

## PRONE POSITIONERING BIJ ARDS OP INTENSIEVE ZORGEN

Afstudeerproject voorgelegd  
tot het behalen van het diploma van  
bachelor intensieve zorg en  
spoedgevallenzorg door:  
Verschuieren Mike

## WOORD VOORAF

---

Ik had dit werk onmogelijk kunnen maken zonder de steun van verschillende mensen in mijn omgeving.

Dankzij de inzet van mijn collega's en het begrip van mijn hoofdverpleegkundige, Els Van Hoof, kon ik voldoende tijd vrijmaken voor de studie BaNaBa INZO en spoedgevallenzorg.

Mijn speciale dank gaat uit naar Dr. Niels Van Regenmortel, voor de steun en begeleiding van het werk. Ook betuig ik mijn dank aan dhr. De Blanger, om voldoende ruime literatuur te voorzien zodat ik vlot kon starten.

Mijn dank gaat verder uit naar de diensten intensieve zorgen ZNA Jan Palfijn en Medisch Intensieve Therapie Eenheid van ZNA Stuivenberg voor het toepassen van prone positionering naar aanleiding van mijn eindwerk.

Tot slot bedank ik mijn echtgenote en alle mensen die me omringd hebben, voor hun positieve stimulatie, hulp bij de lay-out en het nalezen van het werk!

# INHOUD

---

## INLEIDING

## THEORIE

<b>1. Anatomie en fysiologie</b> .....	<b>8</b>
1.1. Anatomie van de luchtwegen .....	8
1.2. Fysiologie.....	8
<b>2. ARDS</b> .....	<b>12</b>
2.1. Inleiding .....	12
2.2. Definities.....	12
2.3. Oorzaken en risicofactoren .....	15
2.4. Pathogenese .....	15
2.5. Complicaties .....	18
2.6. Behandeling.....	18
<b>3. Prone position</b> .....	<b>24</b>
3.1. Inleiding .....	24
3.2. Fysiologie en effecten.....	24
3.3. Indicaties .....	26
3.4. Contra-indicaties.....	26
3.5. Complicaties .....	27
3.6. Duur .....	27
3.7. Reanimatie .....	28
3.8. Conclusie.....	28

## PRAKTIJK - VERPLEEGKUNDIGE INTEGRATIE

<b>1. Inleiding</b> .....	<b>29</b>
<b>2. Gegevensverzameling</b> .....	<b>29</b>
<b>3. Verpleegkundige probleemstelling</b> .....	<b>29</b>
3.1. Psychosociale problemen.....	29
3.2. Somatische problemen .....	29
<b>4. Doelen en evaluatiecriteria</b> .....	<b>34</b>
4.1. Algemene doelstelling.....	34
4.2. Specifieke doelstellingen .....	34
<b>5. Plannen van acties</b> .....	<b>37</b>
5.1. Psychosociaal.....	37
5.2. Tijdens het draaien .....	38
5.3. Na het draaien .....	38
<b>6. Uitvoering</b> .....	<b>41</b>
6.1. Voorbereiding.....	41
6.2. Uitvoering.....	43
6.3. Nazorg.....	44
6.4. Het herpositioneren van buik- naar rugligging .....	45
<b>7. Evaluatie</b> .....	<b>46</b>
7.1. Evalueren van de effectiviteit van prone positionering.....	46
7.2. Evaluatie van specifieke verpleegproblemen.....	46

## CASUS

<b>1. Beschrijving</b> .....	<b>49</b>
1.1. Inleiding .....	49
1.2. Verloop 15/02/2013-25/02/2013: NHL met tumorlyseΣ en ANI.....	49
1.3. Verloop 26/02/2013 tot 04/03/2013: neutropene septische shock met MOF .....	51
1.4. Verloop na het positioneren.....	60
1.5. Verloop vanaf 05/03/2013 .....	61

# INLEIDING

---

Alvorens te starten werd ik gedreven door de interesse in dit onderwerp. Het reflecteert voor een groot stuk een verpleegkundige invalshoek en past binnen de lijnen van de verpleegkundige basisprincipes. Met dit werk heb ik getracht om buikligventilatie bij ARDS toegankelijker te maken.

Met het verzamelen van informatie bleek duidelijk dat het onderwerp veelomvattend en wel bestudeerd is. Om door het bos de bomen te zien heb ik geprobeerd op een transparante en gestructureerde manier het onderwerp weer te geven. Dit werk omvat zowel een cursorische en een verpleegkundige benadering aangevuld met casuïstiek, ter implementatie van de praktische omkadering.

Het biedt een antwoord met ruime omkadering op de vraag hoe buikligventilatie anno 2013 kan gezien en toegepast worden en welke beperkingen het heeft.

Met het lezen van dit werk wordt inzicht verkregen over alle aspecten die inherent verbonden zijn met het toepassen van prone positionering.

# THEORIE

---

## 1. Anatomie en fysiologie

### 1.1. Anatomie van de luchtwegen

De ademhalingsweg bestaat uit neus- en mondholte, keelholte, larynx en trachea dewelke vertakt in 2 hoofdbronchi. Deze vertakken daarna in het longweefsel verder in steeds kleinere bronchi. De kleinste vertakkingen zonder kraakbeen, de bronchioli, eindigen in alveolen. Deze alveolen zijn door een uitgebreid netwerk van capillairen omgeven. Hier vindt de gasuitwisseling van O<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub> plaats. Elke long bevat ongeveer 300 miljoen alveolen.

De longen liggen in de thorax aan beide zijden van het mediastinum in een sereuze pleuraholte. Elke long wordt door middel van fissuren in kwabben onderverdeeld. De rechterlong bestaat uit een boven-, midden-, en onderkwab. De kleinere linkerlong bestaat uit een boven- en onderkwab.

Mediaal van elke long bevindt zich de longhilus, de in- en uittreedplaats voor bronchiën, bloedvaten, lymfevaten en zenuwen.

Elke long is omgeven door de pleura visceralis, dewelke vrijwel overal met het longoppervlak is verbonden. De wand van de pleuraholte wordt gevormd door de pleura parietalis. Tussen beide pleurabladen ligt een capillaire holte, die enkele milliliter sereus vocht bevat. Pleura visceralis en pleura parietalis gaan ter hoogte van de longhilus in elkaar over.

De luchtwegen bestaan uit het luchtgeleidende of conductieve deel en het gasuitwisselende deel. Het luchtgeleidende deel is de anatomische dode ruimte en heeft verder de taak om de verzadigde waterdamp te reinigen en de ingeademde lucht te verwarmen. Het gasuitwisselende deel omvat de alveolen, met een totale oppervlakte van ongeveer 140 m<sup>2</sup>. Het alveolaire epitheel bestaat uit 2 celtypen. 90% daarvan zijn pneumocyten type I en zijn de dekcellen van de alveoli. 10% zijn pneumocyten type II en produceren het surfactant, de oppervlaktetension-verlagende factor.

### 1.2. Fysiologie

#### 1.2.1. Ademhalingsmechanisme

Het ademhalingsmechanisme is noodzakelijk voor de gasuitwisseling tussen de alveolen en de omgeving. Hierdoor worden zowel actieve als passieve drukveranderingen in de thorax tot stand gebracht.

Bij de inspiratie wordt in de thoraxholte, mede door het vacuüm tussen de pleurabladen, het longvolume vergroot. Hierdoor vullen de longen zich met lucht. De inspiratie is actief. Inspiratoir werkzaam zijn: contractie van het diafragma, opheffen van de thorax door contractie van de mm. scaleni en de mm. intercostales externi. De hulpademhalingspijnen zullen verder de thorax vergroten.

De expiratie verloopt door het verkleinen van de thorax en longen. Deze is normaal gezien passief, door de zwaartekracht en de eigen elasticiteit. Bij versterkte expiratie zullen de spieren van de buikwand, die het diafragma naar boven drukken, en de mm. intercostales interni contraheren.

#### 1.2.2. Functies van de longen

Naast hun hoofdtaak, de ademhaling met gasuitwisseling, hebben de longen nog verschillende functies:

- als bloedreservoir
- als filter voor kleine partikels en stolsels

- talloze eiwitten worden gemetaboliseerd of geïnactiveerd.

### 1.2.3. Gasuitwisseling

Van het ademvolume ( $V_T$ ) komt alleen het alveolaire deel ( $V_A$ ) in aanraking met de alveolen, de rest enkel met de anatomische dode ruimte. De gasuitwisseling aan de alveolen vindt plaats door diffusie.

Hierbij wordt de drijvende kracht gevormd door het partiële drukverschil tussen de alveolaire ruimte en de erythrocyten in het bloed van de longcapillairen. Dit betreft het drukverschil tussen de partiële alveolaire druk ( $P_{A}O_2$ ) en die in het 'veneuze' bloed van de arteria pulmonalis ( $P_vO_2$ ). De diffusie is verder evenredig met de diffusie-oppervlakte en de oplosbaarheidscoëfficiënt. Diffusie is omgekeerd evenredig met de diffusie-afstand en de vierkantswortel van het relatieve molecuulgewicht.

### 1.2.4. Longdoorbloeding, ventilatie-perfusie-verhouding

De longperfusie is in principe gelijk aan het hartminuutvolume of de cardiac output, slechts een geringe hoeveelheid bloed bereikt de longen via de bronchiale arteriën. Deze zorgen bovendien reeds voor een kleine fysiologische shunt.

#### 1.2.4.1. Inhomogeniteit van de longperfusie

Verschillende factoren zorgen voor een ongelijke verdeling van de longperfusie.

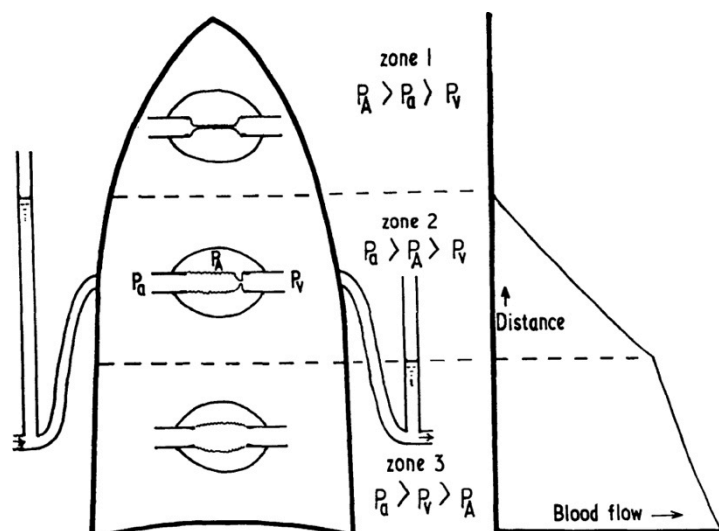
- Voornamelijk zwaartekracht is een bepalende factor.

West beschreef 3 zones, waarbij de distributie van bloed en de perfusie per regio verschilt naargelang de hydrostatische druk. Dit betekent, bij verticale thoraxpositie, dat de hydrostatische druk en dus de perfusie en distributie van bloed richting longbasis hoger is.

Zone 1 van West: de arteriële druk ( $P_a$ ) daalt onder het niveau van de alveolaire druk ( $P_A$ ) waardoor de capillairen voor een groot deel worden dichtgedrukt ( $P_A > P_a > P_v$ ). De druk in de arteriën is meestal groot genoeg om het bloed naar de top van de long te vervoeren. Onder bepaalde omstandigheden, zoals bij positieve drukbeademing, kan de  $P_A$  groter worden dan  $P_a$ . Deze zone van wel geventileerde doch niet geperfundeerde longgedeelten wordt alveolaire dode ruimte genoemd.

Zone 2 van West: de arteriële druk is groter dan de druk in de alveoli. De flow wordt bepaald door het verschil tussen de arteriële en de alveolaire druk, en niet zoals gewoonlijk tussen arteriële en veneuze druk ( $P_a > P_A > P_v$ ). De veneuze druk heeft geen invloed op de flow.

Zone 3 van West: de alveolaire druk is lager dan de arteriële en veneuze druk (onder invloed van de toegenomen hydrostatische druk). De flow wordt bepaald door een arterioveneuze drukgradiënt:  $P_a > P_v > P_A$ . Er is een continue perfusie van longcapillairen.



Een verandering van positie betekent een verandering van hydrostatische druk, en is daarmee groter bij een verticale versus horizontale positie.

Prisk, Yamada, Henderson, Arai, Levin, Buxton en Hopkins (2007) beschreven dat de distributie van longperfusie bij gezonde personen bij verandering van positie van rug- naar buikligging verandert. Het gaat om een toename van de totale longperfusie en een verbetering van de distributie van dichtheid-genormaliseerde perfusie (uitgedrukt in ml/minuut/gram). Deze verandering is waarschijnlijk het gevolg van het opheffen van compressie door het mediastinum en het hart op het posterieure, dependente deel van de long in rugligging. Dit effect is groter wanneer de longen 'zwaarder' worden, bijvoorbeeld door accumulatie van oedeem bij ARDS (zie 3.2. fysiologie bij prone ventilatie).

- De pulmonaire vasculaire weerstand (PVR<sup>1</sup>) is een andere bepalende factor voor de perfusie. Onder normale omstandigheden blijft de PVR laag, ondanks toename van het hartdebiet. Het mechanisme berust op recruitment (van vooraf gecollabeerde capillairen) en distensie. Bij zeer kleine en grote longvolumes stijgt de PVR door respectievelijk toename van druk rond de extra-alveolaire vaten en door longitudinale uitrekking van alveolaire capillairen. De perfusie wordt preferentieel afgeleid naar goed geoxygeneerde alveolen, door het mechanisme van pulmonaire hypoxische vasoconstrictie, waarbij vasoconstrictie van capillairen optreedt rond slecht geoxygeneerde alveolen. Het gebruik van vaso-actieve medicatie beïnvloedt eveneens de PVR.

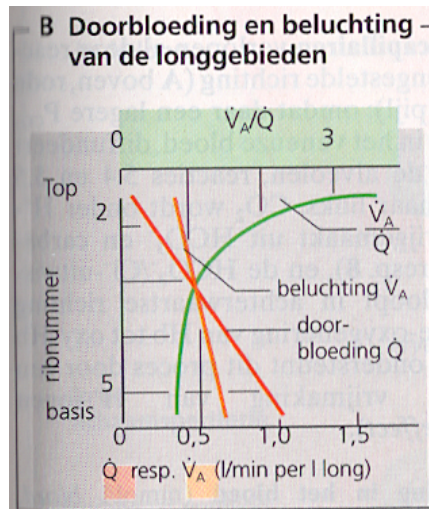
#### 1.2.4.2. Inhomogeniteit van de alveolaire ventilatie

- Ten gevolge van de werking van het diafragma:  
Door de diafragmawerking bij spontane ademhaling vindt de grootste volumeverandering ter hoogte van de longbasis plaats, dus ook de grootste ventilatie. Bij volledige mechanische ventilatie verdwijnt de werking van het diafragma.  
  
Bij beademde patiënten op intensieve zorgen in rugligging kunnen problemen optreden bij longen die de neiging hebben om te collabereren, omwille van toegenomen alveolaire oppervlaktespanning door abdominale druk (IAP) op het diafragma. Deze patiënten hebben vaak hoge beademingsdrukken nodig om de longen adequaat te ventileren. Deze hoge drukken vergroten het risico op barotrauma. Wanneer de patiënt in de prone positie geplaatst wordt, vermindert de abdominale druk op het diafragma en komt daarmee een betere longventilatie tot stand (Berne, Levy, Koeppen en Stanton, 1998).
- Eveneens door de zwaartekracht neemt ook de alveolaire ventilatie per longvolume-eenheid toe vanaf de top naar de longbasis (bij verticale thoraxpositie), maar minder sterk dan de perfusie. Daardoor neemt de ventilatie-perfusie-verhouding van de top naar de basis af.  
Regionale verdeling van ventilatie wordt beïnvloed door de lichaamspositie. Deze regionale verdeling van ventilatie is minder in rug- dan in buikligging, door de abdomino-thoracale transmissie van druk op het diafragma (zie boven).

---

<sup>1</sup>  $PVR = (mPAP - LAP) / CO \times 80 = 150-250 \text{ dynes.sec/cm}^5$





De gemiddelde ventilatie-perfusie-verhouding kan berekend worden uit de gemiddelde alveolaire ventilatie ( $V_A$ ) en de gemiddelde longperfusie ( $Q = CO$ ). Bijvoorbeeld  $V_A = 4$  tot  $6$  l/min en  $Q = 5$  l/m. De  $V/Q$  ratio is bijgevolg  $0,8$  tot  $1,2$ .

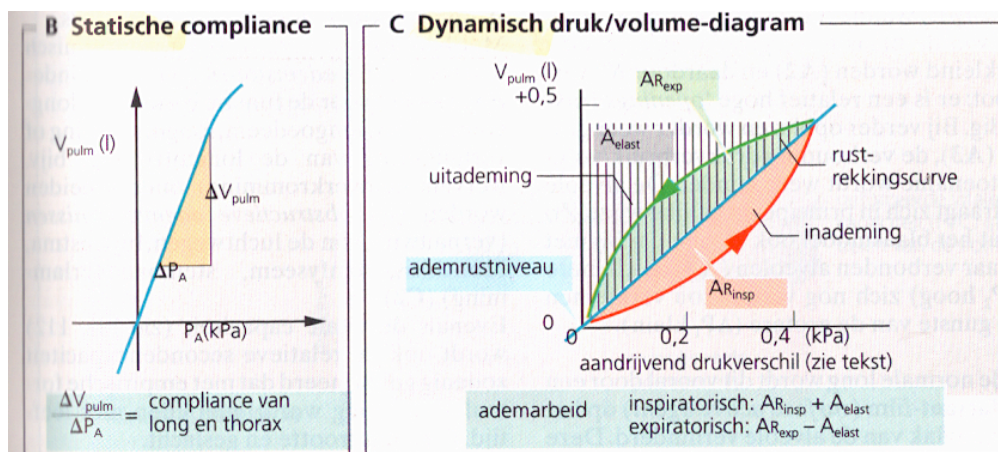
Indien een bepaald gebied niet geventileerd maar wel geperfundeerd wordt, dan noemt men dit een shunt ( $V/Q = 0$ ). Bij alveolaire ventilatie met falende perfusie daarentegen, noemt men dit dode ruimte ( $V/Q = \infty$ ).

Musch, Layfield, Harris, Melo, winkler, Callahan, Fischman en Venegas (2002) onderzochten de verdeling van ventilatie en perfusie bij gezonde personen in rug- en buikligging. Ze concludeerden dat bij gezonde, spontaan ademende personen geen voordeel kon aangetoond worden in de prone versus de supine positie, in termen van  $V/Q$  matching.

### 1.2.5. Compliance

(Statische) compliance is de verandering van volume per verandering van eenheid van druk of de helling van de druk-volume curve ( $\Delta V/\Delta P$ ). Het steilste deel van de curve of de grootste compliance ligt in het normale ademgebied. Hier moeten de ademhalingsspieren per ingeademde volume-eenheid de minste tegendruk overwinnen.

Dynamische compliance is het opmeten van de druk-volume curve tijdens het ademen, waarbij een lus verkregen wordt bij in- en uitademen i.p.v. een identieke curve. Deze ontstaat hoofdzakelijk doordat de (vooral in de bovenste en middelste luchtwegen) aanwezige stromingsweerstand ( $R$ ) overwonnen moet worden. Dit betekent bij het inademen in de ene, bij het uitademen in de andere richting.



## 2. ARDS

### 2.1. Inleiding

Acute respiratory distress syndrome (ARDS) verwijst naar een zeer ernstige vorm van acute longbeschadiging (acute lung injury-ALI). De incidentie is moeilijk vast te leggen maar wordt geschat op 0,075% per jaar<sup>2</sup>. De mortaliteit ten gevolge van ARDS is hoog en bedraagt tussen 36,2% en 44% (respectievelijk gerandomiseerde, gecontroleerde trials versus observatiestudies) (Phua, Badia, Adhikari, Friedrich, Fowler, Singh, Scales, Stather, Li, Jones, Gattas, Hallett, Tomlinson, Stewart en Ferguson, 2009).

### 2.2. Definities

Raghavendran en Napolitano (2011) stelden recent een overzicht van definities op (met uitzondering van de Berlin Definition).

#### 2.2.1. De American-European Consensus Conference (AECC) definitie

Deze conferentie definieerde in 1994 ALI en ARDS (Bernard, Artigas, Brigham, Carlet, Falke, Hudson, Lamy, Le Gall, Morris en Spragg, 1994). ALI werd gedefinieerd als:

- Plots optredend respiratoir falen
- Bilaterale infiltraten op een frontale radiografie van de thorax, overeenkomend met longoedeem
- Oxygenatie:  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \leq 300$  mmHg (ongeacht gebruik van PEEP)
- $\text{Paw}: \leq 18$  mmHg indien gemeten of geen tekens van verhoogde linker ventrikel druk.

ARDS werd gedefinieerd met dezelfde criteria, waarbij de hypoxemie ernstiger is:  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \leq 200$  mmHg (ongeacht PEEP).

#### 2.2.2. Murray Lung Injury Score

Deze vormt een uitbreiding op de bestaande definitie, dewelke verschillende pathofysiologische veranderingen in rekening brengt. Daardoor is het mogelijk om de ernst beter in te schatten. De Murray score wordt berekend aan de hand van 4 criteria. Per criterium wordt een score van 0-4 gegeven aan:

- de mate van hypoxemie
- de compliance van het longweefsel
- radiologische bevindingen, alveolaire verdichtingen
- ingestelde PEEP.

Hoe hoger de totale score, hoe ernstiger de acute longbeschadiging.

---

<sup>2</sup> Gebaseerd op resultaten bekomen door screening van grote aantallen patiënten gedurende 3 jaar door de NIH (National Institutes of Health) Acute Respiratory Distress Syndrome Network (Ware en Matthay, 2000).

**Table 1** The Lung Injury Score

Chest roentgenogram score	
No alveolar consolidation	0
Alveolar consolidation in one quadrant	1
Alveolar consolidation in two quadrants	2
Alveolar consolidation in three quadrants	3
Alveolar consolidation in four quadrants	4
Hypoxemia score	
$PaO_2/FiO_2 \geq 300$	0
$PaO_2/FiO_2$ 225–299	1
$PaO_2/FiO_2$ 175–224	2
$PaO_2/FiO_2$ 100–174	3
$PaO_2/FiO_2 < 100$	4
Respiratory system compliance score (when ventilated) (mL/cm H <sub>2</sub> O)	
$\geq 80$	0
60–79	1
40–59	2
20–39	3
19	4
Positive end-expiratory pressure score (when ventilated) (cm H <sub>2</sub> O)	
$\leq 5$	0
6–8	1
9–11	2
12–14	3
$\geq 15$	4
Final value <sup>a</sup>	
No lung injury	0
Acute lung injury	0.1–2.5
Severe injury (ARDS)	>2.5

<sup>a</sup>Obtained by dividing aggregate sum by number of components used.

### 2.2.3. Delphi consensus panel definitie

Een alternatieve definitie dewelke meer specifiek is dan de AECC criteria.

Hierbij:

- wordt PEEP in rekening gebracht bij het berekenen van de hypoxemie d.m.v. de  $PaO_2/FiO_2$  ratio
- wordt gebruik gemaakt van meer specifieke radiologische bevindingen
- behoeft de definitie kwantitatieve pulmonaire compliance abnormaliteiten of de aanwezigheid van een predisponerende conditie (direct of indirecte oorzaak van longbeschadiging)
- bijkomstig moet de non-cardiale oorzaak van longoedeem bevestigd worden door rechter hart katheterisatie of echocardiografie.

**Table 3** The Delphi Definition of ARDS<sup>a</sup>

Defining characteristic	Operational definition
1 Hypoxemia	$PaO_2/FiO_2 < 200$ mm Hg with PEEP $\geq 10$
2 Acute onset	Rapid onset in $< 72$ hr
3 Radiographic abnormalities	Bilateral airspace disease involving $\geq 2$ quadrants on frontal chest X-ray
4 Noncardiogenic in origin	No clinical evidence of congestive heart failure (including use of pulmonary artery catheter and/or echo if clinically indicated)
5 Decreased lung compliance	Static respiratory system compliance $< 50$ mL/cm H <sub>2</sub> O (with patient sedated, tidal volume of 8 mL/kg, ideal body weight, PEEP $\geq 10$ )
6 Predisposition	Direct and/or indirect factor associated with lung injury

<sup>a</sup>ARDS is indicated by the presence of criteria 1–4 and one of 5 or 6.

#### 2.2.4. Oxygenatie Index (OI)

Oxygenatie index is het meest gebruikte systeem om de mate van longbeschadiging en hypoxemie te kwantificeren in kritische pediatrie. OI wordt berekend door:  $MAP \text{ (mean airway pressure)} \times FiO_2 \times 100 / PaO_2$ .

OI wordt gebruikt als predictor voor de duur van mechanische ventilatie bij ALI/ARDS en de mortaliteit ervan, zowel bij pediatrie als volwassen patiënten.

#### 2.2.5. Berlin Definition

Recent werd in Berlijn door een team experts een nieuwe definitie voor ARDS en een classificatiesysteem voor de ernst ervan opgesteld (Ferguson, Fan, Camporota, Antonelli, Anzueto, Beale, Brochard, Brower, Esteban, Gattinoni, Rhodes, Slutsky, Vincent, Rubenfield, Thompson en Ranieri, 2012). De nieuwe definitie beoogde een vereenvoudiging van de diagnose en een betere prognosticatie van de outcome.

Drie categorieën werden opgesteld gebaseerd op de ernst van de hypoxemie: mild ( $PaO_2/FiO_2 \leq 300$  mmHg maar  $> 200$  mmHg), matig ( $PaO_2/FiO_2 \leq 200$  mmHg maar  $> 100$  mmHg) en ernstig ( $PaO_2/FiO_2 \leq 100$  mmHg). Merk op dat ALI niet langer bestaat met deze definitie en wordt beschouwd als "mild". De geassocieerde mortaliteit per categorie bedroeg respectievelijk 27%, 32% en 45%. De auteurs vonden post-hoc een hoog risico profiel met een mortaliteit van 52% bij patiënten met ernstig ARDS én ofwel een statische compliance van  $\leq 20$  ml/cmH<sub>2</sub>O, of een gecorrigeerd geëxpireerd volume per minuut van  $\geq 13$  l/min<sup>3</sup>.

Andere kenmerken van de Berlin Definition:

- Het acuut aspect van ARDS wordt gedefinieerd als een begin binnen 7 dagen na een vermoedelijke trigger, zoals sepsis of pneumonie, of een begin of deterioratie van respiratoire symptomen.
- Bilaterale opaciteiten overeenkomstig met pulmonair oedeem moeten aanwezig zijn en mogen ook door CT-onderzoek bevestigd worden (niet enkel op een radiografie van de thorax).
- Het is niet langer noodzakelijk om hartfalen uit te sluiten, omdat ook deze groep van patiënten ARDS kan ontwikkelen. Het panel besloot dat patiënten wiens respiratoir falen niet volledig verklaard kan worden door hartfalen of overvulling, zoals beoordeeld door de behandelende arts gebruik makend van alle beschikbare data, mag diagnosticeren met ARDS. Desondanks, als geen etiologische risicofactor voor ARDS aanwezig is, is een objectieve evaluatie van de cardiale functie nodig om hydrostatisch oedeem secundair aan hartfalen uit te sluiten. Het gebruik van de extravasculaire longwater index (EVLWI) bij hemodynamische monitoring gebruik makend van PiCCO-technologie biedt hier misschien een gemiste kans? Additioneel wordt bij deze technologie ter differentiatie van pulmonair oedeem (hydrostatisch vs. capillair lek) de Pulmonary Vascular Permeability Index (PVPI) toegevoegd.
- Een eindexpiratoire druk (PEEP) van minstens 5 cmH<sub>2</sub>O werd geïmplementeerd in de definitie, omdat PEEP de  $PaO_2/FiO_2$ -ratio beïnvloed en PEEP niet werd opgenomen in de AECC criteria van ARDS.

---

<sup>3</sup> 4 aanvullende variabelen werden toegevoegd tijdens de studie (4457 patiënten met ARDS): de ernst van de radiografische bevindingen, de respiratoire compliance, de PEEP en het gecorrigeerd expiratoir volume per minuut. Ze werden later verwijderd, omdat ze niet bijdroegen aan de predictieve waarde van ernstig ARDS wat betreft de mortaliteit.

**Table 3** The Berlin definition of ARDS (with permission from [22])

Acute respiratory distress syndrome			
Timing	Within <u>1 week</u> of a known clinical <u>insult</u> or new/worsening respiratory symptoms		
Chest imaging <sup>a</sup>	<u>Bilateral opacities</u> —not fully explained by effusions, lobar/lung collapse, or nodules		
Origin of Edema	Respiratory failure <u>not fully</u> explained by <u>cardiac failure</u> or fluid overload; Need objective assessment (e.g., echocardiography) to exclude hydrostatic edema if no risk factor present		
	<u>Mild</u>	<u>Moderate</u>	<u>Severe</u>
Oxygenation <sup>b</sup>	<u>200</u> < PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> ≤ <u>300</u> with PEEP or CPAP ≥5 cmH <sub>2</sub> O <sup>c</sup>	<u>100</u> < PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> ≤ <u>200</u> with PEEP ≥5 cmH <sub>2</sub> O	PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> ≤ <u>100</u> with PEEP ≥5 cmH <sub>2</sub> O

ARDS acute respiratory distress syndrome, PaO<sub>2</sub> partial pressure of arterial oxygen, FiO<sub>2</sub> fraction of inspired oxygen, PEEP positive end-expiratory pressure, CPAP continuous positive airway pressure, N/A not applicable

<sup>a</sup> Chest X-ray or CT scan

<sup>b</sup> If altitude higher than 1000 m, correction factor should be made as follows: PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> × (barometric pressure/760)

<sup>c</sup> This may be delivered non-invasively in the mild ARDS group

### 2.3. Oorzaken en risicofactoren

Heel wat aandoeningen kunnen aanleiding geven tot ARDS. Deze kunnen ingedeeld worden naargelang ze directe dan wel indirecte schade aan de longen veroorzaken. Een overzicht:

Directe longbeschadiging	Indirecte longbeschadiging
<b>Frekwente oorzaken</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Pneumonie</li> <li>– Aspiratie van maaginhoud</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Sepsis</li> <li>– Ernstig trauma met shock en nood aan multiple transfusies</li> </ul>
<b>Minder frekwente oorzaken</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Longcontusie</li> <li>– Vetembolie</li> <li>– Bijna-verdrinking</li> <li>– Inhalatieletsel</li> <li>– Pulmonair reperfusie-oedeem na longtransplantatie of pulmonaire embolectomie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Cardiopulmonaire bypass</li> <li>– Overdosis drugs</li> <li>– Acute pancreatitis</li> <li>– Transfusie van bloedproducten</li> </ul>

Sepsis vormt de grootste risicofactor met 40% in de ontwikkeling van ALI en ARDS. De aanwezigheid van meerdere voorbeschikkende factoren verhogen het risico. Ook secundaire factoren als alcoholmisbruik, diabetes mellitus, hoge leeftijd (> 70 jaar), chronische longziekte en acidose verhogen het risico (Ware en Matthay, 2000; Choi, 2010).

### 2.4. Pathogenese

#### 2.4.1. Endotheel en epitheelschade

Er bevinden zich 2 aparte structuren tussen de alveolair-capillaire barrière. Het gaat om het endotheel in de capillaren en het alveolair epitheel.

Bij ARDS ontstaat een ontsteking en beschadiging van deze barrière (Diffuse Alveolar Damage, DAD), door mediators die vrijkomen bij directe en indirecte longbeschadiging. De beschadiging kan voornamelijk voorkomen aan de zijde van het alveolair epitheel (bv. inhalatie blootstelling) of aan de zijde van het capillair endotheel (bv. bij sepsis). Ongeacht de zijde van de initiële beschadiging blijft de inflammatoire respons dezelfde.

De vrijgekomen mediators zijn pro-inflammatoire cytokines zoals tumor necrosis factor en bepaalde interleukinen. Neutrofielen worden gemobiliseerd naar de longen en geactiveerd. Op hun beurt maken zij toxische mediators vrij waardoor er vrije zuurstofradicalen en proteasen worden geactiveerd. Die beschadigen het endo- en epitheel van de longen.

## 2.4.2. Fasen

### 2.4.2.1. De exsudatieve fase

De acute fase van het ALI/ARDS wordt gekenmerkt door een diffuse beschadiging van de alveolair-capillaire barrière, met verhoogde permeabiliteit tot gevolg. Plasma en proteïnen lekken vanuit de capillairen in het interstitium. Het interstitium loopt onder en de lymfevaten zijn niet in staat dit overtollig vocht af te voeren. Bijgevolg ontstaat alveolair oedeem. Hierdoor bedraagt het gemiddelde gewicht van beide longen > 2000 gram<sup>4</sup> (Choi, 2010).

Het verlies van de epitheliale barrière verhoogt het risico op sepsis in geval van bacteriële pneumonie.

De mate van alveolaire epitheelschade is een belangrijke predictor voor de outcome. Het surfactant, geproduceerd door 10% (pneumocyten type II) van het alveolair epitheel, raakt beschadigd met collaps van de alveolen tot gevolg. Hierdoor komt de gasuitwisseling in het gedrang, neemt de longcompliance af en kan er pulmonaire hypertensie optreden.

### 2.4.2.2. De proliferatieve fase

Deze treedt op na ongeveer een week. Hierbij is er een vermindering van het alveolair oedeem en een proliferatie van pneumocyten type II. De proliferatieve fase wordt verder gekenmerkt door een interstitiële infiltratie door myofibroblasten en een beginnende neerslag van collageen. De oxygenatie verbetert en de compliance blijft laag.

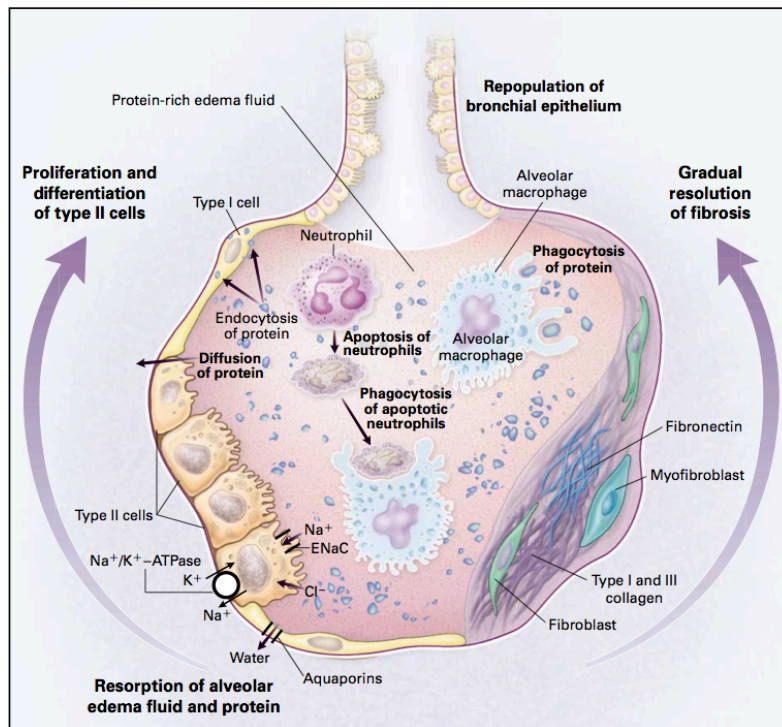
### 2.4.2.3. De fibrotische fase

Bij sommige patiënten kan een derde, fibrotische fase optreden. De normale longstructuur gaat verloren door uitgebreide fibrose en cystevorming.

**Table 1** Phases of Diffuse Alveolar Damage

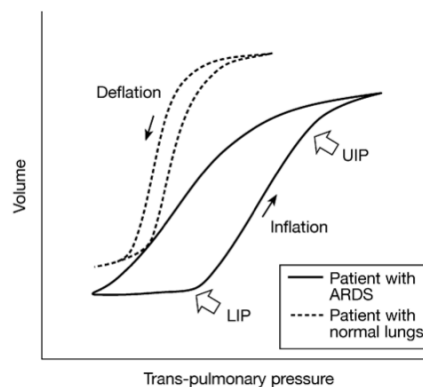
	Exudative	Proliferative	Fibrosing
Synonym	Early, acute	Organizing	Late
Time following injury	1–7 days	1–3 wk	Weeks–months
Major features	Edema Hemorrhage Neutrophils Hyaline membranes	Type II pneumocyte hyperplasia Mononuclear cell predominance Organization of alveolar exudates	Interstitial fibrosis Chronic inflammation Type II pneumocyte hyperplasia

<sup>4</sup> Beide longen wegen gemiddeld 750 g bij vrouwen en 850 g bij mannen.



### 2.4.3. Gevolgen

ALI en ARDS worden typisch gekenmerkt door een verlaagde longcompliance en een verlaging van de functionele residuele capaciteit (FRC<sup>5</sup>). Dit wordt veroorzaakt door atelectase en het onderlopen van alveolen met vocht en door toegenomen oppervlaktespanning op lucht-vocht niveaus (t.h.v. de alveolen, door beschadiging van het surfactant).

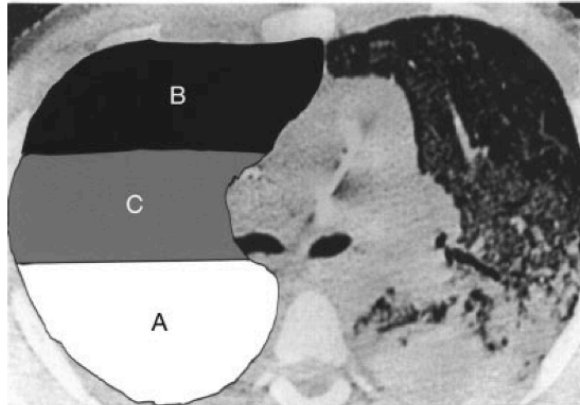


**Fig 3** Schematic representation of a static pressure–volume curve of the respiratory system from a patient with normal lungs and from a patient with ARDS. The patient with ARDS has a lower functional residual capacity, decreased compliance and increased hysteresis. Note the lower and upper inflection points of the inspiratory limb in the patient with ARDS. LIP=lower inflection point; UIP=upper inflection point.

Er bestaat een coëxistentie van ernstige en minder ernstige beschadigde longzones, dewelke niet homogeen verdeeld zijn. De ingeademde lucht wordt preferentieel afgeleid naar zones met hogere compliance. Deze gezondere alveoli bevinden zich voornamelijk in niet-dependente zones (zogenaamde ‘babylongen’). De perfusie daarentegen wordt ten gevolge van de

<sup>5</sup> FRC: is de som van het expiratoir reserve volume (ERV) en het residueel volume (RV). Het ERV is de hoeveelheid lucht dewelke maximaal kan uitgeademd worden. Het RV is de hoeveelheid lucht dewelke achterblijft na maximale expiratie. Het verhogen van de positief eind expiratoire druk vergroot de FRC.

zwaartekracht afgeleid naar dependente longzones, dewelke zich bij een patiënt in rugligging dorsobasaal bevinden:



**Fig 1** Computerized tomogram of the chest in a patient with ARDS, showing the typical heterogeneous distribution of opacification within the lungs. The increased density of lung tissue in dorsal regions (A) is caused by consolidation and atelectasis. The aerated, ventral regions ('baby lung', (B)) have the highest compliance and tend to become overdistended (volutrauma). The interface between the two areas (C) is prone to cyclic recruitment–derecruitment (atelectrauma).

## 2.5. Complicaties

De evolutie van ARDS wordt, naast de onderliggende aandoening, verder bepaald door het ontstaan van complicaties. Tot de mogelijke complicaties behoren o.a.:

- barotrauma
- volutrauma
- nosocomiale pneumonie
- multiple orgaan falen.

## 2.6. Behandeling

Brower, Ware, Berthiaume en Matthay (2001) beoordeelden de resultaten van verschillende studies in de behandeling van ARDS en stelden hieruit een overzichtelijke behandelingsstrategie op.

In de eerste plaats zal voornamelijk de onderliggende uitlokkende factor moeten geïdentificeerd en aangepakt worden, zoals pneumonie, sepsis, aspiratie van de maaginhoud, trauma en multiële transfusies. In sommige omstandigheden kan de onderliggende aandoening direct worden behandeld, bijvoorbeeld met specifieke antibiotica in geval van bacteriële pneumonie. De hierop volgende strategie zal een meervoudige aanpak vormen zodat ARDS vanuit verschillende hoeken kan behandeld worden. De belangrijkste worden besproken.

### 2.6.1. Mechanische ventilatie

#### 2.6.1.1. Longprotectieve ventilatie

Als gevolg van intrapulmonale shunting en een verstoord ventilatie-perfusie-evenwicht, veroorzaakt ARDS vaak levensbedreigende hypoxemie.

Daarbij ontstaat dikwijls hypercapnie met respiratoire acidose ten gevolge van alveolaire hypoventilatie (toegenomen ademarbeid door verlaagde compliance) en door toename van de alveolaire dode ruimte. Daarom is er nood tot mechanische ventilatie.



Als strategie wordt gebruik gemaakt van een longprotectieve ventilatie (NIH ARDS Network lower tidal volume ventilation for ALI/ARDS protocol summary; Brower et al., 2001) gebaseerd op een laag  $V_T$ , beperkte plateaudruk, permissieve hypercapnie en PEEP.

Variabele	Protocol
Tidal volume ( $V_T$ )	$\leq 6$ ml/kg ideaal lichaamsgewicht
Plateaudruk	$\leq 30$ cmH <sub>2</sub> O
Ingestelde frequentie/na te streven pH	6-35/min, aangepast om pH $\geq 7.30$ te bereiken indien mogelijk
I:E	I:E = 1:1-1:3
Oxygenatie doel	PaO <sub>2</sub> 55-80 mmHg of SpO <sub>2</sub> 88-95%
FiO <sub>2</sub> /PEEP (cmH <sub>2</sub> O) combinaties	0.3/5, 0.4/5, 0.4/8, 0.5/8, 0.5/10, 0.6/10, 0.7/10, 0.7/12, 0.7/14, 0.8/14, 0.9/14, 0.9/16, 0.9/18, 1.0/18-24
Weaning	Poging om te weanen wanneer FiO <sub>2</sub> /PEEP $\leq 0.4/8$

PEEP vermindert de shunting door rekruteren en openhouden van gecollabeerde, dependente alveolen en verbetert de oxygenatie. Ook de FRC vergroot hiermee en men bekomt bovendien een mobilisatie van alveolair vocht naar interstitieel (Moloney en Griffiths, 2005). PEEP laat toe lagere zuurstoffracties ten behoeve van de oxygenatie te gebruiken. Een te hoge zuurstoffractie kan de longen beschadigen, vergelijkbaar met ALI. Hoewel het verband tussen FiO<sub>2</sub> en zuurstofgeïnduceerde longbeschadiging niet duidelijk is gedefinieerd bij ALI/ARDS, wordt een ingestelde FiO<sub>2</sub>  $\leq 0.6$  als veilig beschouwd.

Wanneer grote tidalvolumes en/of hoge PEEP worden toegepast, bestaat er gevaar voor overdistentie van de niet-dependente, gezondere zones. De kans op baro- en volutrauma vergroten hiermee. Ventilatie met kleinere  $V_T$  en gelimiteerde luchtwegdruk ( $P_{plat}$ ) kan VALI<sup>6</sup> reduceren (Brower et al., 2001; Moloney et al., 2004; Luh en Chiang, 2007; Ware et al., 2000; Brower en Rubenfeld, 2003). Andere nadelen van PEEP zijn vermindering van de cardiac output, toegenomen oedeemvorming, toegenomen dode ruimte en toegenomen PVR. De voordelen ten aanzien van de oxygenatie moeten dus afgewogen worden tegenover de potentiële nadelen.

Met het oog hierop kan hypercapnie met respiratoire acidose, mede door het gebruik van een klein  $V_T$ , tot bepaalde hoogte getolereerd worden. Men spreekt van permissieve hypercapnie, waarbij een pH-waarde van 7.30 nagestreefd wordt. Daartoe wordt de frequentie zo nodig aangepast tot 35/min. Als de pH-waarde  $\leq 7.15$  blijft ondanks verhogen van de frequentie, kan het  $V_T$  vergroot worden met stappen van 1ml/kg tot een pH van 7.15 bereikt wordt. Een  $P_{plat} \geq 30$  cmH<sub>2</sub>O kan hierbij overschreden worden. Ook het geven van NaHCO<sub>3</sub> kan hier geïndiceerd zijn.

### 2.6.1.2. Recruitment manoeuvres

Atelectase is de afwezigheid van lucht in gecollabeerde alveoli, voornamelijk ter hoogte van dependente longregio's. Als gevolg hiervan is er een ongelijke verdeling van de ventilatie en de beademingsdruk. Zelfs met het aanbevolen  $V_T$  van 5-7 ml/kg bestaat de kans op baro- en biotrauma (cytokine vrijgave). Alle aspecten van ventilatoire fysiologie worden hierdoor beïnvloed.

<sup>6</sup> VALI: ventilator-associated lung injury, waarbij overdistentie leidt tot inflammatie, toegenomen vasculaire permeabiliteit, verlies van de functionaliteit van het surfactant en andere manifestaties van ALI (Brower et al., 2003).

De vroege rekrutering, het openen van gecollabeerde alveoli en stabilisatie zijn daarom zeer belangrijk. Hiervoor werd het 'open long' concept aangehaald, reeds beschreven in 1992. De open long is degene waarin geen tot weinig atelectase aanwezig is met een optimale gasuitwisseling. De intrapulmonale shunt is dan ideaal minder dan 10%, overeenkomstig met een  $PaO_2 > 450$  mmHg met een  $FiO_2$  van 1.0 op zeeniveau.

Recruitment manoeuvres (RM) kunnen uitgevoerd worden door het aanhouden van een hoge luchtdruk (35 tot 60 cmH<sub>2</sub>O) gedurende 20 tot 40 seconden of door het periodiek verhogen van de inspiratoire druk gedurende korte tijd, 1 tot 3 keer per minuut (Richard, Maggiore en Mercat, 2003).

Barbas, de Matos, Okamoto, Borges, Amato en de Carvalho (2003) onderzochten het gebruik van een RM in combinatie met een longprotectieve beademingsstrategie en concludeerden dat de 28-dagen overleving op ICU 62% bedroeg, in contrast met 29% waarbij een conventionele beademingsstrategie ( $V_T$  12 ml/kg en laagste PEEP voor acceptabele oxygenatie zonder hemodynamische weerslag) zonder RM gebruikt werd.

Als RM werd 40 cmH<sub>2</sub>O inspiratoire druk gedurende 40 seconden aangehouden ("40 by 40") en werd de PEEP ingesteld op 2 cmH<sub>2</sub>O boven de lower inflection point (LIP) op de druk-volume curve, in combinatie met een  $V_T \leq 6$  ml/kg.

#### **2.6.1.3. Buiklig**

Stocker, Neff, Stein, Ecknauer, Trentz en Russi (1997) onderzochten het effect van een longprotectieve ventilatiestrategie in combinatie met herhaalde prone positionering op korte termijn en op de outcome bij patiënten met ernstig ARDS. Ze concludeerden dat deze combinatie van longprotectieve ventilatie en herhaalde periodes van prone positionering de mortaliteit bij ernstig ARDS verlaagt en een succesvolle strategie blijkt te zijn.

Hier dient wel vermeld te worden dat het een kleinschalig onderzoek betreft bij 25 patiënten op slechts één afdeling intensieve zorgen, waarbij data werd verzameld in de periode 1992-1994. Het gaat dus om relatief oude gegevens, grotendeels voordat de AECC criteria voor ARDS werden opgesteld.

In de prone positie wordt de ventilatie gelijkmatiger verdeeld, doordat de zwaartekracht zorgt voor verandering in de verdeling van pleurale druk en een vermindering van pleurale druk in de dorsale longregio's (zie 3.2. fysiologie bij prone ventilatie). Dit suggereert dat prone positionering VALI voorkomt door een meer uniforme verdeling van het  $V_T$  en door het rekruteren van dorsale longregio's (Moloney et al., 2005).

#### **2.6.1.4. High frequency percussive ventilation**

High frequency percussive ventilation gebruikt zeer kleine tidalvolumes met een zeer hoge frequentie. Het komt tegemoet aan alle criteria voor longprotectieve ventilatie met een minimaal  $V_T$  en gelijktijdig een maximale rekrutering ('open lung'). Het is een aantrekkelijke strategie in de mechanische ventilatie bij ALI/ARDS. Het doel is:

- een optimale ventilatie (convectie: lage percussies) en oxygenatie (diffusie: hoge percussies) te bereiken d.m.v. een pulserend gasdebiet
- de cardiale belasting beperken d.m.v. de Mean Airway Pressure (MAP)
- het longweefsel beschermen door een meer homogene verdeling van de ventilatie
- opheffen van atelectase (behoud van ventilatie eind-expiratoir)
- mobiliseren van secreties.

High frequency ventilation modi:

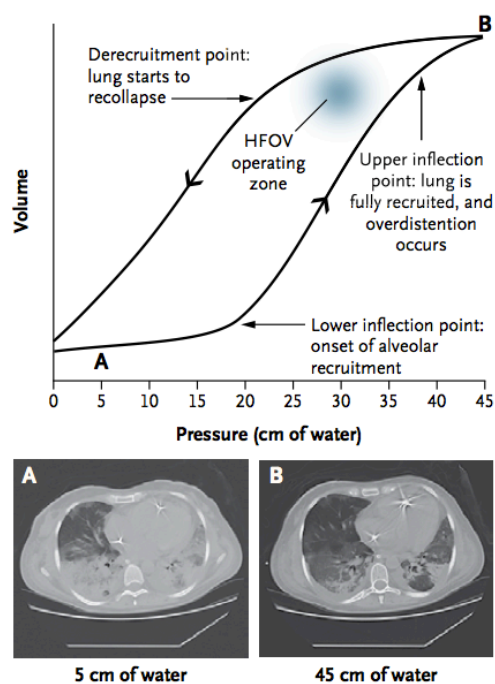
- High Frequency Oscillatory Ventilation: HFOV
- High Frequency Jet Ventilation: HFJV

– High Frequency Percussive Ventilation: HFPV

Waarbij:

	HFOV	HFJV	HFPV
<b>Pressure</b>	Unilevel	Unilevel	Bilevel
<b>Frequency</b>	5-40 Hz	3-8 Hz	3-20 Hz
<b>Expiration</b>	Active	Active	Passive
<b>Circuit</b>	Closed	Closed	Open
<b>Wave</b>	Shock	Pulse	Pulse
<b>Mean airway pressure</b>	Static	Static	Dynamic
<b>Control</b>	Microprocessor	Microprocessor	Pneumatical

(De Blanger, n.a.)



2 recente studies waarschuwen voor het routinematig gebruik van HFOV bij ARDS (Malhotra en Drazen, 2013). In de Oscillation for Acute Respiratory Distress Syndrome Treated Early (OSCILLATE) trial, vonden de auteurs dat een HFOV-strategie met een hoge mean airway pressure leidde tot een hogere mortaliteit in vergelijking met een conventionele beademingsstrategie waarbij een relatieve hoge PEEP werd ingesteld (47% vs. 35% in de controle groep).

In de Oscillation in ARDS (OSCAR) trial vonden de auteurs geen significant verschil in de outcome tussen een HFOV-strategie (41,7%) en een conventionele beademingsstrategie (41,1%). Ze concludeerden dat het gebruik van HFOV geen significant effect had op de mortaliteit, gedurende 30 dagen, bij mechanisch geventileerde patiënten (Young, Lamb, Shah, MacKenzie, Tunnicliffe, Lall, Rowan en Cuthbertson, 2013).

Deze resultaten kunnen suggereren dat HFOV geen vooruitgang oplevert bij de behandeling van ARDS. Het selecteren van patiënten kan een belangrijke factor zijn (recrutable vs. nonrecrutable lung).

### 2.6.1.5. NO

NO of stikstofoxide is een potente vasodilatator dewelke toegediend wordt d.m.v. inhalatie. Het effect blijft beperkt tot de longen, zonder systemische vasodilatatie, omdat het snel wordt geïnactiveerd. NO dilateert pulmonaire bloedvaten van goed geaëreerde gebieden (via inhalatie), waardoor de perfusie wordt weggeleid van slecht geventileerde regio's of shuntregio's. Hierdoor verbetert de oxygenatie door een betere verhouding van ventilatie en perfusie en de pulmonaire vasculaire weerstand vermindert. NO is daarom geïndiceerd in de behandeling van pulmonaire hypertensie en van ernstige hypoxemie bij ALI/ARDS (Ware et al., 2000; Brower et al., 2001).

NO wordt gewoonlijk toegediend in een lage concentratie om systemische effecten en toxiciteit van afbraakproducten, zoals vrije radicalen (peroxinitraat) en methemoglobine, te vermijden (Luh et al., 2007).

### 2.6.1.6. Overig

- Tracheale gas insufflatie: compensatie voor dode ruimte-ventilatie.
- Inverse ratio ventilation: atelectatische alveolen kunnen gerekruteerd worden door verlengen van de inspiratietijd en verkorten van de expiratietijd. Bij deze techniek is een nauwkeurige monitoring van de intrinsieke PEEP nodig.

### 2.6.2. Hemodynamisch beleid

Het optimale vochtbeleid bij ALI/ARDS blijft controversieel. Een restrictief beleid is suggestief voor het beperken van pulmonair oedeem. Een beleid met voldoende vulling verbetert daarentegen de orgaanperfusie en het zuurstofaanbod ( $DO_2$ ), wat de hypoxemie ten goede komt. Een beleid onder hemodynamische monitoring lijkt de beste strategie: een restrictief vochtbeleid, waarbij zo nodig de  $DO_2$  verbeterd wordt d.m.v. vocht, transfusie en inotropie (Brower, Ware, Berthiaume en Matthay, 2001).

In een poging om het optimale vochtbeleid bij ALI te bepalen, beëindigde "the National Heart, Lung and Blood Institute Acute Respiratory Distress Syndrome Network" (NHLBI ARDS Network) in 2001 een klinisch onderzoek bij 1.000 patiënten getiteld de "Fluid And Catheter Treatment Trial" (FACTT) (Choi, 2010).

Deze trial vergeleek een conservatief met een liberaal vochtbeleid, en de resultaten verschaften de eerste evidence-based richtlijnen voor het vochtbeleid bij patiënten met ALI.

Patiënten in de groep met het conservatief vochtbeleid hadden significant meer ventilator-vrije dagen dan patiënten in de groep met het liberaal vochtbeleid. Dit werd verder aangevuld met verbeteringen in pulmonaire fysiologie, meer bepaald de oxygenatie index en de Murray lung injury score verbeterden:

**Table 3** Pulmonary Outcomes in the Fluid and Catheter Treatment Trial (FACTT)

Variable	Fluid-conservative group	Fluid-liberal group	p-value <sup>a</sup>
Ventilator-free days	14.6 ± 0.5	12.1 ± 0.5	<0.001
ICU-free days (1–28)	13.4 ± 0.4	11.2 ± 0.4	<0.001
Plateau pressure, cm H <sub>2</sub> O	24.2 ± 0.6	25.7 ± 0.5	0.002
Dialysis to day 60 <sup>a</sup>	10%	14%	0.06
Oxygenation index	10.1 ± 0.8	11.8 ± 0.7	0.003
Lung injury score	2.03 ± 0.07	2.27 ± 0.06	<0.001

All variables reported as mean ± SE. p-Values for the physiologic variables are for comparison of trends over time using repeated measures analysis of variance, though only day 7 values are shown in the table for simplicity.

Oxygenation index calculated as (mean airway pressure ×  $F_{iO_2}/P_{aO_2}$ ) × 100, with a lower number indicating better gas exchange. Lung injury score is calculated as previously described.

<sup>a</sup>Patients (%).

Om de resultaten van de FACTT-trial en het complexe vochtbeleid-algoritme te implementeren in de dagelijkse praktijk, werd door de ARDS Network Investigators een vereenvoudigde versie van het conservatieve vochtbeleid opgesteld:

**Table 4** Algorithm for Conservative Management of Fluids in Patients with Acute Lung Injury

CVP (mm Hg) (recommended)	PAOP (mm Hg) (optional)	MAP $\geq$ 60 mm Hg and off vasopressors for $\geq$ 12 hr	
		Average urine output <0.5 mL/kg/hr	Average urine output $\geq$ 0.5 mL/kg/hr
>8	>12	Furosemide*; reassess in 1 hr	Furosemide; reassess in 4 hr
4–8	8–12	Fluid bolus as fast as possible;† reassess in 1 hr	Furosemide; reassess in 4 hr
<4	<8	Fluid bolus as fast as possible;† reassess in 1 hr	No intervention; reassess in 4 hr

Patients must have had a MAP of greater than 60 mm Hg without requiring vasopressors for at least 12 hours before this protocol is initiated.

\*For diuretics, the furosemide dosing begins with 20 mg bolus, 3 mg/hr infusion, or last known effective dose. Double each subsequent dose until goal achieved (oliguria reversal or intravascular pressure target), with maximal dose of 160 mg bolus or 24 mg/hr. Do not exceed 620 mg/day. If patient has heart failure, treatment with dobutamine may be considered. Diuretic therapy should be withheld for patients with renal failure, defined as dialysis dependence, oliguria with serum creatinine  $>2$  mg/dl, or oliguria with serum creatinine  $<2$  mg/dl but urinary indices indicative of acute renal failure.

†Fluid bolus: 15 mL/kg crystalloid (round to nearest 250 mL) or 1 unit packed red blood cells or 25 g albumin.

Abbreviations: CVP, central venous pressure; PAOP, pulmonary artery occlusion pressure; MAP, mean arterial pressure.

Nota: de FACTT-trial werd uitgevoerd bij patiënten die niet in shock waren ( $\geq$  12 uur), waarbij shock werd gedefinieerd als een MAP  $< 60$  mmHg of de nood aan vasopressoren (andere dan dopamine  $\leq 5\gamma$ /kg/min).

### 2.6.3. Ondersteunende maatregelen

- Correcte sedatie en analgesie, eventueel neuromusculaire blockers
- Adequate voeding en glycemiecontrole: enteraal bij voorkeur (Cerra, Benitez, Blackburn, Irwin, Jeejeebhoy, Katz, Pingleton, Pomposelli, Rombeau, Shronts, Wolfe en Zaloga, 1997).
- Stressulcuspreventie
- Infectiebeleid: vaak onderliggend aan ALI/ARDS. Patiënten sterven vaak aan ongecontroleerde infecties. Er bestaat een hoog risico op nosocomiale infecties zoals pneumonie en catheter-gerelateerde sepsis. Omdat ongecontroleerde infecties zijn geassocieerd met het ontwikkelen van multiple orgaan falen (MOF), bestaat een omvangrijk deel van de behandeling uit het identificeren, behandelen en voorkomen van infecties (Brower et al., 2001).
- Trombosepreventie
- Glucocorticoiden: eventueel in de proliferatieve fase, bij patiënten met zeer ernstige symptomen van inflammatie zonder duidelijk aantoonbare bron van infectie (Beale, Grover, Smithies en Bihari, 1993; Brower et al., 2001).

### 2.6.4. Overige behandelingsstrategieën

- Surfactant therapie. Omwille van het tekort aan surfactant bij ALI/ARDS kan dit gesubstitueerd worden. Zonder deze oppervlaktespanning-verlagende factor zijn alveolen minder stabiel en collaberen ze gemakkelijk. Het tekort ontstaat door beschadiging van pneumocyten type II en inactivatie door lekkende plasmaproteïnen. De resultaten zijn beperkt en controversieel, vernieuwde preparaten kunnen in de toekomst verbetering brengen.

- Extracorporele membraan oxygenatie (ECMO): bij refractaire hypoxemie.
- Liquid ventilation: er wordt gebruikt gemaakt van een vloeistof, perfluron, waarmee de longen worden gevuld. Het is een koolwaterstof waarin alle waterstofatomen zijn vervangen door fluoratomen. De bindingscapaciteit van O<sub>2</sub> is 17 keer hoger dan in water, het heeft een lage oppervlaktespanning en verspreidt zich snel. Deze techniek behoeft een ventilator dewelke de vloeistof kan oxygeneren, een V<sub>T</sub> kan toedienen en CO<sub>2</sub> kan verwijderen.

### 3. Prone position

#### 3.1. Inleiding

Prone positioning werd voor het eerst toegepast in 1974 als een strategie om de oxygenatie te verbeteren bij patiënten met bilaterale longbeschadiging, pneumonie en ARDS (Harcombe, 2004).

Hoewel vele studies een significante verbetering van de oxygenatie aantonen, wordt prone positioning bij ALI en ARDS ondermaats toegepast (Webster, 1997).

Dit kan te wijten zijn aan de logistieke moeilijkheden dewelke het draaien van de patiënt met zich meebrengt, evenals het onvoorspelbaar karakter van de patiënt in de prone position (Harcombe, 2004).

Onvoldoende begrip van de fysiologie, onderliggend aan de prone positioning, kan ook een belangrijke oorzaak zijn.

#### 3.2. Fysiologie en effecten

##### 3.2.1. Effecten op de oxygenatie

Pelosi, Brazzi en Gattinoni (2002) en andere auteurs beschreven het mechanisme dat bij prone position tot een betere oxygenatie leidt. Het valt te verklaren door een betere verhouding van de ventilatie en de perfusie. De ernstige V/Q mismatching bij ARDS is te wijten aan extreme shunting.

De distributie van de (mechanische) ventilatie bevindt zich voornamelijk t.h.v. niet-dependente regio's en de perfusie t.h.v. de dorsaal gelegen dependente zones, onder invloed van de zwaartekracht. Bij prone positioning zal de ventilatie zich verplaatsen naar de dorsale dependente gebieden, terwijl de perfusie bewaard blijft in de dorsale regio's. Het gevolg is dat de ventilatie en de perfusie meer homogeen verdeeld worden met een betere matching tot gevolg.

In de prone positie vermindert de thoraxcompliance, waardoor het tidalvolume geredistribueerd wordt richting voorheen atelectatische dorsale regio's (Brower et al., 2001). De gecollabeerde alveolen in dorsale gebieden worden gerekruteerd waardoor het opheffen van atelectase in deze regio's en een verbetering van de oxygenatie bekomen wordt (Tobin en Kelly, 1999). Galiatsou, Kostanti, Svarna, Kitsakos, Koulouras, Efremidis en Nakos (2006) onderzochten d.m.v. beeldvorming (CT) het effect van rekruteermanoeuvres versus prone ventilatie. Ze concludeerden dat prone ventilatie de oedemateuze longen bij ARDS verder rekruteerden dan enkel rekruteermanoeuvres in rugligpositie.

De verklaring voor de homogene verdeling van de ventilatie, het verminderen van atelectase en het verminderen van shunting in de prone positie, is dat de pleurale drukgradiënt verschilt in rug- versus buikligpositie. De pleurale drukgradiënt vermindert in de prone positie, waardoor de pleurale druk minder geneigd is om de openingsdruk van de kleinere luchtwegen te overschrijden en collaps van alveoli met atelectase te veroorzaken. Dit effect wordt versterkt door het ARDS waarbij het gewicht van de longen is toegenomen, alsook door mechanische ventilatie met paralyse en een opwaartse druk van het diafragma op het dorsale dependente deel van de longen.

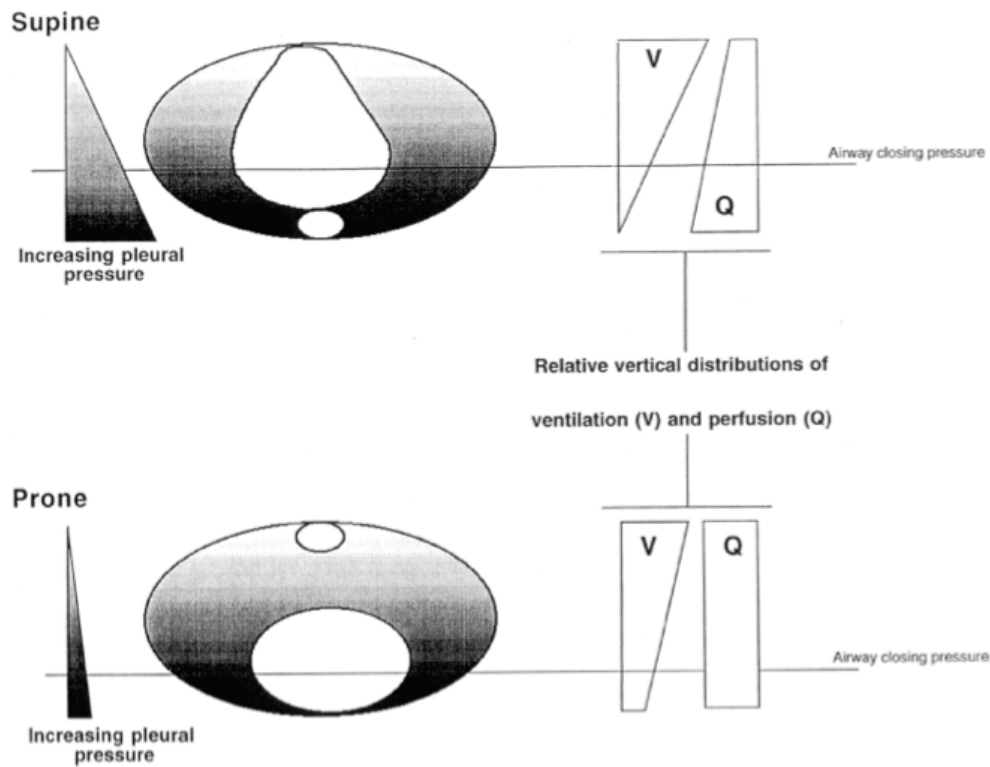


FIGURE 1: In the supine position, the greater vertical pleural pressure and the shape of the chest results in more lung tissue being exposed to pressure above airway closing pressure. More atelectasis therefore occurs compared to the prone position. The vertical distribution of ventilation (V) and perfusion (Q) in the supine position are in opposite directions resulting in mismatch. However, in the prone position, the absence of a vertical gradient in perfusion and more even ventilation distribution allows better V/Q matching.

Fessler en Talmor (2010) brachten dit in beeld door CT-onderzoek bij ARDS in rug- en buikligging:

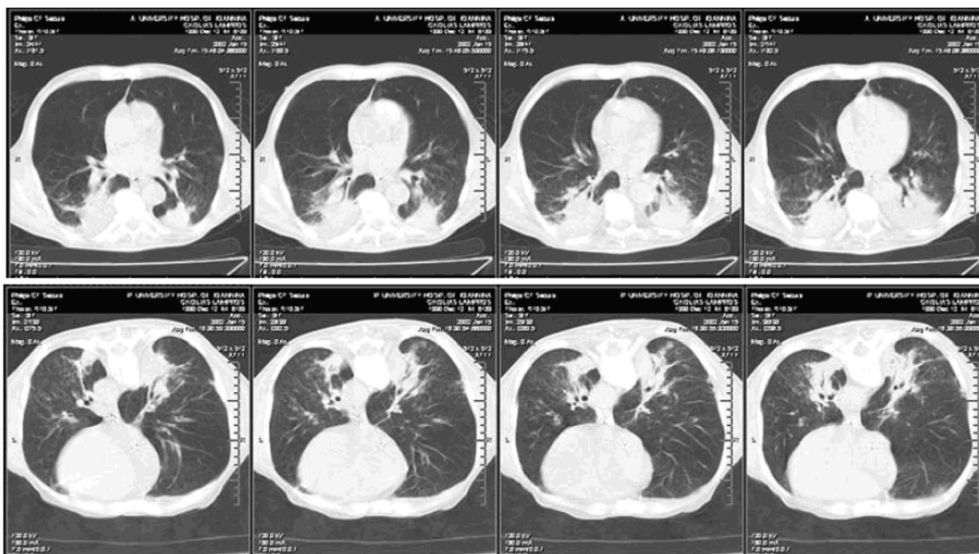


Fig. 3. Computed tomograms from a patient with acute respiratory distress syndrome in the supine and prone positions. Atelectatic dorsal lung regions are recruited in the prone position, without equivalent compression and derecruitment in ventral regions. (From Reference 40, with permission.)

De verminderde pleurale drukgradiënt en de verbeterde ventilatie in de dorsale gebieden is o.m. een gevolg van het wegvallen van het gewicht van het hart en de abdominale inhoud in prone

positie. Het hart bedekt namelijk een groot volume van de longen in rugligging, maar niet in de prone positie (Fessler et al., 2010):

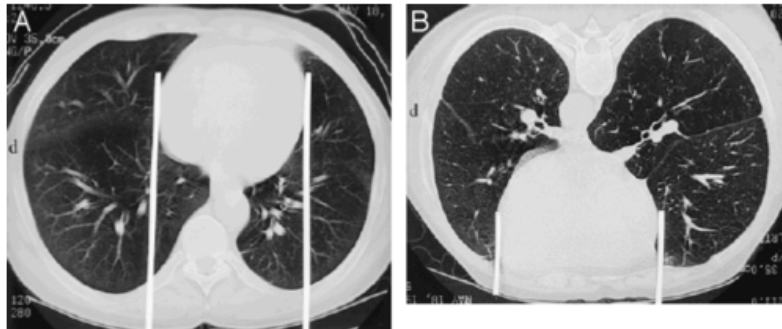


Fig. 2. Computed tomograms of a normal subject in the supine and prone positions. A greater area of the lung is beneath the heart in the supine position. (From Reference 39, with permission.)

Het veranderen van de pleurale druk in rug- versus buikligging is dus afhankelijk van het veranderen van de zwaartekracht (gewicht van de longen bij ARDS, van het mediastinum en van de abdominale inhoud op het dorsale deel van de longen in rugligging).

### 3.2.2. Bijkomende effecten

- Verbeteren van het respiratoir mechanisme.
- Vergroten van het longvolume.
- Toename van de functionele residuele capaciteit.
- Vergemakkelijken van de drainage van secreties.
- Verminderen van ventilator-geassocieerde longbeschadiging (VALI) door een meer uniforme verdeling van het  $V_T$  en door rekruteren van dorsale longregio's (Moloney et al., 2005).

### 3.3. Indicaties

Geen studies konden worden gevonden die de optimale parameters kunnen identificeren om prone position te introduceren. Dit kan de reden zijn waarom veel patiënten pas worden gedraaid nadat alle ventilatoire opties zijn uitgeput. Zonder een degelijk protocol bestaat het risico dat veel patiënten, die in aanmerking komen voor prone position, worden gemist. Deze behandeling wordt voorgesteld aan patiënten die mechanisch geventileerd worden en goed geseedeerd zijn met:

- inadequate oxygenatie bij  $FiO_2 > 0.5$  ondanks toepassen van  $PEEP > 10$  cm  $H_2O$
- $Paw < 18$  mmHg of geen tekenen van linker ventrikelfalen
- bilaterale infiltraten op frontale radiografie van de thorax.

Merk op dat deze criteria bijna identiek zijn aan de AECC criteria voor de diagnose van ARDS. Deze kunnen gebruikt worden om een multidisciplinair overleg te triggeren. Er moet rekening gehouden worden met de geschiktheid van de patiënt, contra-indicaties, risico's en hemodynamische status.

### 3.4. Contra-indicaties

Geen absolute contra-indicaties konden objectief worden aangetoond (Messerole, Peine, Wittkopp, Marini en Albert, 2002). De onderstaande lijst valt als relatief te beschouwen en elke contra-indicatie moet overwogen worden tot de risico-baten verhouding. De inherente risico's verbonden met prone positioning zijn dikwijls minder van belang t.o.v. de nood tot een adequate oxygenatie.



- Spinale instabiliteit
- Bekkenfracturen
- Verhoogde intracraniale druk: de buikligging vereist een scherpe draaiing van het hoofd met mogelijk compressie van jugulaire venen met intracraniale stuwning tot gevolg
- Abdominaal compartiment syndroom: verdere toename IAP
- Shock
- Multiple traumata
- Massieve resuscitatie
- Zwangerschap
- Abdominale chirurgie
- Extreme obesitas: tegenstrijdig o.w.v. een mogelijk betere gasuitwisseling bij deze patiënten
- Brandwonden of open wonden t.h.v. het hoofd of het ventrale lichaamsoppervlak
- Levensbedreigende cardiale arrhythmieën of hypotensie
- Tracheostomie
- Thoraxdrains: minder goede positie

### 3.5. Complicaties

De voornaamste complicaties zijn:

- Accidentele extubatie
- Drukletsels en huidbeschadiging: voornamelijk het gezicht (speeksel), de tenen, voetrug, scheenbenen, knieën, de genitaalstreek en het bekken zijn voorkeursplaatsen voor drukletsels in prone position. Ook catheters en drains vormen een risico.
- Verlies van intraveneuze toegang en drains
- Afknellen van lijnen en drains
- Moeilijkheden om de patiënt te monitoren
- Moeilijkheden in het uitvoeren van cardiopulmonale resuscitatie
- Uitlokken van cardiovasculaire instabiliteit
- Luxatie van de schouders
- Faciaal, orbitaal en oculair oedeem
- Complicaties aan de ogen door druk, reflux van maaginhoud met oogcontact, direct oogcontact met linnen.

### 3.6. Duur

Onderzoek werd gevoerd naar de optimale duur van prone positioning. Hierover werd geen consensus bereikt (Harcombe, 2004). Dit is waarschijnlijk te wijten aan de onvoorspelbaarheid van de patiënt op het draaien, in termen van hemodynamische stabiliteit en adequate gasuitwisseling. Indien de oxygenatie verbetert tijdens de periode in prone position (responder), kan de patiënt tot 20u per dag in deze positie blijven. Het vroeger terug draaien kan nodig zijn bij noodgevallen, zoals reanimatie of verlies van endotracheale tube, of indien de prone positie niet verdragen wordt (Fridrich, Krafft, Hochleuthner en Mauritz, 1996).

McAuley, Giles, Fichter, Perkins en Gao (2002) concludeerden dat ventilatie in de prone position bij ALI/ARDS voor langere periodes<sup>7</sup> nodig zijn voor optimale verbetering van oxygenatie en het verminderen van shunting.

De procedure kan aangepast worden naargelang de tijden van verzorging en bezoek. In ZNA Stuivenberg vermeldt de procedure dat de patiënt gedurende 8u tijdens de voormiddag in ruglig

---

<sup>7</sup> De onderzochte periode bedroeg 18u per dag in de prone position.

wordt verpleegd. Op die manier is er voldoende tijd voor verzorging en onderzoek. De overige 16u wordt de patiënt in de prone position geplaatst.

### 3.7. Reanimatie

Meerdere literatuurbronnen raden in geval van een cardiopulmonaire collaps aan de patiënt zo snel mogelijk terug op de rug te draaien, alvorens CPR te starten (Morrell, 2010; McCormick en Blackwood, 2001; Harcombe, 2004; Hudack, 2012).

Echter, Miranda en Newton (2001) stellen dat het defibrilleren van een schokbaar ritme best vroegtijdig én in de prone positie plaatsvindt, bij cardiaal arrest. Het vroegtijdig defibrilleren verschaft in het geval van een schokbaar ritme (ventrikelfibrillatie of polsloze ventrikeltachycardie) de grootste kans op overleving (Bossaert, Callanan en Cummins, 1997). Het terugdraaien op de rug wordt als kostbaar tijdsverlies gezien en vermindert de kans op succesvolle defibrillatie.

Cattell, Saravanan, Chay en Lawler (2000) bevelen daarbij een antero-posterior positie van de paddles aan: 1 paddle wordt geplaatst onder de patiënt (anterior), de andere paddle op de linker scapula. Deze positie werd efficiënt en effectief bevonden.



**Figure 1** The gel-covered back paddle is shown being pushed beneath the chest prior to defibrillation for ventricular tachycardia: another conductive gel pad is seen over the left scapula.

Andere studies bevestigen de mogelijkheid van efficiënte thoraxcompressies in de prone positie (Atkinson, 2000; Yien, 2006; Wei, Tung, Sue, Wu, Chuang en Chang, 2006). De handen worden daarbij tussen de scapulae geplaatst, op het bovenste 2/3<sup>e</sup> van de torso. Er wordt aangeraden om een gelpad, een zandzakje of een infuuszak van 500 ml onder het sternum te plaatsen. Wei et al. (2006) konden aantonen dat prone-CPR een betere arteriële bloeddruk genereerde in tegenstelling tot standaard CPR (weliswaar gemeten bij amper 11 patiënten op eenzelfde intensieve zorgen afdeling).

### 3.8. Conclusie

Het toepassen van prone positioning bij ARDS in een vroeg stadium verbetert de oxygenatie bij 70-80% van de patiënten. De voordelige effecten op de oxygenatie verminderen na een week mechanische ventilatie. Gezien het risico op tal van complicaties is veel aandacht en zorg nodig bij het draaien van de patiënt. Het hospitalverblijf en verblijf op intensieve zorgen en de mortaliteit blijven hoog ondanks het toepassen van prone positioning (Pelosi et al., 2002).

# PRAKTIJK - VERPLEEGKUNDIGE INTEGRATIE

---

## 1. Inleiding

Dit hoofdstuk behandelt de verpleegkundige benadering van prone positionering. Het draaien van de patiënt omvat een verpleegproces. Dit wordt systematisch uitgewerkt met integratie van de literatuur.

## 2. Gegevensverzameling

Elk verpleegproces start met het verzamelen van relevante gegevens. De gegevensverzameling valt niet enkel te beperken tot de beginsituatie, maar omvat een doorlopend proces.

Het gaat hierbij om verpleegkundige observaties en gegevens dewelke een multidisciplinair overleg kunnen triggeren tot het positioneren van de patiënt in de prone positie. Vanuit deze visie kan ook de arts dit overleg triggeren. De patiënt, nauw verbonden met de familie, staat centraal. Ook de andere disciplines, zoals kinesitherapie, kunnen bijdragen tot het verzamelen van gegevens.

De relevante gegevens bij prone positionering komen verder aan bod bij uitwerking van de probleemstelling. Het is een proces dat kan gepaard gaan met heel wat problemen op fysisch, psychisch en sociaal vlak.

## 3. Verpleegkundige probleemstelling

### 3.1. Psychosociale problemen

#### 3.1.1. Onvoldoende informeren van familieleden

*Probleem:* de familie wordt niet op de hoogte gebracht of wordt onvoldoende geïnformeerd over de prone positionering van hun familielid.

*Etiologie:* tijdsdruk, onvoldoende aandacht voor de familie, ontbreken van gestructureerde vorm van informatie i.v.m. prone position (brochure), onvoldoende ervaring, afwezigheid van een protocol.

*Symptomen (signs):* verstoorde communicatie met de familie, het creëren van grote afstand tussen familie en zorgverleners, de familie voelt zich niet betrokken bij het genezingsproces van het familielid, de familie gaat de situatie verkeerd inschatten en niet goed begrijpen, de familie is niet voorbereid op de mogelijke gevolgen van prone positioning (bv. oedeem in het gelaat).

### 3.2. Somatische problemen

#### 3.2.1. Vóór het draaien

##### 3.2.1.1 Oxygenatoir falen

*Probleem:* inadequate oxygenatie om aan de metabole behoeften van het lichaam te voldoen.

*Etiologie:* ALI/ARDS.

*Symptomen:* plots optredend, cyanose, ontoereikende SpO<sub>2</sub> ondanks maximale oxygenatoire ondersteuning, PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> ≤ 200 mmHg, lactaatstijging indien gemeten, ScvO<sub>2</sub>/SvO<sub>2</sub> < 60% indien gemeten.

### 3.2.2. Tijdens het draaien

#### 3.2.2.1. Dislocatie en/of afknikken van de endotracheale tube

**Probleem:** dislocatie van de tube met verlies van de vrije luchtweg, afknikken van de tube met obstructie van de luchtweg (Messerole, Peine, Wittkop, Marini, Albert, 2002).

**Etiologie:** accidentele extubatie als gevolg van het draaien van de patiënt en/of onvoldoende fixatie van de tube. Het afknikken van de ETT kan voorkomen t.g.v. het draaien naar de andere zijde dan waar de ETT zich in de mondhoek bevindt. Bij voorkeur wordt gedraaid naar de zijde van de mondhoek waar de ETT zich bevindt.

**Symptomen:**

- bij verlies van de luchtweg: ontoereikende ventilatie (geen ademhalingsbewegingen, borrelend geluid t.h.v. de mond, wegvallen van capnografiecure indien gemeten, auditieve ventilationalarmen met ontoereikend minuutvolume en apnoe), verlies van ETT, ontoereikende SpO<sub>2</sub>, cyanose.
- bij afknikken van de endotracheale tube: ontoereikende ventilatie (geen ademhalingsbewegingen, verlies van normale capnografiecure, auditieve ventilationalarmen met ontoereikend minuutvolume en obstructie-alarm), zichtbare knik in de tube, ontoereikende SpO<sub>2</sub>, cyanose.

#### 3.2.2.2. Katheterextractie en afknikken van katheters

**Probleem:** verlies en/of afknikken van katheters en lijnen: o.a. centraal veneuze katheter, verblijfsonde, thoraxdrainage, maagsonde, ventrikeldrain, wonddrains (Messerole et al., 2002, Harcombe, 2004).

**Etiologie:** accidentele extractie van katheters tijdens de procedure. Het afknikken van katheters kan voorkomen door onvoldoende voorzorg en aandacht voor katheters tijdens de procedure.

**Symptomen:**

- Algemeen: zichtbare geëxtraheerde katheter.
- Specifiek:
  - Centraal veneuze katheter: verlies van de werking van medicatie in een continue drip (o.a. inotropica, vasopressoren, sedativa)
  - Verblijfsonde: globus en/of een lege urinezak bij afknikken.
  - Thoraxdrainage: afhankelijk van de indicatie tot plaatsen van de thoraxdrain. In geval van pneumothorax zijn een pneumothorax en een spanningspneumothorax mogelijk. In geval van een pleuravochtuitstorting zijn pleuravochttopstapeling met stoppen van de drainage mogelijk. Bij extractie van de drain zal een groot luchttek merkbaar zijn, indien negatieve druk op het systeem aangesloten is.
  - Maagsonde: reflux van maaginhoud, maagdilatie bij evacuerende maagsonde. In geval van sondevoeding zal bij dispositie mogelijk reflux van sondevoeding in de mond optreden, bij afknikken zal de sondevoedingspomp een occlusie-alarm aangeven.
  - Ventrikeldrain: verlies van liquor via het drainagegaatje bij extractie. In geval van afknikken: oplopen van ICP is mogelijk of een afgevlakte curve met onjuiste weergave van drukmeting op de monitor.
  - Wonddrains: verlies van wondvocht bij extractie. Bij afknikken loopt geen wondvocht meer af.

#### 3.2.2.3. Hemodynamische instabiliteit

**Probleem:** hemodynamische instabiliteit als gevolg van het draaien in de prone positie van de patiënt.

**Etiologie:** Edgcombe, Carter en Yarrow (2008) beschrijven een vermindering van de cardiac index en een compressie van de vena cava inferior in de prone positie, met als gevolg mogelijke instabiliteit. Een vermindering van de cardiac index met ongeveer 24% werd bijna altijd gezien,

maar de MAP (Mean Arterial Pressure) bleef ongewijzigd t.g.v. een compensatoire toename van de SVR (Systemic Vascular Resistance).

Het draaien van een patiënt zonder maatregelen om het abdomen en de thorax vrij te houden leidt tot vermindering van de veneuze retour en de cardiac output, als gevolg van een toename van de intra-abdominale druk (Hering, Wrigge, Vorwerk, Brensing, Schröder, Zinserling, Hoeft, Spiegel en Putensen, 2001).

*Symptomen:* hypotensie, tachycardie, ritmestoornissen, vermindering van cardiac index indien gemeten, pulsus paradoxus en/of toename van SVV (Stroke Volume Variation) > 10% en PPV (Pulse Pressure Variation) > 10 % indien gemeten.

#### 3.2.2.4. Saturatiedaling

*Probleem:* daling van de saturatie ( $SpO_2/SaO_2$ ) onder de beginwaarde als gevolg van het draaien van de patiënt.

*Etiologie:* kan kortstondig voorkomen bij het draaien, maar mag niet gezien worden als falen van de behandeling. Sommige ARDS-patiënten reageren niet of slecht op prone positioning, non-responders genoemd.

*Symptomen:*  $SpO_2/SaO_2 <$  dan beginwaarde vóór het draaien.

#### 3.2.3. Na het draaien

##### 3.2.3.1. Drukletsels

*Probleem:* verhoogd risico op en optreden van decubitusletsels als gevolg van prone positioning. Vooral volgende drukpunten vormen een risico:

- Oren
- Mond
- Neus
- Kin
- Genitaliën bij de man
- Bekken
- Knieën
- Tenen
- Katheterinsteekplaatsen

*Etiologie:* langdurige druk, letsel door wrijving of schuifkrachten, immobiliteit en diepe sedatie, vochtige huid (speekselvloed), forse oedemen, huid aan de voorzijde van het lichaam is niet gewend aan zulke belasting. Verder spelen het bed, kleding, koorts, zuurstoftoevoer, zuurstofbehoefte van de weefsels en het katabool zijn van de patiënt een rol.

*Symptomen:* ulceratie, beschadiging van het huidoppervlak of vernietiging van de huid, in het bijzonder t.h.v. botuitsteeksels. Gradaties:

- Dreigende decubitus: plaatselijke roodheid, geen beschadiging. Het gaat om niet-wegdrukbaar erytheem van een intacte huid. Dit is nog reversibel.
- Eerstegraads decubitus: plaatselijke roodheid van de huid met geringe ulceratie. Hierbij is er een aantasting van de epidermis en/of de dermis. Het ulcus is oppervlakkig en manifesteert zich klinisch als een schaafwonde, blaar of ondiepe krater.
- Tweedegraads decubitus: diepe, exsuderende ulceratie maar geen necrose. Het ulcus manifesteert zich klinisch als een diepe krater, al dan niet met aantasting van het omringende weefsel.
- Derdegraads decubitus: diepe ulceratie met necrose. Het gaat hierbij om een aantasting van alle huidlagen, met weefselnecrose of aantasting van spieren, botten en steunweefsels.

### **3.2.3.2. De ogen**

Probleem: verhoogd risico, t.g.v. de buikligpositie, op conjunctivitis, sclera-oedeem en cornealaesie of infectie.

Etiologie: mobilisatie van oedeem naar de ogen t.g.v. de zwaartekracht, met conjunctivale zwelling en sclera-oedeem tot gevolg. Door deze oedeemvorming bestaat de kans dat de oogleden niet meer volledig sluiten, waardoor het risico op cornealaesie en infectie toeneemt. Ook rechtstreekse oculaire druk verhoogt dit risico.

Symptomen: rode en gezwollen conjunctivae, oedemateuze oogleden, oedeem van de sclera, zichtbare letsels.

### **3.2.3.3. De mond**

Probleem: verhoogd risico op speekselvloed, stomatitis, drukletsels t.h.v. de endotracheale tube.

Etiologie: speekselvloed door de zwaartekracht, stomatitis door surinfectie van mondbeslag, rechtstreekse druk van de endotracheale tube.

Symptomen: speekselvloed, inflammatie van het mondslijmvlies, ulceratie rond de tube.

### **3.2.3.4. Oedeemvorming**

Probleem: mobilisatie van oedeem naar het aangezicht en de ventrale zijde van het lichaam.

Etiologie: zwaartekracht, ontstaan van anasarca-oedeem als gevolg van de onderliggende ziekte.

Symptomen: lokaal: oedemateus voorkomen van aangezicht en ventrale lichaamszijde, oedemateuze ledematen. Veralgemeend: positieve vochtbalans, toename van het lichaamsgewicht, capillair lek met ELWI > 7 ml/kg indien gemeten, ronchi en crepities, toename van beademingsdrukken (piek -en plateaudrukken).

### **3.2.3.5. Reflux van maaginhoud**

Probleem: verhoogd risico op gastro-oesophageale reflux met verhoogd risico op aspiratie.

Etiologie: toename van intra abdominale druk (Hering et al., 2001) in de prone positie, horizontale positie.

Symptomen: zichtbare terugvloei van maagvocht t.h.v. de mond.

Addendum:

Tobin, McCloud en Cameron (1997) konden in tegenstelling een significante vermindering van gastro-oesophageale reflux aantonen in de prone positie en de linker laterale positie.

### **3.2.3.6. Bewegingsbeperking**

Probleem: onvermogen om pijnklachten te uiten en/of bewegingsbeperkingen aan te geven.

Etiologie: volledige sedatie en/of curarisatie.

Symptomen: RASS score van -5, Ramsay score van 5-6.

Addenda:

- Richmond Agitation-Sedation Score (RASS) (Sessler, Gosnell, Grap, Brophy, O'Neal, Keane, Tesoro en Elswick (2002)):

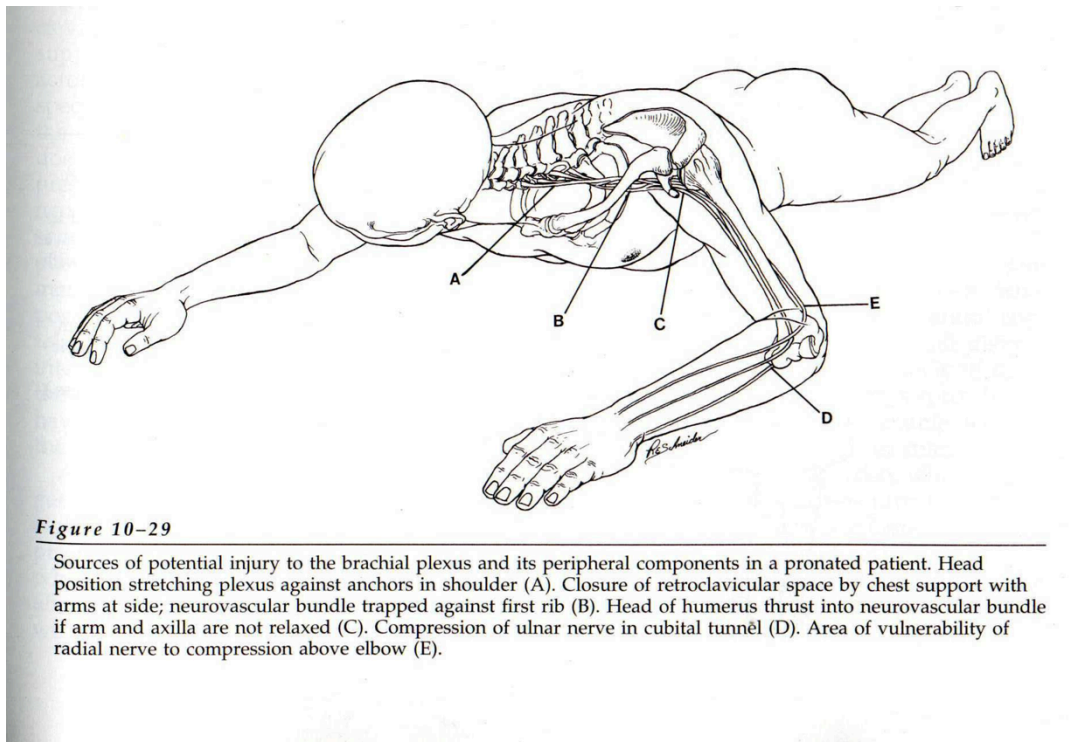
Score	Begrip	Beschrijving
+4	Strijdlustig	Oppositioneel, vijandig, direct gevaar voor personeel
+3	Erg geagiteerd	Trekt aan of verwijdert katheters of tubes; agressief
+2	Geagiteerd	Regelmatig niet doelgerichte bewegingen, afwerende reacties
+1	Onrustig	Angstig maar bewegelijkheid is niet agressief krachtig
0	Alert en kalm	
-1	Slaperig	Niet volledig alert maar is in staat wakker te blijven (ogen open/oogcontact) bij stemgeluid ( $\geq 10$ seconden)
-2	Lichte sedatie	Kort wakker met oogcontact bij stemgeluid ( $< 10$ seconden)
-3	Matige sedatie	Beweging of ogen open bij stemgeluid
-4	Diepe sedatie	Geen reactie op stemgeluid, maar wel beweging en ogen open bij lichamelijke prikkeling
-5	Niet wekbaar	Geen reactie op stemgeluid of lichamelijke prikkeling

- Ramsay score: bestaat sinds 1974 en is de meest gebruikte schaal om de sedatie te monitoren in de dagelijkse praktijk (Carrasco, 2000).

score	Beschrijving
<b>1</b> <b>AGITATIE</b>	Patiënt is wakker, angstig, geagiteerd of rusteloos
<b>2</b> <b>WAKKER</b>	Patiënt is wakker, coöperatief, georiënteerd en rustig
<b>3</b> <b>OPTIMAAL</b>	Patiënt is slaperig, geeft respons op een commando
<b>4</b> <b>OPTIMAAL</b>	Patiënt slaapt, geeft levendige respons bij tik op glabella of luide auditieve stimulus
<b>5</b> <b>TRAAG</b>	Patiënt slaapt, geeft trage respons op een stimulus
<b>6</b> <b>VLAK</b>	Patiënt geeft geen respons op stevige druk op het nagelbed of andere stimuli

### 3.2.3.7. Risico op luxatie van de schouder en plexusletsels

**Probleem:** verhoogd risico op luxatie van de schouder of schade aan de schouderplexus bij buikligpositie.



**Etiologie:** slechte positionering van de armen, gebruik van excessieve kracht bij het draaien van de patiënt.

**Symptomen:** abnormale stand van de schouder, zwelling. Pijn, tintelingen of voosheid in de betrokken schouder en arm.

## 4. Doelen en evaluatiecriteria

### 4.1. Algemene doelstelling

Het positioneren van een patiënt in de prone positie verloopt optimaal, zodat:

- de patiënt hier zo weinig mogelijk hinder van ondervindt;
- de procedure zo efficiënt mogelijk verloopt;
- complicaties zoveel mogelijk worden vermeden;
- het personeel goed op de hoogte is en inzicht heeft in de procedure.

### 4.2. Specifieke doelstellingen

#### 4.2.1. Psychosociaal

##### 4.2.1.1. Inlichten van familie

De familie wordt vooraf goed geïnformeerd over de procedure. Indien mogelijk wordt een gestructureerde vorm van informatie aangeboden, zoals een brochure. De familie geeft aan op de hoogte te zijn van:

- het tijdstip,
- de duur,
- de voordelen,



- de mogelijke complicaties en gevolgen van buikligging, zoals oedeemvorming in het gelaat.

#### 4.2.2. Tijdens het draaien

##### 4.2.2.1. Behoud van luchtweg, endotracheale tube

De endotracheale tube wordt gefixeerd tijdens het draaien zodat de vrije luchtweg gewaarborgd blijft met toereikende ventilatie:

- normale thoraxbewegingen tijdens beademing,
- normale capnografiecurve, vergelijkbaar met die vóór het draaien,
- minuutvolume en flowcurve op de ventilator blijven vergelijkbaar,
- saturatie blijft behouden, geen plotse daling.

Er wordt gedraaid naar de zijde van de mondhoek waar de endotracheale tube zich bevindt.

##### 4.2.2.2. Behoud van katheters en leidingen

De verschillende katheters worden gefixeerd en indien mogelijk tijdelijk ontkoppeld zodat geen katheterextractie kan plaatsvinden. Door visuele controle kan de veilige fixatie en intactheid ervan gewaarborgd worden, waardoor:

- voor centrale katheters en intraveneuze lijnen: geen verlies van werking van medicatie in een continue drip optreedt en een normale flow aanwezig blijft;
- voor een verblijfsonde: de zichtbare evacuatie van urine bewaard blijft, er geen globus optreedt.
- voor een thoraxdrain: geen pneumothorax of pleuravochttopstapeling veroorzaakt wordt, afhankelijk van de indicatie. Dit betekent het behoud van normale beademingsparameters en een toereikende ventilatie. Bij controle van het thoraxdrainagesysteem wordt geen luchttek gevonden dat voor het draaien niet aanwezig was en zal de ingestelde negatieve druk bewaard blijven zoals vooraf ingesteld.
- Voor een maagsonde: een normale evacuatie van maagvocht behouden blijft en geen maagdilataatie met reflux van maagvocht optreedt.
- Voor een ventrikeldrain: geen lekkage van liquor optreedt uit de drainage-opening en de aanwezigheid van een intacte drain. De ICP curve is vergelijkbaar met de curve vóór het draaien.
- Voor een wonddrain: normale afloop van wondvocht, geen lekkage.

##### 4.2.2.3. Hemodynamische stabiliteit

De hemodynamische instabiliteit bij het draaien wordt tot een minimum beperkt.

Evaluatiecriteria:

- katheters en lijnen waarbij inotropica en/of vasopressoren worden toegediend zijn vrij,
- tekens van hemodynamische instabiliteit worden vroegtijdig herkend,
- er wordt voor gezorgd dat de buik na het draaien voldoende vrij is zodat geen compressie op de vena cava inferior ontstaat.

##### 4.2.2.4. Saturatie

De kans op een saturatiedaling tijdens en na het draaien wordt tot een minimum beperkt.

Evaluatiecriteria:

- voor de procedure werd gepre-oxygeneerd,
- een intacte endotracheale tube werd verzekerd tijdens het draaien,
- voldoende diepe sedatie werd voorzien alvorens te starten,
- er werd vooraf endotracheaal geaspireerd.

### 4.2.3. Na het draaien

#### 4.2.3.1. Drukletsels

Het optreden van drukletsels, voornamelijk ter hoogte van drukpunten, wordt tot een minimum beperkt. Dit betekent het beperken van:

- roodheid
- ulceratie met aantasting van epidermis en/of dermis, zich manifesterend door blaarvorming of een ondiepe krater
- exsuderende ulceratie zonder necrose, zich manifesterend door een diepe krater
- diepe ulceratie met necrose, met aantasting van alle huidlagen.

De drukpunten vormen zich voornamelijk ter hoogte van de oren, de mond, de neus, de kin, de genitaliën bij de man, het bekken, de knieën, de tenen en katheterinsteekplaatsen.

#### 4.2.3.2. De ogen

Ontstaan van conjunctivitis, sclera-oedeem en cornealaesie of infectie wordt zoveel mogelijk vermeden. Dit betekent geen tekens van oedeem, ontsteking en/of infectie:

- roodheid (rubor)
- zwelling (tumor)
- warmte (calor)
- pijn (dolor)
- functieverlies, normale sluiting van de oogleden (functio laesa).

#### 4.2.3.3. De mond

Er wordt gezorgd voor een minimale speekselvloed, het beperken van stomatitis en drukletsels rond de endotracheale tube. Evaluatiecriteria: afwezigheid van tekens van stomatitis (roodheid en ulceraties van het mondslijmvlies), afwezigheid van drukletsels rond de ETT (ulceraties).

#### 4.2.3.4. Oedeemvorming

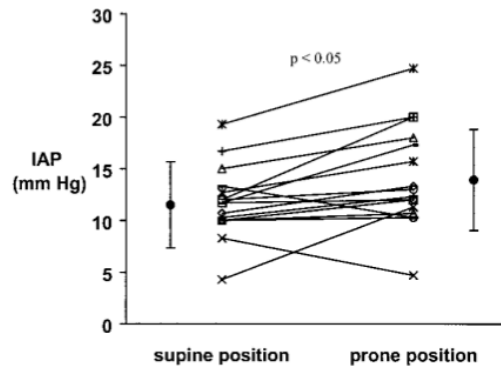
Het optreden van oedeem in het gelaat en de ventrale lichaamszijde wordt zoveel mogelijk beperkt. Evaluatiecriteria: afwezigheid of minimale zwelling van het aangezicht en de rest van het lichaam, handhaven van een euvolemische status, medische opvolging van de onderliggende aandoening en het capillair lek, ELWI < 7 ml/kg indien gemeten.

#### 4.2.3.5. Reflux van maaginhoud

Gastro-oesophageale reflux wordt zoveel mogelijk vermeden, waardoor geen zichtbare terugvloei van maagvocht t.h.v. de mond optreedt.

Het abdomen moet vrij liggen in de prone positie, zodat geen excessieve toename van de IAP wordt bekomen.

Hering et al. (2001) onderzochten de stijging van de IAP in de prone positie. De gemiddelde IAP was reeds verhoogd in rugligging (12 +/- 4 mmHg) en steeg in de prone positie (14 +/- 5 mmHg).



**Figure 1.** Individual changes in intraabdominal pressure (IAP) between the supine and prone position, each symbol representing one patient.

#### 4.2.3.6. Bewegingsbeperking

Vermijden van te diepe sedatie zodat het onvermogen om pijnklachten en/of bewegingsbeperkingen aan te geven zoveel mogelijk wordt beperkt. Hierdoor kunnen de gevolgen ervan worden opvangen. Evaluatiecriteria: geen gebruik van curarisantia indien mogelijk, nastreven van de meest ideale sedatiestatus, comfortabele dynamische positie.

#### 4.2.3.7. Risico op schouderluxatie en plexusletsels

Het risico op schouderluxatie en plexusletsels wordt zo laag mogelijk gehouden.

Evaluatiecriteria:

- geen gebruik van curarisantia
- nastreven van ideale sedatiestatus
- afwezigheid van pijn, zwelling of abnormale stand van de schouder
- indien de armen naast het lichaam liggen, bevinden de handpalmen zich naar boven
- indien beide armen naar boven liggen, bevinden de ellebogen zich niet hoger dan de schoudertoppen.

## 5. Plannen van acties

### 5.1. Psychosociaal

#### 5.1.1. Inlichten van familie

Er wordt vooraf voldoende uitleg gegeven aan de familie. Hier wordt voldoende tijd voor gemaakt door het verpleegkundig team. Indien voorhanden wordt een brochure aangeboden. De familie wordt geïnformeerd over:

- het tijdstip,
- de duur,
- de voordelen,
- de mogelijke complicaties en gevolgen van buikligging, zoals oedeemvorming in het gelaat.

## 5.2. Tijdens het draaien

### 5.2.1. Behoud van endotracheale tube

Eén persoon staat aan het hoofd van de patiënt en fixeert en beveiligd de endotracheale tube tijdens de procedure (Messerole et al., 2002; McCormick et al., 2001; Harcombe, 2004; Morrel, 2010; Kenninson en Yost, 2009).

Vooraf kan een controle van de correcte positie van de endotracheale tube gebeuren d.m.v. een RX thorax. Messerole et al. (2002) stellen dat de ideale positie van de endotracheale tube 2 tot 4 cm boven de carina bedraagt.

### 5.2.2. Behoud van katheters en leidingen

De persoon aan het hoofd is tevens verantwoordelijk voor de fixatie van de centrale katheter en andere katheters. Indien mogelijk kunnen de leidingen verlengd worden zodat er voldoende ruimte is voor de procedure. Sommige katheters kunnen tijdelijk ontkoppeld worden, zoals de maagsonde of niet-essentiële intraveneuze lijnen. Ook de monitorelektroden worden tijdelijk afgekoppeld.

De verbanden van de katheters worden goed gecontroleerd zodat deze stevig gefixeerd zitten. Leidingen en thoraxdrains worden aan de andere kant van het bed gelegd, in de richting waarnaar de patiënt gedraaid wordt.

### 5.2.3. Hemodynamische stabiliteit

Het ontstaan van hemodynamische instabiliteit wordt tot een minimum beperkt door:

- het waarborgen van intacte intraveneuze katheters en lijnen, waarbij inotropica en vasopressoren worden toegediend,
- instabiliteit vóór het draaien te herkennen: hypotensie, tachycardie, ritmestoornissen, vermindering van cardiac index indien gemeten, pulsus paradoxus en/of toename van SVV > 10% en PPV > 10 % indien gemeten
- de buik tijdens en na het draaien vrij te houden, zodat geen compressie op de vena cava inferior ontstaat.

### 5.2.4. Saturatiedaling

De potentiële saturatiedaling bij het draaien wordt zoveel mogelijk opgevangen door:

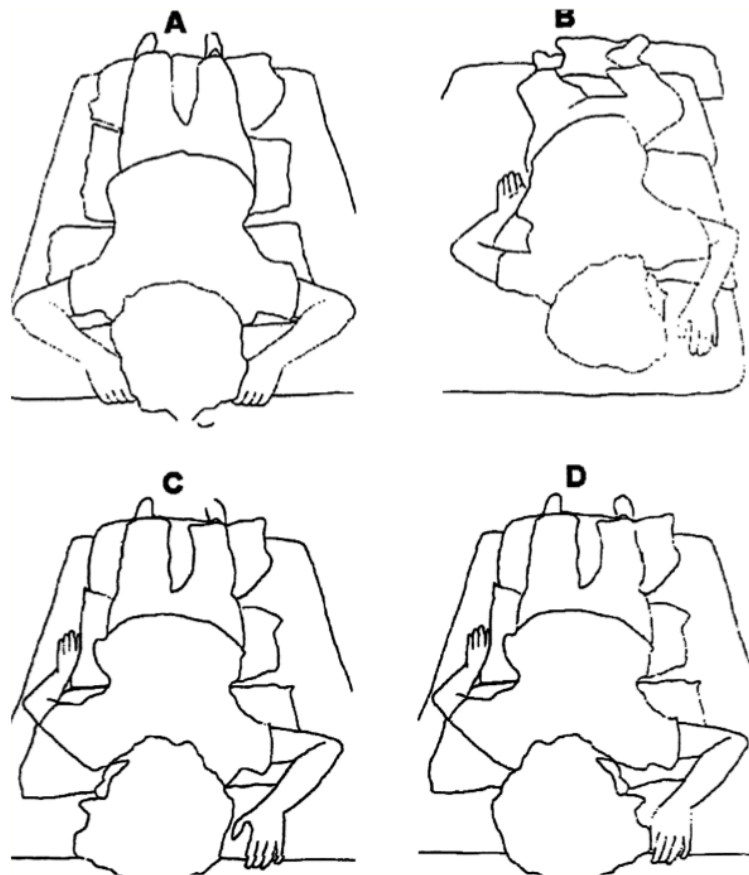
- endotracheaal te aspireren, waarbij liefst gebruik wordt gemaakt van een gesloten suctiesysteem (Harcombe, 2004)
- te pre-oxygeneren vóór het draaien
- voldoende diep te sederen vóór het draaien
- het behoud van de endotracheale tube.

## 5.3. Na het draaien

### 5.3.1. Drukletsels

Preventie van drukletsels in de prone positie (Ball, Adams, Boyce en Robinson, 2001):

- Kussens en gelpads kunnen gebruikt worden om de drukpunten te ondersteunen, zoals het bovenste deel van de thorax en de schouders en de spinae iliacae anteriores superiores, knieën en tenen. Speciale aandacht moet uitgaan naar de mannelijke genitaliën en de borsten bij de vrouw.
- Gebruik van een hoofdkussen ter ondersteuning van het hoofd. De opening moet altijd gericht zijn naar de tube.
- Variatie aanbrengen in de prone positie, bijvoorbeeld elke 4 uur:
  - $\frac{3}{4}$  prone met het gezicht naar rechts, prone,  $\frac{3}{4}$  prone met het gezicht naar links
  - de arm en het been van de zijde waarnaar het hoofd is gepositioneerd kunnen lichtjes gebogen worden. Ter illustratie:



**Fig. 2** Options for modifying the prone position. (Illustration By Rachel Beadle, City University, St Bartholomew's School of Nursing & Midwifery, London, UK)

- De positie van het hoofd moet elke 2 tot 3 uur gedraaid worden om letsels t.h.v. de jukbeenderen, oren en nek te vermijden. Ook het veranderen van de positie van de armen moet op deze tijdstippen plaatsvinden (Harcombe, 2004).

### 5.3.2. De ogen

Ter preventie van conjunctivitis, sclera-oedeem en cornealaesie of infectie moeten een aantal maatregelen genomen worden. De ogen worden daarom vooraf gelubriceerd, afgedekt met oogcompressen en tenslotte bedekt door oogschelpen (Kennison, 2009; Ball et al., 2001; McCormick et al., 2001). Oogschelpen zouden hierbij betere bescherming bieden dan zalf of oogdruppels alleen.

### 5.3.3. De mond

Preventie van speekselvloed en de gevolgen ervan:

- Vooraf wordt de mond en oropharynx zorgvuldig geaspireerd (Ball et al., 2001). De mogelijkheid tot aspiratie moet na het draaien altijd voorhanden zijn.
- Onder de zijde van het gezicht, naar waar het hoofd gericht is, wordt absorberend materiaal geplaatst ter drainage van speeksel.
- Een vochtinbrengende crème wordt aangebracht op het gezicht, om het te beschermen tegen eventuele secreties.
- Ook op de lippen wordt een beschermende laag aangebracht met vaseline of een daarvoor bestemde stick. Dit voorkomt korstvorming op de lippen.

Ter preventie van stomatitis, aften en schimmelinfecties wordt, volgens protocol, frequent mondzorg uitgevoerd. Mondzorginterventies gaan gepaard met het verminderen van

tandplaque en de bacteriële kolonisatie ervan, de kolonisatie van de oropharynx met een mogelijke vermindering van de incidentie van VAP tot gevolg (Munro en Grap, 2004). Essentieel wordt een combinatie van mechanische reiniging en een lokaal desinfecterend middel gebruikt. Nadien kan een bevochtigingsgel in de mond worden aangebracht.

Ulceraties rond de endotracheale tube worden beperkt door:

- De ETT elke dag van mondhoek te wisselen.
- Initieel te draaien naar de zijde van de mondhoek waar de tube zich bevindt.
- Bij het wisselen van de positie van het hoofd kan een hoefijzervormig kussen gebruikt worden. De tube wordt dan in de richting van de opening geplaatst.
- Lokale drukpunten naast de endotracheale tube kunnen opgevangen worden door het gebruik van een stukje schuimverband of een hydrocolloid verband.

#### 5.3.4. Oedeemvorming

Messerole et al. (2002) stellen dat oedeem in het gelaat kan verminderd worden door het bed in de anti-Trendelenburg positie te plaatsen tijdens de prone positie.

De duur van de prone positie speelt ook een rol in de ontwikkeling van faciaal oedeem en kan, indien nodig, beperkt worden. Het oedeem vermindert daarna traag in rugligging (Fridrich et al., 1996).

Gegeneraliseerd oedeem kan medisch opgevolgd en behandeld worden, waarbij een euvolemische status nagestreefd wordt met vermindering van het capillair lek onder hemodynamische monitoring.

#### 5.3.5. Reflux van maaginhoud

Eén uur voor het draaien wordt de enterale voeding gestopt en het maagresidu bepaald ter preventie van reflux tijdens het draaien (Kennison, 2009; Ball et al., 2001). De positie van de maagsonde wordt gecontroleerd vooraleer opnieuw gestart wordt met de enterale voeding. Van der Voort en Zandstra (2001) onderzochten de tolerantie van enterale voeding in enteraal gevoede patiënten door bepaling van het maagresidu in de prone en de supine positie. De gemeten residu's bleken identiek en ze concludeerden dat de enterale voeding kan gecontinueerd worden wanneer een patiënt in de prone positie geplaatst wordt en vice versa. Na de procedure wordt ervoor gezorgd dat het abdomen vrij ligt. Het bed kan in anti-Trendelenburg positie geplaatst worden (Messerole et al., 2002).

#### 5.3.6. Bewegingsbeperking

Het onvermogen om pijnklachten te uiten en de bewegingsbeperking kan worden opgevangen door de patiënt zorgvuldig te positioneren. Ball et al. (2001) beschrijven dat bewegingsbeperking leidt tot verkorting en stijver worden van spieren met functieverlies tot gevolg. Als gewrichten moeilijk te bewegen zijn, kan krachtige manipulatie leiden tot microscheurtjes in de spieren en de weke delen rond het gewricht, wat op zijn beurt kan leiden tot calcificatie. Dit heeft een verdere vermindering van de mobiliteit tot gevolg en maakt manipulatie erg pijnlijk. Overstrekking daarentegen leidt ook tot schade aan het steunweefsel. Het komt er op neer de mobiliteit binnen normale grenzen te houden en normale rustposities te handhaven:

- Kinesitherapie
- Elke 2 tot 3 uur wisselen van de houding van het hoofd en de armen
- Variatie brengen in de prone positie (zie drukletsels)
- Rustpositie met handpalmen naar boven indien de armen naast het lichaam liggen
- Aandacht voor de positie van de schouders (zie verder)
- Verkorting van de achillespees en spitsvoeten vermijden door een kussen onder het anterieure deel van de tibiae te plaatsen. Rechtstreekse druk op de peroneale zenuw moet vermeden worden.

De sedatiestatus moet nauwkeurig gevolgd worden, zodat te diepe sedatie kan vermeden worden. Hiertoe kunnen de RASS score en de Ramsay score gebruikt worden. Bij het draaien wordt vaak een hogere sedatienood nodig geacht (Harcombe, 2004; Hudack, 2012; Gattinoni, Tognoni, Pesenti, Taccone, Mascheroni, Labarta, Malacrida, Di Giulio, Fumagalli, Pelosi, Brazzi en Latini, 2001) zodat een diepe sedatie niet kan worden vermeden.

Messerole et al. (2002) stellen dat niet routinematig mag aangenomen worden dat een patiënt in prone positie een hogere sedatienood heeft en dat sommige patiënten zelf hebben kunnen aangeven comfortabeler te zijn in buikligging.

Onder ideale omstandigheden kunnen zorgverleners communiceren met de patiënt, dewelke dan zelf kan aangeven welke positie de comfortabelste is.

### 5.3.7. Schouderluxatie en plexusletsels

Om schouder- en plexusletsels te voorkomen moet overstrekking van de schoudergordel, het schoudergewricht en de armen zoveel mogelijk vermeden worden (Ball et al., 2001). Tot de opties behoren:

- beide schouders moeten zich in abductie bevinden met de ellebogen lichtjes gebogen, zodat de schoudergordel in een ontspannen positie ligt en er nog een zekere beweging van het schoudergewricht mogelijk is.
- 1 arm ligt parallel aan het lichaam met de handpalm naar boven, de andere omhoog naast het hoofd. Het hoofd ligt bij voorkeur in een positie waarbij het gezicht weg gericht is van de opgetilde arm, om overstrekking van de brachiale plexus aan de andere zijde te vermijden (Harcombe, 2004).
- Elke 2 tot 3 uur veranderen van positie, bij het wisselen van de positie van het hoofd.

Een kussen onder de thorax zorgt voor ondersteuning en een ontspannen schoudergordel met beide schouders lichtjes naar voren gericht.

Extra voorzichtigheid bij manipulatie is geboden bij het gebruik van spierrelaxantia.

## 6. Uitvoering

### 6.1. Voorbereiding

#### 6.1.1. Patiënt

Bij de voorbereiding van de patiënt moeten een aantal aspecten in overweging genomen worden. Speciale aandacht moet uitgaan naar:

- Het inlichten van patiënten en hun familie.
- Het controleren van contra-indicaties om prone positionering toe te passen.
- Fixeren van de endotracheale tube. Bij voorkeur wordt een lint gebruikt en geen kleefpleister, omdat secreties toenemen in de prone positie en de kleefpleister kan loskomen.
- Het bevestigen van de positie van de endotracheale tube op een recente radiografie van de thorax, waarbij de tip zich 2 à 4 cm boven de hoofdcarina moet bevinden (Messerole et al., 2002). De diepte van de ETT, ter hoogte van de mondhoek, wordt genoteerd.
- Het endotracheaal aspireren vooraf.
- Het meten van de cuffdruk van de ETT, zodat geen lekken optreden tijdens of na het draaien.
- Het inspecteren van katheters en zo nodig extra fixeren van centrale katheters en leidingen. Intraveneuze lijnen kunnen boven het hoofd van de patiënt gelegd worden.
- Het zo nodig verlengen van leidingen om het manoeuvre mogelijk te maken. Leidingen en drainagerecipiënten worden in de richting gelegd waarnaar gedraaid wordt.
- Het tijdelijk ontkoppelen van leidingen indien mogelijk.

- Het bepalen en optimaliseren van de hemodynamische status en de saturatie van de patiënt, om de tolerantie tijdens het draaien in te schatten.
- Het pre-oxygeneren van de patiënt met 100% zuurstof.
- Het vervangen van verbanden op de ventrale zijde van het lichaam, om de huid te beschermen bij exsuderende wonden en vochtige verbanden.
- Het verwijderen van de elektroden op de anterieure lichaamszijde, zodat hierop geen druk kan ontstaan.
- Het aanbrengen van een beschermende zalf in de ogen, het afdekken van de ogen met oogcompressen en tenslotte ter preventie van rechtstreekse druk de ogen te beschermen met oogschelpen.
- Het uitvoeren van uitgebreide mondzorg vooraf: aspireren, mechanisch reinigen, gebruik van een desinfecterend mondspoelmiddel, het aanbrengen van een bevochtigingsgel na de zorg.
- Het beschermen van de gezichtshuid tegen secreties door een vochtinbrengende crème op het gezicht aan te brengen.
- Het beschermen van de lippen met vaseline of een lipstick.
- Oedeemvorming zoveel mogelijk te beperken door een ideaal vochtbeleid na te streven, op geleide van hemodynamische monitoring.
- Het stoppen van sondevoeding minstens 1 uur vooraf, om het risico op aspiratie te verminderen. Ook de positie van de maagsonde dient gecontroleerd te worden.
- Het bepalen van het maagresidu en het volledig evacueren ervan.
- Bepalen van de sedatiestatus door het gebruik van de RASS en/of de Ramsay score. Nastreven van de meest ideale sedatiestatus.
- Te beslissen in welke richting gedraaid wordt.

### 6.1.2. Materiaal

Het positioneren in prone positie wordt hier voornamelijk besproken met het gebruik van normale ICU bedden en met eenvoudige materialen. Op die manier kan aangetoond worden dat het draaien kan gebeuren met een eenvoudige aanpak en met minimale kosten.

Wel dient vermeld te worden dat speciale bedden en materialen beschikbaar zijn. Voorbeelden zijn het Rotoprone Therapy System van KCI en de Vollman Proner van Hill-Rom (Kennison et al., 2009).

Het rotoprone bed is een automatisch proning bed met een opening aan de bovenzijde voor intraveneuze lijnen, monitorkabels en beademingsslangen. Het bevat tevens een opening aan de onderzijde voor andere katheters, zoals een verblijfsonde.

De Vollman proner is een systeem om te draaien en heeft aanpasbare hoofd- en bekkensteunen en een onaanpasbaar thoraxkussen. Het bevat riemen ter fixatie en riemen om te draaien. In de prone positie is het abdomen vrij en is de patiënt bereikbaar langs alle kanten. Met dit systeem is het mogelijk om met 3 verpleegkundigen te draaien.



PHOTO COURTESY OF KCI.

The RotoProne therapy system from KCI of San Antonio, Texas, is an automated proning bed with special openings for monitoring cables and invasive lines.



PHOTO COURTESY OF HILL-ROM.

Manual proning for patients weighing up to 300 pounds can be accomplished with the Vollman Proner from Hill-Rom of Batesville, Ind.



Het materiaal nodig om de patiënt te draaien kan bij voorkeur op één plaats verzameld worden, bijvoorbeeld in een grote mand. Eenmaal de beslissing genomen is om een patiënt te draaien in de prone positie, is het benodigde materiaal snel ter beschikking. Het benodigde materiaal omvat:

- Het aanreiken van een infobrochure aan de familie.
- Het voorbereiden van aspiratiemateriaal om onmiddellijk de luchtweg en de mond te kunnen aspireren tijdens de procedure. Bij voorkeur wordt een gesloten aspiratiesysteem gebruikt (Ball et al., 2001).
- Materiaal ter fixatie van de endotracheale tube en leidingen.
- Tijdelijk wordt de monitoring afgekoppeld, enkel de saturatiemeter moet tijdens het draaien ter plaatse blijven.
- Verbandmateriaal om vooraf verbanden te verversen, in het bijzonder aan de voorzijde van het lichaam.
- Het klaarhouden van nieuwe monitorelektroden, om op de rug te kleven na het draaien.
- Materiaal voor oogverzorging vooraf: oogzalf, oogcompressen en oogschelpen.
- Vochtinnbrengende crème voor het aangezicht.
- Materiaal om mondzorg te kunnen toepassen: een tandenborstel met tandpasta om mechanisch te reinigen, een lokaal desinfecterend middel, een bevochtigingsgel.
- Materiaal ter bescherming van lokale druk door de endotracheale tube.
- Vaseline of lipstick ter bescherming van de lippen
- Aspiratiemateriaal om het maagresidu te bepalen en om dit residu te evacueren.
- Materiaal om de patiënt comfortabel te positioneren en om onder drukgevoelige plaatsen te installeren: kussens, gelpads, hoefijzervormig kussen, thoraxkussen, enz. Een ondersteunend kussen is zeker noodzakelijk onder de thorax en het bekken, zodat de buik vrij is. Ook onder het hoofd en de onderbenen moet een kussen geplaatst worden.

## 6.2. Uitvoering

### 6.2.1. Aantal personen

Vooraf aan het draaiproces moet voldoende personeel beschikbaar zijn. Eén persoon staat aan het hoofd van de patiënt en fixeert en beveiligd de endotracheale tube tijdens de procedure (Messerole et al., 2002; McCormick et al., 2001; Harcombe, 2004; Morrel, 2010; Kenninson et al., 2009).

Verder zal het aantal personen afhankelijk zijn van de lichaamsbouw van de patiënt en het aantal katheters en lijnen (Harcombe, 2004).

McCormick et al. (2001) bevraagden dit<sup>8</sup> en concludeerden dat het totale aantal personen rond het bed varieert van 5 tot 8, maar meestal 5 personen bedraagt. 7 tot 8 personen rond het bed werd als minder praktisch en minder effectief bevonden.

Kenninson et al. (2009) beschrijven dat 4 tot 6 personen nodig zijn, voor het manueel draaien. Messerole et al. (2001) vinden dat 3 tot 4 personen in totaal doorgaans voldoende zijn.

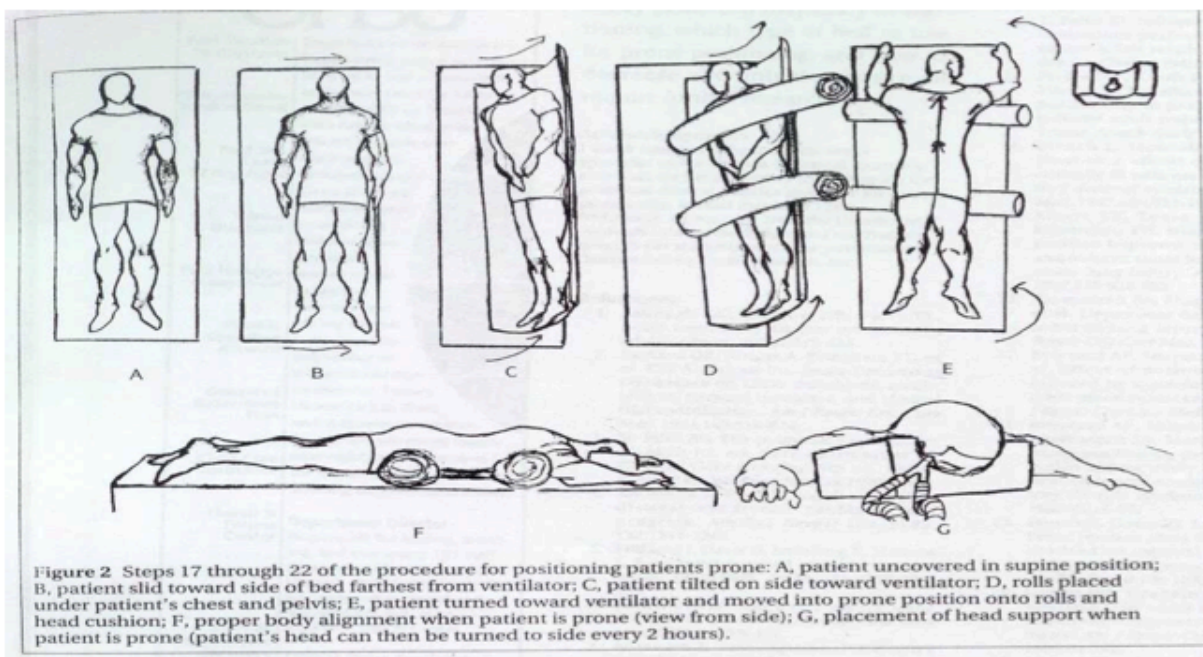
### 6.2.2. Het draaiproces

- Het onderlaken wordt losgemaakt, zodat dit kan gebruikt worden bij de procedure.
- Als besloten is in welke richting de patiënt gedraaid wordt, schuiven 2 verpleegkundigen de patiënt naar één zijde van het bed met behulp van dit onderlaken. Het verplaatsen kan hierbij in 3 delen gebeuren: het hoofd, de romp en de benen.
- Een nieuw laken wordt aan de andere zijde half bevestigd, zodat dit gedeeltelijk opgerold onder het oude laken kan doorgevoerd worden tijdens het draaien. De patiënt zal hier uiteindelijk op belanden.

---

<sup>8</sup> Dit onderzoek werd gevoerd aan de hand van 193 vragenlijsten, verdeeld over 4 intensieve zorgen afdelingen.

- Beide armen worden naast de patiënt gelegd, met 1 arm onder de heup in de richting waarnaar gekeerd wordt.
- Vervolgens wordt de patiënt op de zijde gelegd, het nieuwe laken wordt intussen verder doorgevoerd.
- Een kussen wordt gelegd op de plaats waar de thorax en het bekken van de patiënt terechtkomen, zodat deze zich reeds op de juiste plaatsen bevinden.
- In een 2<sup>e</sup> stap wordt de patiënt verder doorgedraaid in de prone positie. Het abdomen moet vrij liggen. Aandacht moet uitgaan naar de positie van het hoofd en de nek: geen hyperstrekking.
- Een kussen kan onder het hoofd en onder de scheenbenen geplaatst worden. Bij voorkeur wordt een hoefijzerkussen onder het hoofd gebruikt. Bij een stijve nek of cervicale problemen kan de patiënt met het gezicht naar beneden gepositioneerd worden, eventueel met behulp van een schuim 'donut' kussen. Lokale druk op de orbitae dient zoveel mogelijk vermeden te worden.
- De uiteindelijke positie kan variëren: beide armen naast het lichaam met de handpalmen naar boven, de zwimmerspositie (1 arm omhoog en 1 arm naast het lichaam), beide armen naar boven,  $\frac{3}{4}$  prone met het gezicht naar links,  $\frac{3}{4}$  prone met het gezicht naar rechts.
- Onder drukpunten worden gelpads en/of kussens aangebracht, zoals de schouders, het bekken, knieën, tenen, genitaliën bij de man en de borsten bij de vrouw.



### 6.3. Nazorg

- Onmiddellijk na het draaien kan het nodig zijn de luchtweg te aspireren.
- Controle van de positie en de diepte van de endotracheale tube, nakijken van de cuffdruk.
- Controle van het  $V_T$  en het expiratoir minuutvolume op de ventilator: een verhoging van de inspiratoire druk kan nodig zijn bij een drukgestuurde beademingsmodus, omwille van verminderde thoraxcompliantie in de prone positie met hypercapnie tot gevolg. (Gattinoni et al., 2001)
- Monitorelektroden worden opnieuw op de rug gekleefd, in spiegelbeeld t.o.v. in rugligging.

- Leidingen worden opnieuw aangesloten, gepositioneerd en gecontroleerd. Alle drains en evacuatiereciënten worden opnieuw gepositioneerd en nagekeken op de intactheid ervan.
- Het bed kan in de anti-Trendelenburg positie geplaatst worden om gastro-oesophageale reflux en oedeemvorming in het gelaat te verminderen.
- De arteriële katheter en andere transducers moeten opnieuw genuld worden, midaxillair t.h.v. de flebostatische axis. Nadien volgt een controle van de vitale parameters.
- Bij het terugdraaien op de rug wordt een uitgebreide oogverzorging uitgevoerd.
- Aandacht moet gegeven worden aan mondzorg tijdens de prone positionering.
- Enterale voeding kan verder gecontinueerd worden volgens het protocol van de afdeling.
- Op regelmatige tijdstippen wordt variatie aangebracht in de prone positionering, vergelijkbaar met wisselhouding. Het hoofd wordt elke 2 tot 3 uur voorzichtig gedraaid naar de andere zijde, de armen worden dan ook geherpositioneerd.
- Bepalen en optimaliseren van de sedatiestatus aan de hand van de RASS- of de Ramsay score.

#### 6.4. Het herpositioneren van buik- naar rugligging

- Bij het terugdraaien op de rug wordt dezelfde werkwijze gehanteerd, in omgekeerde richting.
- De voorbereiding, aandachtspunten en nazorg bij het terugdraaien blijven dezelfde, zoals eerder beschreven.
- Alle kussens, ondersteunende middelen en monitorelektroden worden verwijderd, de saturatiemeter blijft op.
- Het onderlaken wordt losgemaakt, zodat dit kan gebruikt worden bij de procedure.
- Er wordt in omgekeerde richting gedraaid als bij het positioneren in de prone positie, hierbij schuiven 2 verpleegkundigen de patiënt naar één zijde van het bed met behulp van het onderlaken. Het verplaatsen kan hierbij in 3 delen gebeuren: het hoofd, de romp en de benen.
- Een nieuw laken wordt aan de andere zijde half bevestigd, zodat dit gedeeltelijk opgevouwen onder het oude laken kan doorgevoerd worden tijdens het draaien.
- Beide armen worden naast de patiënt gelegd, met 1 arm onder het bekken in de richting waarnaar gekeerd wordt.
- Vervolgens wordt de patiënt op de zijde gelegd, het nieuwe laken wordt intussen verder doorgevoerd.
- De kussens ter hoogte van de thorax en het bekken worden verwijderd.
- In een 2<sup>e</sup> stap wordt de patiënt verder doorgedraaid in rugligging.
- Het oude laken wordt verwijderd, het nieuwe verder aangebracht rond de matras.
- Een kussen wordt onder het hoofd geplaatst.
- De uiteindelijke positie kan variëren, met het toepassen van wisselhouding, het plaatsen van het bovendeeel van het bed in 30° en het gebruik van hulpmiddelen ter preventie van drukletsels, conform het protocol van de afdeling.

## 7. Evaluatie

### 7.1. Evalueren van de effectiviteit van prone positionering

De voordelige effecten op de oxygenatie in buikligventilatie, bij 70 – 80% van de ARDS patiënten, kunnen gemonitord worden aan de hand van de SpO<sub>2</sub>, arteriële bloedgaswaarden en berekening van de PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> ratio.

Ball et al. (2001) ontwikkelden een algoritme voor het toepassen van prone ventilatie, met een opsomming van klinische aanbevelingen en om “bedside” het gebruiksgemak te vergroten. In dit algoritme werd ook een methode weergegeven om de efficaciteit van prone ventilatie te monitoren:

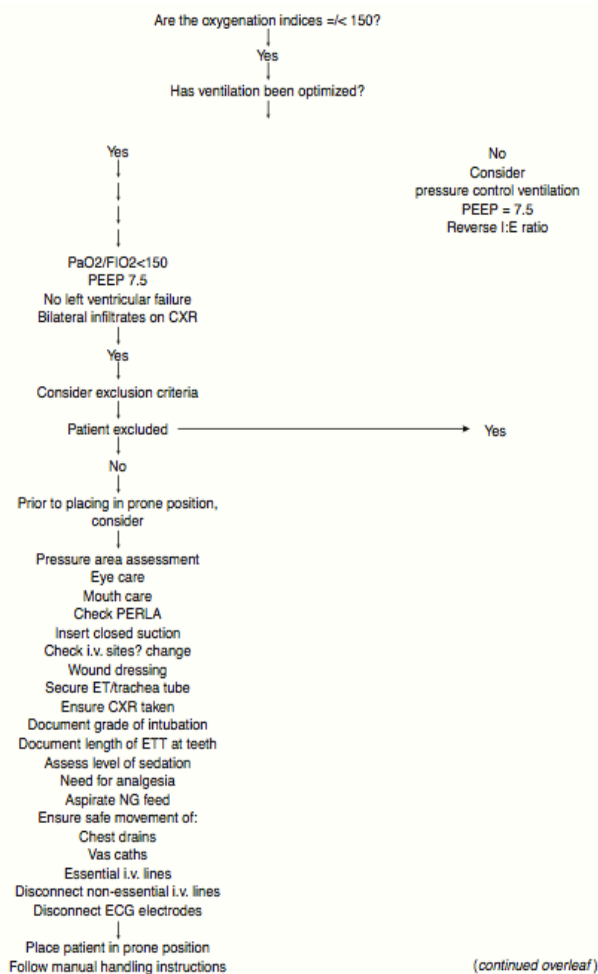


Fig. 3 Algorithm for the use of the prone position.

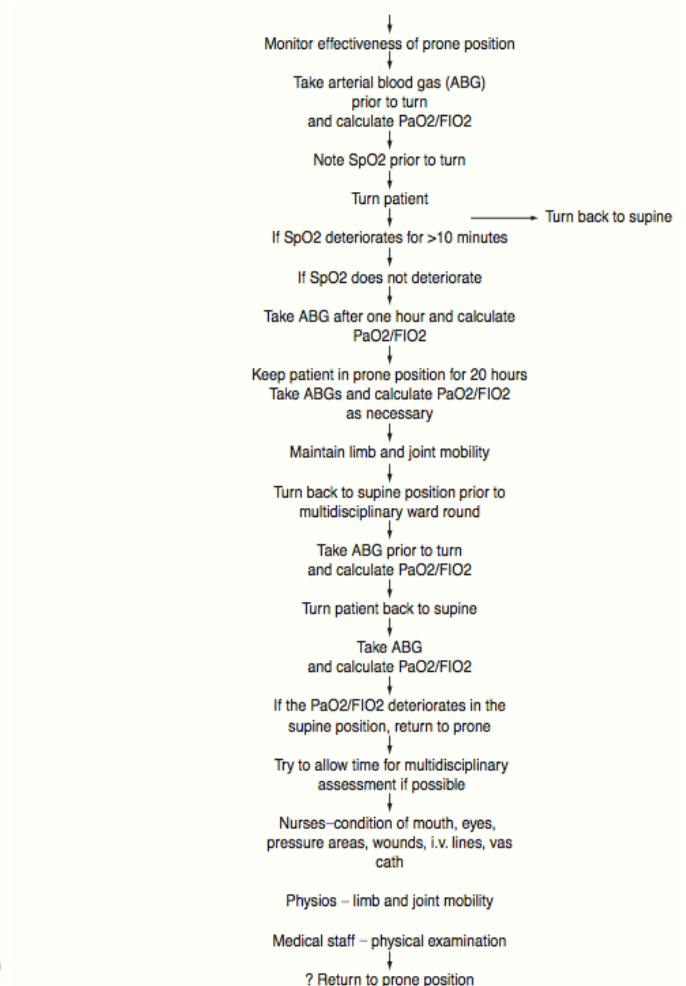


Fig. 3 (continued).

### 7.2. Evaluatie van specifieke verpleegproblemen

#### 7.2.1. Inlichten van familie

Werd de familie voldoende ingelicht omtrent het tijdstip, de duur, de voordelige effecten, de mogelijke complicaties en de gevolgen van prone ventilatie? Werd de informatiebrochure aangeboden, indien beschikbaar?

De familie is tevreden omtrent de communicatie en kan aangeven voldoende op de hoogte te zijn.

### 7.2.2. Intacte luchtweg, endotracheale tube

De endotracheale tube werd goed gefixeerd tijdens het draaien zodat een vrije luchtweg gewaarborgd bleef met een toereikende ventilatie:

- normale thoraxbewegingen,
- normale capnografiecurve, vergelijkbaar met die vóór het draaien,
- minuutvolume en flowcurve op de ventilator bleven vergelijkbaar,
- saturatie bleef vergelijkbaar.

Er werd gedraaid naar de zijde van de mondhoek waar de endotracheale tube zich bevond.

### 7.2.3. Behoud van katheters en leidingen

De verschillende katheters werden gefixeerd en indien nodig tijdelijk ontkoppeld zodat geen katheterextractie kon plaatsvinden. Door visuele controle kan de veilige fixatie en intactheid ervan gewaarborgd worden.

Hierdoor traden geen complicaties op, eigen aan het type katheter of drain.

### 7.2.4. Hemodynamische stabiliteit

Het optreden van een potentiële hemodynamische instabiliteit bij het draaien werd tot een minimum beperkt door:

- het garanderen van de intactheid van katheters en lijnen waarbij inotropica en/of vasopressoren werden toegediend,
- het vroegtijdig herkennen van tekens van hemodynamische instabiliteit,
- compressie op de vena cava inferior te vermijden, door te zorgen voor een vrijliggend abdomen.

### 7.2.5. Saturatie

De kans op een saturatiedaling tijdens en na het draaien werd zoveel mogelijk vermeden:

- voor de procedure werd gepre-oxygeneerd,
- een intacte endotracheale tube werd verzekerd tijdens het draaien,
- voldoende diepe sedatie werd voorzien alvorens te starten,
- er werd vooraf endotracheaal geaspireerd.

### 7.2.6. Drukletsels

Het ontstaan van drukletsels werd geminimaliseerd door:

- het gebruik van kussens en gelpads onder drukpunten,
- het aanbrengen van variatie in de prone positie,
- het wijzigen van de positie van het hoofd en armen elke 2 tot 3 uur.

### 7.2.7. De ogen

De ogen werden vooraf gelubriceerd, afgedekt met oogcompressen en tot slot bedekt met oogschelpen, ter preventie van conjunctivitis, sclera-oedeem en cornealaesie of tekens van ontsteking.

### 7.2.8. De mond

Er werd gezorgd voor het beperken van tekens van stomatitis en ulceraties rond de ETT:

- Vooraf werden de mond en oropharynx zorgvuldig geaspireerd.
- Onder de zijde van het gezicht, naar waar het hoofd gericht is, werd absorberend materiaal geplaatst om speeksel te draineren.
- Een vochtinbrengende crème werd ter bescherming van secreties aangebracht op het gezicht.

- Op de lippen werd een beschermende laag aangebracht met vaseline of een daarvoor bestemde stick.
- Frequent werd mondzorg uitgevoerd volgens protocol.
- Dagelijks werd de ETT gewisseld van mondhoek.
- Initieel werd gedraaid naar de zijde van de mondhoek waar de tube zich bevond.
- Bij het wisselen van de positie van het hoofd werd, indien beschikbaar, een hoefijzervormig kussen gebruikt.
- Lokale drukpunten naast de endotracheale werden opgevangen worden door het gebruik van een stukje schuimverband of een hydrocolloid verband.

#### **7.2.8. Oedeemvorming**

Het optreden van oedeem in het gelaat en de ventrale lichaamszijde werd zoveel mogelijk beperkt door:

- het handhaven van een euvolemische status,
- medische opvolging van de onderliggende aandoening en het capillair lek,
- het bed in een anti-Trendelburg positie te plaatsen.

#### **7.2.9. Reflux van maagvocht**

Gastro-oesophageale reflux werd zoveel mogelijk vermeden, gekenmerkt door de afwezigheid van zichtbare terugvloeit van maagvocht t.h.v. de mond.

Het abdomen ligt vrij in de prone positie, waardoor geen excessieve toename van de IAP werd bekomen.

#### **7.2.10. Bewegingsbeperking**

Te diepe sedatie werd vermeden zodat het onvermogen om pijnklachten en/of bewegingsbeperkingen aan te geven tot een minimum werden herleid.

Er werd bij voorkeur geen gebruik gemaakt van curarisantia en de meest ideale sedatiestatus werd nagestreefd. Er werd gebruik gemaakt van een comfortabele, dynamische positie van de patiënt.

#### **7.2.11. Schouderluxatie en plexusletsels**

Het risico op schouderluxatie en plexusletsels, aantoonbaar door pijn, zwelling of abnormale stand van de schouders, werd zo laag mogelijk gehouden:

- Er werd geen gebruik gemaakt van curarisantia.
- De meest ideale sedatiestatus werd nagestreefd.
- Manipulatie gebeurde voorzichtig.
- Overstrekking van de schoudergordel, het schoudergewricht en de armen werd vermeden.
- Indien de armen naar boven lagen, bevonden de ellebogen zich niet hoger dan de schoudertoppen.
- De positie van de armen werd elke 2 à 3 uur gewisseld.
- Een kussen onder de thorax zorgde voor een ontspannen schoudergordel, met beide schouders lichtjes naar voren gericht.

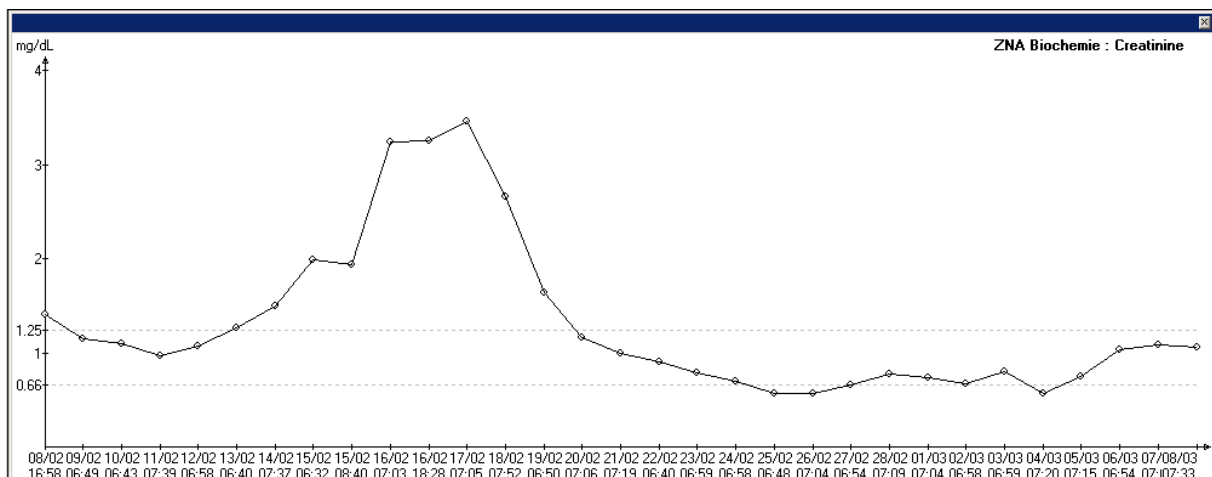
## 1. Beschrijving

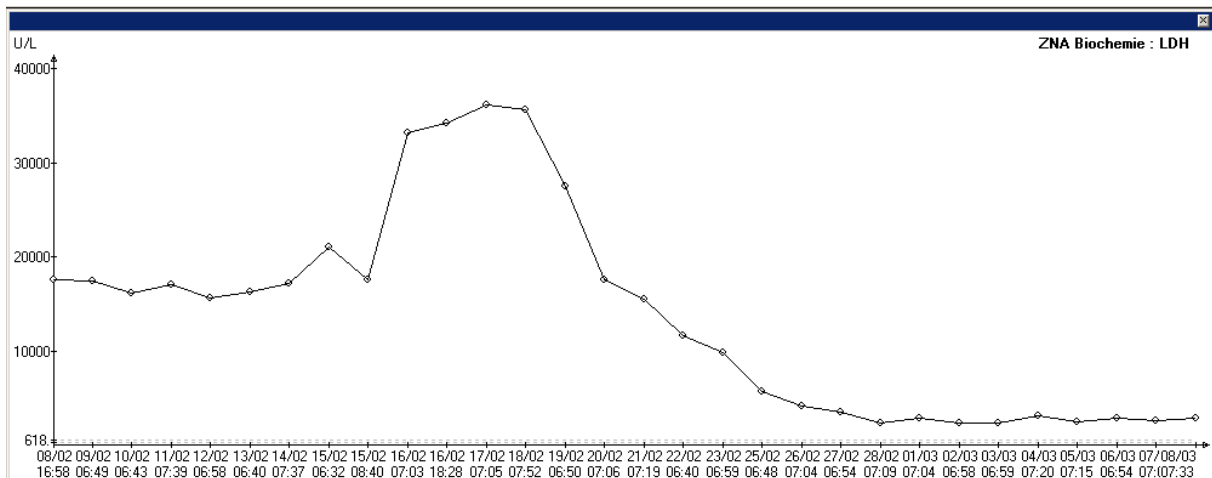
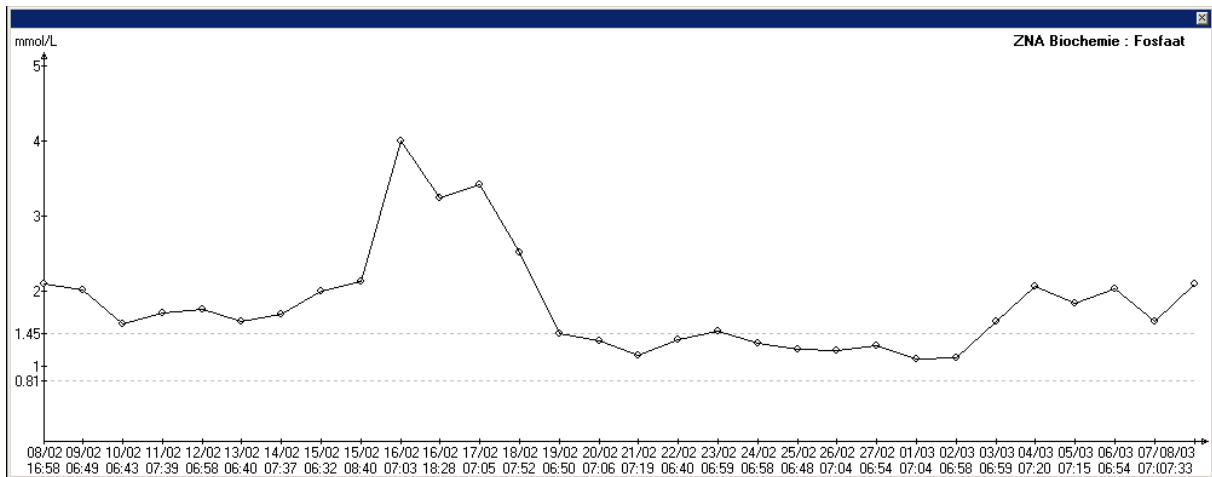
### 1.1. Inleiding

Het gaat om een 76-jarige man, opgenomen op de dienst medisch intensieve therapie eenheid van ZNA Stuivenberg op 15 februari na een interne MUG-oproep. De man was opgenomen op de dienst hematologie (D4) met het vermoeden van een B-cel non-Hodgkinlymfoom, waarvoor een inguinale lymfeklierbiopsie daags voordien gebeurde. De verpleegkundigen hadden de man horen vallen in de gang waarna ze hem bewusteloos aantroffen. Na kortstondige BLS werd bij aankomst van het MUG-team een goede pols gevoeld, met een SpO<sub>2</sub> van 100% met een non-rebreathing masker waarbij 15l O<sub>2</sub>/min werd toegediend. Het bleek onduidelijk of het om een cardiorespiratoir arrest ging. Vermoedelijk betrof het een hypoxemische respiratoire insufficiëntie bij een sterk verzwakte patiënt door een hematologische maligniteit. De patiënt bleef buiten bewustzijn en gaf geen reactie op een forse pijnprikkel. De GCS bedroeg 4/15 (E1M1V2). De pupillen bleken miotisch, isocoor en lichtreactief. Omwille van de comateuze toestand werd de man geïntubeerd. Verder vertoonde de patiënt een hoofdwonde rechts frontaal t.g.v. de val. Een CT hersenen en centrale wervelzuil werd uitgevoerd en toonde een klein hemorragisch letsel interhemisferisch.

### 1.2. Verloop 15/02/2013-25/02/2013: NHL met tumorlyseΣ en ANI

Na opname op MITE werd de diagnose van B-cel non-Hodgkinlymfoom bevestigd, geassocieerd met het tumorlyse-syndroom en acute nierinsufficiëntie. Het tumorlyse-syndroom kenmerkt zich door meerdere metabole complicaties t.g.v. de afbraak van tumorcellen, gewoonlijk optredend bij lymfomen en leukemie. Hiertoe behoren hyperkaliëmie, hyperfosfatemie, hyperuricemie, hyperuricosurie, hypocalcemie en acuut nierfalen. Een duidelijke piek van volgende metabole bevindingen kon worden gedocumenteerd:





Ter preventie van hyperuricemie werd rasburicase IV gegeven. Rasburicase is een uraatoxidase dat de afbraak van urinezuur katalyseert.

Een acute nierinsufficiëntie werd vastgesteld (RIFLE: F<sup>9</sup>), waarvoor hooggedoseerde crystalloïden werden toegediend met forceren van de diurese door middel van diuretica. Als crystalloïd werd de gebalanceerde oplossing Plasmalyte®<sup>10</sup> gebruikt. De nierfunctie klaarde verder op.

Onder deze condities kon een snelle afbouw van de sedatie plaatsvinden met verdere weaning van de ventilator. De neurologische toestand klaarde traag op met een blijvend wisselende GCS. Een EEG werd uitgevoerd en bleek globaal matig vertraagd.

Op 21/02 werd, na overleg met de hematoloog, een chemotherapiekuur toegediend (R-CHOP<sup>11</sup>).

<sup>9</sup> Het RIFLE classificatie systeem werd in 2004 opgesteld om een consensus en evidence-based richtlijnen omtrent acuut nierfalen te ontwikkelen. RIFLE is een acroniem en staat voor Risk, Injury, Failure, Loss of kidney function, and End-stage kidney disease. Failure wordt volgens de *GFR criteria* gedefinieerd als een verhoogt serumcreatinine x3 of een verminderde GFR > 75% of een gestegen serumcreatinine  $\geq 4$  mg/100 ml; acute stijging  $\geq 0,5$  mg/100 ml. Volgens de *urine-output criteria* geldt een  $UO \leq 0,3$  ml/kg/h x 24h of anurie x 12h (Ricci, Cruz en Ronco, 2008).

<sup>10</sup> Plasmalyte is gebalanceerd omdat deze vloeistof meer voldoet aan de pH/fysiologisch verschil tussen de som van de sterke anionen en de som van de sterke kationen van menselijk plasma = strong ion difference = 38 mEq/L. Om het "anionengat" (wet electroneutraliteit) te vullen in Plasmalyte®, wordt gebruik gemaakt van metaboliseerbare anionen (gluconaat en acetaat).

<sup>11</sup> R-CHOP: acroniem voor een combinatie van chemotherapie en geneesmiddelen, waarbij: R = Rituximab, C = cyclofosfamide, H = hydroxydaumomycine (doxorubicine hydrochloride), O = oncovin (vincristine sulfaat) en P = prednison.



Op 24/02 kon de patiënt geëntubeerd worden na het stoppen van de sondevoeding. De patiënt reageerde adequaat en was koortsvrij, infectieuze parameters bleken gezakt onder empirische antibioticatherapie.

### 1.3. Verloop 26/02/2013 tot 04/03/2013: neutropene septische shock met MOF

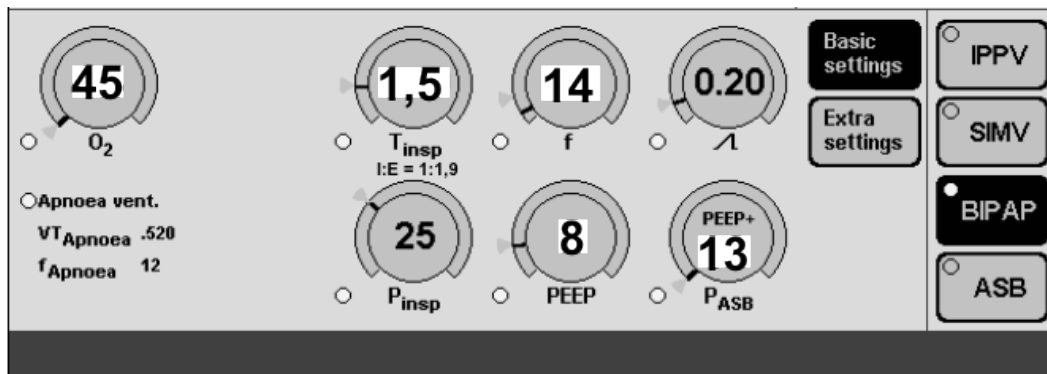
Het bloedbeeld toonde een leukopenie waarvoor omgekeerde isolatie noodzakelijk bleek. Tevens was sprake van anemie en trombocytopenie met transfusienood.

Op 27/02 maakte de patiënt koorts tot 38<sup>3</sup> °C met oplopen van het CRP. Culturen werden afgenomen en het antibioticabeleid aangepast.

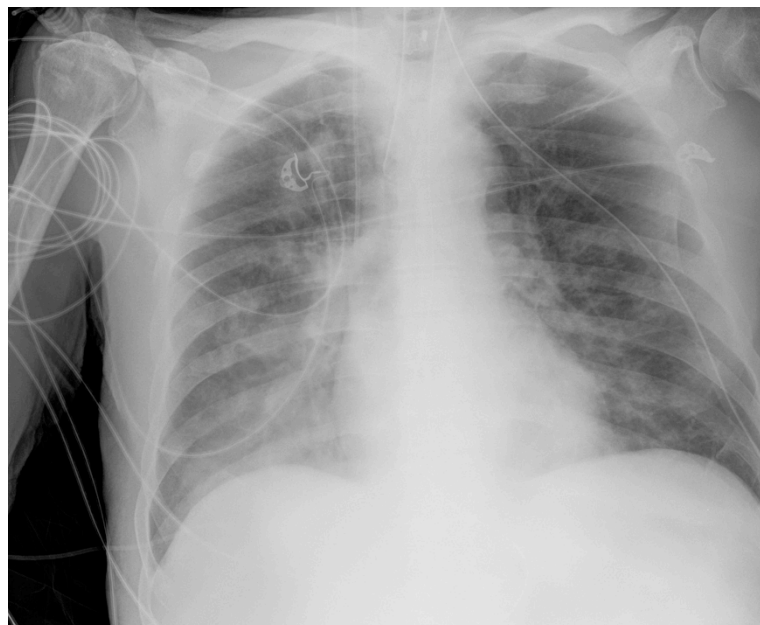
De diagnose van neutropene severe sepsis werd gesteld.

Ondanks het verhogen van de zuurstoftoediening, met een masker met 15l O<sub>2</sub>/min, raakte de man respiratoir uitgeput. Opnieuw volgde een intubatie met herstarten van sedatie en Levophed®.

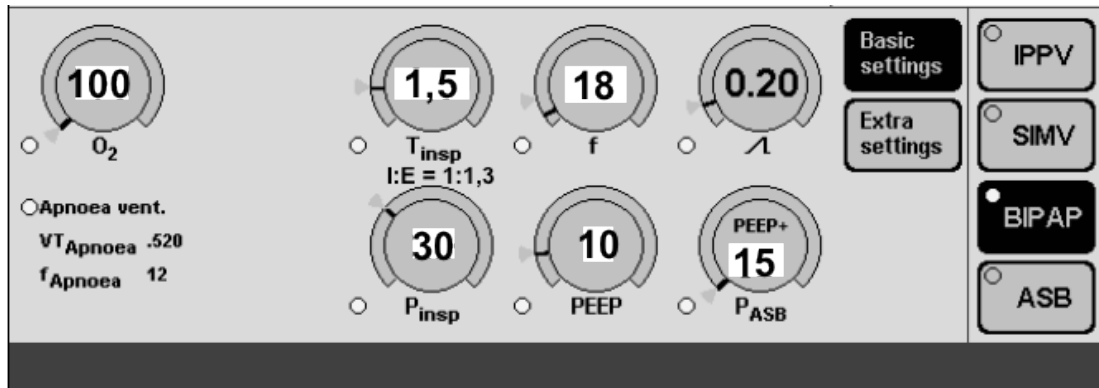
Ventilatorinstellingen:



Op 02/03 volgde verdere respiratoire deterioratie, met nood tot opdrijven van de FiO<sub>2</sub>. RX thorax toonde een toename van infiltraten:



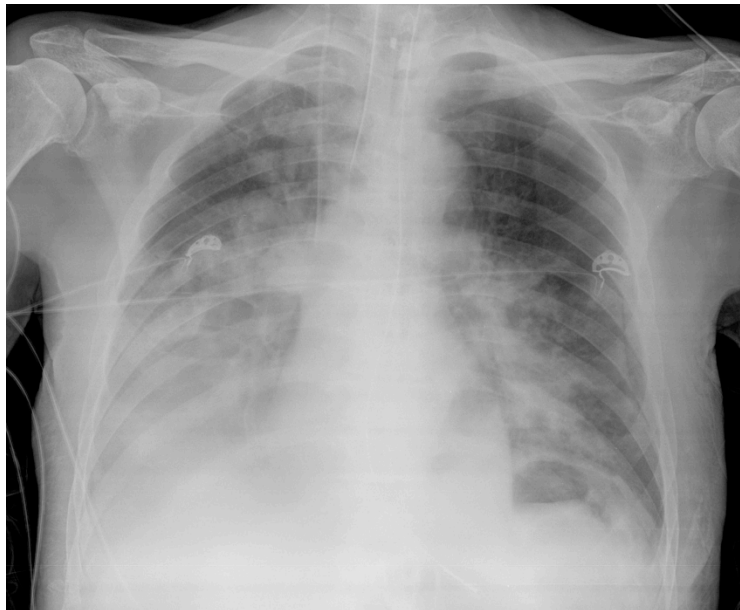
Daags nadien verslechterde de respiratoire toestand nog verder waarbij nood tot opvoeren van de  $FiO_2$  tot 1.0. Na constructie van de statische P-V loop curve werd de beste PEEP bepaald en ingesteld op 10 cm H<sub>2</sub>O (boven de lower inflection point):



Volgend arterieel bloedgas werd bekomen:

pH	pCO <sub>2</sub>	pO <sub>2</sub>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	BE	O <sub>2</sub> sat	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Cl <sup>-</sup>	Lactaat	Glyc
7,34	45	82,4	24	-1,9	95,5	141,3	4,7	1,10	111	1,62	109

De PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> ratio bedroeg hierdoor 82,4.  
RX thorax toonde een beeld van ARDS:



Er werd voldaan aan de AECC criteria van ARDS:

- Plots optredend respiratoir falen.
- Bilaterale infiltraten op een frontale radiografie van de thorax, overeenkomend met longoedeem.
- Oxygenatie: PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> ≤ 200 mmHg (ongeacht gebruik van PEEP).
- Paw: ≤ 18 mmHg indien gemeten of geen tekens van verhoogde linker ventrikel druk: de CVD<sub>ee</sub> bedroeg 9 mmHg.

Om de hemodynamische status beter in kaart te brengen werd een PiCCO<sup>12</sup> katheter geplaatst. Volgende waarden werden bekomen:

CO (L/min)	CI (L/min.m <sup>2</sup> )	SVV (%)	PPV (%)	SVI (ml/slag/ m <sup>2</sup> )	SVRI (dynes.sec /cm <sup>-5</sup> .m <sup>2</sup> )	PVPI (<3,>3) Zo ELWI>10	dp max	ELWI (ml/kg)	CPI (0,5-0,7 W/m <sup>2</sup> )	GEDI (ml/m <sup>2</sup> )	GEF (25- 35%)
8,3	4,3	8	7	61	1428	4,5	620	48	0,9	1609	18

Deze waarden betekenen:

- 1) een vermoedelijk overvulde status (GEDI 1609 ml/m<sup>2</sup>, SVV en PPV < 10%)
- 2) een hyperdynamische circulatie (CI 4,3 L/min.m<sup>2</sup> met gedaalde SVR ondanks gebruik van vasopressoren: Levophed® 0,1 γ/kg/min)
- 3) een massief capillair lek: EVLWI 48 ml/kg én PVPI 4,5.

Door het massief capillair lek werd t.h.v. de longen geel vocht geaspireerd (bilirubine). Het bilirubine in het serum bleek opgelopen te zijn in het kader van een shocklever.

Met hyperoncotisch albumine in combinatie met furosemide (Lasix®) werd getracht het capillair lek te beperken. Aldus werd gebruikt gemaakt van:

- PEEP, om het alveolair vocht naar het interstitium te drijven.
- Albumine, om het vocht in het interstitium naar intravasculair te mobiliseren.
- Lasix® (*furosemide*), om het vocht via de nieren te excreteren.

*Verklaringen:*

- **CO:** cardiac output, hartminuutvolume. Hoeveelheid bloed per minuut door elke ventrikel uitgedrukt = slagvolume x hartfrequentie. In rust: 5-6L/min, maximaal: 25L/min.
- **CI:** cardiac index: CO per m<sup>2</sup> lichaamsoppervlakte = CO.m<sup>2</sup>. Normaal 2,5 - 4,0 L/min/m<sup>2</sup>
- **SVV:** slagvolumevariatie, a.d.h.v. pulse contour analyse als parameter voor ondervulling (pulsus paradoxus), normaal ≤ 10%. Foutief bij VKF.
- **PPV:** pulse pressure variation. Polsdruk = systolische BD - diastolische BD. Analooq aan SVV.
- **SVI:** slagvolume index: slagvolume geïndexeerd naar lichaamsoppervlakte. Normaalwaarde 40-60 ml/m<sup>2</sup>.
- **SVRI:** systeem vasculaire weerstand index. (MAP-CVD) x 80/CI (analooq aan de wet van Ohm). Opnieuw geïndexeerd naar lichaamsoppervlakte. Normaal: 1680-2580 dynes.sec/cm<sup>-5</sup>.m<sup>2</sup>. Om deze reden moet de CVD ingegeven worden.
- **PVPI:** Pulmonary Vascular Permeability Index. Wordt gebruikt om de oorsprong van pulmonair oedeem te differentiëren (Bij ELWI > 10 (pulmonair oedeem): PVPI > 3 = capillair lek of PVPI 1-3 = cardiogeen).
- **dp MAX:** linker hart contractiliteit = maximale druktoename in aorta (ΔPmax/ Δt), correleert met de werking van inotropica.
- **ELWI:** extravasculair longwater index. Eenvoudige parameter voor longoedeem, geïndexeerd (m<sup>2</sup>). Normaalwaarde: ≤ 7 ml/kg.
- **CPI:** Cardiac power index. Parameter voor globale cardiale functie en beste mortaliteitspredictor bij cardiogene shock. CPI= MAP x CI x 0,0022. Normaal: 0,5-0,7 W/m<sup>2</sup>.
- **GEDI:** Globaal einddiastolisch volume index. Vullingsvolume van de 4 hartcaviteiten, geïndexeerd. Normaal: 680-800 ml/m<sup>2</sup>.
- **GEF:** globale ejectionfractie. Fractie van het slagvolume tot preload, correleert goed met de LVEF bij een echo cor. GEF 25 - 35 % ~ (LVEF 50-70%).

Door een sterk positieve vochtbalans (cumulatief +14 liter) en onvoldoende diurese met Lasix® werd besloten om te starten met CVVH<sup>13</sup>. Het voornaamste doel hierbij was ultrafiltratie.

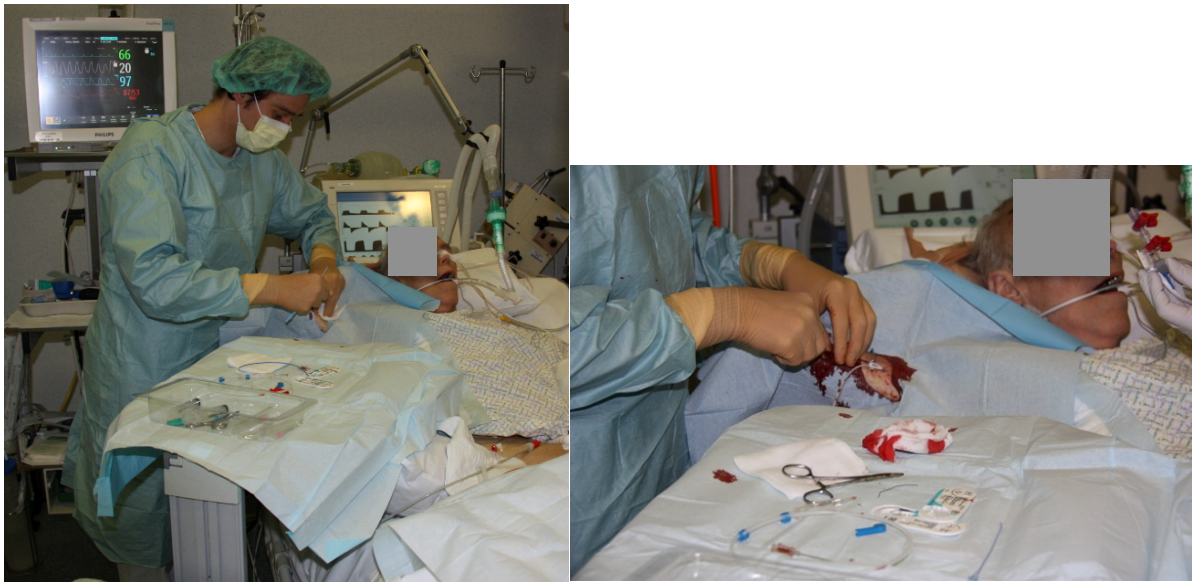
<sup>12</sup> PiCCO meet een aantal waarden (t°, MAP, CO, SVV, PPV) door thermodilutie (intermittent -> ijswater -> Δt°-> Fick principe) en pulse contour analyse (continu) en berekent/schat een aantal waarden (GEDI/ELWI/...).

<sup>13</sup> CVVH: continue venoveneuze hemofiltratie. Het concept berust op convectie (hoofdzakelijk): het transport van plasmawater met de daarin opgeloste stoffen over een hoog permeabele membraan door een drukverschil tussen beide compartimenten. De grootte

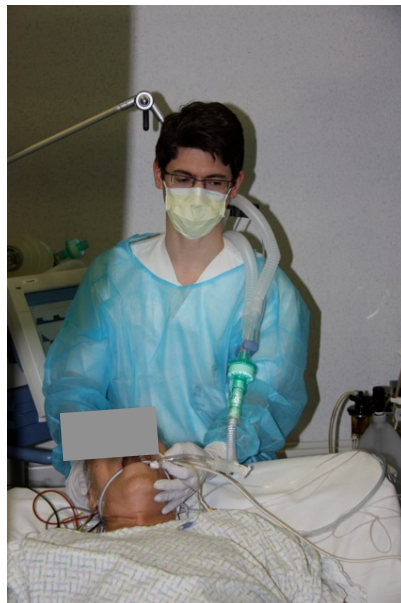
Omwille van de hoge  $\text{FiO}_2$ -nood werd op 04/03 besloten de patiënt verder te beademen in de prone positie.

### 1.3.1. Positioneren van de patiënt

De PiCCO katheter sneuvelde door een forse nabloeding na het plaatsen ervan. Opnieuw volgde transfusie met bloedplaatjes, plasma en packed cells. Door persisterende nabloeding werd rond de katheter door de vaatchirurg een sheath aangebracht. De PICCO katheter diende opnieuw te worden geplaatst. Met het oog op de buikligventilatie werd gekozen voor de rechter arteria brachialis:



Alle verdere voorbereidingen werden getroffen alvorens de patiënt kon geproneed worden. Voldoende personeel werd voorzien tijdens de procedure, 5 personen in totaal. 1 persoon, de arts, bevond zich aan het hoofd en was verantwoordelijk voor de endotracheale tube en een deel van de leidingen:



---

van de poriën in het membraan bepaalt welke stoffen kunnen passeren. Verder berust het principe op diffusie (beperkt): er blijft steeds een concentratieverschil bestaan tussen beide zijden van het membraan.

Verwijderen van elektroden en vrijleggen van lijnen en leidingen. Waar mogelijk werden de kabels tijdelijk ontkoppeld.



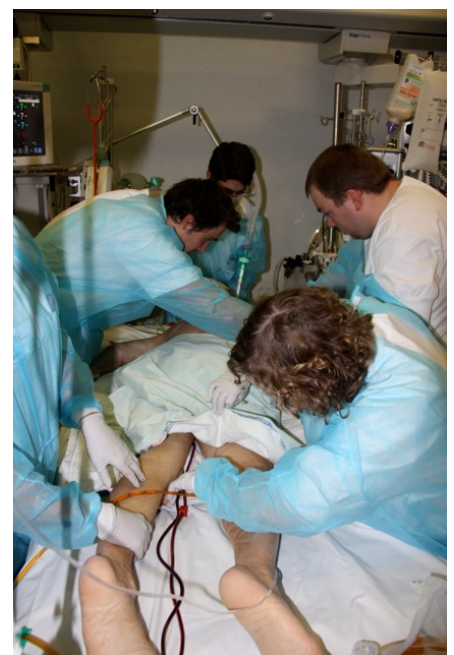
Vervolgens werd de patiënt verplaatst naar de zijkant van het bed. Dit gebeurde door mobiliseren van het hoofd, zijwaarts schuiven van de romp d.m.v. de onderliggende gericare en tenslotte het kruisen van de benen in de richting waarin gedraaid werd.



In een vlotte beweging werd de man op de linker zijde gepositioneerd:



Intussen werd een nieuwe gericare geplaatst onder de patiënt zodat deze tijdens het draaien kon gewisseld worden. Vanuit de linker zijlig positie kon de patiënt verder in de prone positie geplaatst worden. Met de nieuwe gericare kon de man vervolgens terug in het midden van het bed gepositioneerd worden. Hierbij werd de patiënt opnieuw in 3 delen verplaatst: hoofd, romp en benen.



Opnieuw aanbrengen van de klefelektroden:



Spijtig genoeg werd de procedure gecompliceerd door reflux van een grote hoeveelheid maagvocht waardoor het onderlaken diende vervangen te worden. Het bepalen van het maagresidu, evacueren van dit residu en tijdelijk stoppen van de enterale voeding is een must.



Vervolgens werd het onderlaken vervangen, met plaatsen van een kussen onder het bekken en de thorax. Het nieuwe laken werd onderdoor gestoken zodat tijdens het draaien het oude kon verwijderd worden:





Opnieuw werden leidingen aangesloten en gepositioneerd:



Speciale aandacht ging uit naar de positie van het hoofd. De man had een erg stijve nek waardoor het hoofd moeilijk zijdelings kon gepositioneerd worden. Een opgerolde handdoek werd aanvankelijk gebruikt om het hoofd op te laten rusten, later een dubbelgevouwen cirkelkussen. Een hoefijzervormig kussen zou hier ideaal zijn maar was niet voorhanden.



Hoewel hier niet toegepast, wordt in de literatuur toch aanbevolen om vooraf een bevochtigende zalf aan te brengen in de ogen, deze dicht te kleven en af te dekken met oogschelpen (Kennison, 2009; Ball et al., 2001; McCormick et al., 2001).

Ter preventie van druk op de tenen en spitsvoeten werd een opgerolde gericare onder beide scheenbenen aangebracht:



De uiteindelijke prone positie met vrijliggend abdomen:

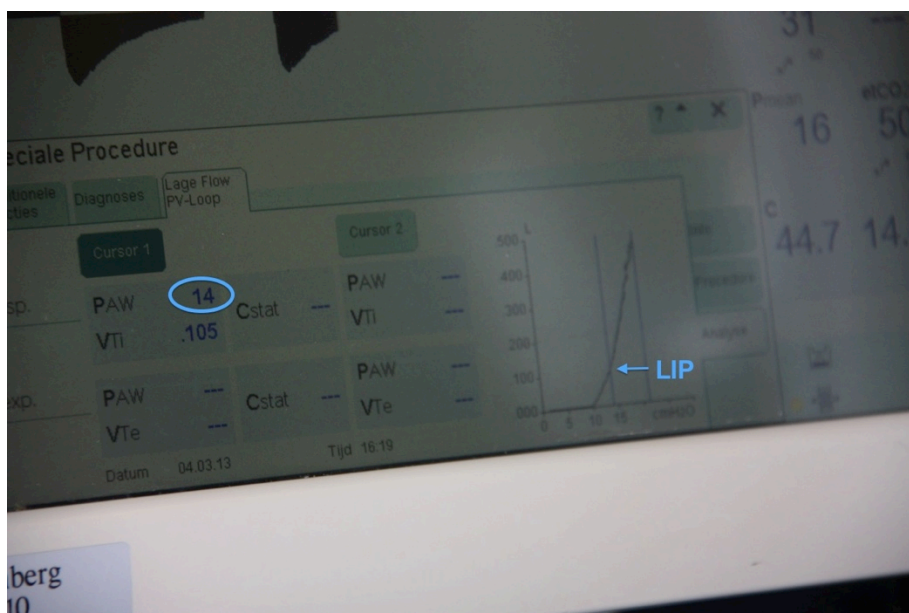


De totale procedure nam ongeveer 30 minuten in beslag.

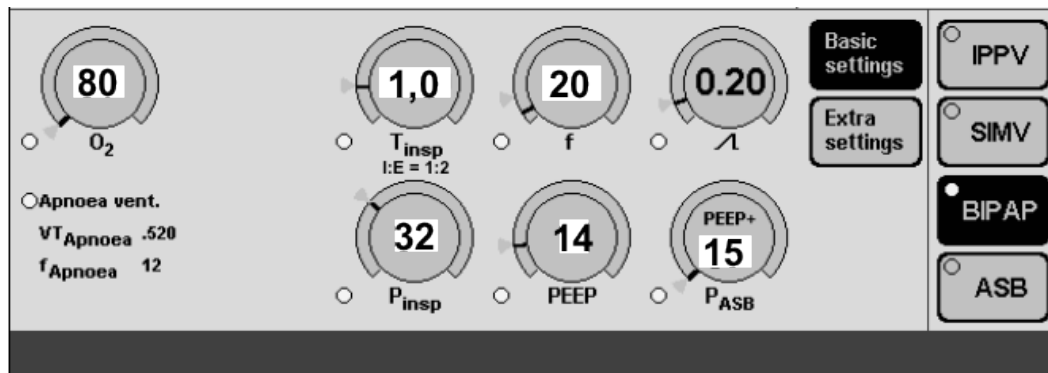
#### 1.4. Verloop na het positioneren

Onmiddellijk na het positioneren werd door de arts een recruteermanoeuvre uitgevoerd. Het recruterende gebeurde door het "40 by 40" manoeuvre (40 cm H<sub>2</sub>O inspiratoire druk 40 seconden aanhouden), 3 x achter elkaar met telkens 40 seconden tussen.

Na een eerste keer recruterende werd de beste PEEP bepaald door constructie van de statische (low flow) P-V loop curve:



Bijgevolg werd de PEEP ingesteld op 14 cmH<sub>2</sub>O. Het recruteren reflecteerde zich in een toename van het V<sub>T</sub> en een toename van de compliance. Om het minuutvolume te waarborgen werd ook de inspiratoire druk verhoogd en werden volgende instellingen bekomen:



De positieve effecten van de prone positie op de oxygenatie werden duidelijk na afname van een arterieel bloedgas. Er was dus een duidelijke respons op het draaien.

Chronologisch verloop van arteriële bloedgassen: vóór het draaien, 15 minuten na het draaien en 4 uur na het draaien:

pH	pCO <sub>2</sub>	pO <sub>2</sub>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	BE	O <sub>2</sub> sat	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Cl <sup>-</sup>	Lactaat	Glyc
7,25	43,4	75,5	18,7	-5,1	93,1	138,8	3,6	1,19	111	4,56	120
7,27	48,7	122,2	22	-5,1	97,9	137	3,95	1,12	107	2,59	84
7,36	39,6	136,8	22	-3,1	98,6	137	3,87	1,10	107	2,57	78

Merk op dat de patiënt aanvankelijk acidotisch was met zowel een metabole als een respiratoire component. Voor de metabole factor werd NaHCO<sub>3</sub> in een continu infuus opgestart. De respiratoire factor kan verklaard worden door hypercapnie te wijten aan alveolaire hypoventilatie.

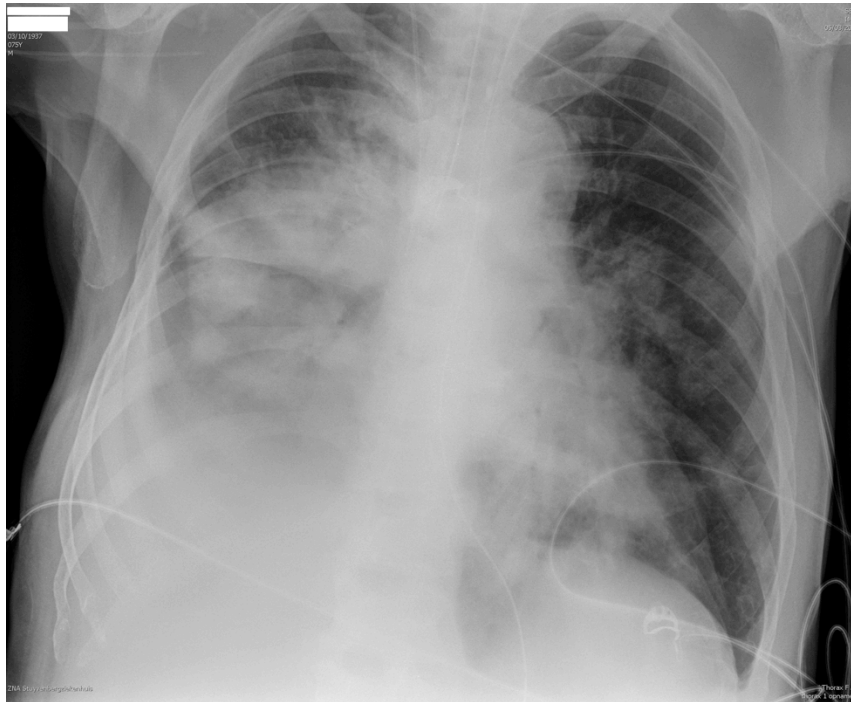
De FiO<sub>2</sub> kon nadien ingesteld worden op 0.65.

### 1.5. Verloop vanaf 05/03/2013

De prone positie werd aangehouden tot 8 uur de volgende dag, in totaal 16 à 18 uur. Na het herpositioneren van de patiënt in rugligging was er een lichte terugval van het oxygenatievoordeel. Volgende bloedgaswaarden werden bekomen, respectievelijk vóór, vlak na en 3 uur na het herpositioneren op de rug.

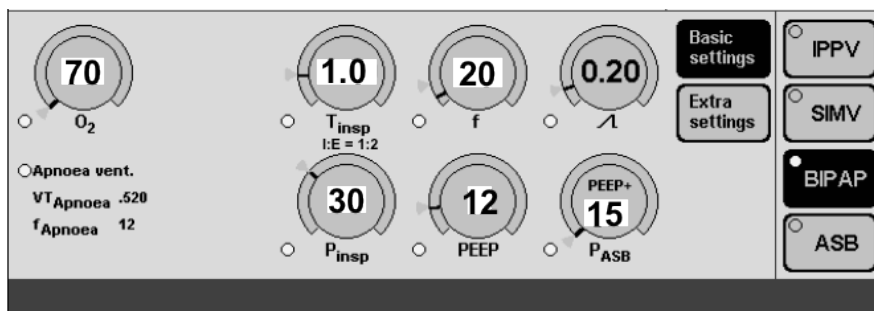
pH	pCO <sub>2</sub>	pO <sub>2</sub>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	BE	O <sub>2</sub> sat	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Cl <sup>-</sup>	Lactaat	Glyc
7,32	41,9	76	21,4	-4,2	94,4	136	4,15	1,11	103	1,92	92
7,39	34	65	20,2	-3,0	92,8	137	4,39	1,08	104	1,95	93
7,42	29,6	57,2	18,8	-4,7	90	138	4,67	1,01	107	2,01	111

RX thorax toonde rechts een progressief infiltraat:



Een echo thorax werd uitgevoerd en toonde een uitgesproken hepatisatie van de rechter long. De therapie met hoge PEEP, hyperoncotisch albumine in combinatie met ultrafiltratie (CVVH) werd verdergezet.

Om 16 uur werd de patiënt opnieuw voor een 2<sup>e</sup> keer in de prone positie geplaatst. Ditmaal bleek het oxygenatievoordeel verdwenen en had de buikventilatie geen effect meer. Ondanks recruiteermanoeuvres bleven de arteriële bloedgassen matig. Progressief steeg de zuurstofnood en werden volgende instellingen bekomen:



Op 06/03 werd de patiënt 's ochtends terug in de rugligpositie geplaatst. De zuurstofnood bleef stijgen waardoor de FiO<sub>2</sub> werd ingesteld op 1.0, hierdoor verbeterden de arteriële bloedgassen. Omdat proning en recrutering geen effect meer hadden, werd besloten geen prone positionering meer toe te passen.

Alle ventilatoire opties waren uitgeput waardoor werd besloten te starten met HFPV (high frequency percussive ventilation, VDR-4) in combinatie met NO. Desondanks overleed de patiënt na een volledige hepatisatie van beide longen waardoor hij niet langer kon beademd worden.

## BESLUIT

---

Algemeen kan besloten worden dat prone ventilatie een eenvoudige, toegankelijk methode is om de oxygenatie te verbeteren bij 70-80% van de ARDS-patiënten. ARDS komt relatief vaak voor op intensieve zorgen en heeft een hoge mortaliteit. Het hospitaalverblijf en verblijf op intensieve zorgen en de mortaliteit blijven hoog ondanks het toepassen ervan.

Prone positionering kan toegepast worden mits van voldoende kennis omtrent de voorbereiding, uitvoering en nazorg ervan, alsmede van de verpleegkundige diagnoses dewelke er mee verbonden zijn. Op deze manier kan systematisch gewerkt worden en kunnen complicaties zoveel mogelijk vermeden worden.

Doorheen het verpleegproces kan een multidisciplinair overleg getriggerd worden dat aanzet tot het draaien van de patiënt. Ook vanuit medisch standpunt kan de procedure in gang gezet worden. De toegankelijkheid van prone ventilatie laat toe dit op een vlotte manier en met voldoende know-how uit te voeren.

De voordelige effecten op de oxygenatie kunnen gemonitord worden door middel van de SpO<sub>2</sub>, arteriële bloedgaswaarden en berekening van de PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> ratio.

## BRONVERMELDING

---

Alexander, J. (2011-2012). *Benadering van de respiratoire patiënt*. Onuitgegeven nota's bij een cursus voor het vierde jaar in de opleiding bachelor intensieve zorg en spoedgevallenzorg, Antwerpen: Artesis Hogeschool, departement gezondheidszorg.

Atkinson, M.C. (2000). The efficacy of cardiopulmonary resuscitation in the prone position. *Critical Care and Resuscitation*, 2, 188-190.

Barbas, C.S., de Matos, G.F., Okamoto, Borges, J.B., Amato, M.B., de Carvalho, C.R. (2003). Lung recruitment maneuvers in acute respiratory distress syndrome. *Respir Care Clin N Am*, 9, (4), 401-418.

Beale, R., Grover, E.R., Smithies, M., Bihari, D. (1993). Acute respiratory distress syndrome ("ARDS"): no more than a severe acute lung injury? *BMJ*, 307, 1335-1339.

Bernard, G.R., Artigas, A., Brigham, K.L., Carlet, J., Falke, K., Hudson, L., Lamy, M., Le Gall, J.R., Morris, A., Spragg, R. (1994). Report of the American-European consensus on ARDS: definitions, mechanisms, relevant outcomes and clinical trial coordination. *Intensive Care Med*, 20, 225-232.

Berne, R.M., Levy, M.N., Koeppen, B.M., Stanton, B.A. (1998). *Physiology (4<sup>e</sup> ed.)*. St. Louis: Mosby Inc.

Bossaert, L., Callanan, V., Cummins, R.O. (1997). Early defibrillation. An advisory statement from the advanced life support working group of the international liaison committee on resuscitation. *Resuscitation*, 34, 113-114.

Brower, R.G., Rubenfeld, G.D. (2003). Lung-protective ventilation strategies in acute lung injury. *Crit Care Med*, 31, (4), 312-316.

Brower, R.G., Ware, L.B., Berthiaume, Y., Matthay, M.A. (2001). Treatment of ARDS. *CHEST*, 120, 1347-1367.

Cattell, E., Saravanan, P., Chay, S., Lawler, P.G. (2000). The defibrillator back paddle: use for treatment of arrhythmias during prone position ventilation. *Anaesthesia*, 55, 491.

Carrasco, G. (2000). Instruments for monitoring intensive care unit sedation. *Crit Care*, 4, 217-225.

Cerra, F.B., Benitez, M.R., Blackburn, G.L., Irwin, R.S., Jeejeebhoy, K., Katz, D.P., Pingleton, S.K., Pomposelli, J., Rombeau, J.L., Shronts, E., Wolfe, R.R., Zaloga, G.P. (1997). Applied nutrition in ICU patients: a consensus statement of the American College of Chest Physicians. *Chest*, 111, 769 - 778.

Choi, A.M.K. (2010). *Acute respiratory distress syndrome (2<sup>e</sup> ed.)*. New York: Informa Healthcare.

De Blanger, J. (zonder jaartal). *High frequency percussive ventilation: Een vreemde eend in de bijt*. Onuitgegeven nota's bij een cursus voor het vierde jaar in de opleiding bachelor intensieve zorg en spoedgevallenzorg, Artesis Hogeschool, departement gezondheidszorg.

Edgcombe, H., Carter, K., Yarrow, S. (2008). Anaesthesia in the prone position. *Br J Anaesth*, 100, (2), 165-183.

Ferguson, N.D., Fan, E., Camporota, L., Antonelli, M., Anzueto, R., Beale, R., Brochard, L., Brower, R., Esteban, Gattinoni, L., Rhodes, A., Slutsky, A.R., Vincent, J., Rubenfield, G.D., Thompson, B.T., Ranieri, V.M. (2012). The Berlin definition of ARDS: an expanded rationale, justification, and supplementary material. *Intensive Care Med*, 38, 1573-1582.

Fridrich, P., Krafft, P., Hochleuthner, H., Mauritz, W. (1996). The effects of long-term prone positioning in patients with trauma-induced adult respiratory distress syndrome. *Anesth Analg*, 83, (6), 1206-1211.

Fritsch, H., Kühnel, W. (2002). *Atlas van de anatomie: inwendige organen (Dl.2, 16<sup>e</sup> dr.)*. Baarn: SESAM/HBuitgevers.

Galiatsou, E., Kostanti, E., Svarna, E., Kitsakos, A., Koulouras, V., Efremidis, S.C., Nakos, G. (2006). Prone position augments recruitment and prevents alveolar overinflation in acute lung injury. *Am J Respir Crit Care Med*, 174, 187-197.

Gattinoni, L., Tognoni, G., Pesenti, A., Taccone, P., Mascheroni, D., Labarta, V., Malacrida, R., Di Giulio, P., Fumagalli, R., Pelosi, P., Brazzi, L., Latini, R. (2001). Effect of prone positioning on the survival of patients with acute respiratory failure. *N Engl J Med*, 345, (8), 568-573.

Grégoire, L. (1999). *Inleiding in de anatomie/fysiologie van de mens (2<sup>e</sup> dr.)*. Leiden: Spruyt, Van Mantgem & De Does bv.

Harcombe, C. (2004). Nursing patients with ARDS in the prone position. *Nursing Standard*, 18, (19), 33-39.

Hering, R., Wrigge, H., Vorwerk, R., Brensing, K.A., Schröder, S., Zinserling, J., Hoeft, A., Spiegel, T.V., Putensen, C. (2001). The effects of prone positioning on intraabdominal pressure and cardiovascular and renal function in patients with acute lung injury. *Anesth analg*, 92, 1226-1231.

Hudack, M.E. (2012). Prone positioning for patients with ARDS. *Nursing Critical Care*, 7, (2), 20-24.

Kennison, M., Yost, W. (2009). Prone positioning: Improving oxygenation in patients with ARDS. *Nursing Critical Care*, 4, (3), 42-46.

Luh, S., Chiang, C. (2007). Acute lung injury/acute respiratory distress syndrome (ALI/ARDS): the mechanism, present strategies and future perspectives of therapies. *J Zhejiang Univ Sci B*, 1, 60-69.

Malhotra, A., Drazen, J.M. (2013). High-frequency oscillatory ventilation on shaky ground. *N Eng J Med*, 368, (9), 863-865.

Messerole, E., Peine, P., Wittkop, S., Marini, J.J., Albert, R.K. (2002). The pragmatics of prone positioning. *Am J Resp Crit Care Med*, 165, 1359-1363.

McAuley, D.F., Giles, S., Fichter, H., Perkins, G.D., Gao, F. (2002). What is the optimal duration of ventilation in the prone position in acute lung injury and acute respiratory distress syndrome? *Intensive Care Med*, 28, 414-418.

McCormick, J., Blackwood, B. (2001). Nursing the ARDS patient in the prone position: the experience of qualified ICU nurses. *Intensive and Critical Care Nursing*, 17, 331-340.

- Miranda, C.C., Newton, M.C. (2001). Successful defibrillation in the prone position. *Br J Anaesth*, 87, 937-938.
- Moloney, E.D., Griffiths, M.J.D. (2004). Protective ventilation of patients with acute respiratory distress syndrome. *Br J Anaesth*, 92, 261-270.
- Morrel, N. (2010). Prone positioning in patients with acute respiratory distress syndrome. *Nursing Standard*, 24, (21), 42-45.
- Munro, C.L., Grap, M. (2004). Oral health and care in the intensive care unit: State of the science. *Am J Crit Care*, 13, (1), 25-34.
- Musch, G., Layfield, J.D.H., Harris, R.S., Melo, M.F.V., Winkler, T., Callahan, R.J., Fischman, A.J., Venegas, J.G. (2002). Topographical distribution of pulmonary perfusion and ventilation, assessed by PET in supine and prone humans. *J Appl Physiol*, 93, 1841-1851.
- Papadakos, P.J., Lachmann, B. (2002). The open lung concept of alveolar recruitment can improve outcome in respiratory failure and ARDS. *The Mount Sinai Journal of Medicine*, 69, (1&2), 73-77.
- Pelosi, P., Brazzi, L., Gattinoni, L. (2002). Prone position in acute respiratory distress syndrome. *Eur Respir J*, 20, 1017-1028.
- Phua, J., Badia, J.R., Adhikari N.K.J., Friedrich, J.O., Fowler, R.A., Singh, J.M., Scales, D.C., Stather, D.R., Li, A., Jones, A., Gattas, D.J., Hallett, D., Tomlinson, G., Stewart, T.E., Ferguson, N.D. (2009). Has mortality from acute respiratory distress syndrome decreased over time?: a systematic review. *Am J Respir Crit Care Med*, 179, 220-227.
- Prisk, G.K., Yamada, K., Henderson, A.C., Arai, T.J., Levin, D.L., Buxton, R.B., Hopkins, S.R. (2007). Pulmonary perfusion in the prone and supine postures in the normal human lung. *J Appl Physiol*, 103, 883-894.
- Raghavendran, K., Napolitano, L.M. (2011). ALI and ARDS: challenges and advances. *Critical Care Clin*, 27, (3), 429-437.
- Ricci, Z., Cruz, D., Ronco, C. (2008). The RIFLE criteria and mortality in acute kidney injury: A systematic review. *Kidney International*, 73, 538-546.
- Richard, J., Maggiore, S., Mercat, A. (2003). Where are we with recruitment maneuvers in patients with acute lung injury and acute respiratory distress syndrome? *Curr Opin Crit Care*, 9, 22-27.
- Sessler, C.N., Gosnell, M.S., Grap, M.J., Brophy, G.M., O'Neal, P.V., Keane, K.A., Tesoro, E.P., Elswick, R.K. (2002). The Richmond Agitation-Sedation Scale. *Am J Respir Crit Care Med*, 166, 1338-1344.
- Silbernagl, S., Despopoulos, A. (2001). *Atlas van de fysiologie (13<sup>e</sup> dr.)*. Baarn: SESAM/HBuitgevers.
- Stocker, R., Neff, T., Stein, S., Ecknauer, E., Trentz, O., Russi, E. (1997). Prone positioning and low-volume pressure-limited ventilation improve survival in patients with ARDS. *CHEST*, 111, (4), 1008-1017.
- Tobin, A., Kelly, W. (1999). Prone ventilation – it's time. *Anaesth Intensive Care*, 27, 194-201.



Tobin, J.M., McCloud, P., Cameron, D.J.S. (1997). Posture and gastro-oesophageal reflux: a case for left lateral positioning. *Arch Dis Child*, 76, 254-258.

Van der Voort, P.H.J., Zandstra, D.F. (2001). Enteral feeding in the critically ill: comparison between the supine and prone positions. A prospective crossover study in mechanically ventilated patients. *Critical Care*, 5, (4), 216-220.

Ware, L.B., Matthay, M.A. (2000). The acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*, 342, (18), 1334-1349.

Webster, N.R. (1997). Ventilation in the prone position. *The lancet*, 349, 1638-1639.

Wei, J., Tung, D., Sue, S.H., Wu, S.V., Chuang, Y.C., Yang, C.H. (2006). Cardiopulmonary resuscitation in prone position: A simplified method for outpatients. *J Chin Med Assoc*, 69, (5), 202-206.

Yien, H.W. (2006). Is the upside-down position better in cardiopulmonary resuscitation? *J Chin Med Assoc*, 69, (5), 199-201.

Young, D., Lamb, S.E., Shah, S., MacKenzie, I., Tunnicliffe, W., Lall, R., Rowan, K., Cuthbertson, B.H. (2013). High-frequency oscillation for acute respiratory distress syndrome. *N Eng J Med*, 368, (9), 806-813.