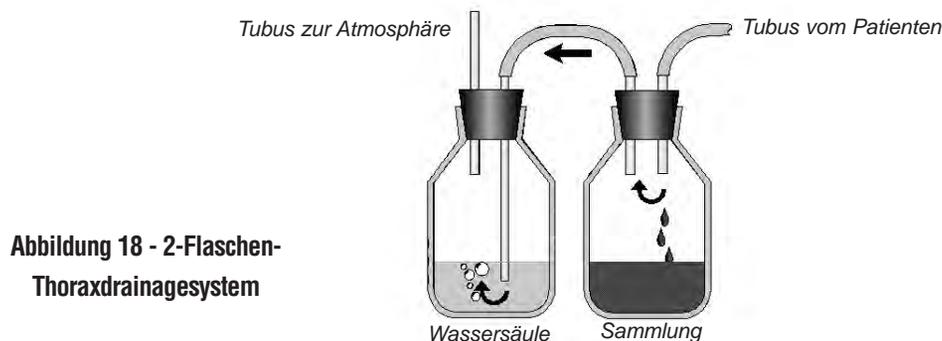


Abbildung 17 - 1-Flaschen-Thoraxdrainagesystem

Die 1-Flaschen-Konfiguration ist eine Kombination aus Wassersäule und Flüssigkeitssammelflasche. Wenn Flüssigkeiten aus der Brust in die Flasche gesogen werden, steigt der Pegel der Kombination aus anfänglicher steriler Flüssigkeit und Drainage. Somit ist der eingetauchte Tubus um mehr als 2 Zentimeter eingetaucht. Je höher der Flüssigkeitsstand, desto mehr Druck ist erforderlich, um die Luft beim Entweichen aus der Brust durch die Flüssigkeit zu drücken. Theoretisch ließe sich das Problem durch das Entleeren eines gewissen Drainageanteils aus der Flasche lösen oder indem der Tubus weiter aus dem oberen Flaschenteil herausgezogen wird, um so den  $2\text{cmH}_2\text{O}$ -Wassersäulenpegel zu halten. In der Praxis hat es sich jedoch als effektiver erwiesen, bei einer erwarteten Flüssigkeitsdrainage eine weitere Flasche hinzuzufügen, um die Drainage unabhängig von der Wassersäule aufzufangen. Dadurch entsteht ein 2-Flaschen-Thoraxdrainagesystem.

## ■ 2-Flaschen-Thoraxdrainagesystem

Bei einem 2-Flaschen-Thoraxdrainagesystem wird die Flüssigkeit aus der Brust von einer speziell dafür vorgesehenen Sammelflasche aufgenommen. Luft aus dem pleuralen Raum, die durch den Schlauch geleitet wird, mit dem die beiden Flaschen verbunden sind, entweicht unter Blasenbildung durch die Wassersäule an die Umgebungsluft (Atmosphäre), wie in Abbildung 18 dargestellt. Wenn die Sammelflasche über eine Volumenskala verfügt, lassen sich Flüssigkeitsdrainagemenge und -rate messen und überwachen. Wichtiger noch: Durch das Hinzufügen einer separaten Sammelflasche kann die Wassersäule auf einem ungestörten, festen Niveau gehalten werden, wodurch die Luft durch ein System mit niedrigem Widerstand gegenüber dem Luftstrom aus dem pleuralen Raum entweichen kann, ungeachtet der Menge an Drainageflüssigkeit. fluid drainage.



Sowohl das 1- als auch das 2-Flaschen-Thoraxdrainagesystem basieren auf der Schwerkraft zur Erzeugung eines Druckgradienten, über den Luft und Flüssigkeit aus der Brust entweichen. Indem das Drainagesystem unterhalb der Brusthöhe des Patienten gehalten wird, wird die Schwerkraftdrainage erhöht; beim Ausatmen oder Husten des Patienten wird ein zusätzlicher Druck aufgebaut. Wenn beim Patienten hingegen ein großes Luftleck in den pleuralen Raum vorliegt, reicht die Schwerkraftdrainage möglicherweise zur Evakuierung des Thorax nicht aus. In diesem Fall ist eine Absaugung erforderlich. Dies bedeutet auch, dass dem System eine dritte Flasche hinzugefügt werden muss – eine Saugkontrollflasche.

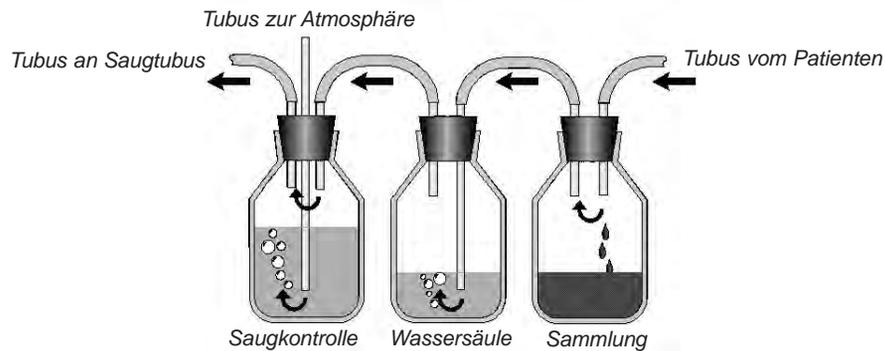
## ■ 3-Flaschen-Thoraxdrainagesystem

Wenn ein Absaugen erforderlich ist, um die Druckdifferenz zwischen dem pleuralen Raum und dem Drainagesystem zu vergrößern, müssen die Sauggrade präzise geregelt werden, um eine Verletzung des Patienten zu vermeiden. Wenn der Saugdruck zu groß ist, kann es zu Komplikationen kommen, wie beispielsweise zur Bildung von Hämatomen am distalen Katheterende und einer Gewebeinvagination in die Katheterlöcher. Eine dritte Flasche, die dem Thoraxdrainagesystem hinzugefügt wird, begrenzt die Höhe des Unterdrucks, der auf die Brust des Patienten wirken kann. Eine Saugkontrollflasche hat drei Tuben (siehe Abbildung 19 auf der nächsten Seite):

1. Einen langen Tubus, der so positioniert ist, dass sein oberes Ende durch den Verschluss im Flaschenoberteil zur Atmosphäre hin offen ist, während das untere Ende üblicherweise bis zu einer Tiefe von 20 cm in Wasser eingetaucht ist.
2. Einen kurzen Tubus, der mit der Wassersäulenflasche verbunden ist.
3. Einen Tubus, mit dem die Flasche an der Saugquelle angeschlossen ist. Diese kann entweder eine tragbare Pumpe oder ein Wandunterdruckregler sein.

Wenn die 3-Flaschen-Konfiguration gemäß der Darstellung in Abbildung 19 verwendet wird, entspricht die maximale Höhe des Unterdrucks, der auf die Brust des Patienten ausgeübt werden kann, direkt der Submersionstiefe des Tubus

in der Saugkontrollflasche. Wenn der Tubus in 20 cm Wasser eingetaucht ist, liegt der maximale Sauggrad, dem der Patient ausgesetzt werden kann, bei  $-20\text{cmH}_2\text{O}$ .



**Abbildung 19 - 3-Flaschen-Thoraxdrainagesystem**

### ■ Saugkontrollflasche

Wenn das System nicht an einer Vakuumquelle angeschlossen ist, hat die Flüssigkeit im atmosphärischen Entlüftungstubus der Saugkontrollflasche dasselbe Niveau wie die Flüssigkeit in dieser Flasche und es kommt nicht zu einer Blasenbildung. Wenn das System mit derselben Einstellung wie die Wassersäule in der Saugkontrollflasche (beispielsweise  $-20\text{cmH}_2\text{O}$ ) an eine Vakuumquelle angeschlossen ist, wird das Wasser im atmosphärischen Entlüftungstubus 20 cm unter die Wasseroberfläche in der Flasche gezogen. Es kommt nicht zu einer Blasenbildung und der Druck in allen drei Flaschen beträgt  $-20\text{cmH}_2\text{O}$ . Wenn die Vakuumquelle auf ein höheres Niveau als die Wassersäule in der Saugkontrollflasche eingestellt ist, wird die kontrollierte maximale Absaugung des Patienten erreicht, wenn keine Flüssigkeit mehr im atmosphärischen Entlüftungstubus vorhanden ist. In diesem Fall kommt es zu einer Blasenbildung in der Flasche. Die Luft wird durch die atmosphärische Entlüftungsöffnung hineingesogen. Die Luft tritt unter Blasenbildung an der Unterseite des eingetauchten Tubus aus und wird dann von der Vakuumquelle aus dem System evakuiert. Der Schlüssel ist, dass die Eintauchtiefe des Tubus in die Saugkontrollflasche die Saugstärke bestimmt, die auf den Patienten wirkt.

### ■ Nachteile des 3-Flaschen-Systems

Wiederverwendbare 3-Flaschen-Systeme haben viele klinische Nachteile. Die Einrichtung ist zeitaufwändig und durch die vielen Verbindungen besteht ein hohes Fehler- oder Kontaminationsrisiko des sterilen Systems. Reinigung, Sterilisierung und Verfolgung der Aufbereitung des Systems und all seiner Komponenten können für das Krankenhaus teuer sein. Da keine Ventile für das Ablassen von Über- und Unterdruck vorhanden sind, kommt der Patient nicht in den Genuss der Sicherheitsfortschritte, die bei den Einmal-Thoraxdrainagesystemen in den vergangenen 20 Jahren gemacht wurden. Diese Probleme wurden bei dem einteiligen integrierten Einmal-Thoraxdrainagesystem behoben.

# Einmal-Thoraxdrainagesysteme

Die erste einteilige Einmal-Dreikammer-Thoraxdrainageeinheit wurde 1967 eingeführt. Die heutigen Thoraxdrainagesysteme sind kompakt, steril und entsorgbar. Sie verfügen über viele Sicherheitsfunktionen, Diagnosemöglichkeiten und praktische Optionen, die herkömmliche 3-Flaschen-Thoraxdrainagesysteme nicht bieten können. In Abbildung 20 sehen Sie die schematische Darstellung eines einteiligen Thoraxdrainagesystems.

Kammern dieser einteiligen Einmalgeräte entsprechen den Flaschen im 3-Flaschen-System. Die meisten einteiligen Einmalsysteme umfassen:

- Eine Sammelkammer, in die die Flüssigkeiten drainiert und an der das Drainagevolumen und die Drainagerate gemessen werden können
- Eine Wassersäulenkammer, die sterile Flüssigkeit oder ein mechanisches Wassersäulen-Einwegventil für das Ablassen der Luft aus dem Patienten verwendet, sowie um sicherzustellen, dass keine Luft durch den Thoraxdrainage in die Patientenbrust eindringt
- Eine Saugkontrollkammer, die entweder sterile Flüssigkeit oder ein mechanisches Gerät zur Kontrolle und Begrenzung des Sauggrads, das auf den Patienten wirkt, verwendet.

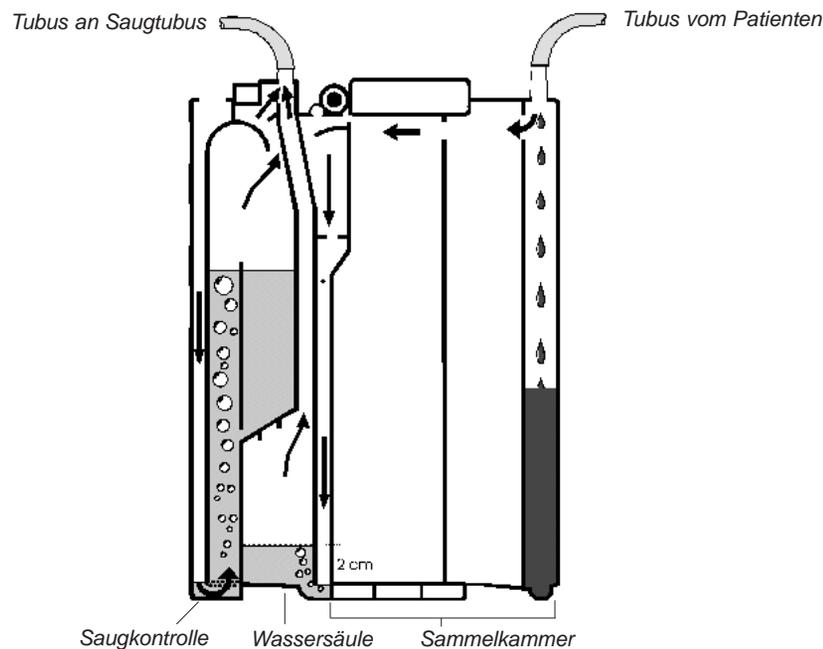


Abbildung 20 - herkömmliches 3-Kammer-Thoraxdrainagesystem für den Einmalgebrauch

## ■ Sammelkammer

An der leicht ablesbaren, gut kalibrierten Sammelkammer kann das Pflegepersonal die in dieser Kammer gesammelte Flüssigkeitsmenge mühelos erfassen. Bei den meisten Drainagen kann das Pflegepersonal eine Linie für den Drainagestand anzeichnen und die Zeit vorn an die Kammer schreiben. Dadurch können alle Kliniker die Rate der Flüssigkeitsdrainage aus der Brust bewerten.

## ■ Wassersäulenkammer

▣ Siehe Clinical Update: Dec 1997

Die Wassersäulenkammer ist mit der Sammelkammer verbunden und sorgt für den Schutz des Einwegventils, auf das weiter oben näher eingegangen wurde. Die Wassersäule in den meisten Einmal-Drainageeinheiten wird anstatt durch das Eintauchen eines schmalen Tubus in Wasser, wie es bei den herkömmlichen Flaschensystemen der Fall ist, durch eine asymmetrische U-Röhre gebildet. Der schmale Arm (am dichtesten an der Sammelkammer) entspricht dem Tubus; der breitere Arm dient als Wasserreservoir. Wenn das Flüssigkeitsreservoir bis auf 2 cm über der Wassersäule in der U-Röhre gefüllt ist, hat dies denselben Effekt wie das Eintauchen des Tubus 2 cm unterhalb der Wasseroberfläche des Flaschensystems.

Zusätzlich zur Bereitstellung des Einwegventils kann ein U-Röhrendesign auch zur Druckmessung verwendet werden. Wenn die Drücke auf beiden Seiten der U-Röhre gleich sind, ist der Wasserstand in beiden Armen gleich. Wenn die Drücke in den beiden Armen jedoch variieren, bewegt sich die Flüssigkeit von der Seite mit dem höheren Druck weg zur Seite mit dem geringeren Druck. Wenn die Wassersäule vorn am Thoraxdrainagegerät über eine Skalenmarkierung verfügt, dient die Flüssigkeitsbewegung als Wassermanometer zur Messung des intrapleurale Drucks und liefert so dem Kliniker zusätzliche Bewertungsdaten. Einige Einheiten verfügen über ein Anti-Siphoning-Schwimmerventil in der Wassersäule, das ein Ablassen des Wassers aus der Wassersäulenkammer in die Sammelkammer in Situationen verhindert, in denen hohe Unterdrücke erzeugt werden, wie beispielsweise beim Thoraxtubus-Stripping (diese Praxis ist nicht durch Studien belegt, wird jedoch in einem klinischen Umfeld eingesetzt).

Das Originaldesign des Schwimmerventils oben in dieser Kammer ermöglichte bei jedem weiteren Patiententubus-Stripping (siehe die Erläuterung zur Thoraxtubus-Stripping auf Seite 24) den Aufbau unkontrollierter Vakuumniveaus in der Patientenbrust. Zur Eliminierung dieses Druckaufbaus (da die Tuben noch immer abgemantelt sein können) haben die Hersteller die Thoraxdrainagesysteme mit manuellen Hochnegativitäts-Druckentlastungsventilen ausgestattet, durch die gefilterte atmosphärische Luft in das System gelangen kann, ohne dass sich ein Unterdruck im Patienten aufbaut. Bei manuellen Geräten muss der Kliniker hingegen den Hochnegativitätszustand anhand des Anstiegs des Wasserstandes der Wassersäule erkennen und das Entlastungsventil herunterdrücken, um diese Situation zu beheben.

1983 wurde der automatische Hochnegativitätsdruck-Schutz eingeführt. Viele Systeme verfügen jetzt über einen Schwimmerball oben in der Wassersäulenkammer, den die Flüssigkeit durch einen Spalt passieren kann. Eine Kammer über dem Ball enthält das Wasser, mit dem die Wassersäulenkammer gefüllt ist. Auf diese Weise spritzt kein Wasser in die Sammelkammer und es geht kein Wasser verloren. Somit ist der Einwegventil-Schutz in Fällen mit intrapleuralem Hochnegativitätsdruck nicht gefährdet. Die Geschwindigkeit, mit der Einmalsysteme den aufgebauten Unterdruck ablassen, variiert je nach Hersteller und dem Design des jeweiligen Ablasses.

## ■ Trockendichtungs-Thoraxdrainagegeräte

▣ Siehe Clinical Update: Jun 2000

Einige Thoraxdrainagegeräte nutzen ein mechanisches Einwegventil statt einer herkömmlichen Wassersäule. Über das mechanische Einwegventil kann die Luft aus der Brust entweichen. Gleichzeitig wird verhindert, dass Luft in die Brust eindringt. Ein Vorteil eines mechanischen Einwegventils ist, dass für den Betrieb kein Wasser benötigt wird und dass es nicht wie eine wassergefüllte Kammer positionssensitiv ist. Ein Thoraxdrainagegerät für trockene Saugung („Trockendichtung“) schützt davor, dass beim Umkippen einer Ablassvorrichtung Luft in die Patientenbrust gelangen kann.

Ein Nachteil eines jeden mechanischen Einwegventils ist, dass es nicht dasselbe Ausmaß an Patientenbewertungsdaten wie eine herkömmliche Wassersäule liefert; so kann der Kliniker beispielsweise die Veränderungen des Wasserstandes, die Druckänderungen in der Brust anzeigen, nicht sehen. Für eine optionale Luftleckererkennung kann ein separater Luftleckmonitor mit Wasser gefüllt werden. Eine Vakuumanzeige an der Vorderseite des Ablassgerätes bietet visuelle Evidenz bei einem Unterdruck (Vakuum) in der Sammelkammer.

## ■ Saugkontrollkammer

■ Siehe Clinical Update: Mar 2008

Die Saugkontrollkammer ist eine weitere Sicherheitsvorrichtung, die den Patienten vor einem übermäßigen Saugdruck in der pleuralen Kavität oder im Mediastinum schützt. Die Saugkontrollmechanismen der einteiligen Drainagevorrichtungen sind entweder „nass“ oder „trocken“.



**Abbildung 21 - Einstellung des gewünschten Sauggrads**

„Nasse“ Saugkontrollsysteme regulieren den Saugdruck, der auf die Brust wirkt, über die Höhe einer Wassersäule in der Saugkontrollkammer. Wie bei der Wassersäulenkammer handelt es sich bei der Nasssaugkammer um ein Manometer mit asymmetrischer U-Röhre. Der schmale Arm ist die atmosphärische Entlüftung, der breite Arm das Reservoir. Die Höhe des Unterdrucks, der auf die Brust des Patienten einwirkt, wird mithilfe des Wasserstandes in dieser Kammer ermittelt und nicht mit dem Wand (oder Quellen-)regler eingestellten Vakuum.

„Trocken“-Saugkontrollsysteme regeln den Saugdruck mechanisch und nicht über eine Wassersäule. Einige Trockensaugsysteme nutzen ein schraubenartiges Ventil, das die Größe der Öffnung zur Vakuumquelle variiert und somit die Höhe des Unterdrucks, der auf die Brust angelegt werden kann, begrenzt. Diese Ventile verkleinern die Öffnung des Thoraxdrainagegerätes, um die Höhe des Unterdrucks einzustellen, daher ist auch die Gesamtluftmenge, die aus dem Thoraxdrainagegerät strömen kann, begrenzt. Daher ist diese Art von Trockensaug-Kontrollmechanismus für Patienten mit signifikanten pleuralen Luftlecks nicht einsetzbar.

Zwei Hersteller nutzen einen kalibrierten selbstregulierenden Mechanismus mit Rückstellfeder, mit dem der gewünschte Sauggrad statt über die Wassersäule durch ein einfaches Drehen eines Rades eingestellt werden kann (siehe Abbildung 21). Diese Systeme sind für große Luftvolumen geeignet und können auch Änderungen der Luftlecks an den Patienten oder Schwankungen des Quellenvakuums kompensieren und halten dabei den Unterdruck in der Brust des Patienten stets auf einem einheitlichen Niveau. Die schraubenähnlichen Ventile können diese Änderungen nicht kompensieren.

Trockensaug-Kontrollmechanismen sind leiser und oft einfacher einzurichten als Nassgeräte. Da die Trockensaugereinheit leiser ist, ist eine Fehlfunktion des Gerätes ohne sorgfältige Überprüfung der Drainagegeräte-Vorderseite auch nicht so offensichtlich. Der Klang der Blasenbildung bei den Nassgeräten liefert die Rückmeldung, dass das System ordnungsgemäß funktioniert. Im nächsten Abschnitt wird näher auf die korrekte Konfiguration und Überwachung eingegangen.

Wenn der Schlauch, der von der Saugquelle aus dem Drainagegerät herausführt, blockiert ist, oder wenn das Quellenvakuum zusammenbricht und am Patienten ein aktives Luftleck aus dem pleuralen Raum vorliegt, kann sich ein Überdruck in der pleuralen Kavität aufbauen und die Atmung maßgeblich beeinträchtigen. Diese Situation kann sogar zu einem Spannungspneumothorax führen. Zum Schutz vor dieser potenziell lebensgefährlichen Komplikation sind die meisten Thoraxdrainagesysteme mit einem Überdruck-Ausgleichsventil (PPRV) ausgestattet, das einen aufgebauten Druck über 2cmH<sub>2</sub>O (der Wassersäulentiefe) ablässt.

## ■ Doppelsammel-Thoraxdrainagegeräte

Doppelsammel-Thoraxdrainagegeräte sind für den Anschluss an zwei Thorax tuben vorgesehen. Das Drainagegerät umfasst zwei Sammelkammern: eine größere Kammer und eine kleinere Kammer. Diese Art von Drainagegerät wird nur selten für Thorax tuben auf beiden Thorax seiten gleichzeitig eingesetzt, sondern eher wenn sich die Tuben auf derselben Brustseite befinden. Üblicherweise wird dieses Drainagegerät verwendet, wenn ein Tubus weit oben in der Brust gesetzt ist, um Luft zu evakuieren, und ein Tubus unten in der Brust gesetzt ist, um Flüssigkeit auf derselben Seite abzulassen. Da der untere Tubus wahrscheinlich sowohl Flüssigkeit als auch Luft ablässt, ist er mit der größeren Sammelkammer verbunden. Da der obere Tubus wahrscheinlich nur Luft evakuiert, ist er mit der kleineren Sammelkammer verbunden. Doppeleinheiten können auch in der kardiovaskulären Chirurgie eingesetzt werden, wenn der Chirurg die Drainage von zwei mediastinalen Tubuspositionen separat überwachen will. Der Tubus/die Tuben, die unterhalb des Herzen gesetzt sind, werden mit der größeren Kammer verbunden, der Tubus/die Tuben, die oberhalb des Herzen gesetzt sind, werden mit der kleineren Kammer verbunden. Darüber hinaus kann, der Pleuraltubus, wenn ein solcher benötigt wird, da die parietale Pleura während einer Herz-OP geöffnet wurde (insbesondere, wenn die Brustwandarterie für einen Bypass verwendet wird), mit der kleineren Kammer verbunden werden, da er für die Luftevakuierung gesetzt wird. Die mediastinalen Tuben, die Flüssigkeit ablassen, werden dann mit der größeren Kammer verbunden.

## ■ IThoraxdrainagesysteme für Säuglinge/Kleinkinder

Das auffälligste Merkmal der Drainagesysteme für Säuglinge/Kleinkinder ist die kleinere Sammelkammer, die weniger Drainage als bei den Geräten für Erwachsene fasst. Der Patientenschlauch hat im Vergleich zu den Drainagegeräten für Erwachsene möglicherweise einen schmalen Innendurchmesser sowie üblicherweise schlankere Verbinder für die Verbindung des Patientenschlauchs an den kleineren Thorax tuben für Säuglinge/Kleinkinder.

## ■ Geschlossene Wundreservoirs

■ Siehe Clinical Update: Jun 2004

Geschlossene Wunddrainagesysteme wurden ursprünglich zum Ablassen von Flüssigkeit aus geschlossenen OP-Stellen verwendet; heutzutage werden sie für Kardiothorax-OP-Patienten eingesetzt. Saugballreservoirs werden am Abflusskatheter für Wunden angeschlossen und sorgen für die entsprechende Saugwirkung für die Flüssigkeitsevakuation. Es muss sich um ein vollständig geschlossenes System handeln; jede Entlüftung an die Atmosphäre beeinträchtigt die vom System selbst generierte Saugwirkung. Bei Kardiothorax-Patienten kann es bei einem geschlossenen System ohne Entlüftungen zu einer katastrophalen Komplikation kommen: dem Spannungspneumothorax. Die Thoraxdrainagegeräte lassen die Luft an die Atmosphäre entweichen und verfügen aus Sicherheitsgründen über Überdruck-Ausgleichsventile, Abflusskatheter für Wunden hingegen nicht. Sie dürfen erst verwendet werden, nachdem sich die Lunge wieder ausgedehnt hat und die Luftlecks verschlossen sind. Nicht alle Luftlecks sind hingegen sofort offensichtlich, insbesondere, wenn keine Wassersäule bzw. keine Luftleckanzeige vorhanden sind. Wenn ein Luftleck vorliegt, muss ein Drainagekatheter an dem jeweiligen pleuralen Drainagesystem angeschlossen werden, um einen Spannungspneumothorax zu vermeiden.

Zur Verwendung eines Saugball-Reservoirsystems wird das Reservoir zunächst „aktiviert“, wodurch eine ungemessene, unregelmäßige Saugwirkung entsteht, die auf die OP-Stelle geleitet wird. Wenn ein Saugballreservoir das erste Mal zusammengedrückt und an einem Abflusskatheter für Wunden angebracht wird, erzeugt er eine

Saugwirkung von ca.  $-120\text{cmH}_2\text{O}$  — weit mehr als die sorgfältig geregelten  $-20\text{cmH}_2\text{O}$ -Vakuumniveaus, die ein Thoraxdrainagegerät, das an einem Thoraxkatheter angebracht ist, liefert. Während sich das Reservoir füllt, sind die Gewebe variierenden Stärken einer sich vermindernenden Saugwirkung ausgesetzt, und der bettseitige Kliniker hat keine Möglichkeit, die auf den Perikardraum oder die pleurale Kavität wirkende Saugleistung festzustellen. Während sich das Reservoir füllt, liegt weniger Unterdruck vor, um Flüssigkeit in das Reservoir zu saugen, somit fällt die Flussrate für die Flüssigkeit und die Luft, die aus der Brust entweichen.

Wenn sich das Drainagegerät füllt (100 cc) und nicht sofort geleert wird, gleichen sich die Drücke zwischen OP-Stelle und Reservoir aus. Für die Drainage wird ein Druckgradient zwischen Patient und jeglichem Drainagegerät (Reservoir) benötigt. Wenn sich der Druck ausgleicht, stoppt die Drainage. Daher muss ein Sammelball-Reservoirsystem im Gegensatz zu dem zuvor beschriebenen Thoraxdrainagesystem regelmäßig vom Pflegepersonal gewartet werden, um die Durchgängigkeit zu bewahren. Das System muss geleert werden, um die Saugleistung zu erhalten und damit die Drainage weiterhin entweichen kann. Wenn die Perikard-Drainage stoppt, weil das Reservoir voll ist, läuft der Patient Gefahr, eine Herzbeutelamponade zu erleiden. In der Tabelle 1 auf Seite 12 werden die Eigenschaften eines Thoraxdrainagesystems und eines Abflusskatheter (Reservoir)-Systems für Wunden verglichen.



**Abbildung 22 - Ort für das Setzen des Thoraxtubus in der rechten (R) mittleren axillaren Linie**

*Mit freundlicher Genehmigung von trauma.org*

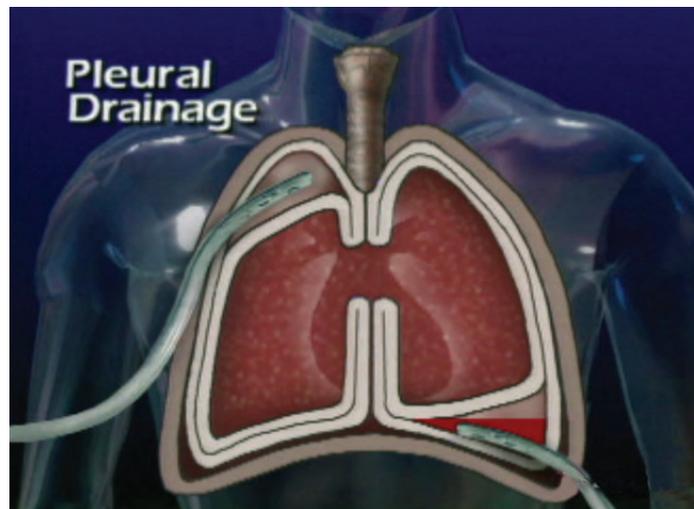
## Konfiguration eines Thoraxdrainagesystems

Für die Einrichtung eines Thoraxdrainagesystems müssen der Thoraxtubus gesetzt werden, die Drainageeinheit konfiguriert, die Anschlüsse ordnungsgemäß vorgenommen und die Saugwirkung gemäß den Vorgaben aktiviert werden.

### ■ Thorakostomie

■ Siehe Clinical Update: Sep 2003 (part 1), Dec 2003 (part 2), Sept 2007, Dec 2007

Das Verfahren zum Setzen eines Thoraxtubus wird als Thorakostomie bezeichnet. Die genaue Position des Thoraxtubus ist abhängig davon, ob der Tubus zum Ablassen von Luft, Flüssigkeit oder beidem verwendet werden soll. Es herrscht Uneinigkeit zwischen den Chirurgen, ob die Inzision auf der mittleren axillaren Linie oder der mittleren klavikularen Linie zu machen ist. Einige vermeiden die mittlere klavikulare Linie, da der Brustmuskel häufig äußerst ausgeprägt und schwer zu penetrieren ist, sowie um eine Narbe an einer so auffälligen Stelle vorn auf der Brust zu vermeiden. Diese Chirurgen setzen den Tubus in der mittleren axillaren Linie und führen das distale Ende des Thoraxtubus dann in die anteriore Position (siehe Abbildung 22).



**Abbildung 23 - Setzen eines Thoraxtubus: der superiore Tubus evakuiert Luft, der inferiore Tubus Flüssigkeit**

- In den meisten Pneumothorax-Fällen wird das Tubusende anterior in die superiore Position im pleuralen Raum, nahe dem Lungenapex, geführt. Üblicherweise ist dies auf Höhe des zweiten oder dritten Interkostalraums.
- Zur Drainage eines Hämorthorax oder einer pleuralen Effusion wird der Thoraxtubus in die inferiore, posteriore Position im pleuralen Raum geführt, da die Schwerkraft die Flüssigkeit bei einem Patienten in aufrechter (stehender) oder halb in der Fowler-Stellung befindlichen Position zur Lungenbasis zieht. Auch hier wird der Tubus in der mittleren axillaren Linie ungefähr auf Höhe des siebten oder achten Interkostalraums gesetzt.
- Oft werden zwei oder mehr Thoraxtuben verwendet, die in verschiedenen Positionen innerhalb des pleuralen Raums gesetzt werden, um das Ablassen der gesamten Luft und Flüssigkeit zu erleichtern. Abbildung 23 zeigt die Positionen für das Setzen der Thoraxtuben.

Wenn am Ende eines chirurgischen Eingriffs ein Thoraxtubus gesetzt wird, wird das offene Ende des Thoraxtubus von der Innenseite der Brustwand durch eine kleine Inzision so nach draußen geführt, dass das Ende des Tubus mit den Tubuslöchern zur Drainage strategisch innerhalb der Brust positioniert ist, um eine optimale Drainage zu gewährleisten. Eine enge Führung durch die Interkostalmuskeln wird bevorzugt, um die Blutung zu minimieren und ein luftdichtes Verschießen der Thoraxkavität zu erreichen. Im Notfall, wie bei einem spontanen oder traumatischen Pneumothorax, wird der Thoraxtubus direkt durch die Haut und die Brustwand in den pleuralen Raum gesetzt.

### ■ Schritte für die Einführung eines Thoraxtubus und Konfiguration des Drainagegerätes

(Die Reihenfolge der einzelnen Schritte kann sich gemäß dem Zustand des Patienten und den Präferenzen des Kliniklers, der den Thoraxtubus setzt, ändern.)

1. Holen Sie das Thoraxdrainagegerät, den Thoraxtubus (sofern nicht im Einführset enthalten) und das Set zum Setzen von Thoraxtuben (oder die Thorakostomieschale) aus dem Lager. Die Krankenhäuser legen den Inhalt einer Instrumentenschale aus der sterilen Aufbereitung fest oder wählen ein Einmalset zum Setzen von Tuben. Ein Set kann eine Spritze für eine Lokalanästhesie, ein Hautantiseptikum, sterile Handschuhe, Skalpelle, Hämostat(e), Fäden und Verbandsmaterial enthalten. Ist dies nicht der Fall, müssen diese Artikel dem sterilen Feld hinzugefügt werden. Stellen Sie sicher, ob sich ein Lokalanästhetikum, wie Lidocain, im Set oder in der Schale befindet, oder ob stattdessen der Bestand der Einheit verwendet wird.
2. Stellen Sie sicher, dass der Patient den Eingriff, der vorgenommen werden soll, versteht. Stellen Sie sicher, dass eine Einverständniserklärung ausgefüllt wurde und angezeigt wird.
3. Stellen Sie sicher, dass die Stelle, an der der Tubus gesetzt werden soll, gemäß der Krankenhausrichtlinie und dem „Joint Commission's Universal Protocol for Preventing Wrong Site, Wrong Procedure, Wrong Person Surgery™“ markiert ist. Wenn ein Brustradiogramm der Wand angezeigt wird, sollten zwei Personen sicherstellen, dass der Film ordnungsgemäß im Anzeigefeld positioniert ist. Darüber hinaus sollte sichergestellt werden, dass beim Bild links und rechts nicht vertauscht wurden.



**Abbildung 24. Einbringen des Thoraxdrainagekatheters mit der Klemme**

4. Richten Sie das Thoraxdrainagegerät gemäß der Bedienungsanleitung des Herstellers ein. Dies kann eine Zugabe von Wasser zur Wassersäulenkammer oder der Luftleckanzeige und der Saugkontrollkammer umfassen.
5. Solange es sich bei dem Eingriff nicht um einen Notfall handelt, bei dem einige Verfahren abgekürzt werden müssen, um das Leben des jeweiligen Patienten zu retten, anästhesieren Sie den Patienten oder beginnen Sie mit der OP-spezifischen Sedierung (unter Beachtung der entsprechenden Anweisungen oder Protokolle).
6. Nachdem die Haut gereinigt und das Lokalanästhetikum injiziert wurde, wird eine kleine Inzision über der Rippe und unterhalb des gewählten Interkostalraums gemacht. Die Sezierung mit einem Hämostat erfolgt durch die superioren
7. Nach dem Setzen des Thoraxtubus wird dieser in der gewünschten Position eingenäht (siehe Abbildung 25). Der Thoraxtubus wird bis zur Fixierung des Tubus an der Brust und der Verbindung mit dem Thoraxdrainagesystem üblicherweise geklammert, um zu verhindern, dass Luft aus der Brust entweicht.
8. Dann wird das offene Ende des Thoraxtubus am Stufenanschluss am Ende des Patientenschlauchs, der an der Sammelkammer des Thoraxdrainagesystems angeschlossen ist, angebracht.
9. Die Stelle, an der der Tubus gesetzt wurde, wird mit einem sterilen okklusiven Verband bedeckt. Pads, die als Tracheostomieverbände — mit dem Schlitz in der Mitte — vorgesehen sind, sind optimal für die Positionierung um den Thoraxtubus selbst geeignet. In den Richtlinien der British Thoracic Society wird die Verwendung eines transparenten Verbandes empfohlen, um eine direkte Visualisierung der Einführstelle zu ermöglichen und das Risiko einer eingeschränkten Bewegungsfreiheit, die ein sperriger Verband verursachen kann, zu verringern.
10. Installieren Sie das Thoraxdrainagegerät unter dem Thoraxtubus. Entweder hängen Sie es am Bettgestell auf oder Sie verwenden einen Bodenständer und stellen das Gerät auf dem Boden auf. Mobile Drainagegeräte sollten gemäß der Bedienungsanleitung des Herstellers positioniert werden.
11. Wenn eine Saugfunktion angeordnet ist, bringen Sie den Saugschlauch vom Thoraxdrainagegerät an einer Vakuumquelle an (üblicherweise einem Wandvakuumregler). Verwenden Sie nach Bedarf den Verbindungsschlauch. Bei Verwendung eines Nasssaug-Kontrollsystems erhöhen Sie das Quellenvakuum (Ansaugen) langsam, bis es zu einer leichten Luftblasenbildung in der Saugkontrollkammer kommt. Stellen Sie bei Trockensaug-Kontrolleinheiten das Rad auf den vorgeschriebenen Sauggrad ein und erhöhen Sie das Quellenvakuum, bis die Anzeige — ein kleiner Balg oder Schwimmer — im Anzeigefenster eingeleuchtet und die Vakuumquelle auf wenigstens -80mmHg eingestellt ist.
12. Bestätigen Sie, dass ein Radiogramm zur Überprüfung der Position des Thoraxtubus und zur Beurteilung der Auflösung des Pneumothorax oder der Flüssigkeitseвакуierung angefordert wurde.



**Abbildung 25 - Für die Fixierung des Tubus an der Brustwand verwendete Fäden.**

*Mit freundlicher Genehmigung von trauma.org*

# Versorgung von Patienten, die sich einer Thoraxdrainage unterziehen müssen

---

■ Siehe Clinical Update Dec 2007

Nach der Einleitung der Thoraxdrainage sollte das Pflegepersonal regelmäßige Patientenevaluierungen vornehmen. Die Häufigkeit ist abhängig vom Grund für die Thoraxdrainage, dem Patientenzustand und möglichen Komorbiditäten, wie zu Grunde liegende Lungenerkrankung.

## ■ Respirationen

Achten Sie auf Frequenz, Regelmäßigkeit, Tiefe und Leichtigkeit der Atmung. Hören Sie auf Veränderungen bei den Atemgeräuschen, achten Sie besonders auf die Symmetrie der Geräusche. Wenn die Atmung asymmetrisch klingt, überprüfen Sie erneut das Thoraxdrainagesystem, um sicherzustellen, dass es einsatzbereit ist und ordnungsgemäß funktioniert. Verminderte Atemgeräusche auf der betroffenen Seite können auf eine erneute Akkumulation von Luft oder Flüssigkeiten im pleuralen Raum hindeuten. Lassen Sie den Patienten jede oder jede zweite Stunde tief einatmen und husten. Erklären Sie, dass dies beim Ausdehnen der Lunge hilft und die Atmung erleichtert. Stellen Sie sicher, dass Sie das Anlegen des Stützverbandes für die Thoraxinzision lehren, wenn Sie einen postoperativen Patienten versorgen. Wenn der Patient hustet, soll er ein Kissen über die Inzision ziehen und das Kissen beim Husten eng an die Brust drücken oder ziehen.

## ■ Wissensstand

Bewerten Sie kontinuierlich das Verständnis des Patienten in Bezug auf die Verwendung des Thoraxtubus und des postoperativen Versorgungsplans. Wenn Ihre Einrichtung beispielsweise eine Patientenversion eines klinischen Verfahrens für eine Bypass-Operation bereitstellt, gehen Sie diese regelmäßig mit dem Patienten durch.

## ■ Schmerzkontrolle

Da die parietale Pleura von einem Netz aus Interkostalnerven durchzogen und somit sehr schmerzempfindlich ist, sind regelmäßige Schmerzevaluierungen für die erfolgreiche Versorgung des Patienten, der sich einer Thoraxdrainage unterziehen muss, ausschlaggebend. Eine unzulängliche Versorgung von Inzisionsschmerzen oder pleuralen Schmerzen kann zu einer Hypoventilation führen, durch die der Patient einem sehr viel stärkeren Risiko von Komplikationen, wie Atektase und Lungenentzündung, ausgesetzt ist. Achten Sie auch auf das Hypoventilationsrisiko bei Opiatanalgetika und vom Patienten kontrollierten Analgetika. Einige Chirurgen setzen lokale Nervenblockaden zum Schmerzmanagement zur Linderung der Nebenwirkungen von Opiaten ein.

## ■ Vitalzeichen

Überwachen Sie regelmäßig die Vitalzeichen. Wenn der Patient über mediastinale Thorax tuben verfügt, achten Sie auf die Qualität der Herztöne. Gedämpfte oder entfernt klingende Herztöne sind ein Anzeichen für eine Herzbeutel tamponade.

## ■ Patientenposition/-bewegung

■ Siehe Clinical Update: Dec 1998, March 2005, June 2007

Studien zeigen, dass Patienten, die nach einer OP aufstehen und umhergehen können, weniger Komplikationen und kürzere Krankenhausaufenthalte haben. Laut der American Hospital Association im Jahre 2004 lagen die durchschnittlichen Kosten für einen Patiententag in einem Acute-Care-Krankenhaus bei 1289,87 USD. Selbst die Verringerung der Aufenthaltsdauer um einen halben Tag führt zu maßgeblichen Kosteneinsparungen. Leider sind viele Patienten, die eine Thoraxdrainage benötigen, an das Wandvakuum gebunden, da davon ausgegangen wurde, dass die Evakuierung von Luft und Flüssigkeit aus der Brust statt die Nutzung der Schwerkraftdrainage zu einer vorschnellen Genesung führt. In den letzten Jahren wurde diese Praxis jedoch näher untersucht, um festzustellen, ob tatsächlich eine Absaugung erforderlich ist.

Eine Studie hat Patienten mit einer Lungenresektion untersucht und die Dauerabsaugung mit einer Einstellung der Absaugung zu Gunsten der Schwerkraftdrainage am 2. postoperativen Tag verglichen. Bei der Wassersäulengruppe mit Schwerkraftdrainage waren 67 % des Luftlecks einen Tag, nachdem die Wandvakuumabsaugung eingestellt wurde, behoben. Bei Patienten mit einer Dauerabsaugung waren am 3. Tag nach der OP erst 7 % der Luftlecks behoben.

In einer Folgestudie wurden Patienten nach einer Lungenkeilresektion verglichen. Diesmal wurden alle Patienten an die Wandvakuumereinheit im OP angeschlossen, um die Lunge am Ende des Falls wieder auszudehnen. Dann wurde die Vakuumversorgung für den Transport in den Aufwachraum getrennt. Dort wurden die Patienten randomisiert, um die Vakuumversorgung wieder aufzunehmen oder um die Wassersäulen-Schwerkraftdrainage beizubehalten – zwei Tage früher als bei der vorherigen Studie.

Die Forscher stellten fest, dass die Luftlecks bei der Wassersäulen-Schwerkraftdrainage-Gruppe nur die Hälfte der Zeit vorhanden waren als bei der Gruppe mit der Wandvakuumversorgung. Da viele argumentieren, dass das Absaugen für die postoperative Apposition der Pleura ausschlaggebend ist, verwendeten diese Forscher anfangs die Absaugung bei allen Patienten im OP. Diese Forscher bemerkten bei der Kontrolle, dass die Blasenbildung in der Wassersäulenkammer stärker ist, wenn das Thoraxdrainagegerät an der Wandvakuumversorgung angeschlossen ist, was auf einen stärkeren Luftstrom aus der Lunge hindeutet. Durch den Wechsel zur Schwerkraftdrainage wird der Luftstrom verringert, wodurch die Lungennahtlinie enger approximiert und die Heilung beschleunigt wurde. Sie erklärten, dass ein routinemäßiger Einsatz der Wandvakuumversorgung kontraproduktiv sei.

Achten Sie beim Trennen eines Thoraxdrainagegerätes von der Absaugung drauf, dass der Tubus zur Atmosphäre geöffnet ist. Ziehen Sie den Verlängerungsschlauch, der zum Erreichen der Vakuumquelle benötigt wird, ab. Klemmen Sie diesen Schlauch nicht ab. Wenn sich am Schlauch ein Absperrhahn befindet, sollte dieser geöffnet sein. ■ Siehe Clinical Update: Sep 2002

Jedes Drainagegerät sollte unterhalb des Thoraxtubusniveaus gehalten werden, um die Schwerkraftdrainage zu vereinfachen. Die meisten Drainagegeräte haben Griffe, an denen der Patient das Gerät beim Umhergehen tragen kann. Ein Hersteller produziert einen Halter für Drainagegeräte, der unten an einem Infusionsständer angebracht wird. Das Drainagegerät wird einfach in den Halter geschoben und dann automatisch in der richtigen Position gehalten. Während der Patient im Bett liegt, optimieren Sie die Drainage durch die regelmäßige Veränderung der Patientenposition und

indem er in die hohe oder Semi-Fowler-Stellung gebracht wird, um die Schwerkraftdrainage der pleuralen Flüssigkeit zu vereinfachen. Wickeln Sie den Schlauch auf dem Bett auf und lassen Sie in ihn einer geraden Linie in die Sammelkammer des Thoraxdrainagegerätes fallen. Vermeiden Sie Knicke und Schleifen im Patientenschlauch, da diese die Drainage aus der Brust verhindern können.

Der Thoraxtubus sollte während der Patientenbewegung, der ambulanten Versorgung oder beim Transport in andere Krankenhausbereiche nicht abgeklemmt werden. Beim Abklemmen des Thoraxtubus wird die Drainage blockiert, was zu einem Spannungspneumothorax oder einer Herzbeutelamponade führen kann. Klemmen Sie Thoraxtuben nur ab, um:

- Ein Luftleck zu lokalisieren
- Das Entfernen des Thoraxtubus zu simulieren (um die Toleranz des Patienten zu beurteilen)
- Ein Drainagegerät auszutauschen
- Einen In-Line-Autotransfusionsbeutel anzuschließen



**Abbildung 26 - Beim subkutanen Emphysem ist in Bezug auf die Thoraxdrainage auch eine Sezierung durch Faszienebenen und in die Vorderseite möglich**

*Mit freundlicher Genehmigung von trauma.org*

#### ■ Thoraxtubusposition/Verband

Evaluieren Sie regelmäßig die Einsetzstelle des Thoraxtubus. Stellen Sie sicher, dass der Verband trocken und intakt ist. Tasten Sie die Regionen um den Verband herum und am Einsetzort auf subkutane Emphyseme ab, die auf ein Entweichen von Luft aus dem pleuralen Raum in die subkutanen Gewebe hindeuten können (siehe Abbildung 26).

Wenn ein subkutanes Emphysem vorhanden ist, nehmen Sie den Verband ab und kontrollieren Sie sorgfältig die Stelle, an der der Thoraxtubus aus der Brustwand austritt. Suchen Sie nach Anzeichen, dass die Drainagelöcher aus dem pleuralen Raum gezogen wurden, wie beispielsweise defekten Nähten. Durch eine Tubusbewegung kann Luft in das subkutane Gewebe gelangen. Wenn Löcher sichtbar sind, muss der Thoraxtubus neu positioniert werden. Sind keine Löcher sichtbar, legen Sie den Verband über der Stelle wieder an. Informieren Sie in beiden Fällen den Arzt.

Wenn der Verband durch die Drainage verschmutzt ist, wechseln Sie ihn nach Bedarf aus. Lassen Sie den Verband ansonsten angelegt und wechseln Sie ihn nicht regelmäßig, sofern nicht gemäß der Krankenhausrichtlinie vorgeschrieben. Es gibt keine Studiendaten für die Entscheidung, ob Petrolatgaze unter dem trockenen sterilen Verband verwendet werden soll. Ein Patient, der halb bei Bewusstsein oder der aufgeregt ist, kann den Tubus aus seiner Brust ziehen. Wenn der Patient ein Luftleck durch den Thoraxtubus hatte, die durch die Blasenbildung in der Wassersäulenkammer angezeigt wurde, bedecken Sie die Stelle mit einem sterilen Verband. Kleben Sie diesen nur auf drei Seiten fest und lassen Sie die Luft auf der vierten Seite entweichen. Dies verhindert eine Luftakkumulation und verringert das Risiko eines Spannungspneumothorax. Bleiben Sie bei dem Patienten, während ein Kollege unverzüglich den Arzt ruft und die Gerätschaften zum Setzen eines neuen Tubus holt. Wenn bei Ihrer letzten Beurteilung kein Anzeichen eines Luftleck vorhanden war, legen Sie einen sterilen okklusiven Verband an und überwachen Sie den Patienten sorgfältig auf Anzeichen von Atembeschwerden. Benachrichtigen Sie den Arzt, der üblicherweise ein Röntgen der Brust anordnet, um festzustellen, ob die Lunge ausgedehnt ist und ob bei dem Patienten ein Thoraxtubus gesetzt werden muss.

## ■ Schläuche

Kontrollieren Sie die Drainageschläuche regelmäßig auf Lecks, Knicke, flüssigkeitsgefüllte, abgeklemmte Schleifen oder Kompression bzw. Okklusion und verfolgen Sie den Schlauch von der Brustwand bis zur Sammelkammer des Thoraxdrainagegerätes. Überprüfen sie die Schlauchanschlüsse jedes Mal, wenn ein Patient die Station verlassen hat; beispielsweise wenn er zur Radiologieabteilung gegangen ist/transportiert wurde. Wenn sich der Schlauch löst, reinigen Sie die Enden mit einem mit Alkohol befeuchteten Tuch und schließen Sie sie wieder an. Bitten Sie den Patienten, einige Mal zu husten, um die Restluft aus dem pleuralen Raum zu evakuieren.

Studien haben gezeigt, dass eine Manipulation des Thoraxtubus (Stripping oder Melkbewegungen) die Blutdrainage aus der Brust nicht verbessert (siehe unter Empfohlenes Lesematerial). Eine aktuelle Cochrane-Übersichtsarbeit (Cochrane Review) gibt an, dass diese Praxis noch unzulänglich nachgewiesen wurde. Blut, das mit den Pleurae oder dem Perikard in Berührung kommt, wird defibrinogeniert und sollte nicht koagulieren; daher kann dieses abgegebene Blut für eine Autotransfusion verwendet werden. Darüber hinaus zeigen Studien, dass das Strippen von Thoraxtuben Drücke von bis zu  $-400\text{cmH}_2\text{O}$  erzeugen kann, wodurch Lungengewebe in die Drainagelöcher am Ende des Thoraxtubus gesaugt werden kann. Beachten Sie, dass der typische Saugdruck  $-20\text{cmH}_2\text{O}$  ist.

Die Schlauchmanipulierung sollte auf Situationen beschränkt sein, in denen Patienten Medikationen und Blutprodukte erhalten, die die Koagulation optimieren, oder wenn ein Blutklumpen oder ein Gewebefragment im Tubus sichtbar ist und die Gefahr einer Tubusokklusion besteht.



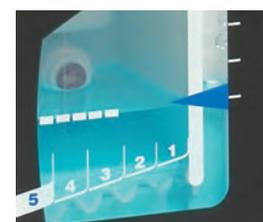
**Abbildung 27 - Zurückziehen einer Drainageprobe aus dem Patiententubus**

Verwenden Sie sanfte Techniken, wie das Drücken entlang des Schlauchs, jeweils mit der einen Hand über der anderen, und das Loslassen des Schlauchs nach jedem Drücken. Alternativ können kleine Bereiche des Schlauchs auch fächerförmig zusammengenommen, zusammengedrückt und dann wieder frei gegeben werden. Beginnen Sie beim Patienten und arbeiten Sie sich entlang des Schlauchs bis zum Thoraxdrainagegerät vor. Seien Sie mit Patienten mit fragilem Lungengewebe, wie bei Emphysemen, vorsichtig. Das automatische Hochnegativ-Druckentlastungsventil an vielen Thoraxdrainagegeräten hilft, den Patienten vor einer Exposition gegenüber Unterdruck (Negativdruck), der durch die heftige Manipulation der Thoraxdrainageschläuche verursacht wird, zu schützen. Für die Schlauchmanipulation während der Routine-Patientenversorgung gibt es jedoch keine Evidenzen.

## ■ Drainageflüssigkeit

Je nach Krankenhausrichtlinie können Proben der Drainageflüssigkeit durch Einführen einer Nadel (20 Gauge oder kleiner) an einer Spritze direkt in den Patientendrainagetubus (siehe Abbildung 27) entnommen werden. Alternativ können bei ausgewählten Thoraxdrainagemodellen die Proben auch direkt aus dem nadelfreien Luer-Lock-Zugangsport am Patiententubus entnommen werden.

Überwachen Sie regelmäßig das Volumen, die Rate, die Farbe sowie die Eigenschaften der gesammelten Drainageflüssigkeit. Markieren Sie in regelmäßigen Abständen Füllstand, Uhrzeit und Datum auf der Vorderseite der Sammelkammer. Die Häufigkeit wird durch den



**Abbildung 28 - Wassersäule mit Luftleckmessgerät**

Grund bestimmt, weswegen der Patient den Thoraxtubus eingesetzt bekommen hat, sowie das Drainagevolumen und die -rate. Die meisten einteiligen Thoraxdrainagegeräte verfügen über eine beschreibbare Oberfläche; die Kalibrierungen der Drainagemessungen variieren je nach Hersteller und Drainagegeräteart (Erwachsene oder pädiatrisch/Säugling/Kleinkind).

Das Drainagevolumen der Blutung ist üblicherweise verhältnismäßig klein. Über 100 ml/Stunde postoperativ gelten als übermäßige Drainage; selbst eine Blutung nach einem Brusttrauma führt selten zu mehr als 200 bis 300 ml/Stunde. Ist die Drainage größer, hat der Patient wahrscheinlich eine euphorische Thorakotomie. Nach einer Herzoperation beträgt die mediastinale Drainageflüssigkeit üblicherweise weniger als 300 ml in der ersten Stunde, weniger als 250 ml in der zweiten Stunde und danach weniger als 150 ml/Stunde. Überwachen Sie den Patienten stets in Bezug auf die unerwartete Situation, in der eine signifikante postoperative Blutung vorliegt, die eine sofortige Intervention und eine sofortige Verlegung in den OP erforderlich machen.

Beachten Sie, dass sich blutige Drainage im pleuralen Raum ansammeln kann, bis sich der Patient in eine für die Schwerpunktdrainage günstigere Position bewegt hat. Wenn Sie plötzlich eine vermehrte Drainage sehen, insbesondere nach einem Positionswechsel, überprüfen Sie die Drainagefarbe. Ist sie dunkel, handelt es sich um alte Drainageflüssigkeit; frische Drainageflüssigkeit hat eine rötliche Farbe. Diese Art der Drainage hält üblicherweise nur einige Minuten lang an.

### ■ Wassersäule

Stellen Sie regelmäßig sicher, dass die Wassersäule bis auf den angemessenen Füllstand aufgefüllt wird, und dass der Wasserstand sich bei der Atmung des Patienten bewegt (Tidalbewegung). Erfolgt keine Tidalbewegung, kann dies auf Folgendes hindeuten:

- Der Schlauch ist abgeknickt
- Der Schlauch ist abgeklemmt
- Der Patient liegt auf dem Schlauch
- Es gibt eine abgeklemmte, flüssigkeitsgefüllte Schleife im Schlauch
- Das Lungengewebe oder die Adhäsionen blockieren die Katheterlöcher
- Es entweicht keine Luft in den pleuralen Raum und die Lunge hat sich wieder ausgedehnt

Beim ersten Anlegen der Absaugung sollte nur eine geringe Blasenbildung in der Wassersäule zu sehen sein (oder am Luftleckmonitor in einem Throaxdrainagesystem mit trockener Saugung), da die Luft aus der Sammelkammer gesogen wird. Wenn nicht anderweitig Luft eintritt, sollte die Blasenbildung bald aufhören. Die Blasenbildung wird fortgesetzt, wenn Luft in das System gelangt. Wenn anhand Ihrer Patientenbeurteilung kein Luftleck erwartet wird, kann an anderer Stelle ein Leck im System vorliegen – irgendwo zwischen dem Thoraxtubus und dem Drainagegerät an sich. Um das Leck zu finden, klemmen Sie den Schlauch mit einer speziellen Schlauchschelle oder einem Hämostat mit Gummispitze (Tülle) ab. Klemmen Sie zunächst den Thoraxtubus dort ab, wo er aus der Brust austritt, und arbeiten Sie sich dann zur Sammelkammer vor. Lassen Sie die Schelle nicht länger als zehn Sekunden sitzen, während Sie sich die Wassersäulenkammer ansehen. Wenn die Schelle zwischen Luftleck und Wassersäule platziert ist, sollte die Blasenbildung aufhören.

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Klemmen Sie den Tubus dort ab, wo er aus dem Verband austritt. Wenn die Blasenbildung stoppt, liegt das Leck wahrscheinlich in der Lunge/im pleuralen Raum. Möglicherweise hat sich jedoch auch der Tubus selbst verschoben. Wenn die Blasenbildung neu ist und unerwartet kommt, nehmen Sie den Verband ab und überprüfen Sie die Stelle, um festzustellen, ob sich ein Drainageloch außerhalb der Brustwand befindet, wie zuvor bereits auf Seite 25 beschrieben.
2. Wenn die Blasenbildung weiterhin erfolgt, wenn Sie die Schelle an der Brustwand platzieren, platzieren Sie die Schelle auf der Patientenseite der Verbindung zwischen Thoraxtubus und dem Schlauch, der zur Thoraxdrainage führt. Hört die Blasenbildung auf, befindet sich das Leck zwischen Patient und Schelle.
3. Wird die Blasenbildung fortgesetzt, bewegen Sie die Schelle zur anderen Verbinderseite. Hört die Blasenbildung auf, befindet sich das Leck wahrscheinlich am Verbinder. Stellen Sie sicher, dass die Schläuche sicher auf jeder Seite des Verbinders angebracht sind, und drücken Sie Schlauch und Verbinder möglichst fest zusammen. Sehen Sie dann nach, um festzustellen, ob die Blasenbildung aufgehört hat. Tauschen Sie nach Bedarf den Verbinder aus.
4. Wenn die Blasenbildung fortgesetzt wird, wenn Sie die Schelle auf der Drainagegeräteseite des Verbinders platzieren, könnte das Leck durch ein Loch oder eine Punktion in den Patientenschläuchen kommen.
5. Wenn die Blasenbildung nicht aufhört, nachdem Sie die Schläuche entlang der gesamten Länge in kleinen Intervallen abgeklemmt haben, ist möglicherweise das Drainagegerät gerissen und muss ausgetauscht werden.

## ■ Absaugen

Überprüfen Sie routinemäßig die Sauganschlüsse und die Schläuche, um sicherzustellen, dass die Schläuche intakt sind und das System ordnungsgemäß arbeitet. Stellen Sie sicher, dass die Saugkontrollkammer am Drainagegerät auf das angeforderte Niveau oder gemäß dem Protokoll eingestellt ist. Üblicherweise liegt das Saugniveau am Drainagegerät bei Erwachsenen bei -15 bis -20cmH<sub>2</sub>O; bei Kindern sind möglicherweise geringere Niveaus anzusetzen, obgleich bisher keine Studien vorliegen, die in diesem Bereich als Leitfaden für die Praxis gelten können.

Wenn das Thoraxdrainagegerät einen Nasssaug-Kontrollmechanismus verwendet, drücken Sie den Saugschlauch kurzzeitig zusammen, um die Blasenbildung zu stoppen, sodass Sie die Wassersäule in dieser Kammer sehen können. Stellen Sie die Vakuumquelle (üblicherweise ein Wandregler) so ein, dass eine sanfte, dauerhafte Blasenbildung in der Kammer vorhanden ist. Eine zu heftige Blasenbildung ist sehr laut, was den Patienten mit dem Thoraxtubus sowie andere Patienten in der Nähe stören könnte. Durch eine starke Blasenbildung kommt es zu einer schnelleren Verdunstung und es muss möglicherweise Wasser nachgefüllt werden, um das gewünschte Maß an Saugkontrolle beizubehalten.

Thoraxdrainagegeräte für trockene Saugung mit einem schraubähnlichen Ventilmechanismus zur Regelung des Sauggrads kompensieren Änderungen bei Luftlecks am Patienten oder eine Änderung des Vakuum-Quellendrucks nicht, wie es die anderen Trockensaug-Drainagemechanismen tun. Daher muss in regelmäßigen Abständen die Sauganzeige kontrolliert werden, um auf unbeabsichtigte Veränderungen in der auferlegten Absaugung zu prüfen. Die meisten einteiligen Thoraxdrainagegeräte verfügen über ein Überdruck-Entlastungsventil, das einen Aufbau von übermäßigem Druck im System verhindert. Wenn beispielsweise jemand versehentlich auf den Saugschlauch tritt, oder wenn das Gerät darüber rollt, wird der Druck über dieses Ventil abgelassen, was das Risiko eines Spannungspneumothorax verringert.

## Trennung des Thoraxdrainagegerätes

---

Das Thoraxdrainagegerät ist üblicherweise nicht angeschlossen (getrennt) und wird typischerweise ersetzt, wenn die Sammelkammer voll ist, wenn sich der Zustand des Patienten gebessert oder wenn das Gerät gerissen oder defekt ist.

Zum Austausch eines Gerätes gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Bereiten Sie das neue Gerät vor, geben Sie nach Bedarf Wasser hinzu.
2. Lösen Sie die Bänder und die Verbindung zwischen Thoraxtubus und dem Stufenanschluss, sodass Sie wissen, Sie können die beiden trennen, wenn das Drainagegerät ausgetauscht werden soll.
3. Bitten Sie den Patienten, ein Valsalva-Manöver durchzuführen, um die Luft aus dem pleuralen Raum zu zwingen, und sorgen Sie dafür, dass die Luft beim Schlauchwechsel nicht wieder in den pleuralen Raum eindringen kann. Wenn der Patient dies nicht tun kann, führen Sie den Wechsel am Ende eines Ausatmungsvorganges (Exhalation) durch, wenn der Patient spontan atmet, oder am Ende eines Einatmungsvorganges (Inspiration) bei maschinell erzeugten Atemzügen.
4. Klemmen Sie unter Anwendung von sterilen Verfahren den Thoraxtubus ab und trennen Sie dann schnell den alten Drainageschlauch vom Thoraxtubus. Tauschen Sie ihn durch einen neuen Schlauch aus, der mit dem neuen Drainagegerät verbunden ist. (Einige Krankenhäuser verlangen kein Abklemmen; beachten Sie die Krankenhausrichtlinien und das Verfahrenshandbuch.) Weisen Sie nach Abschluss der Arbeiten den Patienten an, normal zu atmen, und entfernen Sie die Schelle. Achten Sie darauf, die Schelle immer gut sichtbar zu platzieren, damit Sie sie nicht vergessen. Wenn Sie Probleme haben, die Verbindungen zu trennen, nehmen Sie die Schelle ab, lassen Sie den Patienten normal atmen, und beginnen Sie von vorn.
5. Entsorgen Sie das Thoraxdrainagegerät gemäß den Krankenhausrichtlinien und Verfahren, beachten Sie die Standard-Vorsichtsmaßnahmen und -hinweise.

In dem unwahrscheinlichen Fall, dass das Drainagegerät versehentlich zerstört wird, trennen Sie es vom Thoraxtubus. Dann tauchen Sie das Ende des Thoraxtubus so in eine Flasche mit sterilem Wasser oder Kochsalzlösung ein, dass es sich einige Zentimeter unter der Oberfläche befindet. Dadurch erhalten Sie eine temporäre Wassersäule (Wasserdichtung), um den Patienten zu schützen, während das neue Drainagegerät eingerichtet wird.

# Entfernen des Thoraxtubus

---

▣ Siehe Clinical Update: Dec 2000 and Dec 2006

Der Thoraxtubus kann in folgenden Fällen entfernt werden:

- Wenn die Drainage fast oder komplett versiegt ist
- Wenn keine Luftlecks mehr vorhanden sind
- Wenn die Fluktuationen in der Wassersäulenkammer aufgehört haben
- Wenn der Patient normal atmet, ohne Anzeichen von Atemproblemen oder -beschwerden
- Wenn die Atmungsgeräusche für den Patienten gleich und auf der Basislinie sind
- Wenn das Radiogramm anzeigt, dass sich die Lunge wieder ausgedehnt hat, und wenn keine Restluft oder -flüssigkeit im pleuralen Raum vorhanden ist

Ca. 8 bis 12 Stunden vor dem Entfernen des Thoraxtubus kann der Arzt anordnen, dass der Thoraxtubus mehrere Stunden lang abgeklemmt wird, um die Entfernung des Thoraxtubus zu simulieren und die Reaktion des Patienten zu beurteilen. Ein Thoraxradiogramm wird möglicherweise ca. 2 Stunden nach dem Abklemmen des Tubus gemacht, um sicherzustellen, dass sich die Lunge wieder ausgedehnt hat und dass sich keine signifikante Restluft oder -flüssigkeit im pleuralen Raum mehr befindet. Neuere Studien haben jedoch gezeigt, dass eine durch Luft oder Flüssigkeit beeinträchtigte Atmung durch die klinische Evaluierung identifiziert wird und dass ein Thoraxradiogramm nicht benötigt wird, wenn die Evaluierung normal ist. Überwachen Sie den Atmungsstatus des Patienten während dieser Zeit sorgfältig und entfernen Sie die Schelle vom Tubus, wenn der Patient Anzeichen oder Symptome von Atemproblemen/-beschwerden zeigt.

Die Thoraxtuben werden üblicherweise am Bett entfernt. Bereiten Sie alles für die Tubusentfernung vor. Stellen Sie dazu ein Nähset, Petrolatumgaze, 4 x 4 sterile Gazepads und okklusives Tape bereit. Alle anderen Utensilien werden je nach Ärztepräferenz oder Krankenhausrichtlinie bzw. -verfahren angegeben. Anästhesieren Sie den Patienten gemäß den Anweisungen (siehe das Empfohlene Lesematerial in Bezug auf Versorgungsstudien zu den Gefühlen in Verbindung mit der Thoraxtubusentfernung).

Nachdem der Verband entfernt und die Verankerung (Stütz)-Naht durchtrennt ist, muss der Patient ausatmen und ein Valsalva-Manöver durchführen, um den Intrathoraxdruck zu erhöhen, während der Tubus herausgezogen wird. Der Tubus wird schnell herausgezogen und die Hautschließnaht festgezogen, um die Wunde zu verschließen. Die British Thoracic Society rät, keine zusammenziehbaren Nähte (Beutel-Schnur-Nähte) zu verwenden, da diese eine lineare Wunde in eine kreisförmige Wunde verwandeln können, die für den Patienten unangenehmer ist und deren Heilung länger dauert. Nachdem der Tubus entfernt ist, kann der Patient normal atmen. Der vorbereitete Verband wird über der Stelle angelegt und sollte als okklusiver Verband mit Klebeband fixiert werden. Ein Thoraxradiogramm kann kurz nach dem Verfahren erstellt werden, um sicherzustellen, dass die Lunge weiterhin ausgedehnt bleibt. Überwachen Sie den Patienten regelmäßig in Bezug auf Anzeichen von Atemproblemen/-beschwerden nach der Tubusentfernung sowie in längeren Intervallen, wenn die Beurteilung normal bleibt.

## Autotransfusion

---

Ein Patient, der postoperativ oder präoperativ auf Grund eines Thoraxtraumas stark blutet, benötigt möglicherweise eine Transfusion (siehe Abbildung 29). Eine Reinfusion des Eigenblutes des Patienten – eine so genannte **Autotransfusion** – kann als Alternative zu einer Transfusion von Blut aus einer Blutbank durchgeführt werden. Das Blut ist schnell verfügbar, muss nicht erst abgeglichen werden, lässt sich leicht auffangen und schnell wieder zuführen.

Die meisten Hersteller von Thoraxdrainagegeräten bieten einen optionalen In-Line-Blutrückgewinnungsbeutel an, der zwischen dem Drainageschlauch und der Sammelkammer angeschlossen werden kann, sodass das Blut in den Beutel läuft, bevor es in die Sammelkammer gelangt. Wenn genügend Blut gesammelt wurde, trennen Sie den Beutel vom Patienten und dem Drainagegerät. Dann bringen Sie den Schlauch für das gefilterte Blut an und führen das Blut dem Patienten per Infusion wieder zu.

Eine andere Option ist die Transfusion im geschlossenen Kreislauf bzw. die kontinuierliche Autotransfusion (ATS). Bei dieser Methode wird statt dem Blutrückgewinnungsbeutel eine Infusionspumpe zur Reinfusion des Blutes verwendet. Ausgetretenes Blut, das sich in der ATS-Sammelkammer sammelt, kann dem Patienten wieder zugeführt werden. Dazu wird ein Infusionsschlauch an einem Port unten in der Kammer angeschlossen das Blut dem Patienten unter Verwendung des blutkompatiblen Infusionscontrollers zur Verabreichung des Blutes wieder zugeführt. Dies kann stündlich oder auf kontinuierlicher Basis erfolgen.

Die dritte Alternative ist der sich selbst füllende ATS-Beutel. Der sich selbst füllende Beutel kann Blut aus der Sammelkammer absaugen. Dies ist im Notfall die schnellste Sammlung von Autotransfusionsblut, wo es in kürzester Zeit zu einem starken Blutverlust kommt – entweder postoperativ oder während einer Trauma-Wiederbelebung. Diese Methode ist besonders von Vorteil, wenn der Blutverlust in das Drainagegerät unerwartet kommt; mit dem sich selbst füllenden Beutel geht dieses Blut nicht mehr verloren, bis ein Drainagebeutel am Drainageschlauch angeschlossen ist.



Abbildung 29 - Bluttransfusion

Befolgen Sie alle Krankenhausrichtlinien, -verfahren und -protokolle zur Handhabung von Blut, zur Verabreichung von Antikoagulantien, zur Autotransfusion von autologem Vollblut, zur Druckinfusion von Blut, zur Entsorgung sowie zur Infektionskontrolle. Befolgen Sie vor der Verwendung eines Blutsammlungs- und Reinfusionssystems die Anweisungen in der Bedienungsanleitung des Herstellers, die Warn- und Vorsichtshinweise zur Antikoagulantien-Medikation, zu Transfusionsfiltern, Blutinfusionssets, blutkompatiblen Infusionspumpen und Druckinfusionsgeräten. Hersteller haben Grenzwerte in Bezug auf die Druckhöhe, die bei der Druckinfusion eingesetzt werden darf; lesen Sie die entsprechenden Informationen für den von Ihnen verwendeten Beutel in der Bedienungsanleitung nach.

## Die Zukunft ist hier: Mobile Thoraxdrainagegeräte

---

▣ Siehe Clinical Update: Mar 2002 (part 1), June 2002 (part 2), March 2005, June 2007

Die Thoraxdrainage-Technologie ist den Trends des heutigen Gesundheitsversorgungssystems gefolgt. Einer der auffälligsten Trends ist die Tendenz zur Verkürzung der Aufenthaltsdauer von Patienten in Acute-Care-Krankenhäusern. Kürzere Aufenthalte bedeuten geringere Versorgungskosten. Dies hat zu routinemäßigen Schnellprogrammen für Patienten, die sich einer Herzoperation oder einer allgemeinen Thorax-OP unterziehen müssen, geführt.

Die Mobilisierung der Patienten, sodass diese aufstehen und umhergehen können, ist ein wesentlicher Schritt auf dem Weg zur frühzeitigen Entlassung. Dies lässt sich nur schwer erreichen, wenn der Patient an einer Wandsaugquelle angeschlossen ist, oder eine verhältnismäßig lange Thoraxdrainageleitung mit sich führen muss. Diese Herausforderung hat zur Entwicklung von mobilen Thoraxdrainagegeräten geführt.

Es gibt zwei Arten von mobilen Thoraxdrainagegeräten: eines nur für Luft und eines sowohl für Flüssigkeiten als auch Luft. Mobile Thoraxdrainagegeräte zur Behandlung von Pneumothorax sind Einwegventile, die ein Entweichen der Luft aus der Brust ermöglichen und verhindern, dass wieder Luft in den Brustraum eingesogen wird. Das American College of Chest Physicians empfiehlt zurzeit, dass Patienten ohne zu Grunde liegende Lungenerkrankung, die einen kleinen Pneumothorax haben und die verlässliche Kandidaten in Bezug auf die Nachsorge sind, mit einem eingesetzten Einwegventil nach Hause entlassen werden dürfen. Diese mobilen Drainagegeräte können zur Vereinfachung einer schnelleren ambulanten Versorgung sowie zur Verkürzung der Aufenthaltsdauer von stationären Krankenhauspatienten verwendet werden.

Das erste Gerät für die mobile Thoraxdrainage war das Heimlich-Ventil, das aus einem abgeflachten Penrose-Drainagegerät in einem Kunststoffzylinder bestand, das als Einwegventil fungierte. Als es in den 1960ern in Vietnam eingeführt wurde, war es egal, dass das Gerät keine Flüssigkeitsdrainage leisten konnte. Zur Erfüllung der heutigen Anforderungen an ein Gerät zur Versorgung eines unkomplizierten Pneumothorax hat ein Hersteller ein latexfreies, leichtes und tragbares Gerät mit einem Einwegventil (sodass Luft aus der Brust entweichen, nicht jedoch wieder in die Brust eingesogen werden kann) und ein 30-cc-Flüssigkeitsreservoir entwickelt, das pleurale Flüssigkeit so sammelt, dass alle Standard-Vorsichtsmaßnahmen und -hinweise beachtet werden (siehe Abbildung 30).



**Abbildung 30 - geschlossenes mobiles Abflusskatheterventil (L) und Heimlich-Ventil (R)**



**Abbildung 31 - Mobile Miniaturdrainagegeräte sorgen dafür, dass Patienten schneller wieder ambulant versorgt werden können**

Bei postoperativen Patienten, die nicht über eine signifikante Flüssigkeitsdrainage verfügen, oder für Patienten, die auf ein mobiles Gerät umsteigen können, ist nun ein Mini-Thoraxdrainagegerät erhältlich. Das Gerät eines Herstellers verfügt über eine 500-cc-Sammelkammer, ein mechanisches Einweg-Ventil statt einer Wassersäule, einen Luftleckmonitor und einen mechanischen Saugregler, wobei das Gerät gerade einmal 21,6 cm hoch, 12,7 cm breit und 3,2 cm tief ist. Das Drainagegerät kann vom Patienten mit Gurten über die Schulter oder um die Taille „getragen“ werden, um eine ambulante Behandlung zu fördern, wenn keine Absaugung erforderlich ist (siehe Abbildung 31).

Die erste Studie, die mobile Mini-Thoraxdrainagegeräte einsetzte, um Patienten mit längeren Luftlecks nach einer OP nach Hause zu schicken, wurde 2005 am Indiana University Hospital durchgeführt. Zuvor mussten die Patienten im Krankenhaus bleiben, angeschlossen an ein herkömmliches Thoraxdrainagegerät.

Innerhalb von 20 Monaten erfüllten 10 % (n=50) der Patienten die Kriterien, um nach Hause entlassen zu werden; 7,8 % (n=36) wurden mit einem Mini-Drainagegerät nach Hause entlassen. Bei dieser Herangehensweise wurden insgesamt 404 Krankenhaustage eingespart. Bei durchschnittlich 1.289,87 USD pro Tag lagen die Einsparungen über 20 Monate bei ca. 500.000 USD. Es gab keine nennenswerten Komplikationen und die Patientenzufriedenheit war sehr hoch. Diese neu aufkommende Technologie soll die Anforderungen des heutigen Gesundheitsversorgungssystems erfüllen und Änderungen in der OP-Technologie, die weniger invasive Kardiothorax-Verfahren ermöglichen, berücksichtigen.

## Zusammenfassung

---

Sie haben gerade die Grundlagen der Thoraxdrainage sowie die Schritte für die Implementierung einer sicheren, effektiven Versorgung Ihrer Patienten durchgearbeitet. Durch das Einbeziehen dieses Wissens in ihre tägliche Praxis können Sie Patienten mit Thorax tuben souveräner versorgen und Thoraxdrainagesysteme und -geräte auswählen, die den Bedürfnissen Ihrer Patienten, Ihres Krankenhauses sowie Ihres Gesundheitsversorgungssystems am besten gerecht werden.

# Glossar

---

<b>Alveoli</b>	Dünnwandige, sackähnliche Dilatationen der Bronchiolen, Alveolarkanäle und Alveolarsäckchen, über die der Gasaustausch zwischen alveolärer Luft und den Lungenkapillaren erfolgt.
<b>Autolog</b>	Von derselben Person stammend, insbesondere aus den Geweben oder Flüssigkeiten (z. B. autologes Blut).
<b>Autotransfusion</b>	Verfahren, bei dem Blut von einem Patienten gesammelt und in den Kreislauf desselben Patienten zurückgeführt wird. Wird auch als autologe Autotransfusion bezeichnet.
<b>Bronchus</b>	Einer der größeren Äste der Trachea, ein Verbindungsatemweg, der zur Lunge führt. Die externe Kompression des Herzens bei einer Herzbeuteltamponade durch Flüssigkeit im Herzbeutel, die nach und nach die Füllkapazität begrenzt sowie den Venenrücklauf und die Herzleistung einschränkt.
<b>Chylothorax</b>	Akkumulation von milchiger lymphatischer Flüssigkeit im pleuralen Raum, üblicherweise auf der linken Seite.
<b>Membran</b>	Muskulomembranöse Trenneinheit zwischen der Abdominal- und der Thoraxkavität.
<b>Dyspnoe</b>	Kurzatmigkeit; subjektive Probleme oder Beschwerden bei der Atmung, üblicherweise mit einer Erkrankung von Herz oder Lunge assoziiert.
<b>Emphysem</b>	Erhöht die Größe der Lufträume distal zu den terminalen Bronchiolen, mit destruktiven Veränderungen an den Bronchiolenwänden und eine Verminderung ihrer Anzahl.
<b>Empyem</b>	Vorhandensein von Eiter in einer pleuralen Kavität. Wird auch als Pyothorax bezeichnet.
<b>Exsanguinatio (Verblutung)</b>	Übermäßiger Blutverlust auf Grund einer internen oder externen Hämorrhage.
<b>Hämopneumothorax</b>	Akkumulation aus Luft und Blut in einer pleuralen Kavität.
<b>Hämothorax</b>	Sammlung von Blut in einer pleuralen Kavität, üblicherweise infolge einer traumatischen Verletzung. Infusionspumpe, die die Rate der an den Patienten über eine vaskuläre Zugangsvorrichtung abgegebene Flüssigkeit kontrolliert.

<b>Interkostal</b>	Zwischen den Rippen.
<b>Manometer</b>	Gerät, mit dem der Flüssigkeits- oder Gasdruck gemessen werden kann. Der Messwert wird üblicherweise in Millimeter Quecksilbersäule (mmHg) oder cm Wassersäule (cmH <sub>2</sub> O) angegeben.
<b>Mediastinalverschiebung</b>	Kompression der zentralen mediastinalen Kavität zum gegenüberliegenden Lungenflügel infolge eines Spannungspneumothorax. Kann zum Kollabieren der Lunge und zur Kompression der großen Venen, die das Blut zurück zum Herzen leiten, führen, wodurch der Blutdruck sinkt und extreme Atemprobleme verursacht werden.
<b>Mediastinum</b>	Raum zwischen den beiden Lungenflügeln, in dem sich das Herz und dessen große Gefäße, die Trachea, der Ösophagus, der Thymus, der Lymphknoten sowie weitere Strukturen und Gewebe befinden.
<b>Perikard</b>	Membransack, der das Herz bedeckt. Verfügt über zwei Schichten, die eine potenzielle Kavität bilden, die so genannte Perikardkavität bzw. den Herzbeutel.
<b>Pleura</b>	Seröse Membran, die die Lunge bedeckt und die Wände der pleuralen Kavität überzieht. Parietale Pleura: Pleura, die die verschiedenen Bereiche der Wand der pleuralen Kavität bedeckt. Viszerale (pulmonare) Pleura: Pleura, die die Lunge bedeckt.
<b>Pleurale Effusion</b>	Entweichen von Flüssigkeit aus den Blutgefäßen oder den Lymphgefäßen in den pleuralen Raum
<b>Pleuraler Raum</b>	Potenzieller Raum zwischen der parietalen und pulmonaren Pleura.
<b>Pneumothorax</b>	Vorhandensein von Luft oder Gas in der pleuralen Kavität. Geschlossener Pneumothorax: Luft dringt aus einer Öffnung in der Lungen in den pleuralen Raum ein. Die Brustwand bleibt intakt. Offener Pneumothorax: Eine Öffnung sowohl in der Brustwand als auch in der Lunge, durch die Luft in den pleuralen Raum gelangen kann. Wird auch als saugende Brustwunde bezeichnet. Spontaner Pneumothorax: Luft tritt ohne offensichtliches Lungen- oder Brustwandtrauma in den pleuralen Raum ein, tritt am häufigsten bei Patienten mit fortgeschrittenen Emphysemen und Luftblasen oder bei jungen großen Männern nach einem Wachstumsschub auf. Spannungspneumothorax: Luft gelangt in den pleuralen Raum, kann nicht entweichen und beim Ausatmen bildet sich ein Intrathoraxdruck auf, der größer ist als der atmosphärische Druck. Durch diesen Druckaufbau wird die Lunge komprimiert und das Mediastinum kann zur gegenüberliegenden Seite verschoben werden.

<b>Überdruck- Ausgleichsventil (PPRV)</b>	Ein Ventil an einem Thoraxdrainagegerät, das im System einen Druckaufbau über den atmosphärischen Druck hinaus verhindert.
<b>Postoperative Autotransfusion</b>	Sammlung und Reinfusion des Patientenblutes aus dem Mediastinum, der pleuralen Kavität oder einem Gelenkspalt nach einer OP.
<b>Pyothorax</b>	siehe <b>Emphysem</b> .
<b>Serosanguineös</b>	Flüssigkeitsdrainage, die sowohl Serum als auch Blut enthält, üblicherweise rosa oder strohgelb.
<b>Sternum</b>	Brustbein
<b>Subkutanes Emphysem</b>	Vorhandensein von Luft in den Zwischenräumen des subkutanen Gewebes.
<b>Thorakostomie</b>	Öffnen der Brusthöhle, um unerwünschte Luft oder Flüssigkeit abzulassen.
<b>Thorakotomie</b>	Inzision in die Brustwand.
<b>Thorax</b>	Brust; oberer Teil des Rumpfes zwischen Hals und Abdomen.
<b>Trachea</b>	Luftröhre.

## Suggested Readings

---

Adrales G, Huynh T, Broering B, et al.: A thoracostomy tube guideline improves management efficiency in trauma patients. *Journal of Trauma, Injury, Infection & Critical Care* 2002;52:210-216.

Akrofi M, et al: A randomized comparison of three methods of analgesia for chest drain removal in postcardiac surgical patients. *Anaesthesia Analgesia* 2005;100:205-209

Alphonso N, Tan C, Utlely M, et al: A prospective randomized controlled trial of suction versus non-suction to the underwater seal drains following lung resection. *European Journal of Cardiothoracic Surgery* 2005;27:391-394.

Anderson B, Higgins L, Rozmus C: Critical pathways: application to selected patient outcomes following coronary artery bypass graft. *Applied Nursing Research* 1999;12(4):168-174.

Antunes G, Neville E, Duffy J, Ali N: BTS guidelines for the management of malignant pleural effusions. *Thorax* 2003;58(Suppl II):ii29-ii38.

Ayed AK: Suction versus water seal after thoracoscopy for primary spontaneous pneumothorax: prospective randomized study. *Annals of Thoracic Surgery* 2003;75:1593-1596.

Baumann MH: Less is more? *Chest* 2001;120(1):1-3.

Baumann MH: What size chest tube? What drainage system is ideal? And other chest tube management options. *Current Opinions in Pulmonary Medicine* 2003;9:276-281.

Baumann MH, Patel PB, Roney CW, Petrini MF: Comparison of function of commercially available pleural drainage units and catheters. *Chest* 2003;123:1878-1886.

Baumann MH, Strange C, Heffner JE et al.: Management of spontaneous pneumothorax: an American College of Chest Physicians Delphi consensus statement. *Chest* 2001;119(2):590-602.

Beaulieu Y: Bedside ultrasonography in the ICU: part 1. *Chest* 2005;128(2):881-895.

Beaulieu Y: Bedside ultrasonography in the ICU: part 2. *Chest* 2005;128(3):1766-1781.

Berger P, Leemans R, Kuiper MA, van der Voort PHJ: Uncommon complications during chest tube placement: a potential role of tube material. *Intensive Care Medicine* 2003;29:1610-1611.

Brinelli A, Monteverde M, Borri A, et.al.: Comparison of water seal and suction after pulmonary lobectomy: a prospective, randomized trial. *Annals of Thoracic Surgery* 2004;77(6):1932-1937.

Broschious SK: Music: an intervention for pain during chest tube removal after open heart surgery. *American Journal of Critical Care* 1999;8(6):410-415.

Bruce EA, Howard RF, Franck LS: Chest drain removal pain and its management: a literature review. *Journal of Clinical Nursing* 2006;15:145-154.

Burrows CM, Mathews WC, Colt HG: Predicting survival in patients with recurrent symptomatic malignant pleural effusions. *Chest* 2000;117(1): 73-78.

Capps JS, Tyler ML, Rusch VW, Pierson DJ: Potential of chest drainage units to evacuate broncho-pleural air leaks. *Chest* 1985;88S:57S. [classic for discussion of physics]

Carroll P: A guide to mobile chest drains. *RN* 2002;65(5):56-60,65.

Carroll P: Ask the experts: dry suction chest drainage system. *Critical Care Nurse* 2003;23(4):73-74.

Carroll P: Chest drainage made easy. *RN* 1995;58(12):46-56.

Carroll P: Enhancing the safety of medical suction through innovative technology. *RTMagazine* 2008;21(2):30, 32-34. Available online at: [http://www.rtmagazine.com/issues/articles/2008-02\\_04.asp](http://www.rtmagazine.com/issues/articles/2008-02_04.asp)

Carroll P: Exploring chest drain options. *RN* 2000;63(10):50-54.

Carroll P: Mobile chest drainage: coming soon to a home near you. *Home Healthcare Nurse* 2002;20(7):434-441

Carroll PF: Patients with pleural air leaks. *Focus on Critical Care* 1987;14(3):48-51.

Carroll PL: The principles of vacuum and its use in the hospital environment. 1995. Ohmeda, Inc.; Columbia, MD.

Cerfolio RJ, Bass C, Katholi CR: Prospective randomized trial compared suction versus water seal for air leaks. *Annals of Thoracic Surgery* 2001;71(5):1613-1617.

Cerfolio RJ, Bryant AS, Bass CS, Alexander JR, Bartolucci AA: Fast tracking after Ivor Lewis esophagogastrectomy. *Chest* 2004;126(4):1187-1194.

Cerfolio RJ, Bryant AS, Singh S, Bass CS, Bartolucci AA, et al: The management of chest tubes in patients with a pneumothorax and an air leak after pulmonary resection. *Chest* 2005; 128(2):816-820.

Cerfolio RJ, Pickens A, Bass C, Katholi C: Fast-tracking pulmonary resections. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 2001; 122(2):318-324.

Cerfolio RJ, Price TN, Bryant AS, Sale Bass C, Bartolucci AA: Intracostal sutures decrease the pain of thoracotomy. *Annals of Thoracic Surgery* 2003;76:407-12

Charalambos CP, Zipitis CS, Keenan DJ: Chest reexploration in the intensive care unit after cardiac surgery: a safe alternative to returning to the operative theater. *Annals of Thoracic Surgery* 2006;81:191-4.

Cheng, D: Randomized assessment of resource use in fast-track cardiac surgery 1-Year after hospital discharge. *Anesthesiology* 2003; Mar; 98(3); 651.

Consorta: Best Practice Models, Implementing CABG Best Practices. 2001. Available at:  
[http://www.consorta.com/wings/depts/oe/best\\_prac/](http://www.consorta.com/wings/depts/oe/best_prac/)

Cox JE: Transthoracic needle aspiration biopsy: variables that affect risk of pneumothorax. *Radiology* 1999;212(1):165-168.

Crocker HL, Ruffin RE: Patient-induced complications of a Heimlich flutter valve. *Chest* 1998;113(3), 838-839.

Cunnington J: Spontaneous pneumothorax. *Clinical Evidence* 2003;10:1738-1746.

Currie GP, Kennedy A, Paterson E, Watt SJ: A chronic pneumothorax and fitness to fly. *Thorax* 2007;62:187-189.

Daganou M, Dimopoulou I, Michalopoulos N, et al.: Respiratory complications after coronary artery bypass surgery with unilateral or bilateral internal mammary artery grafting. *Chest* 1998;113(5):1285-1289.

Davies CWH, Gleeson FV, Davies RJO: BTS guidelines for the management of pleural infection. *Thorax* 2003;58(Suppl II):ii18-ii28.

Drazen JM, Epstein AM: Guidance concerning surgery for emphysema. Editorial. *NEJM* 2003;348:2134-2136.

Droghetti A, Schiavini A, Muriana P, et.al.: Autologous blood patch in persistent air leaks after pulmonary resection. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 2006;132:556-559.

Fox V, Gould D, Davies N, Owen S: Patients' experiences of having an underwater seal chest drain: a replication study. *Journal of Clinical Nursing* 1999;8:684-692.

Freisner SA, Curry DM, Moddeman GR: Comparison of two pain-management strategies during chest tube removal: relaxation exercise with opioids and opioids alone. *Heart & Lung* 2006;35:269-276.

Golden P: Follow-up chest radiographs after traumatic pneumothorax or hemothorax in the outpatient setting: a retrospective review. *International Journal of Trauma Nursing* 1999;5(3):88-94.

Gordon P, Norton JM: Managing chest tubes: what is based on research and what is not? *Dimensions of Critical Care Nursing* 1995;14(1):14-16.

Gordon P, Norton JM, Merrel R: Refining chest tube management: analysis of the state of practice. *Dimensions of Critical Care Nursing* 1995;14(1):6-13.

Gordon PA, Norton JM, et al.: Positioning of chest tubes: effects on pressure and drainage. *American Journal of Critical Care* 1997;6(1):33-38.

Gray DT, Veenstra DL: Comparative economic analyses of minimally invasive direct coronary artery bypass surgery. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 2003;125:618-624.

Hagl C, Harringer W, Gohrbandt B, Haverich A: Site of pleural drain insertion and early postoperative pulmonary function following coronary artery bypass grafting with internal mammary artery. *Chest* 1999;115(3):757-761.

Hayes DD: Stemming the tide of pleural effusions. *Nursing Management* 2001;32(12):30-34.

Hazelrigg SR, Cetindag IB, Fullerton J: Acute and chronic pain syndromes after thoracic surgery. *Surgical Clinics of North America* 2002;82(4):849-865.

Heimlich HJ: Heimlich valve for chest drainage. *Medical Instrumentation* 1983;17(1):29-31.

Heimlich HJ: Valve drainage of the pleural cavity. *Diseases of the Chest* 1968;53(3):282-287.

Henry M, Arnold T, Harvey J: BTS guidelines for the management of spontaneous pneumothorax. *Thorax* 2003;58(Suppl II):ii39-ii52.

Houston S, Jesurum J: The quick relaxation technique: effect on pain associated with chest tube removal. *Applied Nursing Research* 1999;12(4):196-205.

Huber-Wagner S, Korner M, Ehrt A, Kay MV, Pfeifer K, Mutschler W, Kanz K: Emergency chest tube placement in trauma care – which approach is preferable? *Resuscitation* 2007;72:226-233.

Irwin JP, O-Yurvati A, Peska D: Rapid ambulation post-thoracotomy with the Atrium Express Mini-500 system. Available online at: <http://www.atriummed.com/PDF/RapidAmbulation.pdf>

Jones PM, Hewer RD, Wofenden HD, Thomas PS: Subcutaneous emphysema associated with chest tube drainage. *Respirology* 2001;6:87-89.

Kaczala GW, Skippen PW: Air medical evacuation in patients with airleak syndromes. *Air Medical Journal* 2008;27(2):91-98.

Kam AC, O'Brien M, Kam PCA: Pleural drainage systems. *Anaesthesia* 1993;48:154-161.

Kirkwood P: Ask the experts: chest tube care and transport. *Critical Care Nurse* 2002;22(4):70-72.

Kirkwood P: Ask the experts: removing chest tubes and suction bubbling. *Critical Care Nurse* 2000;20(3):97-98.

Ko JP: Factors influencing pneumothorax rate at lung biopsy: are dwell time and angle of pleural puncture contributing factors? *Radiology* 2001; 218(2), 491-496.

Krishnan JA: High-frequency ventilation for acute lung injury and ARDS. *Chest* 2000;118(3):795-807.

Landay M, Oliver Q, Estera A, Friese R, Boonswang N, DiMaio JM: Lung penetration by thoracostomy tubes: imaging findings on CT. *Journal of Thoracic Imaging* 2006;21(3):197-204.

Lang-Lazdunski L, Coonar AS: A prospective study of autologous 'blood patch' pleurodesis for persistent air leak after pulmonary resection. *European Journal of Cardiothoracic Surgery* 2004;26(5):897-900.

Lazar HL, Fitzgerald CA, Ahmad T, Bao Y, Colton T, Shapira OM, et al.: Early discharge after coronary artery bypass graft surgery: are patients really going home earlier? *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 2001;121(5):943-950.

Laws D, Neville E, Duffy K: BTS guidelines for the insertion of a chest drain. *Thorax* 2003;58(Suppl II):ii53-ii59.

Leavitt BJ, O'Connor GT, Olmstead EM, et al.: Use of the internal mammary artery graft and in-hospital mortality and other adverse outcomes associated with coronary artery bypass surgery. *Circulation* 2001;103:507-512.

Leonard M: A 21-year-old man with pneumothorax, subcutaneous emphysema, and a persistent air leak after chest tube insertion. *Journal of Emergency Nursing* 2003;29:5:425-426.

Lichtenstein DA, Meziere G, Lascols N, et al: Ultrasound diagnosis of occult pneumothorax. *Critical Care Medicine* 2005;33(6):1231-1238.

Lim K, Tai S, Chan C, Hsu Y, Hsu W, Lin B, Lee K: Diagnosis of malpositioned chest tubes after emergency tube thoracostomy: is computed tomography more accurate than chest radiograph? *Journal of Clinical Imaging* 2005;29:401-405.

Linden PA, Bueno R, Colson YL, et al: Lung resection in patients with preoperative FEV1 < 35% predicted. *Chest* 2005;127(6):1984-1990.

Lois M, Noppen M: Bronchopleural fistulas: an overview of the problem with special focus on endoscopic management. *Chest* 2005;128:3955-3965.

Luchette FA, Barrie PS, Oswanski MF et al.: Practice management guidelines for prophylactic antibiotic use in tube thoracostomy for traumatic hemothorax: the EAST practice management guidelines work group. *Journal of Trauma, Injury, Infection & Critical Care* 2000;48(4):753-757.

Marshall MB, Deeb ME et al: Suction vs water seal after pulmonary resection: a randomized prospective study. *Chest* 2002;121(3):831-835.

Martino K, Merrit S, Boyakye K et al.: Prospective randomized trial of thoracostomy removal algorithms including commentary with author response. *Journal of Trauma, Injury, Infection and Critical Care* 1999;46(3):369-373.

Maskell NA, Butland RJA: BTS guidelines for the investigation of a unilateral pleural effusion in adults. *Thorax* 2003;58(Suppl II):ii8-ii17.

Mimnaugh L, Winegar M, Mabrey Y, Davis, JE: Sensations experienced during removal of tubes in postoperative patients. *Applied Nursing Research* 1999;12(2):78-85.

National Emphysema Treatment Trial Research Group. A randomized trial comparing lung-volume-reduction surgery with medical therapy for severe emphysema. *NEJM* 2003;348:2059-2073.

National Emphysema Treatment Trial Research Group. Cost effectiveness of lung-volume-reduction surgery for patients with severe emphysema. *NEJM*; 2003;348:2092-2102.

National Emphysema Treatment Trial Research Group. Rationale and design of the National Emphysema Treatment Trial: a prospective randomized trial of lung volume reduction surgery. *Chest* 1999;116:1750-1761.

Obney J, Barnes MJ, Lisagor PG, Cohen DJ: Is bigger better for draining the mediastinum and thorax? [abstract] *Chest* 2000;118(4):116S.

Owen S, Gould D: Underwater seal chest drains: the patient's perspective. *Journal of Clinical Nursing* 1997;6(3):215-225.

Pacanowski JP, Waack ML, Daley BJ: Is routine roentgenography needed after closed tube thoracostomy removal? *Journal of Trauma, Injury, Infection & Critical Care* 2000;48(4):684-688.

Powner DJ: A review of "chest tubes" during donor care and after transplantation. *Progress in Transplantation* 2002;12:61-67.

Powner DJ, Cline CD, Rodman GH: Effect of chest-tube suction on gas flow through a bronchopleural fistula. *Critical Care Medicine* 1985;13(2):99-101. [classic for discussion of physics]

Proehl JA: One-way valve. In: JA Proehl (Ed.), *Emergency nursing procedures*. WB Saunders Company Philadelphia 1999. pp.137-139.

Puskas JD, Williams WH, Duke PG, et al. Off pump coronary artery bypass grafting provides complete revascularization with reduced myocardial injury, transfusion requirements, and length of stay: A prospective, randomized comparison of two hundred unselected patients undergoing off-pump versus conventional coronary artery bypass grafting. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 2003;125:797-808.

Putnam, JB: Malignant pleural effusions. *Surgical Clinics of North America* 2002;82(4):867.

Remerand F, Luce V, Badachi Y, Lu Q, Bouhemad B, Rouby J: Incidence of chest tube malposition in the critically ill. *Anesthesiology* 2007;106:1112-1119.

Roch A, Bojan M, Michelet P, et al: Usefulness of ultrasonography in predicting pleural effusions > 500ml in patients receiving mechanical ventilation. *Chest* 2005;127(1):224-232.

- Roman M, Weinstein A, Macaluso S: Primary spontaneous pneumothorax. *MedSurg Nursing* 2003;12(3):161-16.
- Rusch VW, Capps JS, Tyler ML, Pierson DL: The performance of four pleural drainage systems in an animal model of bronchopleural fistula. *Chest* 1988;93:859-863. [classic for discussion of physics]
- Russo L, Wiechmann RJ, Magovern JA et al.: Early chest tube removal after video-assisted thoracoscopic wedge resection of the lung. *Annals of Thoracic Surgery* 1998;66:1751-1754
- Sahn SA: Malignant pleural effusions. *Seminars in Respiratory and Critical Care Medicine* 2001;22(6):607-615.
- Saji H, Nakamura H, Tsuchida T et al.: The incidence and the risk of pneumothorax and chest tube placement after percutaneous CT-guided lung biopsy. *Chest* 2002;121(5):1521-1526.
- Sandrick K: Fast tracking surgical management improves patient outcomes and reduced hospital length of stay. *American College of Surgeons* 1999. Available online at: <http://www.meds.com/conrad/acs/fasttrack.html>
- Schlenker, EH: Cardiopulmonary anatomy and physiology. In: Hess, DR, MacIntyre, NR, Mishoe, SC, Galvin, WF, Adams, AB, Saposnick, AB (Eds.), *Respiratory care principles and practice*. WB Saunders Company Philadelphia 2002. pp.284.
- Schmelz JO, Johnson D, Norton JM, Andrews M, Gordon PA: Effects of position of chest drainage tube on volume drained and pressure. *American Journal of Critical Care* 1999;8(5):319-323.
- Schmidt U, Stalp M, Gerich T et al.: Chest tube decompression of blunt chest injuries by physicians in the field: effectiveness and complications. *Journal of Trauma, Injury, Infection & Critical Care* 1998;44(1):98-100.
- Shackcloth MJ, Poullis M, Jackson M, et.al.: Intrapleural instillation of autologous blood in the treatment of prolonged air leak after lobectomy: a prospective randomized controlled trial. *Annals of Thoracic Surgery* 2006;82:1052-1056.
- Sittig SE: Ventilation for life. *AARCTimes* 2002;26(1):18,20-21.
- Stafford RE, Linn J, Washington L: Incidence and management of occult hemothoraces. *American Journal of Surgery* 2006;192:722-726.
- Swain F, Martinez F, Gripp M, Razdan R, Gagliardi J: Traumatic complications from placement of thoracic catheters and tubes. *Emergency Radiology* 2005;12:11-18.
- Tang A, Hooper T, Hasan R: A regional survey of chest drains: evidence-based practice. *Postgraduate Medical Journal* 1999;75:471-474.
- Tang ATM, Velissaris TJ, Weeden DF: An evidence-based approach to drainage of the pleural cavity: evaluation of best practice. *Journal of Evaluation in Clinical Practice* 2002;8(3):333-340.

- Tattersall DJ, Traill ZC, Gleeson FV: Chest drains: does size matter? *Clinical Radiology* 2000;55:415-421.
- Vricella LA, Trachiotis GD: Heimlich valve in the management of pneumothorax in patients with advanced AIDS. *Chest* 2001;120(1):15-18.
- Wakai A, O'Sullivan RG, McCabe G: Simple aspiration versus intercostal tube drainage for primary spontaneous pneumothorax in adults. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2007, Issue 1 Art. No.:CD004479. DOI: 10.1002/14651858.CD004479.pub2.
- Walker KJ, Millar IL, Fock A: The performance and safety of a pleural drainage unit under hyperbaric conditions. *Anaesthesia and Intensive Care* 2006; 43:61-67.
- Wallen MM, Morrison AL, Gillies D, O'Riordan E, Bridge C, Stoddart F: Mediastinal chest drain clearance for cardiac surgery. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2007, Issue 2 Art. No.:CD003042. DOI: 10.1002/14651858.CD003042.pub2.
- Ware JH: The national emphysema treatment trial - how strong is the evidence? *NEJM* 2003;348:2055-2056.
- Weissberg D: Pneumothorax: Experience with 1,199 patients. *Chest* 2000;117:1279-1285.
- White PF, Rawal S, Latham P, et al.: Use of continuous local anesthetic infusion for pain management after median sternotomy. *Anesthesiology* 2003; 99(4): 918-923.
- Williams P, Laing R: Tension pneumothorax complicating autologous "blood patch" pleurodesis. *Thorax* 2005;60A:1066-1067.
- Yamagami T, Nakamura T, Iida S, Kato T, Nishimura T: Management of pneumothorax after percutaneous CT-guided lung biopsy. *Chest* 2002;121:1159-1164.

## Classic References

---

- Capps JS, Tyler ML, Rusch VW, Pierson DJ: Potential of chest drainage units to evacuate broncho-pleural air leaks. *Chest* 1985;88S:57S. [classic for discussion of physics]
- Carroll PL: The principles of vacuum and its use in the hospital environment. 1995. Ohmeda, Inc.; Columbia, MD. [classic for discussion of physics]
- Duncan C, Erickson R: Pressures associated with chest tube stripping. *Heart & Lung* 1992;11(2):166-171. [classic on chest tube manipulation]

Duncan CR, Erickson RS, Weigel RM: Effect of chest tube management on drainage after cardiac surgery. *Heart & Lung* 1987;16(1):1-9. [classic on chest tube manipulation]

Gift AG, Bolgiano CS, Cunningham J: Sensations during chest tube removal. *Heart & Lung* 1991;20(2):131-137. [classic on chest tube removal]

Gordon P, Norton JM: Managing chest tubes: what is based on research and what is not? *Dimensions of Critical Care Nursing* 1995;14(1):14-16. [early evidence-based practice]

Gordon P, Norton JM, Merrel R: Refining chest tube management: analysis of the state of practice. *Dimensions of Critical Care Nursing* 1995;14(1):6-13. [early evidence-based practice]

Heimlich HJ: Valve drainage of the pleural cavity. *Diseases of the Chest* 1968;53(3):282-287. [first mention of Heimlich valve in the literature by its inventor]

Kam AC, O'Brien M, Kam PCA: Pleural drainage systems. *Anaesthesia* 1993;48:154-161. [classic for discussion of physics]

Powner DJ, Cline CD, Rodman GH: Effect of chest-tube suction on gas flow through a bronchopleural fistula. *Critical Care Medicine* 1985;13(2):99-101. [classic for discussion of physics]

Rusch VW, Capps JS, Tyler ML, Pierson DL: The performance of four pleural drainage systems in an animal model of bronchopleural fistula. *Chest* 1988;93:859-863. [classic for discussion of physics and gas flow]

## **Suggested Readings Regarding Chest Tube Stripping**

---

Duncan C, Erickson R: Pressures associated with chest tube stripping. *Heart & Lung* 1992;11(2):166-171.

Duncan CR, Erickson RS, Weigel RM: Effect of chest tube management on drainage after cardiac surgery. *Heart & Lung* 1987;16(1):1-9.

Gordon P, Norton JM: Managing chest tubes: what is based on research and what is not? *Dimensions of Critical Care Nursing* 1995;14(1):14-16.

Gordon P, Norton JM, Merrel R: Refining chest tube management: analysis of the state of practice. *Dimensions of Critical Care Nursing* 1995;14(1):6-13.

Gross, SB: Current challenges, concepts and controversies in chest tube management. *AACN Clinical Issues in Critical Care* 1993;4(2):260-275.

Isaacson JJ, George LT, Brewer MJ: The effect of chest tube manipulation on mediastinal drainage. *Heart & Lung* 1986;15(6):601-605.

Lim-Levy F, Babler SA, DeGroot-Kosolcharoen J et al.: Is milking and stripping chest tubes really necessary? *Annals of Thoracic Surgery* 1986;42(1):77-80.

Oakes LL, Hinds P, Rao B et al.: Chest tube stripping in pediatric oncology patients: an experimental study. *American Journal of Critical Care* 1993;2(4):293-301.

Pierce JD, Naftel DC: Effects of two chest tube clearance protocols on drainage in patients after myocardial revascularization surgery. *Heart & Lung* 1991;20(2):125-130.

Teplitz L: Update: Are milking and stripping chest tubes really necessary? *Focus on Critical Care* 1991;18(6):506-511.

