

# Principes van Vacuüm en klinische toepassing in de ziekenhuis-omgeving

---

**Derde editie auteurs:**

Bill Lamb, BS, RRT, CPFT, FAARC  
National Clinical Manager, Ohio Medical Corp.  
Wentzville, MO

---

Doug Pursley, M.Ed., RRT, ACCS  
Program Director – Respiratory Care  
Springfield, MO

---

**Redacteur:**

Brent D Kenney BSRT, RRT, FAARC  
Supervisor Respiratory Care  
Mercy Hospital  
Springfield, MO

---

**Tweede editie auteur:**

Patricia L. Carroll RN,C,CEN, RRT, MS  
Educational Medical Consultants  
Middletown, CT

---

**Redacteur:**

David J. Howell RRT, PhD  
San Francisco, CA

---

**Illustrator:**

Debra E. Schechter CMI  
Artistic Evidence  
Irvine, CA

---

**Eerste editie auteurs:**

Sandra L. Bucci  
Charles W. Van Way III, MD  
Charles Burek, MD  
James Herde, MD

---

## INHOUDSOPGAVE

INTRODUCTIE	3
DE PRINCIPES VAN VACUÛM EN KLINISCHE TOEPASSING IN DE ZIEKENHUIS-OMGEVING	
Basis vacuüm	4
Meting van vacuümdruk	4
De hoeveelheid flow (luchtstroom)	4
Locatie van opvangpotten	6
ZUIGAPPARATUUR	
Vacuüm pompen	7
Vacuümregelaars	7
Opvangsystemen	9
Zuigslang	10
Zuigkatheter	10
Onderhoud van zuigapparatuur	10
GEBRUIK VAN VACUÛM VOOR PATIËNT PROCEDURES	
Pharyngeale uitzuiging	12
Tracheale uitzuiging	12
Gastroïntestinale zuiging	16
Pleura drainage	18
Chirurgische zuigerij	20
KLINISCHE TOEPASSINGEN	
Maag/darm drainage	21
Pleura drainage	26
APPENDIX	30
REFERENTIES & GESELECTEERDE LEESSTOF	35

*Noot van de vertalers Dick H.B. Kemman en Carlita D.O. Versteeg-Kemman:*

*Aangezien dit in oorsprong een Amerikaanse uitgave is, is het mogelijk dat op sommige plaatsen de Amerikaanse maten en instelwaarden dominant aanwezig zijn dan dat in Europa gebruikelijk is.*

*Deze toelichting is geschreven om zorgverleners een overzicht aan te reiken over het gebruik van medische uitzuiging en over medische vacuümapparatuur zoals die in het ziekenhuis wordt toegepast.*

*Ohio onderkent dat er verschillende inzichten zijn onder clinici over specifieke zuigtechnieken en juiste niveaus van negatieve druk die gebruikt zouden moeten worden bij verschillende applicaties. Ofschoon aanbevelingen die in deze toelichting gedaan worden, gebaseerd zijn op gepubliceerde literatuur, de standaardpraktijk en gebruiksaanwijzingen van fabrikanten, behoren clinici altijd het voorgeschreven beleid en de procedures van hun ziekenhuis te consulteren.*

---

## INTRODUCTIE

In de meeste Nederlandse ziekenhuizen, is vacuüm aangevoerd en beschikbaar vanuit de muuraansluitingen die door het gehele gebouw geplaatst zijn. Andere bronnen van vacuüm zijn elektrische pompen, perslucht-aangedreven venturi systemen en mechanische middelen zoals handpomp en wonddrainage systemen. De hoofdbron van een vacuümsysteem in een ziekenhuis is een pomp die meestal in de kelder van het gebouw geplaatst is. Door het luchtledig maken van een reservoir creëert de pomp vacuüm dat door middel van een pijpsysteem via muurafnamepunten aangeleverd wordt op patiëntenkamers en andere ziekenhuisafdelingen (figuur 1). Als het vacuümniveau beneden een bepaalde waarde komt, dan schakelt de pomp automatisch uit en wordt de verkregen onderdruk opgeslagen; als een vooraf ingesteld vacuümniveau overschreden wordt dan schakelt de pomp ook automatisch weer aan. Over het algemeen is dat wanneer het vacuüm een waarde van 483 mmHg/64,2 kPa, bereikt heeft en wordt er gezogen tot een niveau van 635 mmHg/84,5 kPa.

In de meeste ziekenhuizen wordt een duplex pompsysteem toegepast voor de veiligheid, iedere pomp is capabel om een minimum vacuümniveau te handhaven. Een duplex systeem stelt het ziekenhuis in staat om bij periodiek onderhoud en reparatie van een pomp, te compenseren en tevens om een back-up bron te hebben als onverwacht één van de pompen faalt.



*Figuur 1 Ziekenhuis Duplex vacuüm pomp en reservoir*

**Zuigapparatuur kan aan het wandafnamepunt aangesloten en gebruikt worden om procedures uit te voeren zoals; luchtweguitzuiging, gastro-intestinale decompressie, pleura uitzuiging, en uitzuiging gedurende operatieve ingrepen.**

## BASIS VACUÛM

De term vacuüm kan gedefinieerd worden op twee manieren; als het luchtledig maken van een ruimte, óf, een ruimte waar de druk significant lager is dan de atmosferische druk. Het is de lagere druk die klinische relevantie heeft. In feite kan vacuüm voor klinisch gebruik eenvoudiger omschreven worden als negatieve druk, en uitzuiging als het gebruik van negatieve druk om lucht, vloeistoffen of vaste stoffen te verplaatsen.

Als een vacuümpomp, aangesloten op een gesloten, vaste tank, de helft van de lucht uit de tank inhoud verwijdert, dan is de druk in die tank daardoor ook met de helft verminderd. Als het overblijvende gas (of lucht) expandeert tot het volledige tankvolume, dan ontstaat een sub atmosferische druk, of vacuüm. Gasbeweging of verplaatsing is afhankelijk van het drukgradiënt. Als er een kleine opening in de tank gemaakt wordt, zodat er een open verbinding is naar de atmosfeer (buitenlucht), dan zal de lucht buiten de tank op atmosferische (hogere) druk in de tank geblazen worden, want die heeft een druk van sub atmosferisch (lager). Deze beweging van lucht naar de tank veroorzaakt vacuüm (zuiging). Dit zuigen zal duren totdat de druk binnen en buiten de tank hetzelfde is.

De kracht van de zuiging is primair bepaald door de mate van negatieve druk. Drukken worden gemeten met een manometer die de mate van druk aangeeft



Figuur 2 Klinische vacuüm manometer

welke wordt opgewekt boven of onder de atmosferische druk. De atmosferische druk wordt aangeduid als nul op normale drukmanometers, die druk is dan 760 mmHg/101 kPa, de normale druk op zeeniveau. Negatieve druk is daarom gedefinieerd als druk 'beneden atmosferisch', of druk lager dan nul op de manometer (figuur 2).

## METING VAN VACUÛMDRUK

Negatieve druk is een maat voor de hoeveelheid vacuümkracht die uitgeoefend wordt op een bepaald gebied om een kolom vloeistof tot een zekere hoogte te laten stijgen. Negatieve druk wordt meestal weergegeven met de waarde van kwik of water, in inch, centimeter, millimeter of kilo Pascal. Water- en kwikkolommen worden gebruikt voor meting van negatieve drukken en zijn

standaardwaarden. Gestandaardiseerde en gekalibreerde mechanische vacuümmeters zijn hierop geënt en kunnen dus in water- of kwikdrukken worden weergegeven. Daar water 13,6 keer minder in densiteit is dan kwik, zijn meters die gekalibreerd zijn in waterdruk over het algemeen voor een lager gebied van toepassing dan meters die gekalibreerd zijn in kwikkolommen.

Appendix B bevat een tabel van conversiefactoren. Eén inch van negatieve kwikdruk is de mate van vacuüm die benodigd is om kwik in een kolom, één inch of, uitgedrukt in metrische waarden 25,4 millimeter te laten stijgen (1 inHg negatieve druk = 25,4 mmHg negatieve druk). Hetzelfde getal aan vacuüm zal water omhoog brengen in een kolom tot een hoogte van 13,6 inch (1 inHg negatieve druk = 13,6 inH<sub>2</sub>O negatieve druk) of 34,5 centimeter (1 inHg negatieve druk = 34,5 cmH<sub>2</sub>O negatieve druk).

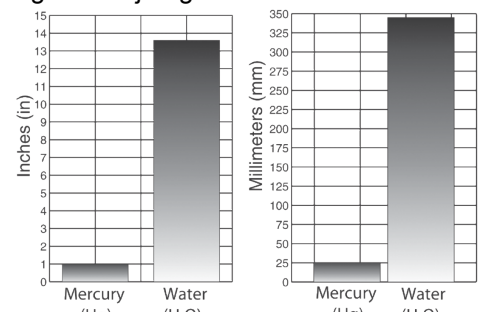
$$1 \text{ inch kwik} = 25,4 \text{ mmHg}$$

$$13,6 \text{ inH}_2\text{O}$$

$$34,5 \text{ cmH}_2\text{O}$$

Millimeter kwik, centimeter water of kilo Pascal, zijn de termen die gewoonlijk gebruikt worden in ziekenhuis-systemen en patiëntzorg.

Ze zijn een maat van kracht voor negatieve druk (figuur 3).

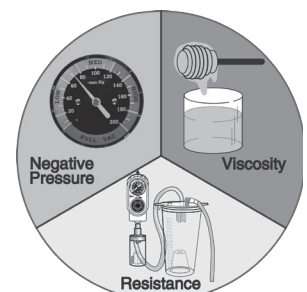


Figuur 3 Zuig omreken tabel

## DE HOEVEELHEID FLOW (LUCHTSTROOM)

Een belangrijke factor bij uitzuiging in medische toepassing, is de hoeveelheid flow waarmee lucht of vloeistof verwijderd wordt vanuit de patiënt. Deze flowhoeveelheid wordt beïnvloed door drie factoren:

1. De hoeveelheid negatieve kracht geproduceerd door de vacuümbron.
2. De resistance (of weerstand) van het zuigapparaat, de verbindingsslang met katheter.
3. De viscositeit van het materiaal dat weggezogen wordt.



Figuur 4 Flow capaciteit factoren

In de klinische toepassing, bestaat de zuigset uit een opvangpot, zuigslang en katheter, aangesloten op een zuigregelaar die is ingeschakeld in een vacuüm-afnamepunt. Als de regelaar is ingesteld, wordt vacuüm overgebracht vanaf de zuigbron, door de regelaar en zuigset naar het eind van de zuigkatheter. Vóórdat er gezogen kan worden bij de kathetertip, moet er vacuüm zijn in de opvangpot. Als de negatieve druk in de opvangpot groter is (door het verhogen van de stand van de regelaar), dan zal de hoeveelheid flow van lucht of gas, ook groter zijn. Maximale hoeveelheid flow is begrensd door de totale weerstand in het systeem (regelaar, slangen, opvangpot, katheter); daardoor kan op een bepaald vacuümniveau niet nog meer flow gecreëerd worden, ook niet bij verdere verhoging van het vacuümniveau. Echter, als de hoeveelheid flow toeneemt dan is er een graduele verandering van laminaire (gestroomlijnde) naar turbulente flow. In de meeste omstandigheden als turbulentie plaatsvindt, moet de negatieve druk in de opvangpot toenemen met een factor vier om de hoeveelheid flow in het gehele zuigsysteem te verdubbelen.

De zorgverlener moet bedacht zijn op de mate van negatieve druk die op een patiënt wordt uitgeoefend. **Slechts die minimale hoeveelheid negatieve druk die nodig is voor het vervullen van de zuigprocedure, dient gebruikt te worden.** Als extra flow noodzakelijk is, dienen veranderingen in andere zuigvariabelen, zoals slanglengte en -diameter, overwogen te worden, vóórdat de negatieve druk wordt opgeschroefd.

Naast negatieve druk, is weerstand van het zuigapparaat en de fysische karakteristiek van het materiaal dat afgezogen wordt, van invloed op de afvoer van vloeistoffen uit de patiënt. De weerstand van de slangen en het zuigsysteem beperken de afvoer van vloeistof en harde materialen, ondanks toename van vacuümdruk, echter met deze toename in druk kan de hoeveelheid luchtverplaatsing in het systeem excessief worden en kan het risico voor de patiënt geven. Bijvoorbeeld, dik etterachtig sereet heeft meer vacuümkracht nodig dan waterachtige secreten.

Alle vacuümadaptors, zuigregelaars en opvangsystemen hebben een eigen weerstand door mechanische eigenschappen. Ofschoon fabrikanten streven naar vermindering van weerstand door het vermijden van kleine openingen, is enige weerstand onvermijdelijk. Hoe dan ook, vermindering van flowhoeveelheid zal altijd plaatsvinden, als er lucht of gas door apparatuur stroomt.

Een significant probleem met de insteekkoppelingen bij toepassing van vacuüm, is het probleem van verminderde flow door verstopping van het afnamepunt. Verstoppingen worden veroorzaakt door vier hoofdzaken:

1. Normale passage van beddenstof in kamerlucht als regelaars ingeplugd en aangeschakeld blijven.
2. Accumulatie van aerosolen gedurende zuigprocedures.
3. Overloop die accidenteel plaatsvindt als gevolg van falen van de overloopbeveiliging of aansluitfouten.
4. Aspiratie van rook en andere zaken bij chirurgische procedures.

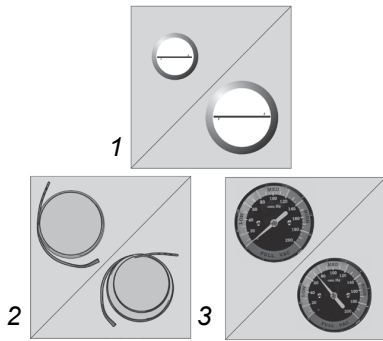
Ze kunnen alle gereduceerd of geëlimineerd worden door correct gebruik van effectieve overloopbeveiligingen in opvangpotten, correct geplaatste overloopbeveiligingen op vacuümregelaars en disposable filters. Filters, echter, worden meer restrictief als zij de lucht reinigen die passeert, waardoor partikels zich ophopen. Het effectieve gebruik van filters vereist zorgvuldige aandacht en frequente vervanging om een optimale flow te handhaven. Ziekenhuizen dienen 'Standaard Procedures' in te stellen om filters te wisselen en daarmee eigenschappen van de regelaars en gas-systemen te handhaven.

Een vacuüm systeem-flow-tester is een belangrijk stuk gereedschap waarmee de flow gedurende normale onderhoudsprocedures gemeten kan worden om eventuele te lage flows vast te stellen. Dit apparaat identificeert snel lage flows die verband houden met verstopte afnamepunten en kan ook gebruikt worden om apparaten en sets te meten en zo een optimale samenstelling te vinden. Het is essentieel om een maximum vacuümflow te hebben vanuit het wandafnamepunt.

Er behoort preventief basisonderhoud plaats te vinden van alle afnamepunten, inclusief periodieke flowmeting (waarbij geen vacuümregelaars dienen aangesloten te zijn). Matige zuigeigenschappen dragen bij in de problematiek met vacuümregelaars of andere onderdelen van het opvangsysteem (wanneer het afnamepunt de oorzaak is van contaminatie en gecompromitteerd is). Reiniging en reparatie dienen te geschieden wanneer afnamepunten vuil of verstopt zijn, of een defect mechanisme hebben

Wanneer een slang wordt aangesloten op zuigapparaten, dan neemt de weerstand toe en zal de hoeveelheid flow verminderen. De belangrijkste factor die de weerstand van de zuigapparatuur beïnvloedt, zijn de inwendige diameter van de slang en slangconnectors (figuur 5).

Flowhoeveelheid kan toenemen op drie manieren (figuur 5):



Figuur 5 Flow capaciteit factoren

1. toename van de inwendige diameter van slang en connectors;
2. gebruik van kortere slang;
3. toename van de negatieve druk.

In de meeste gevallen is toename in flow verreweg het grootst als een

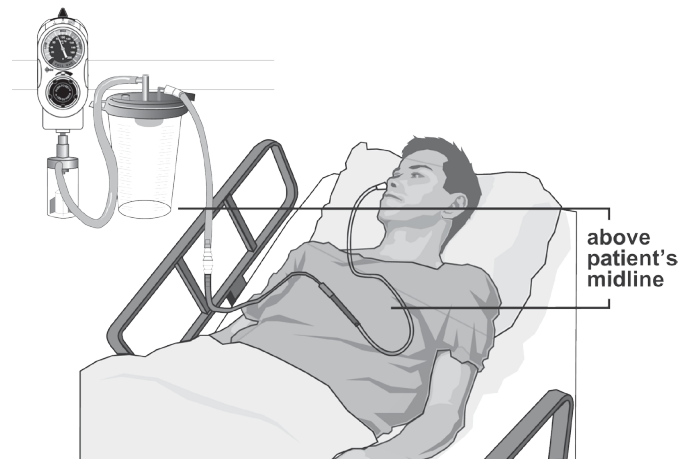
wijdere slang-diameter wordt toegepast, meer nog dan door gebruik van een kortere slang. Een kleine diameter connector kan aanzienlijke flowbeperkingen veroorzaken, zelfs als de slangdiameter groot is. Waar de diameter van katheters, die gebruikt worden in het lichaam voor zuigprocedures, beperkt wordt door de anatomie van de patiënt, blijft alleen de slang van de opvangpot naar de katheter die nog veranderd kan worden. Ideaal is, de slang zo kort en zo wijd mogelijk (min. 6 mm.).

Flowhoeveelheid wordt voor een groot deel ook beïnvloed door de viscositeit en cohesie van de vloeistof die afgezogen moet worden. Sputum, geaspireerd vanuit de luchtweg, is een hoog viskeuze en cohesieve (dikke) vloeistof. Het beperkt de flow door aankleven aan de wand van de katheter en zuigslang. Het opzuigen van steriel water of fysiologisch zout door de katheter vóór het uitzuigen van de luchtweg, geeft smering en verbetert de verplaatsing van mucus. Bloed, daarentegen, is minder visceus en cohesief en als gevolg daarvan gaat afvoer gemakkelijker door afzuigsystemen. Voedselresten bij maagdrainage, nasogastrische drainage, of afzuiging bij vomeren, kunnen de katheter, slang of afzuigpot, blokkeren.

Zelfs met een goede flowcapaciteit vanuit het afnamepunt, kunnen een aantal factoren de flow reduceren tot marginale niveaus bij de patiënt. Een oplossing van dit probleem; overtuig uzelf dat de negatieve druk voldoende is om vloeistoffen in de opvangpot te krijgen; de kortst mogelijke lengte van slang gebruikt wordt, dat de slang-, connector- en katheterdiameters zo wijd mogelijk zijn en het vacuümsysteem geen lekken heeft (zie appendix A). Zoals eerder besproken dienen flowhoeveelheden geregeld gecontroleerd te worden bij de afnamepunten als onderdeel van preventief onderhoud.

## LOCATIE VAN DE OPVANGPOTTEN

De plek van opvangpotten is een ander belangrijk onderdeel wanneer een zuigset wordt opgebouwd. Bij uitzuiging via de maagsonde wordt de verzamelpot dikwijls geplaatst boven de patiënt, ter hoogte van het afnamepunt en de regelaar. Bij intermitterende maagdrainage is het de bedoeling dat de pot hoger wordt geplaatst dan de patiënt dit om een sifoneffect te voorkomen dat optreedt als de pot beneden de patiënt is gezet. Deze wijze van plaatsing staat ook een milde maagreflux toe in het handhaven van specifieke maagsondes, een onderwerp dat later meer in detail wordt behandeld. Bij continu maagdrainage zonder actief vacuüm, is het sifoneffect acceptabel; de pot wordt geplaatst onder de middellijn van de patiënt zodat de zwaartekracht de afvoer van vloeistoffen versterkt. Als intermitterend zuigen wordt toegepast, dan moet de opvangpot boven de middellijn van de patiënt geplaatst worden (figuur 6).



Figuur 6 Hoogte opvangpot beïnvloed hoeveelheid vacuümkracht

Voor pleura drainage, moet de opvangfles voorzien zijn van een waterslot en geplaatst worden beneden de borstkas van de patiënt, dit om terug zuiging van vloeistoffen in de borstkas van de patiënt te voorkomen. Gedurende chirurgische procedures, is de opvangpot meestal op de vloer geplaatst. Als de opvangpot hoger dan de patiënt geplaatst is, houdt dan in gedachten dat 22,5 mmHg/3 kPa druk is vereist om water 25 centimeter te laten stijgen in een kolom. Voor klinische toepassing betekent dit principe dat als de opvangpot 25 cm boven de middellijn van de patiënt geplaatst is, dit een extra 22,5 mmHg/3 kPa kracht vereist om water omhoog te brengen in de slang en verzamelpot (figuur 6). Derhalve als dat dus het geval is, overweeg dan verhoging van de negatieve druk om voor het hoogteverschil van de fles te compenseren.

## ZUIGAPPARATUUR

### Vacuüm pompen

Vacuüm kan op een aantal manieren geproduceerd worden:

- pompen;
- venturi's;
- zwaartekracht.

In moderne ziekenhuizen is vacuüm verkrijgbaar voor klinisch gebruik vanuit een centraal vacuümsysteem dat eigenlijk een verlengstuk is van een centraal geplaatste vacuümpomp. Deze pomp moet in staat zijn om hoge flows en constante ononderbroken negatieve druk te genereren.

Draagbare **pompen** kunnen ook gebruikt worden om vacuüm te genereren, in het bijzonder voor ziekenhuisplekken waar geen centraal vacuümsysteem is. Negatieve drukken gegenereerd door deze apparaten kunnen vergeleken worden met vacuüm uit de muur als zo'n apparaat nieuw of goed onderhouden is. Echter de flowhoeveelheden zijn meestal lager (verondersteld bij zelfde leeftijd en service in centrale systemen). Gebruikers dienen drukken en flowspecificaties te identificeren als zij draagbare apparatuur evalueren. Over het algemeen zijn portable zuigsets minder effectief. Individueel pomponderhoud is door de bank genomen duurder en meer tijd consumerend dan het onderhoud van één centraal vacuümsysteem.

Een andere vacuümbron is **venturi**-zuigerij. Vacuüm wordt geproduceerd in een venturi systeem wanneer gas onder druk (perslucht of zuurstof) beweegt door een nauwe opening. De hoge snelheid van de perslucht door de restrictor creëert een negatieve druk distaal aan de vernauwing (Bernoulli principe); deze negatieve druk kan gebruikt worden bij uitzuiging. Er is geen separaat lijnvacuüm of elektriciteit nodig als lijn- (of cilinder-) zuurstof of perslucht de drijvende kracht is. Deze methode wordt gewoonlijk gebruikt bij Eerste Hulp of een transportomgeving, als andere zuigbronnen niet voorhanden zijn. Aandrijving met perslucht kan lawaai en matige flowhoeveelheden geven, typische beperkingen bij venturi zuigerij.

Vacuüm systemen zijn optimaal voorhanden in bijna alle Nederlandse ziekenhuizen. Pijplijnvacuüm spaart vloeroppervlakte, is stil, veilig en direct klaar voor gebruik

### Vacuümregelaars

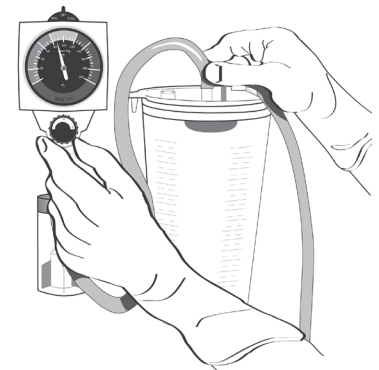
De hoeveelheid negatieve druk vanuit het centraal vacuümsysteem is groter dan vereist is voor de

meeste klinische toepassingen. Een regelaar, aangesloten op het afnamepunt, stelt de zorgverlener in staat om het niveau van negatieve druk, te doseren.

De vacuüm regelaar limiteert de maximum hoeveelheid vacuümkracht die toegepast kan worden bij de patiënt. Hij voorziet in een constante negatieve druk die automatisch gecontroleerd wordt door een mechanische balg in de regelmodule, zodat de regelaar genoeg flow levert om het verlangde vacuümniveau op peil te houden. Dit regulerend mechanisme, dat verschilt met een vacuümregelaar waarbij een naaldventiel of kraan de vacuümflow controleert, reageert op fluctuaties in zowel het aangeleverde vacuüm als de zuigvraag aan de katheterzijde. Hij controleert zichzelf automatisch, toenemend of afnemend vacuüm, om het gevraagde niveau te handhaven.

Ziekenhuis vacuümregelaars zijn altijd voorzien van manometers. Deze manometers zijn vaak gekalibreerd op 0-760 mmHg. en/of 0-101 kPa. of lagere waardes. Sommige negatieve-druk manometers zijn ook gekalibreerd in centimeter waterkolom. Manometers buiten de USA en Canada, hebben een 'tegen de klok in' draairichting van de manometernaald om verschillen tussen negatieve en positieve drukken te onderscheiden. Positieve drukuitlezing loopt altijd in de richting van de klok. Digitale manometers die ook verkrijgbaar zijn, zijn accurater en betrouwbaarder dan analoge meters.

Vóór het instellen van drukniveaus op een regelaar, dienen zorgverleners de patiëntconnectie af te sluiten, hetzij door het plaatsen van de duim op de opening van de opvangpot (waar de patiëntslang wordt aangesloten) of door het afknellen van de zuigslang zodat die totaal is afgesloten



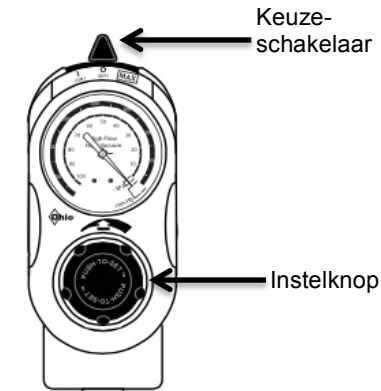
Figuur 7 Negatieve druk dient vóór- geselecteerd te worden

(figuur 7). Als de toegang naar de patiënt op deze wijze is afgesloten, dan geeft de manometer de maximale druk aan die met die instelling wordt geleverd. Als de toegang naar de patiënt niet volledig is gesloten, dan is het systeem open naar de atmosferische druk en de manometer geeft een druk aan die minder is dan de mogelijk hogere ingestelde negatieve druk. Hierdoor kan er ongewenst en ongemerkt, over-gezogen worden in kracht.

## Continu vacuümregelaars

De Ohio Medische Continu Vacuümregelaar is een lichtgewicht, compacte unit. Hij voorziet in eenvoudig, probleemloos gebruik en groot gebruikersgemak, (figuur 8). De keuzeschakelaar selecteert de actie. Modus posities zijn 'ON (Aan)',

'OFF (Uit)' en 'MAX-vacuüm'. In de 'MAX-vacuüm' modus, is het interne regelmechanisme omzeilt zodat de gebruiker over het maximum vacuüm uit de muur beschikt, mogelijk tot 635 mmHg/84,5 kPa. Zo'n vacuüm kan hij nodig hebben in noodsituaties, zoals bijv. massieve bloeding bij een



Figuur 8 Continu vacuümregelaar

patiënt in de operatiekamer of noodzakelijk bij het afzuigen van forse hoeveelheden secreties vanuit de orale caviteit bij resuscitatie. De drie-positie-schakelaar is verkrijgbaar op één model. Dit model is het hoog-vacuüm type met de stand 'Vol Vacuüm'. Dit model is speciaal voor het hoge-range gebied en voorziet in toenames van nul tot 760 mmHg/101 kPa met numerieke stappen van:

- 100 mmHg en 10 kPa interval;
- grote markeringen bij elke 50 mmHg en 10 kPa;
- kleinere bij 25 mmHg en 5 kPa.

Een twee-positie keuzeschakelaar is ook verkrijgbaar. Deze schakelaar heeft slechts de standen Off en geregeld vacuüm, en elimineert hiermee de Vol-vacuüm-stand voor diegenen die dat niet nodig of wenselijk achten.

Twee versies worden aangeboden:

1. Eén die bedoeld is voor hoogvacuüm optie door het draaien aan de regelknop tot de hoogste positie.
2. De andere is voorzien van een mechanische stop en een veiligheidsaanzuigventiel zodat negatieve krachten beperkt zijn tot maximaal 150 mmHg/19,9 kPa of 100 mmHg/13,3 kPa, afhankelijk van het model.

De vacuüm-regelknop is gelokaliseerd direct onder de manometer en kan gedraaid worden totdat het gewenste niveau van vacuüm bereikt is. Gebruikers kiezen de instelling, sluiten de patiëntconnectie volledig af, draaien dan de controleknop tot de gewenste waarde van negatieve druk, die op de manometer wordt weergegeven. De standaardmanometer op Ohio Medical's Continue

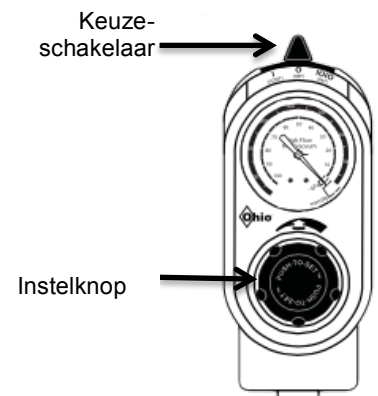
Vacuümregelaar indiceert millimeter kwik en kPa. De unit is in staat om flowhoeveelheden tot 110 liter per minuut (l/min) te geven, één en ander afhankelijk van de samengestelde configuratie.\*

\* Bedenk echter dat het simpel aansluiten van een 12 French katheter in een zuigsysteem, zelfs als de regelaar op maximale stand is gezet, de totale flow in het systeem vermindert.

## Intermitterende vacuümregelaars

Sommige vacuümregelaars zijn ontworpen om aan speciale medische zuigbehoeften te voldoen, zoals bijv. maag/darm zuigerij. Dit type regelaar voorziet automatisch in geïnterrumpeerd of intermitterend vacuüm met flowsnelheden die lager zijn dan die gegenereerd worden bij continu regelaars.

Ohio Medical heeft een regelaar, de Intermitterende Suction Unit (ISU) ontworpen om te functioneren als zowel continu vacuümregelaar of als een intermitterende maag/darm vacuüm-regelaar (figuur 9). Het concept van intermitterende maag/darm zuigerij en Ohio Medical's Intermitterende Suction Unit zal besproken worden in het hoofdstuk maagdrainage.



Figuur 9 Intermitterende vacuümregelaar

Noot:  
Vacuümregelaars van andere merken kunnen anders werken.

## Operatiekamer regelaars

Zuigprocedures in de operatiekamer stellen speciale eisen aan het vacuümsysteem. Operatiekamers zijn meestal gesitueerd dichtbij de ziekenhuisvacuümbron, dit om zekerheid te hebben op hoge negatieve drukken en hoge flows voor snelle verwijdering van grote hoeveelheden vloeistoffen. Sommige leveranciers hebben vacuümregelaars met speciale eigenschappen om aan deze vraag te voldoen. Deze eigenschappen sluiten vacuüm-beperkende onderdelen uit en hebben keuzeknoppen om gereguleerd vacuüm te omzeilen.

De Ohio Medical Surgical/Free-Flow vacuümregelaar is ontworpen voor operatiekamer specificaties. Hij verschilt van de andere units op belangrijke punten:

1. Allereerst een uniek regulerend mechanisme van grote diameter, dat in staat stelt tot rechttoe,



rechtlijnig zuigen met maximale flowhoeveelheden en –snelheden, essentieel voor krachtig zuigen. Dit regulerend mechanisme voorkomt ophoping van stofdeeltjes en aerosolen, beiden veroorzaken verstopping van normale regelaars en reduceren zo de effectiviteit.

2. Ten tweede, de regulerende balg is ‘overbemeten’, dit om te reageren op grote veranderingen in de vacuüm- en flow-behoefte als het zuiggebied wordt overspoeld met bloed en/of irrigatie vloeistoffen. Hij voorziet ook in snelle instellingen van vacuümniveaus, er is slechts één enkele slag aan de knop nodig om tussen UIT en Vol-vacuüm te regelen.

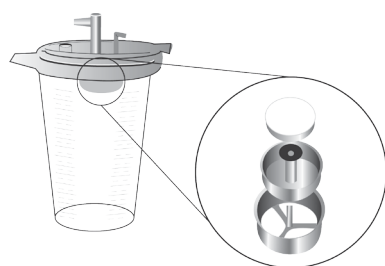
Een handige op de bovenkant gemonteerde knop schakelt tussen vacuüm aan/uit en behoudt vorige vacuüminstellingen. Twee manometer-opties zijn verkrijgbaar:

1. De standaard manometer met verdeling 0-200 mmHg/0-26,6 kPa en een Vol Vac zone, voor grotere nauwkeurigheid in het lagere negatieve drukgebied.
2. En een hoogvacuüm manometer met stappen tussen 0-760mmHg/0-101 kPa zodanig dat elke negatieve druk kan worden afgelezen.

## Opvangsystemen

Wanneer een zuigset samengesteld wordt, dan wordt een regelaar aangesloten op het vacuümniet en voorzien van een opvangsysteem en slangen. Veel regelaars worden direct op het afnamepunt opgehangen andere via een railsysteem. Deze snelkoppelingen op de wandafnamepunten openen automatisch als de adapter wordt ingeplugd, en sluiten automatisch wanneer hij wordt verwijderd.

Opvangsystemen verzamelen opgezogen vloeistoffen, zijn gekalibreerd voor klinische metingen en bewaren de opgezogen materialen voor zolang als dat nodig is. Dekslens op veel systemen



Figuur 10 Disposable opvangpot (links) en mechanische afsluitklep (rechts)

voorkomen dat de opgezogen vloeistoffen in de regelaar terechtkomen. Dekslens zijn ook vaak voorzien van een overloopbeveiliging die gaat drijven bij een volle fles en doorloop voorkomt, het kan ook een mechanische afsluiting zijn of een hydrofoob afsluitfilter dat dichtslaat als vloeistoffen dit filter bereiken. Bij disposable systemen zitten er ook dikwijls doppen bij

waarmee de fles afgesloten kan worden (figuur 10).

Er is een grote verscheidenheid aan disposable opvangsystemen.

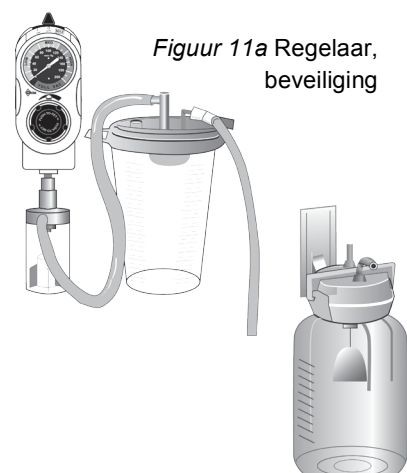
Figuur 11 zijn voorbeelden die in veel ziekenhuizen worden gebruikt.

Gebruik van disposables elimineert onderhoud en reinigen van reusables, dat hierbij wél noodzakelijk blijft

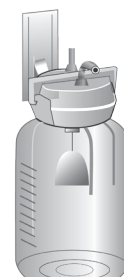
om ze te laten functioneren en kruis-infecties te voorkomen. Er zijn grofweg twee types disposables, plastic flessen en zgn. gesloten zak-systemen. Deze zijn in verscheidene maten voor verschillende toepassingsbehoeftes. Alle disposables hebben afsluit/overloopkleppen en vele hebben disposable filters.

Ohio Medical reusable opvangsystemen hebben een ophangsteun en deksel die de fles bij de hals ondersteunt (figuur 11b). Een geïntegreerde afsluithendel fixeert met een kwartslag de deksel op de fles. De deksel bevat een afdichting en een overloopbeveiliging voor als de fles te vol mocht raken. Ter meerdere zekerheid kan een disposable filter stof, vuil en aerosolen tegenhouden. De flessen hebben een niveaumarkering en kunnen geheel geautoclaveerd worden.

Vloeistoffen, aerosolen en stof kunnen dus in de regelaar en ook het afnamepunt binnentreden en een disfunctioneren veroorzaken. Als deze materialen in het leidingsysteem komen, blokkeren die en kunnen ook contaminatie veroorzaken. Een overloopbeveiliging dient geplaatst te worden ter voorkoming van binnendringend stof, aerosolen en accidentele overloop. De beveiliging dient geplaatst te worden tussen de fles en de vacuümregelaar. De overloopbeveiliging\* beschermt het materiaal in geval van een defect bij de afsluiting in de deksel van de opvangpot. Het niet optimaal functioneren van dergelijke overloop-beveiligingen is meestal te wijten aan niet correct reinigen of het schuin houden van de opvangfles. Afsluitfilters functioneren ook als de opvangfles wordt schuin gehouden. De overloopbeveiliging verzamelt tevens condensatie en



Figuur 11a Regelaar, beveiliging



Figuur 11b Reusable fles



Figuur 12 Autoclaveerbare overloopbeveiliging

druppels, en voorkomt hiermee dat vocht de regelaar en het leidingnet inloopt (figuur 12).

De Ohio overloopbeveiliging is voorzien van een afsluitklep en vlotter om het opvangsysteem van de regelaar af te sluiten als de beveiliging mocht vollopen. De overloopbeveiliging is niet bedoeld om als opvangfles te fungeren. Hij is uitsluitend bedoeld om het binnengaan van vloeistoffen in de regelaar of leiding tegen te gaan. Als hij gecontamineerd is, kan de overloop gereinigd en gesteriliseerd worden volgens de voorschriften van de fabrikant.

\* De Amerikaanse National Fire Protection Agency (NFPA), die alle gassen en vacuüm uit de wand reguleert, stelt, "Vloeistof of vaste materialen mogen niet in kunnen dringen in het medische-chirurgische wandsysteem." (NFPA 99 2012-5.1.14.1.3). Om hieraan tegemoet te komen, adviseert Ohio Medical gebruik van een overloopbeveiliging en/of filters die de regelaar en het in lijn vacuümsysteem hiertegen te beschermen.

## Zuigslang

Zuig-verbindingsslangen zijn verkrijgbaar in een grote variatie lengtes en diameters, disposable zowel als reusable. Een heldere, doorzichtige slang wordt aanbevolen zodat het opgezogen materiaal zichtbaar is. Een disposable slang wordt meestal gebruikt omdat deze kruisinfecties vermindert. De slang dient van een goede kwaliteit te zijn, de wand mag niet collaberen als hij wordt blootgesteld aan negatieve drukken en hij mag niet knikken. In het algemeen moet er naar gestreefd worden om een zo kort mogelijke lengte te kiezen. De binnendiameter dient zo groot mogelijk te zijn om adequaat flow te laten passeren (minimaal 6 mm). Wikkelen van de slang over apparatuur dient vermeden te worden.

## Zuigkatheters

Een grote verscheidenheid aan zuigkatheters wordt in ziekenhuizen toegepast. De meeste hebben speciale eigenschappen voor het specifieke doel waarvoor zij bestemd zijn. Zuigkatheters zijn over het algemeen stijver dan ander soorten katheters en hebben een tip met grote openingen. Dit stelt de gebruiker in staat om snel secreet en braaksel te verwijderen uit de bovenste luchtwegen (pharyngeale zuigerij) bij trauma of bij bloeding en irrigatievloeistoffen in de operatiekamer. Katheters voor het uitzuigen van de luchtwegen zijn dunner en flexibeler om beschadiging aan de mucosa te voorkomen en obstructies in de luchtweg te beperken.

De 'whistle tip' (fluitvormige) katheter heeft twee of drie gaten, loodrecht op elkaar geplaatst. Dit reduceert het risico van zuigtrauma omdat over het algemeen bij obstructie maar één gat verstopt raakt. Het tweede gat dient dan als aanzuigveiligheid en

voorkomt dat zoals bij één-gats type, een sterke onderdruk kan ontstaan. Een vinger- of duimventiel voorkomt dat negatieve druk in de katheter wordt opgebouwd wanneer dat ongewenst is, zoals bij het opvoeren van de katheter tijdens luchtweguitzuiging. Veel zuigkatheters hebben markeringen om aan te geven hoe diep de katheter is ingebracht. Dit is een belangrijk kenmerk voor endotracheale uitzuiging en een gangbaar bewezen klinische procedure als richtlijn voor niet te diep inbrengen (kathetertip niet dieper dan het eind van de endotracheale tube).

## ONDERHOUD VAN ZUIGAPPARATUUR

Routineonderhoud en inspectie zijn belangrijk om een goed functioneren van apparatuur te waarborgen. Goede zuigkracht is afhankelijk van schone apparatuur. Zelfs de beste vacuümpomp is nutteloos bij verstopt toebehoren. Overigens dient ieder ziekenhuis voor een preventief onderhoudsprogramma zorg te dragen. Dit vermindert kosten en houdt apparatuur optimaal. Hierbij een voorstel voor controle van zuigapparatuur na elk patiëntgebruik;

1. intensieve reiniging van reusable, en afvoer van disposable componenten;
2. zorgvuldige inspectie van de apparatuur met speciale aandacht voor de filters;
3. analyse van functionering;
4. bijstelling en zo nodig reparatie;
5. reiniging;
6. eventueel sterilisatie.

Vacuümregelaars zijn stroomafwaarts van de patiënt en dienen beschermd te worden met opvangsystemen voorzien van een filter en overloopbeveiliging. Derhalve hoeven ze niet routinematig gesteriliseerd te worden. Als de opvangsystemen niet goed functioneren of gebypassed worden waardoor contaminatie van de regelaar plaatsvindt, dan kan de regelaar gedecontamineerd worden volgens de fabrieksvoorschriften. Sterilisatie zonder reiniging kan resten doen aankoeken en als gevolg daarvan resulteren in verminderde werking van de apparatuur. Alle slangen behoren in goede conditie te zijn en goed aan te sluiten op de connecties. Overloopbeveiligingen dienen gecheckt te worden op juist functioneren. Filters moeten schoon zijn en in goede conditie zodat zij hun werk naar behoren kunnen doen en daarbij een goede flow waarborgen.

Fabrikanten geven over het algemeen gebruik- en schoonmaakinstructies bij hun apparatuur. Bewaar deze en gebruik ze bij reparatie en onderhoud.

Apparatuur dient in gebruik te blijven, rouleer eventueel om de volgende redenen:

- 
1. Ongebruikte apparatuur gaat over het algemeen achteruit.
  2. Rubber en plastic delen worden stijf en hard en hebben kans op verkleving.
  3. Kleppen en veiligheidskleppen kunnen vast zijn gaan zitten.

Als spullen op de plank blijven liggen of in een crash kar, zonder te gebruiken, dan dienen ze periodiek getest te worden op juist functioneren. Vacuüm afnamepunten dienen bereikbaar te zijn voor technici. Test in ieder geval de apparatuur vóór gebruik op de patiënt.

Onderhoud van het vacuümleidingsysteem is even belangrijk als onderhoud van de zuigregelaars. De flowcapaciteit van het afnamepunt dient op jaarlijkse basis gecontroleerd te worden en geschikte reiniging van de afnamepunten dient van tijd tot tijd plaats te vinden. Acceptabele flowhoeveelheden voor vacuümpunten dienen in overeenstemming te zijn met hun specificaties. Gebruik van effectieve afsluitkleppen, filters en overloopbeveiligingen, beschermen uw leidingsysteem.

## **SAMENVATTING**

Zuigen is een belangrijk onderdeel van de dagelijkse patiëntzorg en in veel gevallen een levensreddende procedure. Goede kennis van de fysische eigenschappen van uitzuigen, factoren die de flowhoeveelheid beïnvloeden en de klinische toepassing van negatieve druk, maken de procedure effectiever en zo veiliger.

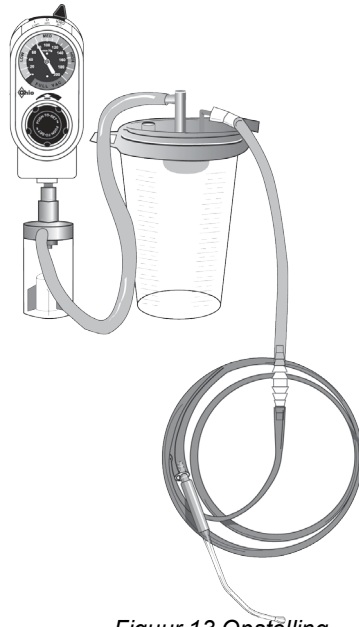
## GEBRUIK VAN VACUÛM VOOR PATIËNTPROCEDURES

### Pharyngeale uitzuiging

Zuigen wordt frequent gebruikt om excessief secretie of braaksel te verwijderen van de pharynxholtes, als de patiënt zelf niet in staat is zijn luchtweg te reinigen. Apparatuur voor pharyngeale uitzuiging bevat de volgende componenten (figuur 13):

- vacuümbron;
- vacuümregelaar;
- opvangpot met afsluitbeveiliging;
- overloopbeveiliging;
- aansluitslangen;
- zuigbuis, meestal is dat een Yankauer.

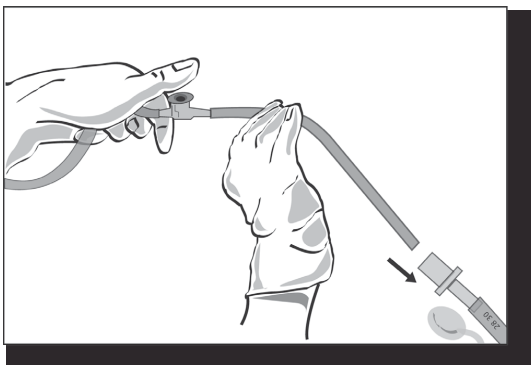
Zuigbuizen kunnen reusable of disposable zijn, maar beide zijn ontworpen voor gebruik per patiënt, dit om kruisinfecties te voorkomen. Bij reusable uitvoering, dient de zuigbuis na ieder gebruik gereinigd en gesteriliseerd te worden. Ofschoon uitzuiging van de pharynx zo vaak wordt gedaan als nodig wordt geacht door de zorgverlener, dient onnodige uitzuiging vermeden te worden. Het kan trauma veroorzaken aan het mucosamembraan en zo leiden tot oedeem van de weke weefsels.



Figuur 13 Opstelling pharyngeale uitzuiging

### Tracheale uitzuiging

Trachea uitzuiging is bedoeld om de lagere luchtweg vrij te maken van excessieve secretie en schoon te houden. Trachea zuiging wordt gedaan direct door een endo-tracheale katheter of tracheotomie canule (figuur 14).



Figuur 14 Uitzuiging door een Endotracheale tube

Apparatuur voor gebruik van tracheale uitzuiging bevat de volgende onderdelen:

- vacuümbron;
- vacuümregelaar;
- opvangsysteem met afsluitklep;
- overloopbeveiliging;
- aansluitslangen;
- steriele disposable katheter.

Katheters voor vakere toepassing geschikt, worden ook gebruikt bij ventilator-afhankelijke patiënten. Deze katheters zijn gevat in plastic houders en aangesloten op de ventilatorlangset (closed suction systems). De katheter wordt hierbij uit de houder geduwd en in de kunstmatige luchtweg opgevoerd.

Deze 'meer-gebruik' katheters hebben verscheidene voordelen:

- De patiënt is niet losgekoppeld van de ventilator.
- De zorgverlener zelf komt niet in contact met de katheter.

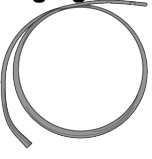
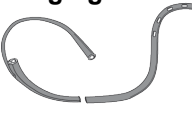
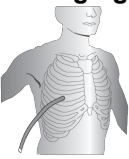
Deze katheter wordt gewoonlijk elke 24-72 uur vervangen. Sommige auteurs bevelen wekelijkse wisseling aan (Respir Care 2003;48(5):494-499). Ongeacht welk type katheter gebruikt wordt, de zorgverlener dient hier bewust mee om te gaan.

Negatieve druk in de tracheabronchiale tak kan verscheidene negatieve effecten hebben op de longen. Uitzuiging verwijdert zuurstofrijke lucht, dat kan leiden tot gereduceerd longvolume en de mogelijkheid tot atelectase en kortstondige hypoxie. Wanneer de kunstmatige luchtweg compleet afgesloten is door de zuigkatheter, dan is dit risico zelfs aanmerkelijk groter. Dit gevaar kan op twee manieren verminderd worden:

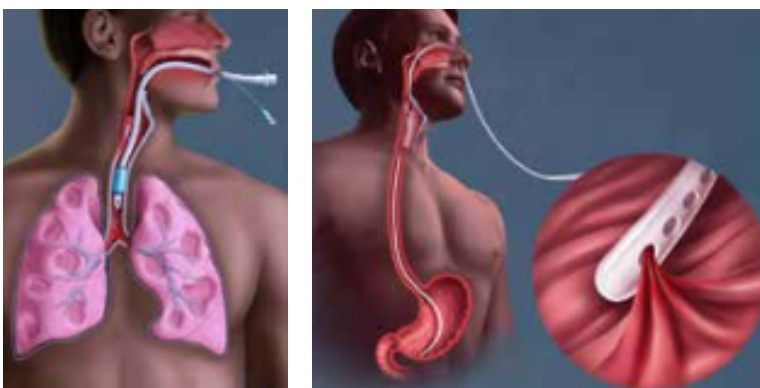
- Door gebruik te maken van de smalst mogelijke katheter voor het effectief verwijderen van secretie.
- Door de duur van uitzuiging te beperken tot niet meer dan 10 - 15 seconden.

De maat van de katheter die gebruikt wordt voor tracheale uitzuiging, is erg belangrijk. Als de afmeting van de zuigkatheter toeneemt, dan kan transmissie van negatieve druk in de longen óók toenemen. De diameter van de katheter dient niet zo smal te zijn dat de afzuigflow ernstig belemmerd wordt, maar dient smal genoeg te zijn om in de endotracheale tube te passen terwijl er voldoende opening omheen overblijft. Als algemene regel geldt dat de buitendiameter van de zuigkatheter niet groter mag zijn dan 50% van de inwendige diameter van de endotracheale tube of tracheotomie canule voor volwassenen en niet groter dan 70% van de binnendiameter bij kinderen (zie appendix C.).

Figuur 15a

	Risico	Waarschuwing
<b>Luchtweg uitzuiging</b> 	Mucosa beschadiging Hypoxemie Atelectase	Houdt druk beneden 80-120mmHg/10,6-15,9 kPa.  Controleer dat buitendiameter van katheter, niet groter is dan de helft van de binnendiameter van de tube.  Geef supplementair zuurstof en diepe zuchten.
<b>Nasogastrische uitzuiging</b> 	Mucosa beschadiging Katheterocclusie	Gebruik dubbel-lumen katheters  Gebruik intermitterende zuiging.  Plaats opvangpot boven patiënt.
<b>Pleura zuiging</b> 	Herhaald pneumothorax	Verzeker uzelf dat de tube niet afgesloten is.

Zorgverleners kunnen de juiste katheter schatten door vermenigvuldiging van de luchtwegtube (in millimeter) maal 3 en delen door 2 voor volwassenen. En vermenigvuldiging van de luchtwegtube (in millimeter) maal 3 en delen door 1,5 voor kinderen. Voorbeeld, veronderstel dat het doel is om de zuigkatheter niet meer dan 50% van de kunstmatige luchtweg te laten innemen, een nummer 8 endotracheale tube (8 mm binnendiameter) moet uitgezogen worden met een 12 French katheter ( $8 \times 3 : 2 = 12$ ). Dit is gebaseerd op het feit dat de buitendiameter van de katheter in millimeter gelijk is aan de French kathetermaat gedeeld door 3 ( $1\text{mm} = 3\text{ French}$ ). Derhalve, een 12 French zuigkatheter heeft een buitendiameter van 4 millimeter wat exact de helft is van de binnendiameter van een nummer 8 endotracheale tube.



Figuur 15b Gevaren van uitzuiging

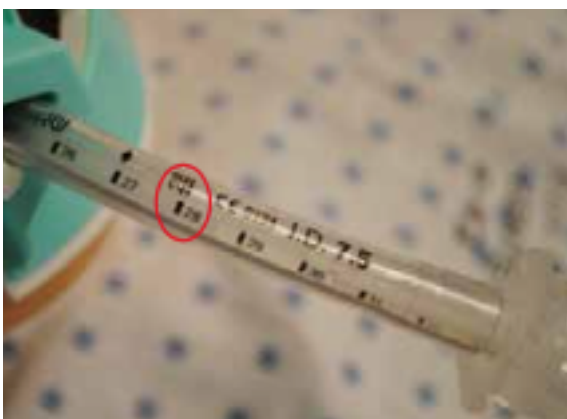
Voordat er gezogen gaat worden, dient aan de patiënt extra zuurstof en grotere tidal(slag-) volumina

toegediend te worden. Onderzoek heeft uitgewezen dat de meest effectieve weg om dit te geven is via een mechanische ventilator (veel recente ventilatoren hebben een automatische instelling voor dit doel). Als de patiënt 'niet-ventilator afhankelijk' is, dan kan een manuele resuscitator (zgn. Ambu) of Water's set gebruikt worden, deze moet echter voorzien zijn van een reservoir om hoge concentraties zuurstof te kunnen toedienen. De balg dient volledig samengedrukt te worden om een maximaal tidal-volume te kunnen geven. Drukken en volumes dienen gemonitord te worden en beperkt te blijven. **Zuigen mag nooit worden toegepast terwijl de katheter wordt opgevoerd. Tijdens het passeren van de katheter, en op het eind van de procedure, dienen diepe zuchten met extra zuurstof gegeven te worden.** Het zuurstofverbruik en hartritme van patiënt behoren eveneens bewaakt te worden bij deze procedure, en het uitzuigen dient onmiddellijk gestopt te worden als er een snelle daling in de zuurstofsaturatie plaatsvindt of een verandering in hartritme. Dit kan met een pulsoxymeter gemeten worden. De duur van de gehele procedure mag niet meer dan 15 seconden bedragen (AARC CPG 2010).

De hoeveelheid negatieve druk die nodig is voor trachea-uitzuiging is afhankelijk van een aantal factoren, zoals diameter van de katheter en de fysieke eigenschappen van het secret dat verwijderd moet worden. De minst mogelijke vacuümkracht welke nodig is voor het optrekken van secreten in de opvangfles, dient nagestreefd te worden. Literatuur<sup>(2)</sup> suggereert een gebied tussen 80-

120 mmHg/10,6-15,9 kPa negatieve druk bij volwassenen (met een maximum van 150 mmHg/20 kPa). De aanbevolen range negatieve drukken voor neonaten is tussen 80-100 mmHg/10,6-13,3 kPa in door een expertpanel aanbevolen Klinische Praktische Leidraad<sup>(2)</sup> (AARC 2010).

Een op ervaring gebaseerd klinische praktische leidraad doet aanbeveling alleen ondiepe uitzuiging<sup>(2)</sup> toe te passen. De katheter dient niet voorbij het eind van de kunstmatige luchtweg te komen. Ondiepe opvoering kan bereikt worden door gebruik te maken van de markeringen op de endotracheale tube en die in lijn te brengen met de markeringen op de zuigkatheter. Bijvoorbeeld, in figuur 15c, is de 28 markering op de endotracheale tube in lijn gebracht met de 28 markering op de zuigkatheter.



Figuur 15c

### **Subglottische secretie verwijdering (SSV), ook bekend als Continu Aspiratie van Subglottische Secreties (CASS)**

Endotracheale tube (ETT) intubatie doet afbreuk aan hoesten en mucociliair transport. Vastzittende mucus kan leiden tot atelectase, luchtweginfectie, en respiratoire compromitatie. ETT's voorkomen de normale fysiologische bescherming tegen aspiratie zodat secreties vanuit de oropharynx zich kunnen ophopen boven de ETT cuff en zo langs de cuff in de longen migreren, daarmee potentieel leiden tot een ziekenhuis gerelateerde infectie (HAI) aangemerkt als ventilator-geassocieerde events (VAE). Data toont aan dat de ventilator-geassocieerde events (VAE) niet ongebruikelijk zijn bij patiënten die aan de mechanische ventilatie liggen (MV). Afhankelijk van de bewakingsmethode die wordt toegepast voor de identificatie van VAE, is het risico op deze complicatie van 1,2 tot 8,5 gevallen per 1.000 ventilatordagen (0.6%-4%). VAE wordt geassocieerd met toename van het ziekenhuisverblijf, mortaliteit, infecties

veroorzaakt door multi medicijn-resistente pathogenen en toegenomen ziekenhuiskosten van €10.000 tot €25.000 per patiënt<sup>(3,5)</sup>.

Meerdere interventies worden toegepast voor preventie van VAE, er is een groeiende interesse in interventies die geassocieerd zijn met endotracheale intubatie (ETT) die geïdentificeerd wordt als veroorzaker tot VAE<sup>(2,3)</sup>. Een ETT intubatie wordt aangemerkt als één van de hoofdoorzaken van VAE, het wordt veroorzaakt doordat het werkt als een reservoir van geïnfecteerde micro-organismen en als een kanaal tussen de oropharyngeale ruimte en de steriele bronchoalveolaire ruimte door het bypassen van de eigen defensie-barrière<sup>(5,6)</sup>. De meest belangrijke mechanismen geassocieerd met de ontwikkeling van VAE zijn microaspiratie en biofilmvorming. Microaspiratie vindt plaats als micro-organismen in secreties zich verzamelen boven en rond de ETT cuff en migreren naar de lager gelegen luchtweg. Zes gemeenschappelijke pogingen om VAE te voorkomen houden het volgende in:

1. semie Fowler positie (30-45 graden);
2. orale verzorging;
3. subglottische secretie verwijdering (SSV)
  - Continue afzuiging van subglottische secreties (CASS);
  - intermitterende afzuiging;
4. cuff druk regulatie (20-30 cmH<sub>2</sub>O);
5. veilige uitzuiging;
6. biofilm reductie/verwijdering.

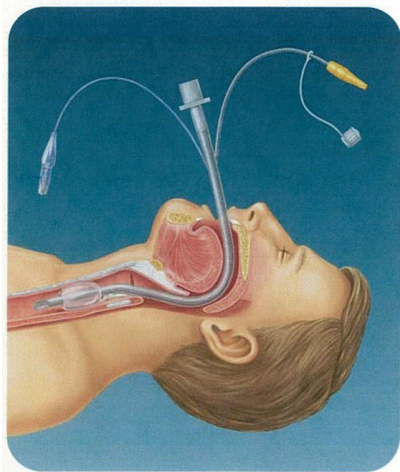
De centra voor ziektecontrole\* bevelen het volgende aan: "Gebruik zo mogelijk een endotracheale tube met een dorsaal lumen boven de endotracheale cuff om drainage mogelijk te maken (continu of frequente intermitterende uitzuiging) van tracheale secreties die accumuleren in patiënt's subglottische gebied." Speciaal ontworpen ET tubes voor Subglottische Secretie Verwijdering (SSV) stellen in staat om secreties af te zuigen die accumuleren boven de ETT cuff dankzij een derde lumen dorsaal gelokaliseerd (boven de ETT cuff) waardoor intermitterende of continu afzuiging mogelijk is (figuur 15a). Accumulatie van deze secreties boven de ETT cuff zijn een bijdrage aan dure HAI's.<sup>(1,2)</sup> SSV of Continu Aspiratie van Subglottische Secreties (CASS) tubes zijn inmiddels verkrijgbaar en reeds in gebruik gedurende verscheidene jaren. Ondanks dat deze SSV tubes worden aanbevolen en met bewijs wordt ondersteund dat bijna 50%<sup>(7-9)</sup>, van de VAE wordt gereduceerd, is wijdverspreid gebruik nog steeds niet ingevoerd als gevolg van de aanschafkosten, gerapporteerde complicaties en ongewenste effecten geassocieerd met SSV toepassing. Deze complicaties betreffen tracheale mucosabeschadiging, tracheaal oesophagale fistula en geobstrueerde lumens met weefsel mucosa.<sup>(10-12)</sup> Als de dorsale SSV tube lumens

verstopt raken, dan kan de tube niet het doen dienen waartoe hij is ontwikkeld nl. verwijdering van subglottische secreties en is hij ineffectief. Het ontwerp van deze speciale SSV tubes werd ter discussie gesteld als bijdrage aan deze complicaties en fabrikanten hebben verbetering van het ontwerp inmiddels aangedragen. Gebrek aan kennis over SSV en CASS en menselijk gedrag in relatie tot de juiste technieken om vacuüm in te stellen, hebben geresulteerd in excessief hoge drukken en onbedoelde over-zuiging waardoor complicaties en beschadiging van de tracheale mucosa veroorzaakt werden \*CDC GUIDELINE (II) (44, 134-137).

Het is noodzakelijk dat de juiste vacuümdruk wordt toegepast voor SSV en dat de aanbevolen techniek wordt gevolgd omdat anders onopzettelijk overmatig uitzuigen kan plaatsvinden. In het algemeen wordt 20-30 mmHg/ 2,7-3,9 kPa vacuüm aanbevolen voor continu aspiratie van subglottische secreties en 80-120 mmHg/ 10,6-15,9 kPa voor intermitterende subglottische secretie verwijdering.

Speciale CASS regelaars met gelimiteerde drukken en continu vacuüm zijn verkrijgbaar. Als intermitterend vacuüm, zoals aanbevolen, wordt verlangd, dan dient een intermitterende vacuümregelaar gebruikt te worden.

**Als er verdenking is dat het dorsale lumen (SSR) is verstopt, dan dient de toegang gezuiverd te worden met lucht via een spuit (conform gebruiksaanwijzing van alle fabrikanten van deze speciale tubes). Hogere vacuümkrachten mogen NOOIT worden toegepast op het lumen omdat dit mucosabeschadiging kan veroorzaken.**



Figuur 15d

## Cuff-druk regulering

Onder-inflatie van der tracheale cuff komt frequent voor in kritisch zieke patiënten en geeft risico op microaspiratie van gecontamineerde oropharyncheale secreties en maaginhoud die een grote rol spelen in de pathogenese van ventilator-geassocieerde pneumoniae (VAE)<sup>6</sup>. Ondanks manuele controle van de cuff-druk (Pcuff) met behulp van een manometer vindt onder-inflatie (<20 cmH<sub>2</sub>O) en over-inflatie (>30 cmH<sub>2</sub>O) van de tracheale cuff frequent plaats op de intensive care unit (ICU) patiënten<sup>(7,8)</sup>. Onder-inflatie en over-inflatie van de tracheale cuff zijn bekende risicofactoren voor VAE en tracheale ischemische laesies<sup>(9,10)</sup>, welke geassocieerd zijn met aanzienlijke morbiditeit en mortaliteit in ICU patiënten<sup>(11,12)</sup>.

Recent is er apparatuur ontwikkeld voor effectieve continu regulatie van Pcuff<sup>(8,12)</sup>. In vitro<sup>(12)</sup>, animale<sup>(13)</sup> en humane<sup>(7,12)</sup> studies hebben aangetoond dat deze devices effectiever zijn in het controleren van de Pcuff dan routinezorg waarbij een manueel bediende manometer en/of spuit wordt toegepast..



Figuur 15e

## Biofilm

De endotracheale (ETT) tube is lange tijd aangewezen als belangrijke factor in de ontwikkeling van VAE, wanneer biofilm zich ontwikkelde in de ET tube en losraakte gedurende mechanische ventilatie en direct toegang vond tot de longen. Deze biofilm zorgt ook voor afname van de binnendiameter van de ET tube en veroorzaakt toename van weerstand/resistantie en verhoogt de ademarheid (WOB)<sup>(4)</sup>.

Mechanische verwijdering van biofilm is aanbevolen door toepassing van devices die mechanisch de biofilm verwijderen (bijv. CAM Rescue Cath<sup>TM</sup> en Mucus Shaver, model gelijk aan de Rescue Cath<sup>TM</sup>). Deze apparaten hebben een inflatable Teflon of siliconen rubber cuff geïntegreerd in een zuigkatheter die wordt opgevoerd in de ETT voor extractie van materiaal dat van binnen geaccumuleerd is. Als het apparaat is ingevoerd tot het eind van de ETT, dan wordt de cuff ge-inflate en de katheter stript langzaam de binnenkant van de ETT. De veiligheid en effectiviteit is aangetoond in animale modellen, case studies en in gerandomiseerd onderzoek.

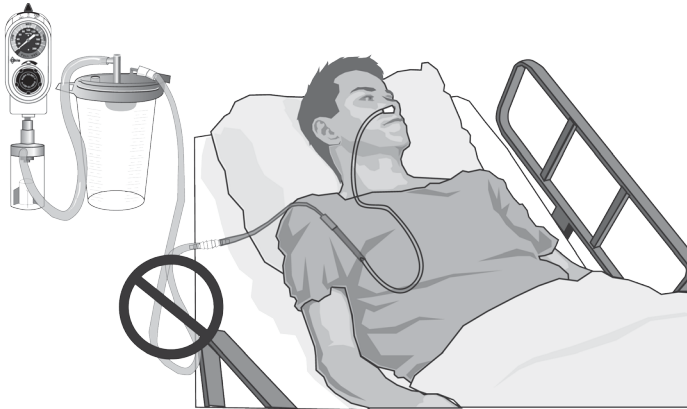
## Gastroïntestinale zuiging

Gastro-intestinale zuiging verwijdert materialen en gassen vanuit de maag en het darmstelsel. In de meeste gevallen wordt maagdrainage gebruikt om te voorkomen dat maagsappen zich ophopen in de maag als de ingewanden niet goed functioneren, bijvoorbeeld post-operatief of na een groot trauma<sup>(1)</sup>.

Aanbevolen zuigsets bevatten het volgende:

1. een intermitterende zuigunit aangesloten op muurvacuüm;
2. een overloopbeveiliging;
3. een opvangpot (geplaatst boven de patiënt);
4. aansluitslang;
5. een maagsonde (NG) of katheter.

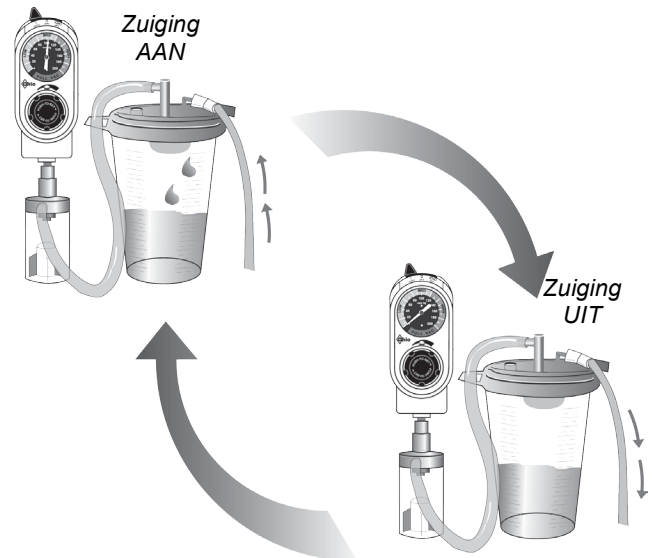
Er mogen geen afhanginge lussen in de slang zijn tussen de opvangpot en de patiënt. De slang dient zo kort mogelijk te zijn, dit omdat lange slangen de hoeveelheid flow beperken (figuur 16).



Figuur 16 Vermijd afhanginge lussen

Als zuigerij wordt toegepast in de maag en de inhoud wordt verwijderd, dan neigt de maag tot collaberen rond de zuigslang. De gaten in het distale einde van de zuigslang kunnen tegen het weefsel aangeduwd worden als de maag collabeert. Dit resulteert in een aanhoudende zuiging op één plek in de maag. Niet alleen blokkeert dit de drainage en voorkomt dat secretievloeistoffen de maag kunnen verlaten, maar het kan ook de mucosa van de maagwand strippen en ulceraties, bloedingen en perforatie op die plek veroorzaken.

Intermitterend zuigen kan deze problematiek verminderen. Gedurende elke volledige onderbreking van de zuiging beweegt de tip van de katheter van de maagwand af omdat de negatieve druk gereduceerd wordt tot atmosferische druk gedurende een vooraf ingestelde tijdsperiode (in sommige gevallen verstelbaar) meestal tussen de 8-10 seconden (figuur 17).



Figuur 17 Automatische wisseling van zuiging

Bovendien kan intermitterend zuigen een groter effect op de drainage hebben bij gemengde samenstelling van het af te zuigen materiaal dan continu zuigen, dit als gevolg van de automatische wisseling in negatieve en atmosferische druk. Ideaal is dat maagdrainage regelaars een gemiddeld, intermitterend vacuüm hebben met lage flows.

Een ander type van maag/darm zuigerij is de thermische pomp. Deze elektrisch aangedreven unit werkt volgens de wet van Charles die luidt dat als de temperatuur verandert, een bepaald volume lucht expandeert (met warmte) of krimpt (met kou). Een hoeveelheid lucht in een gesloten vat in de thermische pomp, wordt verwarmd, de lucht zet uit en iets ervan ontsnapt via een éénrichtingsventiel. De verwarming stopt, laat de lucht in het gesloten vat afkoelen en inkrimpen waardoor een onderdruk ontstaat. Een thermische pomp wekt onderbroken vacuüm op door het aan en uit schakelen van de verwarming, echter de druk in het apparaat gaat niet terug naar atmosferisch of nul op de manometer gedurende de uit-status. Bij dit soort zuigapparaten kan de negatieve druk niet ingesteld worden, maar is beperkt van 90 mmHg (11,9 kPa) tot ongeveer 120 mmHg (15,9 kPa).

Er zijn speciale maag/darm zuigregelaars die op een centraal leidingsysteem werken, compact zijn en eenvoudig. Dit type heeft over het algemeen weinig connecties en biedt een hoge keus in intermitterend vacuüm. Het maximum klinische voordeel wordt behaald als de regelaar zowel 'echt' intermitterend vacuüm als continu zuigen biedt.



## Ohio Intermitterende Suction Unit (ISU)

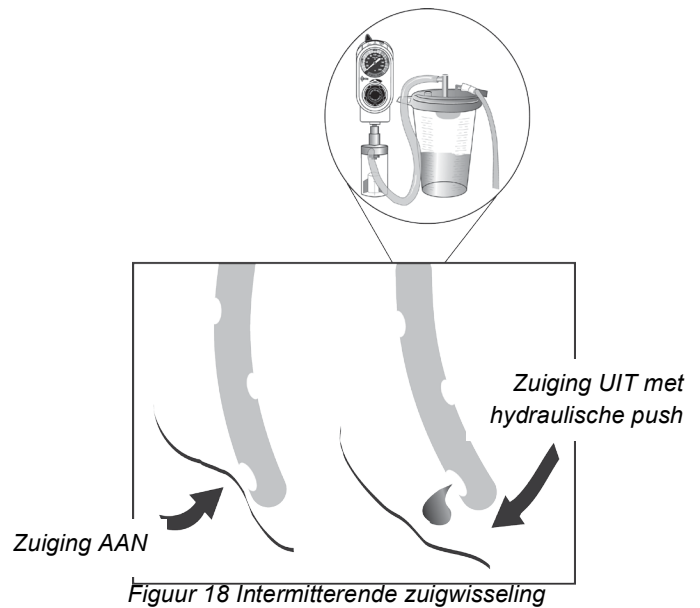
Deze ISU biedt 'echt' intermitterend zuigen. Als de unit in de 'uit' fase is van de intermitterende slag, dan stopt het zuigen en het systeem keert terug naar atmosferische druk (manometer op nul). Als hij 'uit' is, dan loopt alle vloeistof terug via de slang in de maag als gevolg van de zwaartekracht, hierdoor ontstaat een hydraulische 'push' (figuur 18). Deze actie heeft tot gevolg dat de katheter weggedrukt wordt van de maagwand en tevens dat eventuele verstoppingen aan de kathetertip worden weggeduwd waardoor de opening ook weer vrij komt. Gevolg hiervan is ook dat de behoefte van irrigatie van de katheter aanzienlijk minder wordt.

Om zeker te zijn dat deze hydraulische 'push' plaatsvindt, dient de opvangpot boven de patiënt geplaatst te zijn en de drainageslangen mogen niet opgerold zijn, dit om de zwaartekracht in staat te stellen zijn werk te blijven doen t.w.; vloeistoffen terug laten lopen in de maag. Als de opvangpot geplaatst is beneden de patiënt, dan geeft dat een sifoneffect waardoor er continu i.p.v. intermitterend vacuüm ontstaat. Als de opvangpot geplaatst is boven de patiënt, dan dient men rekening te houden met een hogere vacuümkracht, dit om de vloeistoffen op een hogere plek te brengen. (Zie: locatie van opvangpot op pagina 6.)

Ohio Intermitterende Zuig Unit is een tweeledig instrument; het voorziet in zowel intermitterend als continu vacuüm, afhankelijk van de klinische behoefte. De continu modus werkt net zoals de Ohio Continu Vacuümregelaar. Deze geeft constant, ononderbroken, zuigen op een vóóraf door de clinicus ingestelde negatieve druk. Deze stand kan gebruikt worden vóórdát met intermitterende maagdrainage begonnen wordt, dit om het niveau van negatieve druk gemakkelijker in te stellen en voor snelle decompressie van de maag. De continu stand is geschikt voor verwijdering van verzameld gas of vloeistof. In contrast daarmee, de intermitterende stand is bedoeld voor langdurig gebruik om normale hoeveelheden secreet te beheersen. De dubbele eigenschap geeft veelzijdigheid in gebruik:

- 'echt' intermitterende maagdrainage (waarbij de druk terugkeert naar atmosferisch, manometer op nul bij uit-modus);
- continu maagdrainage;
- continu luchtweg;
- chirurgische uitzuiging.

Om intermitterend zuigen te regelen, gebruikt de unit een stil, uniek en betrouwbaar pneumatisch



schakelend mechaniek om het vacuüm 'aan' en 'uit' te schakelen. De unit kan ingesteld worden vanaf 0 tot 200 mmHg (0-26,6 kPa) negatieve druk tot vol lijnvacuüm.

De tijdschakeling voor de 'aan' en 'uit' cycli, is belangrijk voor succesvol gebruik van intermitterend zuigen. De 'aan' cyclus behoort ongeveer twee keer zo lang te zijn als de 'uit' cyclus. De tijdsduur voor het verwijderen van de vloeistof moet langer zijn om een adequate drainage tot in de opvangpot te krijgen, voordat de 'uit' cyclus begint. Het vacuüm dient lang genoeg 'uit' te zijn om het systeem terug te laten keren tot atmosferische druk (manometer op nul) en om de hydraulische 'push' de tube te laten spoelen. (De cycli van de Ohio's ISU zijn vanuit de fabriek ingesteld op ongeveer 15 seconden 'aan' en 8 seconden 'uit'.)

Wanneer de intermitterende modus wordt toegepast, dan is de Ohio ISU geprogrammeerd om een vacuümflow te creëren van 8 l/min op elke gewenste drukinstelling, vanaf 80 mmHg/10,6 kPa tot vol-systeem-vacuüm. De unit kan echter wel 80 l/min bereiken in de continu modus. Er zijn twee redenen voor de langzamer intermitterende flow:

1. Wanneer de unit in de 'aan' cyclus staat, zouden hoge flows extreem oncomfortabel kunnen zijn voor de patiënt als de maag van de patiënt te snel leegloopt en collabeert.
2. Met langzamer flows is er minder kans op katheterverstopping, dat helpt voor een vollediger leging van de maag.

Fabrieksinstellingen voor flow-snelheden zijn over het algemeen geschikt voor klinisch gebruik. Echter als de gebruiker behoefte heeft aan flow-snelheden die verschillen van de fabrieks-settings, dan kunnen medisch technici of onderhoudsafdelingen de flow-

snelheden bijstellen conform de instructies in de service manual.

Gedurende intermitterend zuigen, wil vloeistof nog wel eens heen en weer pendelen in de afzuigslang bij elke 'aan' cyclus. Dit vraagt om corrigerend handelen waaronder het volgende:

1. De negatieve druk is niet hoog genoeg om de vloeistof te verplaatsen vanuit de slang naar de opvangpot. Vermeerder de negatieve druk geleidelijk totdat de vloeistof de opvangpot bereikt. Let er wel op dat u de patiëntslang afsluit als u de negatieve druk toe laat nemen\*.
2. De maag kan volledig van vloeistoffen gedraineerd zijn. Als dat het geval is laat dan het systeem in werking om extra vloeistof te verwijderen.
3. Er kunnen meer vaste stoffen dan vloeibare in de maag aanwezig zijn die de tube blokkeren.

Volg de standaard ziekenhuisprocedure voor irrigatie van de maagdarmsonde om de blokkade op te heffen. Overweeg intermitterend zuigen. Als de vloeistof stijgt in de richting van de fles bij elke 'aan' cyclus, en zich eventueel verzamelt in de opvangpot, dan werkt het systeem wellicht effectief.

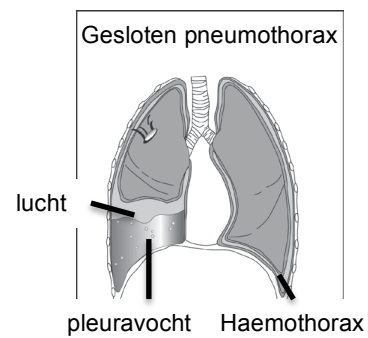
\*Ohio Medical's Push-To-Set™ technologie biedt een uniek geïntegreerd passief veiligheidssysteem, ontworpen om onbedoelde over-zuiging te voorkomen; als de vacuümflow 'automatisch geoccludeerd' wordt en zal vanzelf de maximum zuigkracht worden getoond.

## Pleura drainage

Het hoofddoel van pleura drainage is het verwijderen van lucht en/of vloeistof uit de pleurale ruimte, zodat de long kan ontplooiën tot zijn oorspronkelijke dimensie. Pneumothorax is de term die wordt gebruikt om aanwezigheid van lucht in de pleurale ruimte te beschrijven. Er zijn twee type pneumothorax:

1. Een open pneumothorax, is als de thoraxwand én de long zijn gepenetreerd, zoals gebeurt bij een steek- of schotwond, of na een chirurgische incisie.
2. Een gesloten pneumothorax, is aan de orde als de long een ruptuur heeft maar de thoraxwand intact en ongeperforeerd blijft, zoals kan gebeuren bij stomp trauma.

Verschillende soorten vloeistof kunnen zich ophopen in de pleuraruimte door verscheidene oorzaken. Doorsijpelend pleuravocht kan het gevolg zijn van ontsteking of een kwaadaardig gezwel, bloed kan zich ophopen na thoraxtrauma of chirurgie (Haemothorax), en pus (empyeem) kan zich ophopen bij infectie (figuur 19).

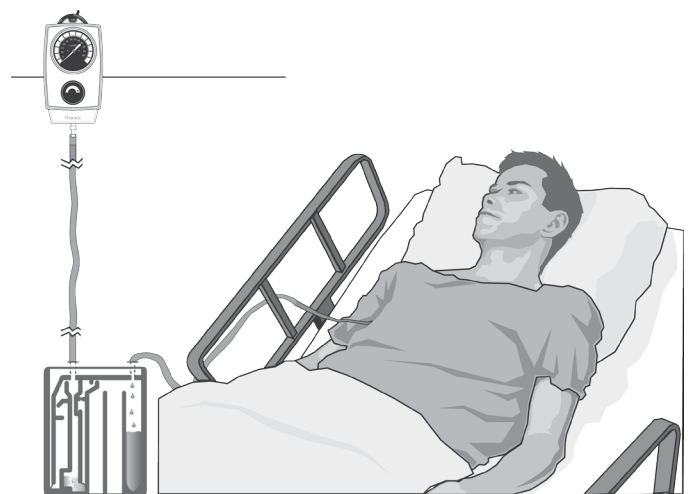


Figuur 19

Negatieve druk moet gehandhaafd blijven in de pleuraruimte, dit om de longen ontplooid te houden tegen de thorax-wand. Als lucht en vloeistof in de pleuraruimte komen, dan is de onderdruk verminderd en zal de long collaberen. Pleura drainage verwijdert vocht en lucht uit de pleuraruimte, herstelt daarbij de onderdruk en stelt de long in staat tot ontplooiën.

Apparatuur benodigd voor pleura-zuigerij bestaat uit de volgende onderdelen (figuur 20):

1. een vacuümbron;
2. zuigregelaar;
3. aansluitslang;
4. een thoraxdrainagesysteem aangesloten op de thoraxtube in de patiënt.

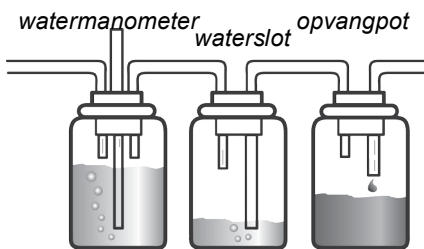


Figuur 20 Pleura zuigsysteem

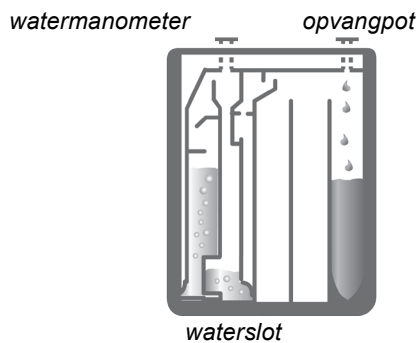
Soms is een simpele zwaartekracht/waterslot-drainage voldoende om de long te laten ontplooiën. Lucht en/of vloeistof uit de pleuraruimte kan niet terugstromen in de borstkas omdat het waterslot werkt als een éénrichtingsventiel. Als er een groot gat in de long is - en derhalve een groot luchttek - dan moet het thoraxdrainagesysteem aangesloten worden op actieve zuigerij. In principe wordt bij ziekenhuispatiënten, alle thoraxdrainage-apparatuur aangesloten op centraal vacuüm.

Een nauwkeurig werkend druklimiteringsysteem is noodzakelijk om de hoeveelheid negatieve druk onder controle te houden in de pleurale ruimte. Een normale waarde van negatieve druk in de intrapleurale ruimte is 5 tot 20 cmH<sub>2</sub>O. Dit is dan ook de gebruikelijke waarde in thorax drainage systemen.

Omdat zeer geringe negatieve drukken (circa 20 tot 40 cmH<sub>2</sub>O) gebruikelijk zijn bij thoraxzuigerij, is een zeer accuraat druklimiteringssysteem noodzakelijk. Jaren geleden is reeds een drie-flessen-systeem ontwikkeld voor evacuatie uit de pleuraruitte (figuur 21a).



Figuur 21a Reusable 3 flessen systeem



Figuur 21b Disposable 3 flessen systeem

Er is tegenwoordig een grote verscheidenheid aan pleura-drainage-systemen op de markt, deze zijn opgebouwd of samengesteld volgens het 3-flessen-systeem, echter meestal in disposable vorm (figuur 21b).

De zuigcontroleflles (of -kamer in plastic units) bestaat uit een waterkolom om de vacuümkracht te regelen. Het waterslot creëert een onderwater-seal (afdichting) en functioneert daarmee als een éénrichtingsventiel om de lucht wel de borstkas te kunnen laten verlaten maar niet terug te keren in de pleuraruitte. De opvangpot is het reservoir dat de vloeistoffen verzamelt die gedraineerd worden uit de borstkas. Meestal zijn deze units aangesloten op ziekenhuisvacuüm. Er zijn echter een paar bijkomstigheden en beperkingen:

- een 0-30 cmH<sub>2</sub>O vacuümbereik;
- geluid van lucht dat borrelt door de waterkolom;
- de noodzaak om water te verwijderen of toe te voegen aan de zuigcontrolekamer (watermanometer) om verandering van

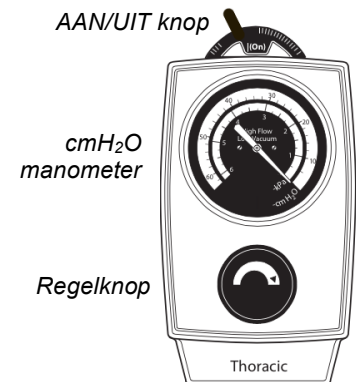
negatieve druk over te brengen naar de pleuraruitte.

Recentere generaties thoraxdrainage-systemen voorzien in droge zuigerij in plaats van natte zuigerij en hebben een one-way klep in plaats van het waterslot. Droge zuig-controle systemen worden gecontroleerd door een regelaar in plaats van een waterkolom en geven voordelen zoals een eenvoudiger opstelling en stiller gebruik. Deze systemen hebben een eenrichtingsventiel dat het waterslot vervangt.

Wanneer thoraxdrainage systemen worden toegepast, wordt de vacuümdruk gereguleerd in het systeem en de vacuümregelaar in de muur is de zuigbron naar het systeem. Thoraxdrainage-systeem fabrikanten adviseren een druk vanuit de regelaar (vaak 80 mmHg/10,6 kPa) en deze aanbeveling dient te worden opgevolgd. De ISO norm 10079.3 stelt echter dat er maximaal 10 kPa gebruikt mag worden bij thoraxdrainage.

## Thorax vacuümregelaar

De Ohio regelaar, de speciale Thorax regelaar, is apart ontworpen voor pleura- en mediastinum-drainage. (figuur 22).



Figuur 22 Thorax vacuümregelaar

Deze regelaar bezit unieke eigenschappen; een overbemeten regeldiafragma voor precisie controle en aanpassing aan de krachten die nodig zijn bij thoraxdrainage. Een manometer gekalibreerd in centimeter water, in plaats van millimeter kwik, een lage-bereik schaal van 0-60 cmH<sub>2</sub>O en stappen die de precisie van het regelmechanisme volgen. Twee andere belangrijke eigenschappen zijn:

1. Een positieve-druk afblaasklep om opgehoopte lucht of kortstondige drukopbouw te ventileren.
2. Een hoge flow-capaciteit om voor de luchtlekken in de thoraxruimte voldoende te compenseren.

De regelknop is voor precisiegeleiding en heeft verscheidene slagen nodig om de meter over een klein

gebied te verplaatsen en daarmee een grote keus aan negatieve drukken tussen de 5-55 cmH<sub>2</sub>O te kunnen instellen. De regelaar kan zelfs een tweede thoraxcanule aan. Een handige AAN/UIT schakelaar behoudt de instellingen van vorige instellingen. Als het systeem is uitgeschakeld met behulp van deze schakelaar, dan blijft de positieve druk afblaasklep actief in het systeem dit om elke opgehoopte positieve druk af te laten blazen in het systeem.

Als deze Thorax vacuümregelaar toegepast wordt, dan heeft deze regelaar dezelfde functie als de watermanometer in het thoraxdrainage-systeem en daarom is er geen water nodig in dat deel van het systeem en blijft de unit derhalve stil.

Wanneer thoraxdrainage systemen worden toegepast, dan wordt de vacuümdruk gereguleerd in het systeem en de vacuümregelaar in de muur is de zuigbron naar het systeem. Thoraxdrainage- systeem fabrikanten adviseren een druk vanuit de regelaar (vaak 80 mmHg/10.6 kPa) en deze aanbeveling dient te worden opgevolgd. De ISO norm 10079.3 stelt echter dat er maximaal 10 kPa gebruikt mag worden bij thoraxdrainage.

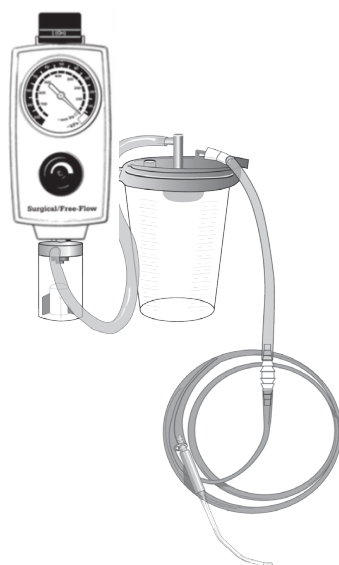
## Chirurgische zuigerij

Zuigen is essentieel in operatiekamers. Het wordt toegepast gedurende chirurgie om het operatieveld vrij te houden van bloed, secretie en irrigatievloeistoffen. Tegelijkertijd kan door de anesthesist zuigerij gebruikt worden voor het vrijhouden van de luchtwegen. Postoperatief, kan maag/darm en/of thoraxdrainage worden verricht.

Apparatuur voor chirurgische zuigerij bestaat uit de volgende onderdelen (figuur 23):

1. vacuümbron;
2. zuigregelaar;
3. overloopbeveiliging;
4. opvangsysteem met afsluiter;
5. aansluitslang;
6. een zuigcanule die in het operatieveld wordt toegepast

Vanwege het grote aantal zuigprocedures is een voldoende aantal gasafnamepunten noodzakelijk in de OK. Men gebruikt vacuümwaarden van hoge flows en hoge negatieve druk, noodzakelijk bij



Figuur 23 Apparatuur benodigd voor chirurgische zuigerij

massieve bloedingen of vomeren, tot het fijn kunnen afregelen als in kwetsbaar weefsel gewerkt wordt, zoals bij microchirurgie het geval is. De meeste zuigprocedures worden gedaan onder gecontroleerde (negatieve) drukcondities. Vacuümregelaars met een extra schakelaar of controleknop stellen de gebruiker in staat tot het onmiddellijk ter beschikking hebben van vol-vacuüm, dit alles geeft maximale flexibiliteit.

**Extreme aandacht moet worden gegeven bij chirurgische toepassing: Plaats de zuigtrocartip niet te dicht op bloedvaten en/of vitale organen; contact met vitale organen of bloedvaten kan leiden tot ernstige schade aan de patiënt.**

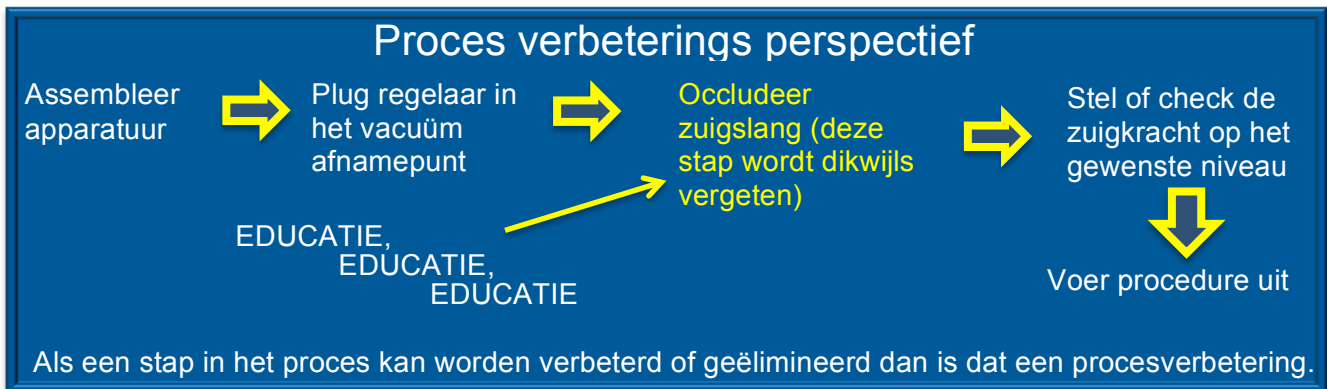
Alle afdelingen in het ziekenhuis, maar speciaal de operatiekamers, dienen grote diameter slangen en grote diameter koppelingen te gebruiken om de flow het minst te beperken. Waar sommige operaties grote volumes vloeistof gebruiken in een korte periode, moet het zuigstelsel in staat zijn om snel de aangeboden hoeveelheden af te voeren. Smalle katheters zijn niet in staat hieraan te voldoen.

Zogenaamde Sump drains kunnen worden gebruikt om het chirurgische veld vrij te houden als de vloeistofproductie laag is maar er wel continu gezogen moet worden. Yankauer zuigbuisen worden meestal gebruikt om de operatieplek vrij te houden. Druk gecontroleerde zuigflow kan worden toegepast met een katheter of zuigbuis door gebruik te maken van een 'vingertip-controleopening'. Als de regelaar is ingesteld op een vooraf ingesteld zuigniveau, dan wordt zuigen toegepast door de controleopening met een vinger af te dekken.

De opvangpot voor chirurgische wonddrainage dient op de grond geplaatst te worden zo dicht mogelijk bij de patiënt. Dit is beter dan op de wand te hangen boven de patiënt. Dit lager plaatsen sluit de noodzaak uit voor extra negatieve druk die nodig zou zijn om het af te zuigen materiaal te verplaatsen. Plaatsing op de grond reduceert ook de kans op verstopping. Een overloopbeveiliging behoort in de opvangfles aanwezig te zijn, dit ter voorkoming van overloop in het ziekenhuis vacuümleidingsstelsel.

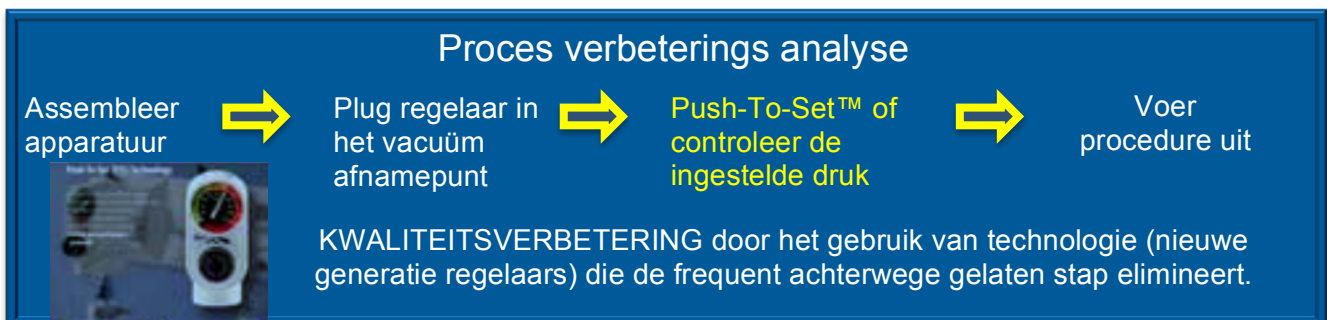
## BELANGRIJKE INFORMATIE VOOR HET JUIST INSTELLEN VAN EEN VACUÛMREGELAAR:

Onjuist ingestelde vacuümregelaars kunnen patiënten blootstellen aan vacuümdrukken die tot 15 keer hoger zijn dan aanbevolen voor bepaalde zuigprocedures<sup>1</sup>. Toepassing van hogere dan aanbevolen drukken kan aanleiding zijn voor zuig-gerelateerde long de-recruitment en scheuren van delicaat mucosa weefsel in de maag of trachea, leidend tot ontstekingsreacties, bloeding en potentieel infectie<sup>2</sup>. Onderzoek toont aan dat preventie van uitzuig-gerelateerd long de-recruitment meer klinisch relevant is dan herstel van Acute Long Beschadiging of Acute Respiratory Distress Syndrome (ARDS)<sup>3</sup>. Veel klinici, echter, begrijpen niet volledig hoe zij deze complicaties kunnen voorkomen door het correct instellen van de vacuümregelaars. Op ervaring gebaseerde praktische guidelines en aanbevelingen van de fabrikanten stellen dat de negatieve druk van het systeem gecheckt moet worden door het occluderen van het eind van de zuigslang voordat deze wordt aangesloten op de zuigkatheter, en voordat elke zuigprocedure aanvangt. Data toont aan dat deze belangrijke stap (occludering van de slang of occludering van de in te stellen vacuümregelaar) vaak onbekend is en/of niet gedaan wordt, resulterend in onbedoelde over-zuiging. Ongewenste over-zuiging kan trauma aan de mucosa veroorzaken, ontstekingsreacties, bloeding, infectie en, bij endotracheale uitzuiging, traumatische atelectase. Analyse van het proces: de 'occludering voor de instelling of check op de vacuümdruk' is de 'probleemstap' (en wordt dikwijls achterwege gelaten).



Uitblijven van occluderen is een menselijk gedrag-element die educatie en training vereist, beleid en procedure-aandacht, en een bekwaamheidstest. Ondanks aanzienlijke pogingen vanuit klinisch leiderschap, blijft dit menselijke gedragselement frequent bestaan en wordt de maximale vacuümdruk onjuist ingesteld. Dit resulteert in ongewenste over-zuiging en mogelijk schade aan de patiënt.

Nieuwe vacuümregelaar-technologie is ontwikkeld om deze probleemstap te elimineren (occludeer om in te stellen) en is voorhanden. Vanuit het proces-verbeterings-perspectief; deze technologie elimineert de noodzaak tot occluderen van de zuigslang of regelaar voor het instellen of checken van de maximum druk (Ohio Medical's Push-To-Set™ (PTS) vacuümregelaars).



De Push-To-Set™ vacuümregelaar eist van de clinicus de regelknop in te drukken bij het instellen van de maximum druk. Indrukken van de regelknop occludeert het vacuümkanaal zodat het instellen of controleren van de maximale zuigdruk correct wordt weergegeven. Vacuümdruk (bij de PTS) kan niet veranderd worden zonder de knop in te drukken, en hierdoor wordt het menselijke gedragselement om niet de slang of regelaar te occluderen, omzeilt.

## KLINISCHE TOEPASSINGEN

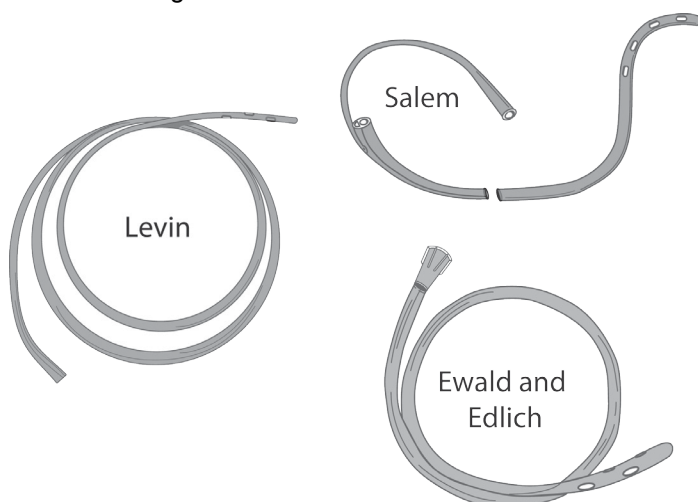
### Maag/Darm drainage

Maag/darm drainage is reeds algemeen klinisch gebruik sedert meer dan 70 jaar. Toepassing van een maagsonde werd voor het eerst gerapporteerd door John Hunter in 1790, hij gebruikte de sonde om een patiënt te voeden die niet meer kon slikken. In begin 1800, pasten onderzoekers in Philadelphia en Londen maagsondes toe om de maag te spoelen na inname van giftige stoffen. Een eeuw later, rapporteerden onderzoekers een succesvolle behandeling van darmobstructies (ileus) met maagsondes. Er werd geen zuiging toegepast op de sonde, in plaats daarvan werd het eind van de sonde geplaatst beneden de patiënt zodat het sifon-effect zorgde voor het legen van de maag. In 1920 en 1930, bepaalde Wangenstein en anderen dat deze methode van drainage niet adequaat was en dat actief zuigen noodzakelijk was om de maag te legen. De eerste Wangenstein zuigsystemen waren gecompliceerd qua samenstelling en genereerden marginaal vacuüm van ongeveer 20 mmHg/2,7 kPa continu negatieve druk. Deze werden vervangen door de elektrische thermische zuigapparaten, later vacuümregelaars toen meer en meer ziekenhuizen vacuüm uit de muur installeerden. Nu wordt, door 'state-of-the-art' intermitterende zuigunits voorzien in atmosferische druk beluchting gedurende de uitcyclus

### Maagsondes

Er zijn over het algemeen drie basis types maagsondes (figuur 24):

1. de dubbel-lumen Salem sumpsonde;
2. de enkel-lumen Levin sonde;
3. en de grote Ewald en Edlich sonde.



Figuur 24

### Salem Sump sondes

Dit is een helder plastic, dubbel-lumen sonde, meestal in gebruik voor langdurige nasale maagdrainage. Het grote (primaire) lumen heeft gaten aan de tip en langs de distale zijden van de sonde. Hij wordt gebruikt om de maag te draineren. Het smallere lumen, het ventilatiekanaal - geïdentificeerd door een blauwe 'varkensstaart' op het proximale eind - is bedoeld om lucht te laten binnentreden in de maag gedurende zuiging, om het effect van negatieve druk te moduleren zodat het risico van vastzuigen van de sonde aan de maagwand, gereduceerd is. Als drainage onverwacht vermindert, is dat dikwijls de primaire oorzaak. Lucht kan worden toegediend via de 'varkensstaart' (zonder ontkoppeling van het primaire lumen voor zuiging) om de sonde van de maagwand te duwen of de blokkade aan het eind van de katheter op te heffen en drainage weer op gang te brengen. Alleen lucht mag in het ventilatiekanaal geïnjecteerd worden. De 'varkensstaart' mag nooit afgebonden of afgeklemd worden, hij verliest daarmee zijn beschermende functie.

Als maaginhoud overloopt in het ventilatiekanaal is deze gedeeltelijk of geheel geblokkeerd. Als het bubbelt, functioneert het nog, als hij geblokkeerd is dan kan het niet bubbelen. De oorzaak hiervan is dat de maagdruk groter is dan de druk in de tube. Er zijn verscheidene oorzaken voor een reflux. De verzamelpot of de toegang zelf is te kort ten opzichte van het distale eind van de maagsonde zodat een sifoneffect ontstaat. Als oplichten van de tube en opvangpot niet het probleem verhelpt, dan moet de tube geïrrigeerd worden. Een korte periode van continu lagedruk zuiging kan nodig zijn om de maag te legen en de gasdruk af te laten nemen. Een uiterste oplossing is de negatieve druk kortdurend te laten stijgen. Leveranciers bieden optionele éénrichtingskleppen aan of filters om lucht uit het secundaire kanaal te laten ontsnappen en te voorkomen dat door vloeistofreflux de patiënt zich kan vervuilen.

### Levin sonde

De Levin sonde is een enkel-lumen sonde van helder plastic. Op een zeker moment was dit de meest gebruikelijke sonde voor maagdrainage. Door de jaren heen is de dubbel-lumen sonde steeds meer de voorkeur geworden voor maagdrainage. De Levin sonde is nu in gebruik voor korte periodes van onderzoek van de maaginhoud op aanwezigheid van bloed of decompressie van de maag na resuscitatie. Smallere lumen sondes kunnen gebruikt worden voor langere periodes voor sondevoeding of medicatie. Vanwege de risico's op verkleving met de maagwand

---

gedurende continu zuigen, worden enkellumen sonde niet regulier toegepast voor standaard maagdrainage.

### **Ewald en Edlich sondes**

De Ewald en Edlich sondes zijn grote enkellumen sondes met meerdere openingen op het distale eind. Zij worden gebruikt voor maagspoeling om opgenomen vergiften (vooral na overdosis) of grote bloedproppen bij maagbloedingen te verwijderen. Vanwege zijn grote diameter, kan de sonde snelle evacuatie van grote volumes maaginhoud. De sonde wordt ingebracht via de mond in de slokdarm en dan in de maag. Hij wordt slechts zo lang gebruikt als noodzakelijk is om specifieke maagmaterialen te verwijderen en/of maagspoelingen te doen.

### **Plaatsing van Nasogastrische slangen**

Ohio Medical publiceert een separaat boekwerk, een stap voor stap gids voor nasogastrische slanginvoer. Deze fotogids illustreert de apparatuur die nodig is voor invoer van een Salem sump en Levin tube en de plaatsingsprocedure. Voor een exemplaar van deze publicatie, contacteer Ohio Medical Corporation of uw leverancier van Ohio Medical producten.

### **Zorg rond maag/darm sondes**

Bijna alle maag/darmsondes zijn oncomfortabel voor de patiënt. Plaatsing van de sonde door de neus vereist ademhaling via de mond, dit leidt tot mucosa uitdroging. Echter, voortdurende aandacht voor mondhygiëne kan de mate van ongemak verminderen en kwetsbaar weefsel beschermen. Afhankelijk van de conditie van de patiënt, kan deze zorg bestaan uit; borstelen van de tanden, gebruik van mondwater, of deppen van de tanden en het slijmvlies. Frequent invetten van de lippen en neusgaten met een in water oplosbaar vet geeft ook meer gemak voor de patiënt. Producten die alcohol bevatten geven uitdroging en dienen vermeden te worden. Als het niet gecontra-indiceerd is, dan mag de patiënt op ijsblokjes zuigen om het slijmvlies vochtig te houden.

Periodieke sondespoeling met vloeistoffen kan voorgeschreven worden door de arts of aanbevolen zijn vanwege ziekenhuisbeleid en -procedures. Vloeistof kan niet zonder meer in de sonde gegeven worden, éerst moet correcte plaatsing van de sonde geverifieerd zijn. Plaatsing van de sonde in de maag kan op twee manieren geverifieerd worden: door identificatie van maaginhoud die door de tube

verwijderd wordt en door het inblazen van lucht in de sonde met een spuit en het horen van gegorgel over de bovenbuik. De hoeveelheid irrigatie- vloeistof dient vooraf en achteraf gemeten te worden.

Bij patiënt-monitoring behoort ook beoordeling van de kleur, consistentie en hoeveelheid drainage via de maagsonde. Ook op de aanwezigheid van geluiden in de darmen dient gelet te worden. Wanneer darmgeluiden terug keren, dan duidt dit op peristaltiek, de sonde kan meestal dan verwijderd worden omdat maagsecreties niet langer in de maag opgehoopt worden. Monitoring van de maaginhoud om de pH vast te stellen bij patiënten met een maagdarmsonde, helpt de zorgverlener om risico te onderkennen op stress ulcera en de behoefte tot farmaceutische therapie of indicatie dat de voorgeschreven therapie werkt.

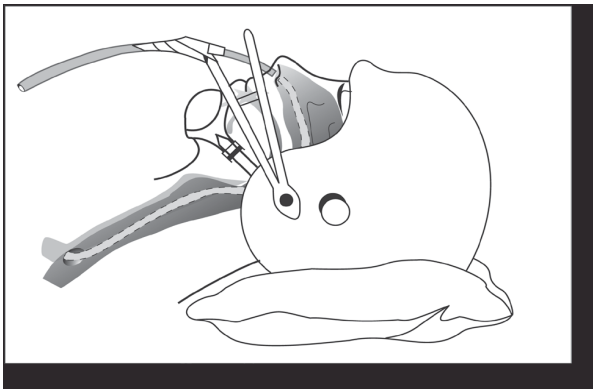
Maag pH kan op twee manieren gemeten worden. Eén is door maaginhoud te aspireren en op een pH/indicatie papier te plaatsen. Het papier zal van kleur veranderen om de pH aan te geven. Een andere manier is continu monitoren van pH niveaus met een interne pH probe. Als de maag pH excessieve zuren aangeeft, kan alkalische maaginhoud de incidentie van stress ulcus reduceren. Dit kan op twee manieren gedaan worden, ofwel door installatie van actuele antaciden door de maagdarmsonde, of door gebruik van parenterale histamine H2 receptor antagonisten. In de laatstgenoemde methode, reduceert het medicijn het volume van maagsecretie en ook waterstofionen concentratie van de maaginhoud die de pH zouden doen stijgen.

### **Oesophagus sondes**

Oesophagus sondes helpen de bloedingen te controleren bij maag-varices. De Sengstaken-Blakemore, Linton en Minnesota sondes zijn kenmerkend vanwege de ballonnen die opgeblazen kunnen worden in de oesophagus en/of de maag om de bloedingsplek te comprimeren. De inflatie-ballon helpt ook om de sonde op zijn plaats te houden. Meerdere lumina op het proximale eind van de sonde geven toegang tot de ballon, maagirrigatie en zuigerij.

De sonde kan ingebracht worden door een neusgat of de mond. Na inbrengen, dient de ballon zorgvuldig opgeblazen te worden: de inflatiedruk van de ballon kan gemeten worden met een manometer. De sonde is dikwijls verbonden met tractie, via een traditioneel tractieframe met touwen en katrollen, of door bevestiging aan een gezichtsbeschermer of helm die op het hoofd van de patiënt geplaatst is (figuur 25).

Deze sondes zijn aanbevolen voor kortdurend gebruik, niet langer dan 48 uur. Zelfs binnen deze beperkte



Figuur 25 Helmsteun voor Oesophagus sonde

periode, moeten zorgverleners waakzaam blijven. Als de ballonnen voor langer dan 24 uur opgeblazen blijven, dan is er risico van druk op de oesophaguswand die necrose kan veroorzaken en leiden tot extra bloeding of, in sommige gevallen, perforatie.

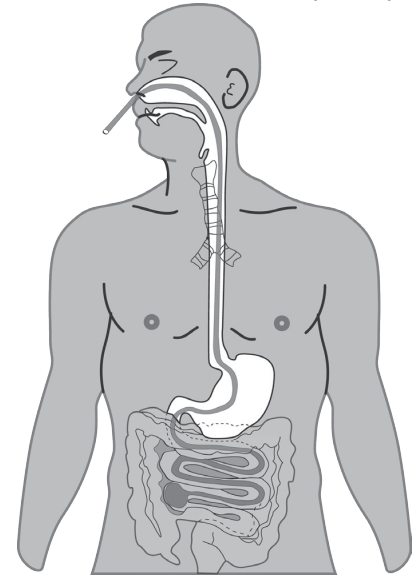
Luchtwegafsluiting kan plaatsvinden als de sonde vooruitgeschoven is in de pharynx of abusievelijk is geplaatst in de trachea. Consequentie hiervan is dat patiënten met deze sondes dienen altijd onder constante observatie te blijven. Als een patiënt oesophagale varices heeft, dan is een oesophagale ruptuur mogelijk omdat varices de oesophagale wand doet verweken.

### Naso-inwendige (intestinale) sonde

Nasale of intestinale sondes worden primair toegepast voor intestinale decompressie om misselijkheid, overgeven en postoperatieve buikzwelling te voorkomen. Tevens voorkomen zij aspiratie van maaginhoud. De sonde wordt ingebracht via de neus in de maag op dezelfde wijze als een nasogastrische sonde. Zij zijn meestal radiopaque (d.w.z. ondoordringbaar voor Röntgenstralen) deze sondes hebben een ballon op het distale eind die gevuld is met kwik, lucht of water. De ballonnen voegen gewicht toe en daardoor is manipulatie in de smalle ingewanden mogelijk. Een gaasverband op het voorhoofd ondersteunt de sonde, maar fixeert de sonde niet omdat normale peristaltische beweging, geleiding door de pylorus en de smalle ingewanden meehelpt. Om deze beweging te kunnen inzetten moet de patiënt op zijn rechter zij liggen. Röntgen kan behulpzaam zijn om de positie van de sonde te controleren. Als de sonde eenmaal de specifieke locatie bereikt heeft, dan moet de sonde afgeplakt worden bij de neus (zoals bij een nasale-maagsonde) dit om verdere opvoer in de smalle ingewanden te voorkomen. Markeringen op de sonde geven een indicatie op verplaatsing/beweging.

### Cantor sonde

De Cantor sonde, een enkellumen sonde en lijkt op een lange Levin sonde, heeft een latex ballon op de tip (figuur 26). Kwik wordt meestal toegevoegd in deze ballon voordat de sonde via de neus ingebracht wordt. Als de sonde de maag bereikt heeft, geeft het gewicht van het kwik en de afmeting van de ballon passage van de sonde door peristaltiek.



Figuur 26 Cantor of Mille-Abbott sonde

### Miller-Abbott sonde

De dubbel-lumen Miller-Abbott sonde is ruim twee meter lang. Eén lumen is in gebruik voor invoer van de ballon op het distale eind, met kwik, water of lucht, en het andere lumen voor drainage van maag/darmsappen (figuur 26). Om te beginnen wordt alle lucht uit de ballon gezogen om passage door de neus te kunnen laten plaatsvinden. Als de tube eenmaal correct geplaatst is in de maag, dan wordt de distale ballon gevuld om doorvoer door de pylorus te laten plaatsvinden.

### Zorg rond de Naso-inwendige sondes

Patiënten met een naso-inwendige sonde verdienen dezelfde zorg als patiënten met een nasogastrische sonde. De tubes zijn meestal aangesloten op zuigapparatuur. Om positionering te beoordelen, kan geaspireerde inhoud op pH getest worden. Een pH minder dan 7.0 (acidose) geeft aan dat de inhoud van de maag afkomstig is; groter dan 7.0 (alkalose) indiceert dat de inhoud komt van de ingewanden. Net zoals bij maagsondes, patiëntmonitoring is inclusief beoordeling van kleur, consistentie en hoeveelheid drainage vanuit de naso-inwendige sonde. Vloeistof invoer en uitvoer, en elektrolyten dienen eveneens bewaakt te worden. Aanwezigheid van actieve darmgeluiden, flatus en verminderde abdominale omvang duiden ook op niet langere noodzaak voor toepassing van de sonde.



---

## **Verwijdering van Naso-inwendige sondes**

Als de patiënt een dubbele- of triple-lumen sonde heeft, dan dient de ballon gelegeerd te worden voordat de sonde wordt verwijderd. Het materiaal in de ballon (lucht, water of kwik) van een enkel-lumen sonde kan verwijderd worden nadat de sonde is verwijderd uit de patiënt. Als de pleister verwijderd is dan wordt de sonde teruggetrokken in stappen van 5 tot 20 centimeter (e.e.a. afhankelijk van de ziekenhuisinstructies en procedures) over een periode van 10 minuten, totdat het distale eind van de sonde de oesophagus bereikt. Op dit punt, resteert nog ongeveer 45 centimeter in de patiënt. De rest van de sonde kan daarna sneller verwijderd worden.

Als de sonde de ileocecale klep gepasseerd is, dan kan het moeilijk zijn om terug te trekken. De arts moet beslissen of de sonde kan worden doorgesneden bij de neus en de rest het lichaam via het rectum verlaat.

Als de ballon was gevuld met kwik, dan moet dit behandeld worden als riskant afval en afgevoerd overeenkomstig de ziekenhuisvoorschriften en -procedures.

## Pleura Drainage

Een Thoraxdrain is simpelweg een drain die bloed en/of andere vloeistoffen verwijdert uit de thoraxruimte. Omdat longen lucht bevatten, dient een dergelijke drain in staat te zijn om zowel lucht als vloeistof te draineren.

### Anatomie en fysiologie

De borstkas is verbonden met het uitwendige pleuravlies, welke in contact staat met het inwendige pleuravlies, de bedekking van de long (figuur 27). Daar de uitwendige en inwendige pleuraoppervlakken normaal met elkaar contact hebben, is de pleuraruimte daartussen gevuld met een kleine hoeveelheid vocht om de oppervlakken te smeren en in staat te stellen enigszins over elkaar heen te schuiven als de long expandeert en contraheert gedurende de ademhaling. De vloeistof helpt ook om de twee pleuraoppervlakken samen te houden.

Als de thoraxruimte expandeert naar een groter volume, dan wordt negatieve druk gecreëerd in de romp. Waar het pleuravlies gekoppeld zit aan de thorax en ook de long bedekt en in contact met elkaar blijft, verandert hierdoor de druk als de thorax expandeert en hierdoor expanderen eveneens de longen. Lucht of vloeistof in de pleuraruimte kan resulteren in longcollaps omdat de negatieve druk tussen de pleuravliezen verloren of verminderd is, en delen van of de gehele long niet langer onder invloed staan van veranderingen in de afmeting van de thorax.

### Thoraxdrain indicaties

Er zijn in basis drie condities om behandeling met thoraxdrains in te zetten:

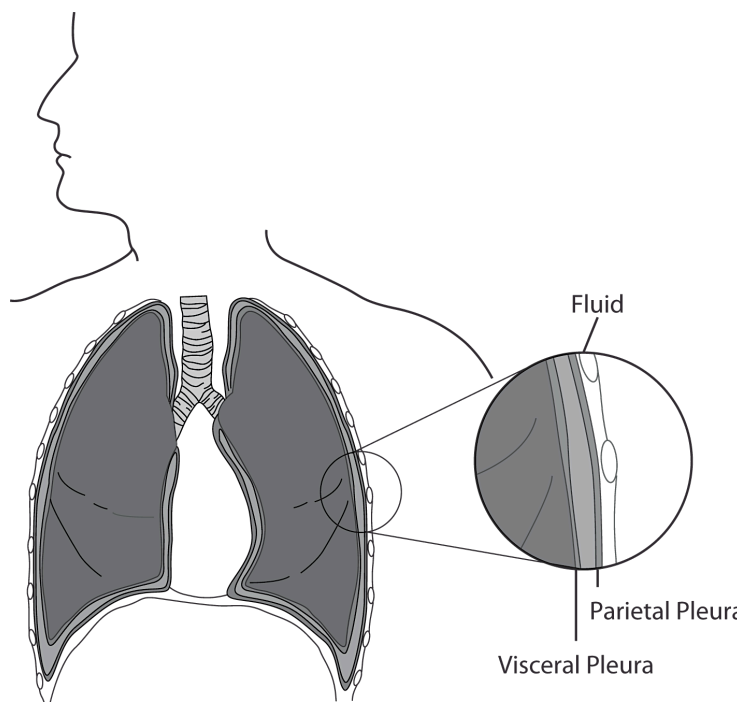
1. pneumothorax;
2. vochtophoping in de longen;
3. Haemothorax.

Lucht in de pleurale ruimte heet pneumothorax; vloeistof in dezelfde ruimte pleurale effusie, en bloed Haemothorax.

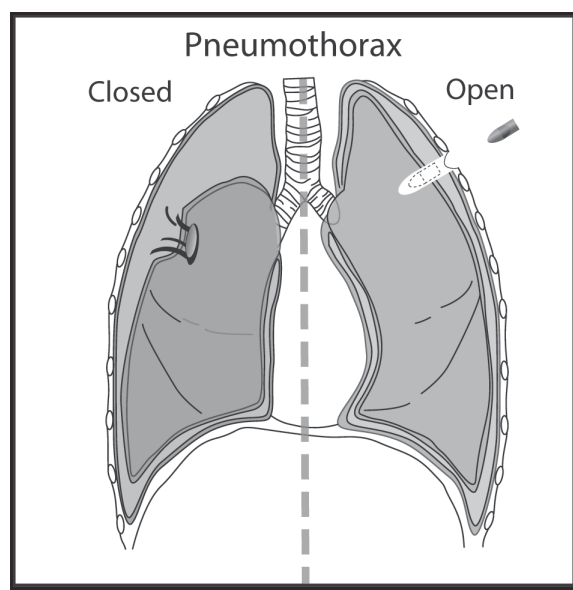
### Pneumothorax

Er zijn twee types pneumothorax: een open en een gesloten pneumothorax (figuur 28).

Een open pneumothorax vindt plaats als zowel de borstwand als de long gepenetreerd zijn. Perforatie kan veroorzaakt worden door trauma zoals een steek- of schotwond, een gespiesd object, of incisies gemaakt bij thoraxchirurgie. Een open pneumothorax



Figuur 27 Borst- en longstructuur



Figuur 28 Gesloten en open pneumothorax

wordt dikwijls aangeduid als een 'zuigende borstwond'.

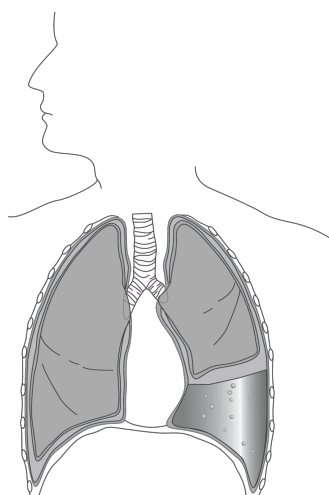
Gesloten pneumothorax is het gevolg van een ruptuur van het longweefsel; de borstkas blijft intact. De scheur ontstaat als gevolg van een snelle verplaatsing van longweefsel, of als scherpe boteinden bij ribfracturen het delicate longparenchymie beschadigen. Een gesloten pneumothorax kan ook ontstaan als patiënten met emfyseem longvelden beschadigen bij het hoesten, of als geïntubeerde patiënten beademd worden met hoge drukken die broos longweefsel ruptureren.

Een spannings- of drukpneumothorax is een speciaal type gesloten pneumothorax. Het vindt plaats wanneer lucht in de pleura ruimte zich ophoopt onder druk en niet meer kan ontsnappen. Als deze excessieve druk niet afgeblazen wordt, dan zal de long aan de aangetaste zijde compleet collaberen. De druk zal dan overgebracht worden naar het mediastinum. In het slechtste geval, zal druk rond het hart voorkómen dat het hart kan expanderen voor veneuze return. Verminderde veneuze-return zal leiden tot verminderde cardiac output, resulterend in cardiovasculaire collaps en cardiac arrest. Zelfs CPR zal niet meer effectief kunnen zijn, omdat het hart niet meer kan expanderen om veneus bloed binnen te laten, en als gevolg daarvan is er geen bloedaanbod meer om te pompen. Patiënten met het grootste risico om een spanningspneumothorax te krijgen, zijn zij die positieve-druk beademing ondergaan. Directe behandeling bestaat uit inbrengen van een grote diameter naald of canule in de borstkas om de druk te verlagen, gevolgd door een thoraxdrain.

Een spanningspneumothorax ontstaat bij gesloten pneumothorax. Een open pneumothorax voorziet in een 'druk-afblaas-ventiel' omdat de druk wordt geventileerd door de opening in de borstkas. Een thoraxdrain geeft een essentiële conversie van een gesloten pneumothorax naar een minder riskante open pneumothorax. Blokkade, door longweefsel, van de thoraxdrain kan van een open pneumothorax een riskantere gesloten pneumothorax veroorzaken.

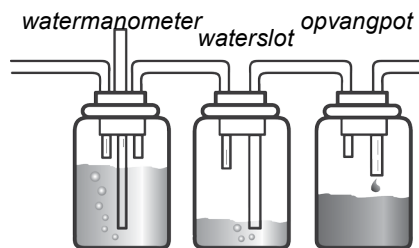
### Pleurale effusie en Haemothorax

Vloeistof in de pleuraruumte zal de respiratoire functie compromitteren op meestal dezelfde wijze als lucht in de pleuraruumte. Effusie verwijst naar vloeistof die postoperatief kan accumuleren, of van een ontsteking van het borstvlies, of van doorsijpelen bij ziekten zoals kanker (figuur 29). Haemothorax, bloed in de pleuraruumte, kan accumuleren na trauma of postoperatief na thoraxchirurgie.

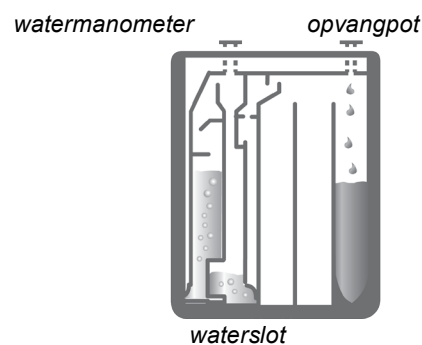


Figuur 29 Pleurale effusie

### Thoraxdrainage-systemen



Figuur 30a Reusable 3 flessen systeem



Figuur 30b Disposable 3 flessen systeem

Een thoraxdrain, geplaatst om lucht of vloeistof uit de thorax te verwijderen, zal aangesloten worden aan een drainageset (figuur 30). Het oorspronkelijke systeem bestaat uit drie glazen flessen:

1. Een verzamelfles/opvangpot, zo dicht mogelijk bij de patiënt geplaatst, in volgorde.
2. De tweede fles, een waterseal of waterslot, functioneert als een éénrichtingsventiel die beluchting mogelijk maakt en tegelijkertijd voorkomt dat lucht de borstkas opnieuw binnentreedt. De aanwezigheid van bubbels in het waterslot duidt op een luchtlek in het systeem of de long.
3. De derde fles, de zuigcontrole-fles of watermanometer, is een buis die onder water gedompeld zit. Het vloeistofniveau in deze fles reguleert het maximum dat aan negatieve druk opgebouwd kan worden en dat als zuiging op de intra-pleurale ruimte kan worden uitgeoefend. Met de zuigbron aangesloten op de watermanometer wordt de kracht van zuigkracht zodanig ingesteld dat de fles licht borrelt. Het borrelen is een indicatie dat er onderdruk wordt geventileerd naar atmosferische druk.

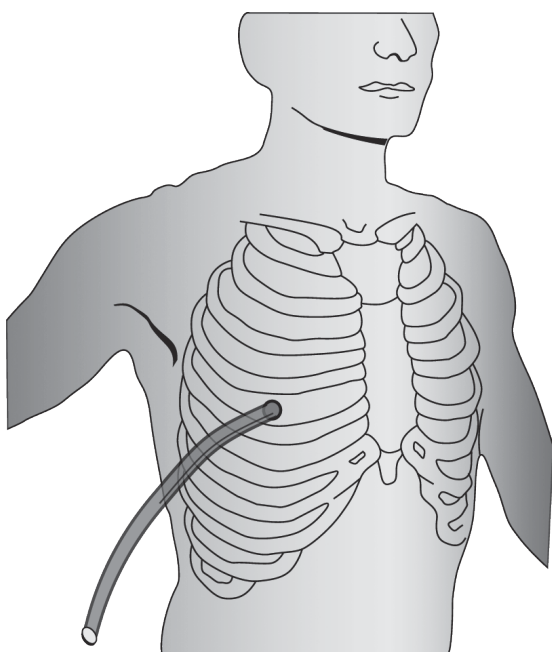
Dit drie-flessen-systeem is in veel instellingen vervangen door disposable plastic containers die kamers bevatten in plaats van flessen. Echter de functie van elk, blijft hetzelfde. Met dit thoraxdrainage-systeem, wordt druk gereguleerd door het drainage-systeem zelf en de vacuümregelaar in de muur wordt gebruikt om vacuümdruk te faciliteren. Fabrikanten van

thoraxdrainagesystemen bevelen een druk aan voor de vacuümregelaar (meestal 80 mmHg/10,6 kPa) en deze dient opgevolgd te worden om patiëntrisico te vermijden. De ISO norm 10079.3 stelt echter dat er maximaal 10 kPa gebruikt mag worden bij thoraxdrainage.

Een ander thoraxdrainage apparaat vervangt het drie-flessen-systeem en wordt de Heimlich klep genoemd. Dit apparaat heeft dezelfde functie als een éénrichtingsventiel of waterslotfles, maar geeft geen indicatie op luchtlekkage. De Heimlich klep (of valve) wordt meestal gebruikt bij patiënten met een eenvoudige pneumothorax of bij transport. Het was indertijd ontworpen voor toepassing bij thoraxverwonding als gevolg van gevechtshandelingen gedurende de Vietnam oorlog.

### Plaatsen van Thorax-drain

Thoraxdrains worden geplaatst in de pleuraruimte volgens een chirurgische procedure, dikwijls toegepast aan het bed. De drain wordt meestal ingebracht in de vierde intercostale ruimte in de mid tot anterior axillaire lijn (figuur 31). Na het maken van een kleine incisie boven de onderste rib wordt de drain door middel van een trocar (stompe-tip hemostaat) geplaatst. De kram of hechting is geplaatst op en over de rib, tot in de pleuraruimte. Dit creëert een schuine passage die zal samenvallen en afsluiten als de thoraxdrain wordt verwijderd. De drain is opgevoerd door de langszijde van de hechting en vooruitgeschoven in de thorax.



Figuur 31 Plaatsing van de thoraxdrain

Na longchirurgie, worden over het algemeen twee drains geplaatst in de pleuraruimte; één is gelokaliseerd anterior om lucht te evacueren, de ander posterior om vloeistof te draineren.

Een thoraxfoto moet gemaakt worden om zekerheid te hebben over correcte plaatsing van de thoraxdrains. Twee analyses zijn nodig:

1. Allereerst de plaats van de drains.
2. Ten tweede wordt de foto bekeken of het probleem verholpen is, d.w.z. de pneumothorax. Is er nog sprake van accumulatie in de thorax en kan de long volledig expanderen.

### Klemmen van thoraxdrains

Langere tijd was het een universele opvatting dat grote klemmen (Kochers) bij het thoraxsysteem behoorden. Deze klemmen/Kochers werden gebruikt voor als de fles brak terwijl de patiënt van de ene naar de andere plek gebracht werd. Maar dit was verkeerd! Als een thoraxfles of –systeem breekt of loskomt van de fles, dan heeft de patiënt een open pneumothorax. De pneumothorax kan gecorrigeerd worden door het onderdompelen van de thoraxdrain of –slang in een container met steriele vloeistof of water. De drain dient ondergedompeld te worden tot een diepte van 2 tot 3 centimeter. Dit voorziet in normaal functioneren van de thoraxdrain en acteert als een éénrichtingsventiel terwijl het nieuwe thoraxdrainage-systeem opgebouwd wordt. De slang naar de zuigbron dient niet aangesloten te worden, maar open te blijven!

**Afklemmen van de thoraxtube bij het aanwezig zijn van een luchtlek kan schadelijk zijn. Het zal een open pneumothorax veranderen naar een riskantere gesloten pneumothorax.** Spanningspneumothoraxen zijn het gevolg van afklemmen van de tube terwijl er een luchtlekkage aanwezig is. Patiënten dienen getransporteerd te worden zonder afklemmen van de thoraxdrain.

### Verwijderen van thoraxdrain

Met trapsgewijze reductie van het luchtlek dient de patiënt eerst geëvalueerd te worden voor verwijdering van de thoraxtube. Meestal wordt de zuigerij afgebouwd en de patiënt geobserveerd voor 24 uur. Als stoppen van de zuigerij goed wordt getolereerd en borst X-ray geeft geen aanduiding op pneumothorax, dan kan de thoraxtube verwijderd worden. Nadat het gaas verwijderd is, dient elke hechting waarmee de thoraxdrain is gefixeerd, doorgesneden te worden. De patiënt wordt verteld diep in te ademen en vast te houden, zoals bij het tillen van een zwaar voorwerp, hiermee wordt een Valsalva manoeuvre geïmiteerd (uitademing tegen een gesloten glottis). Waar de druk

in de pleuraruimte positief is gedurende de Valsalva manoeuvre, kan de drain veilig verwijderd worden zonder binnenstromen van lucht. Een afsluitende bedekking wordt geplaatst op de insteekplaats van de verwijderde drain. Een thoraxfoto dient onmiddellijk na het verwijderen van de thoraxdrain gemaakt te worden om te controleren dat er geen rentree is van lucht in de interpleurale ruimte.

## Het toepassen van pleura-zuigerij

Bijna alle thoraxdrainage-systemen worden aangesloten op zuigerij. Pleurazuigerij wordt geleverd via een vacuümregelaar of een elektrische hoge-flow zuigpomp. Gebruik van actieve zuigerij verkort de tijd voor afvoer van flow, waarmee lucht uit de thorax wordt gezogen. Snelle afvoer is essentieel voor patiënten die positieve drukbeademing ondergaan om te voorkomen dat lucht in de pleura-ruimte kan komen ondanks de aanwezigheid van een thoraxdrain.

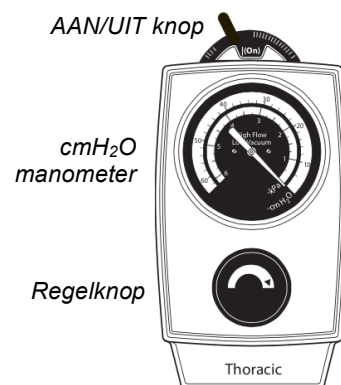
Pleura zuigerij vindt plaats in het gebied van 10 tot 20 cmH<sub>2</sub>O negatieve druk. Dit gebied is erg laag in vergelijking met de negatieve druk die wordt toegepast bij andere klinische zuigprocedures. Een pleura- zuigstelsel dient in staat te zijn tot het zuigen van relatief grote volumina lucht, met minimale restricties naar de flow.

Pleura zuigapparatuur dient voorzien te zijn van een veiligheidsventiel dat actief is gedurende de werking en dit dient tot veiligheid van de patiënt. Als het apparaat is uitgeschakeld en nog niet losgekoppeld is van de patiënt, dan dient het drainagesysteem open te zijn naar atmosferische druk om lucht uit de thoraxdrain te kunnen laten ontsnappen. Niet alle systemen hebben een dergelijke voorziening.

In standaard vacuümregelaars wordt vaak gebruik gemaakt van een naaldregelventiel om de hoeveelheid flow te controleren. Dit zijn hoge-weerstand, lage-flow systemen (ze werken zoals een kraan). Over het algemeen geeft dit te weinig capaciteit om bij grote luchtlekkage te compenseren. De Ohio Medical Thorax zuigregelaar is een geheel andere regelaar en speciaal ontworpen voor thoraxzuigerij (figuur 32). Deze stille regelaar converteert hoogvacuüm naar laagvacuüm in de range 5-50 cmH<sub>2</sub>O negatieve druk, dit met een lage weerstand en een hoge flowcapaciteit. De regelaar wordt ingeplugd in het vacuümnet. Een grote knop op het paneel geeft een groot instelbereik voor de juiste dosering vacuüm. De aan/uit knop bovenop, is speciaal ontworpen voor de veiligheid van de patiënt. Wanneer de regelaar is uitgeschakeld, opent zich een toegang naar atmosferische druk om het

systeem eventueel te laten ventileren. Een ingebouwd afblaasventiel voorkomt opbouw van positieve druk die gegenereerd kan worden als de patiënt hoest. Dit ventiel is een belangrijk veiligheidsaspect: Het vermindert het risico van spanningspneumothorax als lucht zich ophoopt in de thorax, of als er een afsluiting is, distaal van de regelaar. Geen enkele afblaasklep kan functioneren als er een geknikte tube of afklemming is tussen patiënt en regelaar. Het geheel is compact, en kan opgehangen worden buiten het loopgebied van het ziekenhuispersoneel.

Elektrische ventilator-type pompen, werken volgens andere principes dan muurregelaars. Een grote ventilator wordt aangedreven door een potentiometergecontroleerde motor. De inlaat van de ventilator geeft zuigmogelijkheden. Een manometer geeft het niveau aan. Omdat de ventilator van het type lage-weerstand en grote capaciteit is, is deze ook geschikt voor compensatie bij grote luchtlekkage. Wanneer de unit uitgeschakeld is dan kan de lucht ontsnappen door de ventilatorbladen. Ofschoon het apparaat een lage weerstand heeft en veilig is, is het ook groot, omslachtig en maakt het herrie.



Figuur 32 Thorax vacuümregelaar

---

## APPENDIX A

### VERGELIJKING VAN VLOEISTOFSNELHEID IN EEN SLANG KAN ALS VOLGT OMSCHREVEN WORDEN VOLGENS DE WET VAN POISEUILLE:

$$\text{Flowsnelheid} = P \times 3,14 \times r^4 : 8 \times \eta \times f$$

Waar:

- P is druk
- $\eta$  de viscositeit van de vloeistof
- r de diameter van de drain
- f is de lengte van de drain
- 8 en 3,14 zijn constanten

#### Voorbeeld:

- Druk = 100
- Diameter = 2
- Viscositeit = 1
- Lengte = 50

(\*getallen ter illustratie)

$$100 \times 3,14 \times 16 : 8 \times 1 \times 50 = \text{Flowsnelheid van } 12,56$$

(100 is de druk vanuit de vacuübron naar het kathetereind, 3,14 is constant, 16 is de vierde macht van de diameter van de drain (welke is 2), 8 is constant, 1 is de viscositeit van de vloeistof, en 50 is de lengte van de drain.)

### EFFECT VAN BINNENDIAMETER OP DE FLOWSNELHEID:

Veronderstel dat bij voorgaande voorbeeld alle variabelen constant worden gehouden behalve de binnendiameter D. De diameter wordt verdubbeld van 2 naar 4. De nieuwe flowsnelheid zal zijn:

$$100 \times 3,14 \times 256 : 8 \times 1 \times 50 = \text{flowsnelheid van } 200,96$$

De calculatie demonstreert dat als de binnendiameter van de drain is verdubbeld, het mogelijk is om 16 keer de originele flowsnelheid te verkrijgen ( $16 \times 12,56 = 200,96$ ). Als de diameter gehalveerd wordt in bovenstaande voorbeeld, dan zal de flowsnelheid verminderen met  $1/16$ .

### EFFECT VAN DRUK OP DE FLOWSNELHEID:

Veronderstel dat bij voorgaande voorbeeld alle variabelen constant worden gehouden behalve de druk P. De druk wordt verdubbeld van 100 naar 200. De nieuwe flowsnelheid zal zijn:

$$200 \times 3,14 \times 16 : 8 \times 1 \times 50 = \text{flowsnelheid van } 25,12$$

De calculatie demonstreert dat als de druk verdubbeld, de originele flowsnelheid ook verdubbeld ( $25,12$  t.o.v.  $12,56$ ).

### EFFECT VAN VISCOSITEIT OP DE FLOWSNELHEID:

Veronderstel dat bij voorgaande voorbeeld alle variabelen constant worden gehouden behalve de viscositeit  $\eta$ . De viscositeit wordt verhoogd van 1 naar 3. De nieuwe flowsnelheid zal zijn:

$$100 \times 3,14 \times 16 : 8 \times 3 \times 50 = 4,19$$

De calculatie demonstreert dat als de viscositeit verhoogd, de originele flowsnelheid daalt ( $4,19$  t.o.v.  $12,56$ ). Een praktijkvoorbeeld is waarneembaar wanneer er dikke bronchopulmonaire secreties worden uitgezogen. Dikke secreties bewegen langzamer door de katheter.

### EFFECT VAN DRAIN LENGTE OP DE FLOWSNELHEID:

Veronderstel dat bij voorgaande voorbeeld alle variabelen constant worden gehouden behalve de lengte van de drain f. De lengte wordt verhoogd van 50 naar 100. De nieuwe flowsnelheid zal zijn:

$$100 \times 3,14 \times 16 : 8 \times 1 \times 100 = 6,28$$

De calculatie demonstreert dat als de lengte verdubbeld wordt, de originele flowsnelheid halveert ( $6,28$  t.o.v.  $12,56$ ).

## APPENDIX B

1 inch water (inH<sub>2</sub>O)  
 = 0,074 inch kwik (inHg)  
 = 0,036 pounds/square inch (psi)  
 = 1,87 millimeter kwik (mmHg)  
 = 2,54 centimeter water (cmH<sub>2</sub>O)

1 centimeter water (cmH<sub>2</sub>O)  
 = 0,029 inch kwik (inHg)  
 = 0,014 pounds/square inch (psi)  
 = 0,74 millimeter kwik (mmHg)  
 = 0,394 inch water (inH<sub>2</sub>O)

1 atmosfeer (atm.)  
 = 14,7 pounds/square inch (psi)  
 = 760 millimeter kwik (mmHg)  
 = 29,92 inch kwik (inHg)

1 inch kwik (inHg)  
 = 25,4 mmHg  
 = 34,5 cmH<sub>2</sub>O  
 = 13,6 inH<sub>2</sub>O

1 millimeter kwik (mmHg)  
 = 0,039 inch kwik (inHg)  
 = 0,019 pounds/square inch (psi)  
 = 0,535 inch water (inH<sub>2</sub>O)  
 = 1,36 centimeter water (cmH<sub>2</sub>O)

1 cm = 10 mm  
 1 torr = 1 millimeter kwik  
 mmHg x 0,13332 = kPa  
 mmHg x 1,3332 = Millibar  
 mmHg x 1,3595 = cmH<sub>2</sub>O  
 cmH<sub>2</sub>O x 0,7355 = mmHg  
 kPa x 7,5006 = mmHg  
 Millibar x 0,75006 = mmHg

### Druk conversie constanten

		Gewenste waarde						
		PSI <sup>(1)</sup>	inH <sub>2</sub> O <sup>(2)</sup>	inHg <sup>(3)</sup>	K Pascal	milli Bar	cmH <sub>2</sub> O <sup>(4)</sup>	mmHg <sup>(5)</sup>
Bekende waarde	PSI <sup>(1)</sup>	1,0	27,680	2,036	6,8947	68,947	70,308	51,745
	inH <sub>2</sub> O <sup>(2)</sup>	3,6127 x 10 <sup>-2</sup>	1,0	7,3554 x 10 <sup>-2</sup>	0,2491	2,491	2,540	1,8683
	inHg <sup>(3)</sup>	0,4912	13,596	1,0	3,3864	33,864	34,532	25,40
	K Pascal	0,14504	4,0147	0,2953	1,0	10,0	10,1973	7,5006
	milli bar	0,01450	0,40147	0,02953	0,1	1,0	1,01973	0,75006
	cmH <sub>2</sub> O <sup>(4)</sup>	1,4223 c 10 <sup>-2</sup>	0,3937	2,8958 x 10 <sup>-2</sup>	0,09806	0,9806	1,0	0,7355
	mmHg <sup>(5)</sup>	1,9337 x 10 <sup>-2</sup>	0,53525	3,9370 x 10 <sup>-2</sup>	0,13332	1,3332	1,3595	1,0

Om een waarde te converteren, vermenigvuldig de waarde in de eerste rij met de desbetreffende tabel uit een andere rij en u krijgt de gevraagde overeenkomstige waarde uit de eerste rij.

Voorbeeld: 50 cmH<sub>2</sub>O x 0,7355 = 37 mmHg

Notities: 1. PSI - pounds per vierkante inch  
 2. bij 4,9°C  
 3. bij 0°C  
 4. bij -15,6°C  
 5. bij -17,8°C

---

## APPENDIX C

### KATHETER MAATKAART\*

Aanbevolen French katheterafmeting voor kunstmatige luchtweg in mm. inwendige diameter.

Inwendige diameter kunstmatige luchtweg in millimeter	Aanbevolen French-maat voor katheter (volwassene: ETT binnendiameter in mm x 3 : 2 kinderen: ETT binnendiameter in mm x 3 : 1,5)
2,5	5,0
3,0	6,0
3,5	6,0
4,0	8,0
4,5	8,0
5,0	8,0
5,5	8,0
6,0	10,0
6,5	10,0
7,0	10,0
7,5	12,0
8,0	12,0
8,5	12,0
9,0	14,0
9,5	14,0
10,0	14,0

\* Clinical Practice Guidelines Respiratory Care; juni 2010 Vol. 55 No 6.21



## APPENDIX D

De volgende tabellen zijn gemaakt met toestemming van de AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 1916 Race St., Philadelphia, PA 19103, (215) 299-5400, Designation F 960-86 (93), Standard Specification for MEDICAL AND SURGICAL

SUCTION AND DRAINAGE SYSTEMS, approved 8 Jan. 1986, reviewed 1993, Overdrukken van het Jaarboek voor ASTM Standards, Copyright ASTM.

### X1. LUMEN (PASSAGE) MAAT EN HET EFFECT OP DE FLOW

- X1.1** De laminaire flow (gas of vloeistof) is ongeveer proportioneel aan de vierde macht van de binnendiameter (ID) van het lumen, en omgekeerd proportioneel aan de lengte.
- X1.2** Voor elke systeem-setup wordt aanbevolen dat de grootste diameter en kortste lengte nagestreefd dienen te worden.
- X1.3** Tabel X1.1 toont de relatieve flowsnelheden bij verscheidene maten van rechte drains onder gelijke condities. De flow door een 6.35 mm (1/4 inch.) ID tube is bepaald als 100%.

TABEL X1.1 Relatieve Flowsnelheden in een rechte slang

Diameter inch (mm)	Flow %	Geschatte drukval bij 2m (6ft) lengte in mmHg <sup>a</sup>	Geschatte waterhoeveelheid (l/min) door 2m (6ft) lengte <sup>b</sup>
3/16 (4,76)	30	47	2,7
(5)	40	39	3,2
7/32 (5,56)	60	25	4,0
(6)	80	19	4,7
1/4 (6,35) <sup>c</sup>	100	15	5,5
(7)	150	10	6,2
9/32 (7,14)	160	8	6,5
5/16 (7,94)	240	5	7,7
(8)	250	4,8	7,8

- a Geschat vacuümverlies per 2m (6ft) lengte rechte slang bij een flow van 20 l/min lucht op een vacuümbron van 300 mmHg/39,9 kPa. Specifieke merken slang kunnen kleine verschillen geven, afhankelijk van de vlakheid van het lumen en eigenschappen van het materiaal.
- b Deze flowsnelheden gelden voor een horizontaal gepositioneerde slang op omgevingstemperatuur en toegepast vacuüm van 300 mmHg/39,9 kPa.
- c Aanbevolen minimum diameter.

---

## **X2. MINIMUM EN MAXIMUM VRIJE LUCHT-FLOWSNELHEDEN EN VACUÛM NIVEAUS VOOR ZUIGERIJ EN DRAINAGE**

**X1.1** Het comité vindt dat flowsnelheden en vacuÛmniveaus voor de procedures zoals gegeven in tabel X2.1, kunnen worden toegepast in de klinische praktijk. Systemen en hun componenten dienen geselecteerd te worden op geschiktheid. Openbaarmaking van de prestaties kan helpen om een keuze te maken in deze selectie.

**TABEL X2.1** Relatieve Flowsnelheden in een rechte slang\*

Kinder Oraal-Nasaal Trachea zuiging	0-100 mmHg/13,3 kPa	0-40
Volwassene Oraal-Nasaal Trachea zuiging	0-160 mmHg/21,3 kPa	0-40
Chirurgische zuigerij	0-500 mmHg/66,5 kPa	0-40
Maag, Darm, Buik drainage	0-120 mmHg/15,9 kPa	0-8
Wangensteen drainage	0-60 mmHg/7,9 kPa	0-3
Wond drainage	0-95 mmHg/12,6 kPa	0-2
Pleura of Mediastinum drainage	0-50 cmH <sub>2</sub> O	0-10
Pleura of Mediastinum drainage (kind)	0-10 cmH <sub>2</sub> O	0-8
Naso-Maag drainage	0-120 mmHg/15,9 kPa	0-3
Sump drainage	0-50 mmHg/6,7 kPa	0-3
Kinder Oraal-Nasaal Trachea zuiging	0-100 mmHg/13,3 kPa	0-40

- Deze tabel dient niet gebruikt te worden als een specificatie waaraan apparatuur dient te voldoen, noch is het een aanbeveling voor gebruikers in het selecteren van flowsnelheden en vacuÛmniveaus; lichtsnelheden en vacuÛmniveaus dienen gebaseerd te zijn op klinische overwegingen.

---

## GESELECTEERDE REFERENTIES

1. "Nasogastric suctioning, per Smeltzer, Suzanne, Bare, Hinkle, Cheever, Brunner and Suddath's "Medical-Surgical Nursing": 12th edition (2009), indicates 30 – 40 mmHg
2. American Association for Respiratory Care, "Endotracheal Suction of the Mechanically Ventilated Patient with Artificial Airways 2010," *Respiratory Care*, June 2010, pp.758-64.
3. Salvatore M. Maggiore, Francois Lellouche, Jerome Pigeot, Solenne Taille, Nicolas Deye, Xavier Durrmeyer, Jean-Christophe Richard, Jordi Mancebo, Francois Lemaire, Laurent Brochard, "Prevention of Endotracheal Suctioning-induced Alveolar Derecruitment in Acute Lung Injury," *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, February 2003.
4. Boque MC, Gualis B, Sandiumenge A, Rello J. Endotracheal tube intraluminal diameter narrowing after mechanical ventilation: use of acoustic reflectometry. *Intensive Care Med*. 2004 Dec;30(12):2204-9. Epub 2004 Oct 2.
5. Technologic Advances in Endotracheal Tubes for Prevention of Ventilator-Associated Pneumonia, *CHEST / 142 / 1 / JULY 2012* 231-238
6. Continuous endotracheal tube cuff pressure control system protects against ventilator-associated pneumonia *Critical Care* 2014, 18:R77 doi:10.1186/cc13837
7. Duguet A, D'Amico L, Biondi G, Prodanovic H, Gonzalez-Bermejo J, Similowski T. Control of tracheal cuff pressure: a pilot study using a pneumatic device. *Intensive Care Med* 2007;33:128–132.
8. Nseir S, Brisson H, Marquette CH, Chaud P, Di Pompeo C, Diarra M, Durocher A. Variations in endotracheal cuff pressure in intubated critically ill patients: prevalence and risk factors. *Eur J Anaesthesiol* 2009;26:229–234.
9. Rello J, Sonora R, Jubert P, Artigas A, Rue M, Valles J. Pneumonia in intubated patients: role of respiratory airway care. *Am J Respir Crit Care Med* 1996;154:111–115.
10. Seegobin RD, van Hasselt GL. Endotracheal cuff pressure and tracheal mucosal blood flow: endoscopic study of effects of four large volume cuffs. *Br Med J (Clin Res Ed)* 1984;288:965–968.
11. Muscedere JG, Day A, Heyland DK. Mortality, attributable mortality, and clinical events as end points for clinical trials of ventilator associated pneumonia and hospital-acquired pneumonia. *Clin Infect Dis* 2010;51:S120–S125.
12. Farre R, Rotger M, Ferre M, Torres A, Navajas D. Automatic regulation of the cuff pressure in endotracheally-intubated patients. *Eur Respir J* 2002;20:1010–1013.
13. Weiss M, Doell C, Koepfer N, Madjdpour C, Woitzek K, Bernet V. Rapid pressure compensation by automated cuff pressure controllers worsens sealing in tracheal tubes. *Br J Anaesth* 2009;102:273–278.
14. Nseir S, Duguet A, Copin MC, De Jonckheere J, Zhang M, Similowski T, Marquette CH. Continuous control of endotracheal cuff pressure and tracheal wall damage: a randomized controlled animal study. *Crit Care* 2007;11:R109.

---

## GESELECTEERDE ARTIKELEN

**Ahern HL, KT Rice:** How do you measure gastric pH? American Journal of Nursing 1991 :91 (5):70.

**Allan D:** Making sense of suctioning. Nursing Times 1988;84(10):46-47.

**American Heart Association:** Textbook of advanced cardiac life support ed 2. 1987 Dallas, American Heart Association

**American Society of Testing and Materials:** Standard specifications for medical and surgical suction and drainage systems. 1986 ASTM. Philadelphia.

**Baker PO, JP Baker, PA Koen:** Endotracheal suctioning techniques in hypoxemia patients Respiratory Care 1983;28(12):1563-1568.

**Barnes CA and KT Kirchoff:** Minimizing hypoxemia due to endotracheal suctioning: A review of the literature. Heart & Lung 1986;15(2):164-116

**Baun MM:** Physiological determinants of a clinically successful method of endotracheal suction. Western Journal of Nursing Research 1984;6(2): 213-225

**Balin MM and MJ Flones:** Cumulative effects of three sequential endotracheal suctioning episodes in the dog model. Heart & Lung 1984;13(2):148-154.

**Benson MS and DJ Pierson:** Ventilator wash-out volume: a consideration in endotracheal suction preoxygenation. Respiratory Care 1990;35(12): 1257-1260

**Blenkharn JI:** safety devices to prevent airborne infection from clinical suction apparatus. Journal of Hospital Infection 1988; 12•1 09-115

**Bodai BI, CB Wallon et al:** A clinical evaluation of an oxygen insufflation/ suction catheter. Heart & Lung 1987;16(1):39-46.

**Bostick J and ST Wendelgass:** Normal saline installation as part of the suctioning procedure effects on PaO<sub>2</sub> and amount of secretions. Heart & Lung 1987;16(5):532-537.

**Brown SE, DW Stansbury et al:** Prevention of suctioning-related arterial oxygen de-saturation. Chest 1983;83(4):621-627

**Buchanan LM and MM Baun:** The effect of hyperinflation, inspiratory hold and oxygenation on cardiopulmonary status during suctioning in a lung-injured model. Heart & Lung 1986;15(2):127-134

**Burton, GG, JE Hodgkin, JJ Ward: Respiratory Care:** A guide to clinical practice Ed 3. 1991 Philadelphia, JB Lippincott Co.

**Capps JS et al:** Potential of chest drainage systems to evacuate broncho-pleural air leaks. Chest 1985;88:575

**Carroll P:** Getting the equipment you and your patients need RN 1990:53 95):26-30

**Carroll P:** Ins and Outs of chest drainage systems. Nursing 86 1986;16(2) :26-32.

**Carroll P:** Lowering the risks of endotracheal suctioning. Nursing 88 1988 18(5):46-50.

**Carroll P:** Safe Suctioning. Nursing 89 1989;19(9):48 51.

**Carroll P:** Safe suctioning prn. RN 1994;57(5):32-36

**Carroll P:** Understanding chest drainage. 1986, Pfizer Hospital Products Group. Floral Park, NY.

**Carroll P:** Understanding chest tubes. 1988, Pfizer Hospital Products Group. Floral Park, NY.

**Carroll P:** What's new in chest tube management. RN 1991;54(5):34-40

**Chulay M:** Arterial blood gas changes with a hyperinflation and hyperoxygenation suctioning intervention in critically ill patients. Heart & Lung 1988;17(6 Pt.1):654-661/

**Chulay M:** Hyperinflation/hyperoxygenation to prevent endotracheal suctioning complications. Critical Care Nurse 1987;7(2):100-102.

**Chulay M and GM Graeber:** Efficacy of a hyperinflation and hyperoxygenation suctioning Intervention. Heart & Lung 1988;17(1):15-22.

**Clark AP, EH Winslow et al:** Effects of endotracheal suctioning on mixed venous oxygen saturation and heart rate in critically ill adults. Heart & Lung 1990;19(5 Pt.2):552-557

**Craig KC, MS Benson and DJ Pierson:** Prevention of arterial oxygen de-saturation during closed-airway endotracheal suction: Effect of ventilator mode. Respiratory Care 1984;29(10):1013-1018.

**Crow S. and P Carroll:** Changing the suction catheter each time you enter a tracheostomy necessity or waste? Nursing Life 1985;May:44-45.

**Cunningham CA and JB Sergent** A preliminary view of the contamination of suction apparatus. Focus on Critical Care 1983;10(4):10-14

**Czarnik RE, KS Stone, et al:** Differential effects of continuous versus intermittent suction on tracheal tissue. Heart & Lung 1991;20(2):144-151.

**Demers 5:** The impact of technology and the risks associated with endotracheal suctioning and airway management• the changes a decade has wrought. Respiratory Care 1989;34(5):339-341.

**Dennison RD:** Managing the patient with upper airway obstruction. Nursing 87 1987;17(10)•34-41

**Douglas S:** The effect of a positive end-expiratory pressure adapter on oxygenation during endotracheal suctioning. Heart & Lung 1985;14(4): 396-400

**Eisenberg P:** Monitoring gastric pH to prevent stress ulcer syndrome. Focus on Critical Care 1990;17(4):316-322

**Emergency Nurses Association:** Trauma nursing core course. (provider) manual Ed 3 1991 Chicago. Emergency Nurses' Association.

**Fluck RR:** Suctioning - intermittent or continuous? Respiratory Care 1985;30(10):837-838

**Glass C, MJ Grap, et al:** Nurse performance of hyperoxygenation (abstract). Heart & Lung 1991;20(3):299

**Goodnough SKC:** The effects of oxygen and hyperinflation on arterial oxygen tension after endotracheal suctioning Heart & Lung 1985;14(1). 11-17

**Goodrich RE:** Infection control: Suction waste management in hospitals and nursing homes. Journal of Environmental Health 1989;51(4) 212-215

**Keithley JK:** Histamine H<sub>2</sub>-receptor antagonists. Nursing Clinics of North America 1991: 26(2)361-73.

**Kinney MR, DR Packa, SB Dunbar;** AACN's Clinical reference for critical care nursing Ed 2. 1988 New York. McGraw-Hill

**Knipper J:** Evaluation of adventitious sounds as an indication of the need for tracheal suctioning (abstract) Heart & Lung 1984;13(3):292-293.

- Knipper J:** Minimizing the complications of tracheal suctioning. *Focus on Critical Care* 1986;13(4):23-26
- Lewidge MK, M Corley. et al:** Manual resuscitation bag oxygen delivery (abstract). *Heart & Lung* 1991;20(3):300.
- Mathews PJ, LM Mathews, RR Mitchell:** Airway monitoring and ventilation: what the future holds. *Nursing92* 1992;22(2):48-51.
- Mayhill CG;** The Trach Care closed tracheal suction system: a new medical device to permit tracheal suctioning without interruption of ventilatory assistance. *Infection Control and Hospital Epidemiology* 1988;9(3):125-126
- McConnell E:** Ensuring safer stomach suctioning with the Salem sump tube. *Nursing* 77; 1977;7(9):54-57.
- McConnell E:** Ten problems with nasogastric tubes ... and how to solve them. *Nursing* 79; 1979;9(4):78-81
- Parsons LG and JSO Shogan:** The effects of the endotracheal tube suctioning/manual hyperventilation procedure all patients with severe closed head injuries. *Heart & Lung* 1984;13(4):372-380
- Pescovitz MD:** A history of surgical suction from Diethylary to Gomco. *Surgery, Gynecology and Obstetrics* 1989;169:267-274
- Pierce JB and DE Piazza:** Differences In post suctioning arterial blood oxygen concentration values using twp post oxygenation methods. *Heart & Lung* 1987;16(1):34-38
- Preusser BA, KS Stone et al:** Effects of two methods of preoxygenation on mean arterial pressure, cardiac output, peak airway pressure and post suctioning hypoxemia. *Heart & Lung* 1988;17(3):290-299.
- Rindfleisch SH and ML Tyler:** Duration of suctioning: an important variable. *Respiratory Care* 1983;28(4):457-459
- Rizl R, LR Scott, et al:** Contamination of multiple-use suction catheter in a closed-circuit system compared to contamination of a disposable. single-use suction catheter. *Respiratory Care* 1986;31(11):1086-1091.
- Rogge J, L Bunde and MM Balin:** Effectiveness of oxygen concentration of less than 100% before and after endotracheal suction in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Heart & Lung* 1989;18(1):64-71
- Rudy EB, BS Turner, et al:** Endotracheal suctioning in adults with head injury. *Heart & Lung* 1991;20(6):667-674
- Rudy EB, M Baun et al:** The relationship between endotracheal and changes in intracranial pressure: a review of the literature. *Heart & Lung* 1986;15(5):488-494
- Rusch VW et al:** Performance of four pleural drainage systems in an animal model of bronchopleural fistula. *Chest* 1988;93:859-863.
- Shapiro BA, RM Kacmarek, et al:** Clinical Application of Respiratory Care Ed 4. 1991 St Louis Mosby Yearbook.
- Skelley BFH, SM Deeren and MM Powaser: The effectiveness of two preoxygenation methods to prevent endotracheal suction-induced hypoxemia, *Heart & Lung* 1980;9(2):316-323.
- Smith AE:** Endotracheal suctioning: are we harming our patients? *Critical Care Update* 1983;10(1):29-31
- Smith RM, MS Benson and RB Schoene:** The efficacy of oxygen insufflation in preventing arterial oxygen desaturation during endotracheal suctioning of mechanically ventilated patients. *Respiratory Care* 1987;32(10):865-869.
- Somerson SJ and MR Sicilia:** Emergency oxygen administration and airway management. *Critical Care Nurse* 1992;2(4):23-29
- Springhouse Corporation:** Nursing procedures. Springhouse, PA 1992. Author.
- Springhouse Corporation:** Illustrated manual of nursing practice. Springhouse, PA 1991. Author.
- Stone KS:** Ventilator Versus manual resuscitation bag as the method for delivering hyperoxygenation before endotracheal suctioning. *AACN Clinical Issues in Critical Care.* 1990;1(2):289-299.
- Stone KS, EC Vorst. et al:** Effects of lung hyperinflation on mean arterial pressure and post-suctioning hypoxemia. *Heart & Lung* 1989;18(4):377-385.
- Swearingen, PL:** Photo alias of nursing procedures. 1991 Redwood City, CA, Addison-Wesley Nursing.
- Taggart JA, NL Dorinsky, JS Sheahan:** Airway pressures during closed system suctioning, *Heart & Lung* 1988;17(5):536-542.
- Tiflin NH, MR Keim, TC Frewen:** The effects of variations in flow through an insufflating catheter and endotracheal tube and suction catheter size on test-lung pressures. *Respiratory Care* 1990;35(9):889-897
- Walsh JM, C Vandergarf. et al:** Unsuspected hemodynamic alterations during endotracheal suctioning. *Chest* 1989;95(1):162-165
- Young CS:** A review of the adverse effects of airway suction. *Physiotherapy* 1984;70(3):104-106

Note Older references are included for historical perspective and interest.



Medical Corporation®

always there | for life

1111 Lakeside Drive  
Gurnee, IL 60031 USA  
P: 866-549-6446  
P: 847-855-0500  
F: 847-855-6218  
[www.ohiomedical.com](http://www.ohiomedical.com)

Form No. SOT645  
Rev. 3 08/2014