AnaConDa en CO_2, is er (dode) ruimte voor?

Is er reflectie van het CO_2 bij gebruik van het AnaConDa-filter ten opzichte van een standaard beademingsfilter?

R. Oude Nijhuis (Intensive Care Practitioner i.o., uitstroomprofiel Ventilation), BSc

R. Nowitzky (anesthesioloog-intensivist)

Intensive Care Unit, HagaZiekenhuis - oktober 2023

Aanleiding

Op de Intensive Care wordt het Anesthetic Conserving Device (ACD of AnaConDa) gebruikt voor de behandeling van ernstig zieke patiënten, waaronder patiënten na een out-of-hospital cardiac arrest (OHCA). Het ACD-filter maakt het mogelijk om volatiele anesthetica, zoals Isofluraan, toe te dienen aan de patiënt. Een mogelijke bijwerking van het gebruik van volatiele anesthetica is een toename van dode ruimte ventilatie en reflectie van CO_2. Het doel van dit onderzoek is om dode ruimte ventilatie te onderzoeken bij gebruik van een ACD-filter.

Methode

Voor dit prospectieve observationele onderzoek zijn 19 patiënten geïncludeerd die op de Intensive Care van het HagaZiekenhuis waren opgenomen na een OHCA en werden behandeld middels het ACD-device. De patiënten werden gedurende 24 uur gesedeerd, gekoeld volgens het Targeted Temperature Management (TTM) protocol en druk-gecontroleerd beademd. Tijdens deze periode werden verschillende ventilatieparameters, waaronder teugvolume, ademhalingsfrequentie en CO_2 -levels, gemeten. De metingen werden zowel tijdens het gebruik van het ACD-filter als tijdens het gebruik van een standaard HME-filter geobserveerd. Data werd geanalyseerd met behulp van statistische tests, waaronder de gepaarde T-toets en Wilcoxon signed rank-test.

Resultaten

Bij het gebruik van het ACD-filter was er een significant kleiner teugvolume en een grotere dode ruimte vergeleken met het HME-filter. Ook was er een hoger percentage dode ruimte ten opzichte van het teugvolume bij het ACD-filter. Daarnaast was het afgeblazen CO_2 -niveau (VCO_2) per teug en per minuut ($V.CO_2$) significant lager bij het gebruik van het ACD-filter. Er werd geen significant verschil gevonden in het end-tidal CO_2 -gehalte tussen beide filters.

Conclusie

Uit dit onderzoek is gebleken dat het gebruik van het ACD-filter tijdens druk-gecontroleerde beademing bij volledig gesedeerde patiënten resulteert in een significant kleiner teugvolume, een grotere dode ruimte en een lager afgeblazen CO_2 -volume in vergelijking met een standaard HME-filter. Deze bevindingen wijzen op mogelijk hogere weerstand in het ACD-filter, wat resulteert in kleinere teugen. Hoewel het end-tidal CO_2-gehalte niet significant verschilde tussen de filters, werd er wel meer CO_2 afgeblazen met het HME-filter. Dit suggereert dat er mogelijk reflectie van CO_2 optreedt in het ACD-filter. Het is belangrijk om deze bevindingen in overweging te nemen bij het gebruik van het ACD-filter en de voordelen af te wegen tegen (mogelijke) nadelen op het gebied van ventilatie en CO_2 -niveaus.

Inleiding

Om comfort en behandeling van de beademde patiënt op de Intensive Care (IC) te bevorderen, is regelmatig sedatie nodig. Het is een handelswijze die gebruikt wordt om de patiënten comfort te bieden en daarbij de behandeling mogelijk te maken of te ondergaan. Het ideale sedativum is stuurbaar (snel- en kortwerkend), geeft weinig stapeling van actieve metabolieten, weinig stapeling van het medicijn zelf, heeft weinig effect op respiratie en hemodynamiek, weinig effect op ontwikkeling van delier, weinig andere bijwerkingen en is goedkoop, duurzaam, voorradig

en makkelijk toepasbaar (1). Een relatief nieuwe sedatie-strategie op de Intensive Care is sedatie door middel van volatiele anesthetica.

Bij opname van patiënten na een out-of-hospital cardiac arrest (OHCA) wordt het Anesthetic Conserving Device (ACD of AnaConDa) ingezet. Met behulp van dit apparaat kan een volatiel anestheticum “Isofluraan” worden toegediend. Het gebruik van dit apparaat heeft enkele (voordelige) bijwerkingen, waaronder verbeterde cerebrale perfusie, verminderd gebruik van sedativa wat snellere neurologische evaluatie mogelijk maakt en milde bronchodilatatie (2). Het ACD-filter onderscheidt zich van traditionele HME-filters doordat het een tweede laag heeft, bestaande uit een kussen van actief koolstofvilt met een dikte van drie tot vier mm. Het filter is in staat om Isofluraandampen te absorberen en vrij te geven. Deze dampen worden tijdens inspiratie van de patiënt vrijgegeven, waardoor het medicijn wordt toegediend en een reflectie-effect van het apparaat wordt gegenereerd (bijlage 1).

Het ACD-device bestaat reeds enkele jaren, echter heeft dit hulpmiddel meer bekendheid gekregen tijdens de Covid-19 pandemie. Door gebrek aan sedativa zijn meerdere ziekenhuizen hiermee gaan werken. Gebruik van dit device bij moeilijk te beademen patiënten heeft geleid tot de hypothese dat het end-tidal CO_2-gehalte (zichtbaar op de beademings-machine-display) en de $PaCO_2$ (gemeten in een arterieel bloedgas) van de patiënt kunnen toenemen ten opzichte van een standaard HME-filter. Een mogelijke verklaring voor deze CO_2 stijging kan worden verklaard door toename van dode ruimte ventilatie, waarbij het volume tussen de alveolaire structuren en het Y-stuk van het beademingssysteem met 15 ml toeneemt (in vergelijking met een HME-filter door een verschil in grootte van het filter). Daarnaast absorbeert het ACD-filter behalve Isofluraan mogelijk ook het uitgeademde CO_2 van de patiënt. Het gevolg hiervan is dat naast het Isofluraan (via de ACD), ook CO_2 vrijkomt vanuit het filter tijdens de inspiratie, wat resulteert in een toename van de dode ruimte ventilatie.

Het ACD-device wordt volgens ziekenhuis breed protocol standaard gebruikt bij patiënten na OHCA, wat het relevant maakt om te onderzoeken of er mogelijk toename van dode ruimte ventilatie en daarmee stijging van CO_2 plaatsvindt.

Uit eerder gepubliceerde onderzoeken is het volgende naar voren gekomen: in 2012 werd bij een testlong aangetoond dat het gebruik van een ACD-filter van 100 ml (vergeleken met een HME-filter van 50 ml) resulteerde in een toename van 230 ml dode ruimte en een verhoogd CO_2-gehalte. Dit effect stabiliseerde tijdens gebruik (3).

In 2013 werd door Sturesson et al. het ACD-filter van 100 ml met een standaard HME-filter van 50 ml vergeleken bij 6 postoperatieve patiënten op de PACU zonder toevoeging van Isofluraan, waarbij een verschil van 136 ml dode ruimte werd waargenomen bij het ACD-device (4).

Een vervolgonderzoek in 2014 bevestigde dit met 12 postoperatieve patiënten. Hierbij werd bij een filterverschil van 50 ml, een extra dode ruimte van 138 ml vastgesteld, gemeten bij een ACD-filter van 100 ml(5).

Farrell et al. rapporteerden in hun onderzoek dat het moeilijker is om long protectief te beademen met het ACD-device, aangezien de dode ruimte gemiddeld met 23% stijgt bij een ACD-filter van 100 ml als gevolg van een groter filter (6).

Bomberg et al. voerden twee onderzoeken uit met behulp van een kunstlong. Hierbij werd het filter van 100 ml gebruikt. Ze beschreven dat het filter 58 ml extra dode ruimte genereert onder lichaamstemperatuur in vergelijking met een HME-filter van 35 ml (7). Met het tweede onderzoek werd er middels een ACD-filter (50 ml) op een kunstlong een totale dode ruimte van 75 ml beschreven (25 ml extra dode ruimte). Zo werd aangeraden om het filter niet te gebruiken bij ARDS en complexere beademingsvormen of teugvolumes kleiner dan 200 ml (8).

Marcos-Vidal et al. beschreven in hun onderzoek met 23 postoperatieve patiënten de toename van dode ruimte ventilatie bij het gebruik van het ACD-filter van 50 en 100 ml. Ze rapporteerden een extra dode ruimte van 25 en 40 ml bij de twee ACD-filters (9).

Het doel van mijn artikel is om de kwaliteit van beademingszorg te verbeteren voor patiënten op de Intensive Care. In dit onderzoek is gekeken naar de toename van dode ruimte ventilatie en mogelijke reflectie van CO_2 bij gebruik van het ACD-device op de Intensive Care. Met de uitkomsten van het onderzoek kan een beter beeld

worden verkregen welke invloed het gebruik van het ACD-device kan hebben op de ventilatieparameters en ademhaling van patiënten op de IC.

Setting

De Intensive Care van het HagaZiekenhuis heeft capaciteit voor 28 patiënten, waaronder vier Medium Care-bedden. Op het moment zijn er 16 tot 18 bedden operationeel. Het zorgteam bestaat uit 10 intensivisten, 12 arts-assistenten en 65 IC-verpleegkundigen, waarvan zes Intensive Care-Practitioners.

Methode

De onderzochte groep bestond uit patiënten die werden opgenomen vanwege een OHCA. Deze patiënten werden behandeld volgens het Targeted Temperature Management (TTM)-protocol, waarbij ze gedurende 24 uur werden gesedeerd en gekoeld. Tijdens deze periode kregen ze het volatiele anestheticum Isofluraan toegediend via het ACD-device.

Er is gekozen voor een prospectief single centre observationele studie. De medisch ethische commissies van Leiden, Den Haag en Delft, evenals de Wetenschaps- en Opleidingscommissie van het HagaZiekenhuis, hebben toestemming verleend voor het uitvoeren van het onderzoek met een niet-WMO-verklaring. Het onderzoek vond plaats tussen één januari 2023 en één juni 2023, waarbij 19 patiënten werden geïncludeerd (zie tabel 1). Uitkomsten zijn vervolgens verwerkt in SPSS.

INCLUSIE CRITERIA (TABEL 1)
ACD-device met Isofluraan als sedativa
Richmond Agitation & Sedation Scale -5
Druk-gecontroleerde beademing
CO_2 meting moet ingeschakeld zijn
Opname reden: out of hospital cardiac arrest

De metingen werden uitgevoerd volgens het vastgestelde protocol (bijlage 2). Alle patiënten waren geïntubeerd en beademd met behulp van de Dräger Evita V600 beademingsmachine, die volumetrische capnografie mogelijk maakt. Deze techniek berekent het CO_2-volume in milliliter per ademteug en per minuut, wat resulteert in een nauwkeurige meting van de dode ruimte.

Gedurende deze 24 uur werden de beademingsinstellingen conform het ziekenhuis brede protocol uitgevoerd om een pH-waarde tussen 7,35 en 7,45 na te streven en problemen met oxygenatie en ventilatie te voorkomen. PEEP werd ingesteld op basis van de hoogst haalbare compliantie en de FiO_2 werd aangepast op basis van saturatie en PaO_2. Druk-gecontroleerde beademing werd bij alle patiënten toegepast. De CO_2 meter werd achter het filter geplaatst, gevolgd door een (HME of ACD) filter, een samengevouwen swivel met een kniestuk.

Voor onderzoeksdoeleinden werd de dode ruimte van zowel het HME- als het ACD-filter nagemeten met water, deze waarden kwamen overeen met de door de fabrikant gespecificeerde waarden van respectievelijk 35 ml (HME) en 50 ml (ACD) (bijlage 4). De totale dode ruimte vanaf het Y-stuk tot aan de tube bedroeg 75 ml (HME) en 90 ml (ACD). De parameters werden gedurende drie ademteugen gedocumenteerd om fluctuaties als gevolg van veranderingen in druk-gecontroleerde beademing te minimaliseren. Vervolgens werd het ACD-filter vervangen door een HME-filter, waarbij een kocher werd gebruikt om drukverval te voorkomen. Dezelfde metingen werden met het HME-filter uitgevoerd. Binnen een minuut werd het ACD-apparaat weer teruggeplaatst om awareness van de patiënt te voorkomen.

PARAMETER	BESCHRIJVING (TABEL 2)
$ETCO_2$	Het CO_2 gehalte eind expiratoir
VT	Teugvolume expiratoir
AHF	Ademhalingsfrequentie
VDS	Dode ruimte in milliliter
VDS/VTE	Percentage dode ruimte per teug expiratoir gemeten
VCO_2	Volume uitgeademde CO_2 in millimeters per teug
$V.CO_2$	Volume uitgeademde CO_2 in millimeters per minuut

Naast bovengenoemde parameters (tabel 2) werd een gecorrigeerde waarde voor de dode ruimte toegevoegd (VDs gecorrigeerd). Deze waarde is gelijk aan de parameter VDs, met een correctie van -15 ml van de waarde van het ACD-filter, om ervoor te zorgen dat het HME-filter en het ACD-filter dezelfde dode ruimte in getallen hebben.

In geval van twijfel over de filterweerstand werd de weerstand van zowel het HME- als het ACD-filter gemeten bij verschillende flows met behulp van een testopstelling (bijlage 4). Hoewel deze testopstelling vergelijkbaar was, verschilde deze van bovengenoemde (zie methode) doordat er een kunstlong was geïntegreerd.

Resultaten

In uitgevoerd onderzoek is zowel de gepaarde T-test als de Wilcoxon signed rank-test gebruikt om significante verschillen te onderzoeken tussen het gebruik van het ACD-device en het HME-filter op verschillende ademhalingsparameters. De gepaarde T-test heeft gemiddelde verschillen in parameters VCO_2, $V.CO_2$ en $etCO_2$ geëvalueerd. Bij een niet normale verdeling heeft de Wilcoxon signed rank-test zich gericht op de parameters VTe, AHf, VDs/VTe, VDs en VDs gecorrigeerd. De resultaten van zowel de gepaarde T-test als de Wilcoxon signed rank-test tonen significante verschillen tussen het gebruik van het ACD-device en het HME-filter op verschillende parameters (bijlage 3).

Bij de gepaarde T-test (tabel 3) zijn de parameters VCO_2, $EtCO_2$ en $V.CO_2$ geëvalueerd. Voor de parameters VCO_2 en $V.CO_2$ is een significant verschil gevonden tussen de gemiddelde waarden van de ACD-groep en de HME-groep.

Het gemiddelde van de VCO_2-waarden (CO_2 expiratoir gemeten in ml per teug) is lager in de ACD-groep (8,26 ml) in vergelijking met de HME-groep (10,43 ml) met een gemiddeld verschil van 2,17 ml. Deze bevinding is statistisch significant, ondersteund door een hoge correlatiewaarde (0,966) en een zeer negatieve t-waarde (-13,95). Beide p-waarden zijn kleiner dan 0,01.

Voor de parameter $EtCO_2$ (end tidal CO_2) is er geen significant verschil waargenomen tussen de ACD-groep en de HME-groep. De gemiddelde waarden van $EtCO_2$ zijn vergelijkbaar met een minimaal verschil van 0,02 kPa.

Bij de parameter $V.CO_2$ (expiratoir CO_2 volume gemeten in ml per minuut) is er een significant verschil tussen de gemiddelde waarden van de ACD-groep (198,77 ml) en de HME-groep (241,18 ml). Het gemiddelde verschil is aanzienlijk (42,41 ml) met een hoge correlatiewaarde (0,847) en een negatieve t-waarde (-27,52). Met een HME-filter wordt er 18% hoger $V.CO_2$ gehalte gemeten. Beide p-waarden zijn kleiner dan 0,01.

De resultaten van de Wilcoxon signed rank-test (tabel 4) tonen significante verschillen op de parameters VTe, VDs/VTe, VDs en VDs gecorrigeerd. Op de parameter AHf is geen significant verschil gevonden.

Voor de parameter VTe (teugvolume expiratoir) is er een significant verschil in de gemiddelde waarden tussen de groepen. Het gemiddelde teugvolume van de ACD-groep is lager (506,19 ml) in vergelijking met de HME-groep (568,54 ml) met een gemiddeld verschil van 62,35 ml. Teugvolumes zijn in dit onderzoek met een ACD-filter 11% kleiner dan met een HME-filter. De Z-score (-3,783) bevestigt de significantie van dit verschil.

Bij de parameter AHf (ademhalingsfrequentie) is er geen significant verschil gemeten. De gemiddelde waarden zijn vergelijkbaar, met een minimaal verschil van 0,02. De Z-score is niet significant.

Voor de parameter VDs/VTe (percentage dode ruimte ten opzichte van teugvolume) is er een significant verschil gemeten (Z- score -3,825). Het verschil is positief, met een verhoogde waarde van 12,93% bij het ACD-filter.

Bij de parameters VDs (dode ruimte gemeten in ml) en VDs gecorrigeerd (gecorrigeerde dode ruimte gemeten in ml) is er een significant verschil tussen de gemeten resultaten. Beide parameters vertonen positieve gemiddelde verschillen. De Z-scores waren -3,823 (VDs) en -3,825 (VDs gec), wat duidt op de statistische significantie van deze verschillen. Het verschil in dode ruimte bedraagt 45,56 ml (VDs) en 30,56 ml (VDs gec).

Om de weerstand tussen het ACD-filter en het HME-filter verder te onderzoeken, werden metingen verricht aan de kunstlong (tabel 5). Hierbij werd de weerstand in cmH_2O gemeten bij verschillende flows in liters per minuut. Uit de resultaten bleek dat de weerstand van het ACD-filter hoger was dan bij het HME-filter bij elke gemeten flow. Bij een flow van 20 liter per minuut was de weerstand van het ACD-filter twee cmH_2O groter dan die van een HME-filter. Bij een hogere flow nam het verschil in weerstand verder toe.

Beide tests laten significante verschillen zien tussen het gebruik van het ACD-device en het HME-filter op verschillende ventilatie- en

ademhalingsparameters. Deze bevindingen laten zien dat het ACD-device meetbare effecten heeft op ventilatie, dode ruimte en CO_2 parameters in vergelijking met een HME-filter.

GEPAARDE T-TEST (TABEL 3)

Parameter	Gemiddelde ACD	Gemiddelde HME	Verschil gemiddelde	Correlation*	t**	One sided P	Two sided P
VCO_2	8,26	10,43	-2,17	,966	-13,95	<0,01	<0,01
$EtCO_2$	4,54	4,52	0,02	,984	,088	,346	,692
$V.CO_2$	198,77	241,18	-42,41	,847	-27,52	<0,01	<0,01

*Deze waarde geeft aan in hoeverre de datapunten overeenkomen. Hoe dichter bij de -1 of 1, hoe beter de relatie tussen de variabelen en dus samenhang in de resultaten.

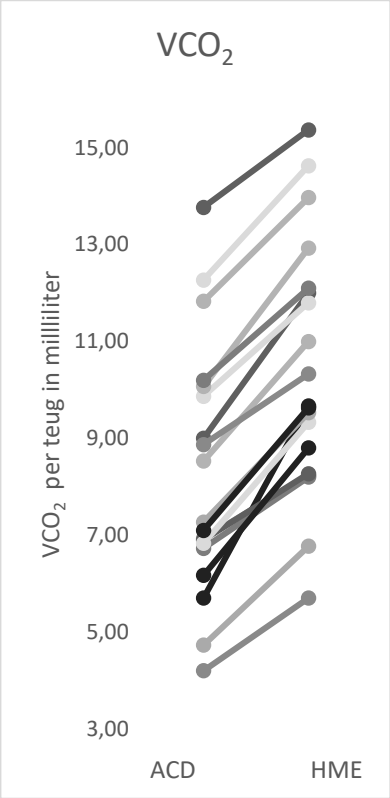
** Als de t-waarde dicht bij 0 ligt (bijvoorbeeld tussen -2 en 2), suggereert dit dat er geen significant verschil is gemeten

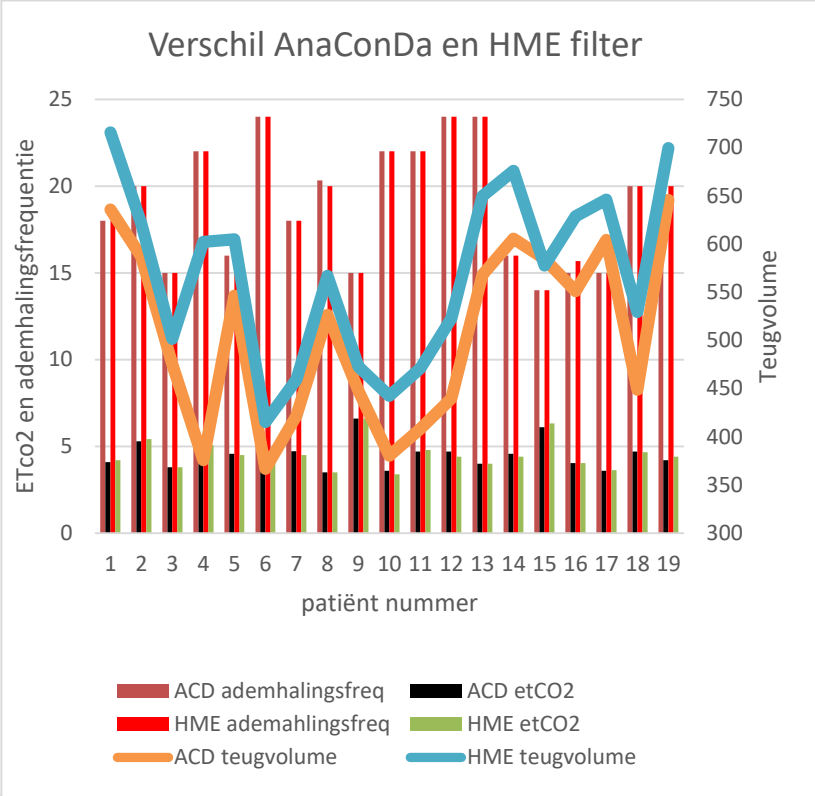
WiILCOXON SIGNED RANK-TEST (TABEL 4)

Test	Gemiddelde ACD	Gemiddelde HME	Verschil gemiddelde	Z*	Significantie 2 tailed
VTe	506,19	568,54	-62,35	-3,783	<0,01
AHf	18,96	18,98	-0,02	-,447	,655
VDs/VTe	42,44	29,51	12,93	-3,825	<0,01
VDs	212,79	167,23	45,56	-3,823	<0,01
VDs gecorrigeerd	197,79	167,23	30,56	-3,823	<0,01

* Een Z-score van 1,96 wordt vaak gebruikt als kritieke waarde om een significantieniveau van 5% aan te geven.

Resultaten weergegeven (Figuur 1 en 2)



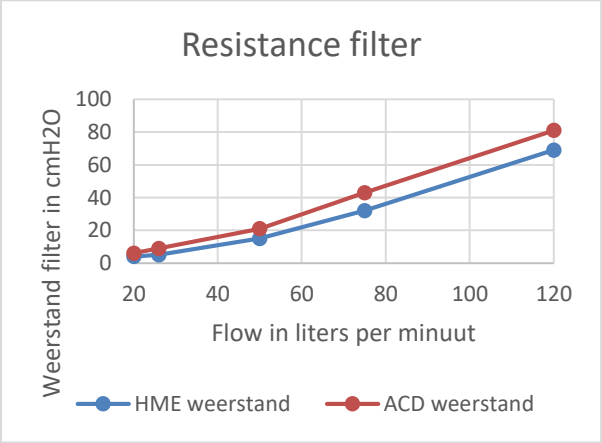


Figuur 1 toont het verschil in VCO_2, gemeten per teug en vergelijkt het HME-filter met het ACD-device. Opvallend is dat bij elke meting de VCO_2 waarde hoger is met het HME-filter.

Figuur 2 laat de teugvolumes, ademhalingsfrequentie en end tidal CO_2 zien. Wat opvalt is dat de ademhalingsfrequentie en end tidal CO_2 nagenoeg hetzelfde zijn (niet significant verschillend bevonden) terwijl er een groot verschil is in het teugvolume.

GEMETEN WEERSTAND AAN DE KUNSTLONG (Tabel 5) (Figuur 3)

Flow in liters per minuut	HME weerstand in cmH_2O	ACD weerstand in cmH_2O
20	4	6
26	5	9
50	15	21
75	32	43
120	69	81



Beademingsinstellingen: VC-AC Dräger Evita V600, 21% FiO2, 500VT, Ti 1,6, RR 15, PEEP 0. Isofluraan op 3 ml/uur.

Discussie

Hoewel er significante bevindingen zijn beschreven, kunnen enkele limitaties in dit onderzoek worden opgemerkt.

In de literatuur wordt onderzoek gedaan naar CO_2-reflectie met het ACD-device, waarbij een vergrote dode ruimte is vastgesteld. Een verschil in benadering is zichtbaar in verschillende studies: Sturesson et al.(3-5) gebruikte in zijn onderzoek een ACD-filter van 100 ml en testlongen, waarbij het eerste onderzoek plaatsvond met een filter van 100 ml en een testlong, het tweede op de operatiekamer met een vergelijking van het 100 ml en 50 ml HME-filter zonder toevoeging van Isofluraan, en het derde onderzoek met een ACD-filter van 100 ml en een HME-filter van 50 ml. Het HagaZiekenhuis gebruikt een ACD-filter van 50 ml en heeft dit vergeleken met een HME-filter van 35 ml.

Farrell et al. (6) richtte zich op het ACD-filter van 100 ml en 50 ml. Zij benadrukten vooral de toename van de anatomische dode ruimte als gevolg van de filtergrootte. Daarnaast werd actieve bevochtiging afgeraden.

Bomberg et al. (7, 8) voerde onderzoek uit met een kunstlong en onderzocht de twee verschillende ACD-filters (100 ml en 50 ml) en de werking van de lichaamstemperatuur op het filter.

Marcos-Vidal et al. (9) voerde een vergelijkbare vergelijking uit tussen deze ACD-filters, maar dan bij 23 patiënten op de operatiekamer in een andere setting.

In mijn onderzoek is ervoor gekozen geen tijdstip van meting te vermelden (gezien de haalbaarheid en het niet continue aanwezig kunnen zijn van de onderzoeker), terwijl bij mogelijke verzadiging van het filter dit wel relevant is. In het onderzoek van Sturesson (3-5) en Bomberg (7, 8) is aangegeven dat de hoeveelheid sedativa en hoeveelheid CO_2 geen invloed heeft op de mate van CO_2-reflectie in het filter. In het onderzoek van Farrel et al.(6) wordt aangegeven dat er na 24 uur verzadiging plaatsvindt en het filter moet worden vervangen. In het onderzoek van Marcos-Vidal et al. (9) wordt gedurende vijf uur geen toenemende verzadiging van het filter waargenomen.

Door het verschil in dode ruimte van het filter, respectievelijk 50 ml bij het ACD-filter en 35 ml bij het HME-filter, is in de resultaten een nieuwe parameter opgenomen, namelijk de gecorrigeerde dode ruimte bij het ACD-filter. Bij deze parameter is een correctie van -15 ml gemaakt om de extra dode ruimte bij het ACD-filter in te calculeren. Ook bij deze parameter is een significant verschil in het aantal ml aan dode ruimte, namelijk 30,56 ml meer dode ruimte bij het ACD-filter in vergelijking met het HME-filter.

Bij uitgevoerd onderzoek wordt de kwestie van CO_2-reflectie besproken. Gedurende de metingen werd tevens een waarneembaar verschil in de luchtwegweerstand vastgesteld. Zowel Bomberg et al. (7, 8) als Sturesson et al. (3-5) wijzen deze waargenomen verhoogde weerstand toe aan de CO_2-reflectie in het extra laagje van het ACD-filter, wat leidt tot een vergrote dode ruimte. Aangezien de onderzochte patiëntenpopulatie binnen mijn uitgevoerde onderzoek allemaal druk-gecontroleerd beademd werden, is het mogelijk dat deze waarneming samenhangt met een probleem in de luchtwegweerstand. In studies beschreven door Marcos-Vidal et al.(9) en Sturesson (4, 5, 9) werden de patiënten beademd via een volume-gecontroleerde beademingsmodus. Farrel et al. (8) beschrijft een maximaal weerstandsverschil van één cmH_2O bij het vergelijken van het ACD-device met een HME-filter bij een flow van 20 liter per minuut.

Doordat de teugvolumes kleiner zijn bij het ACD-filter tijdens druk-gecontroleerde beademing (door de verhoogde weerstand), resulteert dit in een groter percentage dode ruimte en minder CO_2-afvoer.

Het end-tidal CO_2 is niet significant verschillend bij gebruik van een ACD-filter in vergelijking met een HME-filter. Dit kan mogelijk worden verklaard doordat CO_2 weergegeven wordt in kilopascal (kPa), wat een subtiele verandering moeilijker detecteerbaar maakt dan wanneer deze wordt weergegeven in mmHg. Bovendien zijn er slechts enkele ademteugen gewisseld naar het HME-filter. Dit zou een te korte periode zijn om een merkbare verandering in het end-tidal CO_2-gehalte waar te nemen. In de onderzoeken van Sturesson (3, 5) wordt beschreven dat bij kleine teugvolumes het end-tidal CO_2 hoger is bij het ACD-device in vergelijking met een HME-filter. Bij grotere teugvolumes was dit verschil minder opvallend. Aangezien het aantal ml per kilogram ideaal lichaamsgewicht (IBW) niet is vastgelegd in

uitgevoerd onderzoek, kan niet beoordeeld worden of er met grote of kleine teugen is beademend wat eventueel de uitkomst van een verschil in het end-tidal CO_2 kan verklaren. Een andere theorie zou kunnen zijn dat de parameters VCO_2 en $V.CO_2$ gemeten worden middels volumetrische capnografie. De end tidal CO_2 richt zich daarentegen op de tijd van de expiratie.

Een ander mogelijk limiterende factor is dat het onderzoek is uitgevoerd bij 19 patiënten. Dit representeert niet de volledige Intensive Care populatie, die wordt gekenmerkt door heterogeniteit. Daarentegen zijn er duidelijke resultaten naar voren gekomen die eventuele twijfel over de uitkomst wegnemen. Ook hadden de patiënten allemaal als opname reden een OHCA wat zorgt voor meer homogeniteit in de onderzochte patiëntenpopulatie.

Aanbevelingen

Bij respiratoire problemen (specifiek ventilatoire problemen) rijst de vraag of de voordelen van het ACD-filter opwegen tegen de nadelen van het ACD-filter. Wanneer wordt gekozen patiënten te sederen met behulp van het ACD-device en te beademen via druk-gecontroleerde beademing, dient men er rekening mee te houden dat de drukken groter moeten zijn dan bij het HME-filter om dezelfde CO_2-afvoer te kunnen handhaven. Vanuit respiratoir perspectief wordt afgeraden het ACD-device te gebruiken.

Indien ervoor wordt gekozen het ACD-device te gebruiken, wordt aangeraden een beademingsmodus te kiezen met volumegarantie, zoals de PRVC-modus of Volume Control. Om stijging van het CO_2-gehalte goed te monitoren kan ervoor worden gekozen volumetrische capnografie te gebruiken, kijkend naar de parameters VCO_2 en $V.CO_2$.

In de toekomst wordt aanbevolen verder onderzoek te verrichten naar de duur van beademing bij patiënten die het ACD-apparaat gebruiken in vergelijking met patiënten die op de traditionele manier worden gesedeerd. Als het ACD-device een aanzienlijk kortere beademingsduur oplevert dan traditionele sedativa, kan overwogen worden dit apparaat vaker toe te passen. Tot die tijd bevestigt dit onderzoek dat patiënten hogere beademingsvoorwaarden en drukken nodig hebben bij gebruik van het ACD-apparaat in vergelijking met een HME-filter.

Conclusie

Het toepassen van het ACD-filter in combinatie met druk-gecontroleerde beademing bij volledig gesedeerde patiënten, heeft aangetoond dat er een significant kleiner teugvolume is, een grotere hoeveelheid dode ruimte en een lager expiratoir gemeten CO_2-gehalte in milliliters. Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat het ACD-filter meer luchtwegweerstand veroorzaakt, wat leidt tot kleinere teugvolumes met als gevolg een stijgend CO_2. Daarnaast is aangetoond dat bij gebruik van een HME-filter meer CO_2 wordt afgeblazen, zoals weergegeven in VCO_2 en $V.CO_2$. Dit kan verklaard worden door een mogelijke reflectie van CO_2 bij het ACD-filter.

De onderzochte patiëntenpopulatie omvatte personen met een OHCA als opname reden, waarbij niet is gekeken naar onderliggende longpathologie. Het doel was om inzicht te krijgen in de respiratoire effecten van het ACD-device, wat resulteerde in de noodzaak van hogere beademingsdrukken in vergelijking met het HME-filter.

Verder kan er met een significante uitkomst en nauwe correlatie worden geconcludeerd dat het ACD-device een negatieve invloed heeft op de parameters VTe, VDs/VTe, VDs en VDs gecorrigeerd. Er is geen significant resultaat behaald in de parameters $EtCO_2$ en AHf.

Literatuur

1. Anesthesie Nvv. Intraveneuze sedativa op de IC. Richtlijnendatabase. 2022.

2. Misra S, Koshy T. A review of the practice of sedation with inhalational anaesthetics in the intensive care unit with the AnaConDa((R)) device. Indian J Anaesth. 2012;56(6):518-23.

3. Sturesson LW, Malmkvist G, Bodelsson M, Niklason L, Jonson B. Carbon dioxide rebreathing with the anaesthetic conserving device, AnaConDa(R). Br J Anaesth. 2012;109(2):279-83.

4. Sturesson LW, Bodelsson M, Johansson A, Jonson B, Malmkvist G. Apparent dead space with the anesthetic conserving device, AnaConDa(R): a clinical and laboratory investigation. Anesth Analg. 2013;117(6):1319-24.

5. Sturesson LW, Bodelsson M, Jonson B, Malmkvist G. Anaesthetic conserving device AnaConDa: dead space effect and significance for lung protective ventilation. Br J Anaesth. 2014;113(3):508-14.

6. Farrell R, Oomen G, Carey P. A technical review of the history, development and performance of the anaesthetic conserving device "AnaConDa" for delivering volatile anaesthetic in intensive and post-operative critical care. J Clin Monit Comput. 2018;32(4):595-604.

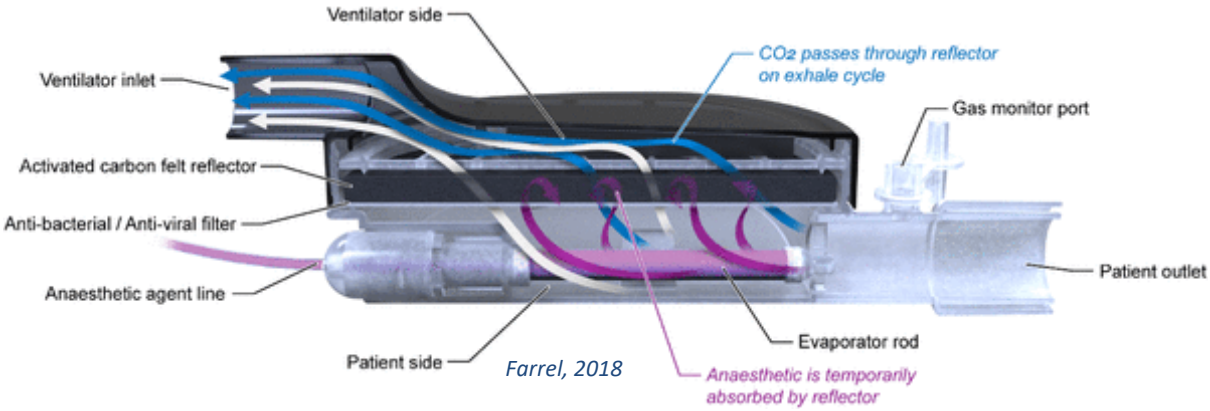
7. Bomberg H, Veddeler M, Volk T, Groesdonk HV, Meiser A. Volumetric and reflective device dead space of anaesthetic reflectors under different conditions. J Clin Monit Comput. 2018;32(6):1073-80.

8. Bomberg H, Meiser F, Zimmer S, Bellgardt M, Volk T, Sessler DI, et al. Halving the volume of AnaConDa: initial clinical experience with a new small-volume anaesthetic reflector in critically ill patients-a quality improvement project. J Clin Monit Comput. 2018;32(4):639-46.

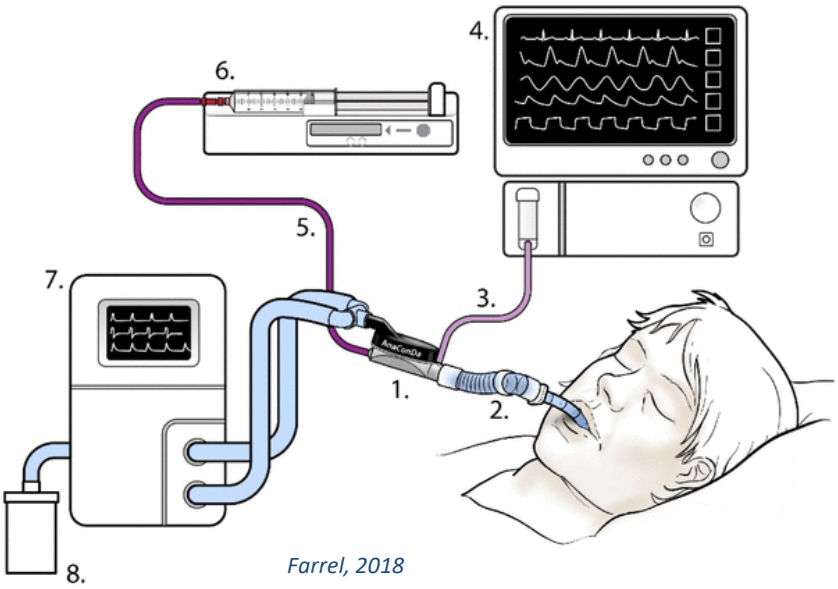
9. Marcos-Vidal JM, Merino M, Gonzalez R, Garcia C, Rey S, Perez I. Comparison of the use of AnaConDa(R) versus AnaConDa-S(R) during the post-operative period of cardiac surgery under standard conditions of practice. J Clin Monit Comput. 2020;34(1):89-95.

Bijlagen

Bijlage 1: Anasthetic Conserving Device



Farrel, 2018



Farrel, 2018

1. AnaConDa- filter
2. Tube
3. Isofluraan monitoring lijn
4. End tidal isofluraan meter
5. Isofluraan lijn
6. Isofluraan pomp
7. Beademingsmachine
8. Opvangfilter Isofluraan

Bijlage 2: werk protocol

De instructie hieronder beschreven, is voor de beademingsmachine. Hier staat geen patiënten data op en is volledig anoniem.

Instructie:

1. Zorg dat je de volgende meetwaarden in beeld hebt, dit dien je zelf te creëren in weergave 4. Het is belangrijk dit in één weergave te laten zien, aangezien dit elke teug wijzigt.

2. Noteer alle waarden, gemeten over drie teugen, middels het maken van foto's (zonder patiënten data).

3. Verwissel het ACD-filter met een standaard HME- filter (blauw), gebruik hiervoor de kocher om drukverval tegen te gaan. Maak tijdens drie teugen foto's (anoniem).

4. Plaats de ACD terug. Wacht hier niet te lang mee aangezien de patiënt volledig gesedeerd moet blijven.

Bijlage 3: resultaten data onderzoek

Paired Samples Statistics (gepaarde T-test)

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	ACD_VCO2_gem	8,2616	19	2,58205	,59236
	HME_VCO2_gem	10,4347	19	2,62924	,60319
Pair 2	ACD_etCO2_gem	4,5384	19	,82907	,19020
	HME_etCO2_gem	4,5242	19	,85454	,19604
Pair 3	ACD_V_CO2_gem	198,7721	19	56,32626	12,92213
	HME_V_CO2_gem	241,1753	19	55,19035	12,66154

Paired Samples Correlations (gepaarde T-test)

		N	Correlation	Significance	
				One-Sided p	Two-Sided p
Pair 1	ACD_VCO2_gem & HME_VCO2_gem	19	,966	<,001	<,001
Pair 2	ACD_etCO2_gem & HME_etCO2_gem	19	,984	<,001	<,001
Pair 3	ACD_V_CO2_gem & HME_V_CO2_gem	19	,847	<,001	<,001

Paired Samples Test (gepaarde T-test)

		Paired Differences					t	df	Significance	
					95% Confidence Interval of the Difference					
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Lower	Upper			One-Sided p	Two-Sided p
Pair 1	ACD_VCO2 HME_VCO2	-2,17	,68	,16	-2,50	-1,85	-13,95	18	<,001	<,001
Pair 2	ACD_etCO2 HME_etCO2	,014	,15	,035	-,06	,09	,40	18	,346	,692
Pair 3	ACD_V_CO2 HME_V_CO2	42,406	30,88	7,09	-57,29	-27,52	-5,99	18	<,001	<,001

Paired Samples Effect Sizes (gepaarde T-test)

				Point	95% Confidence Interval	
			Standardizer[a]	Estimate	Lower	Upper
Pair 1	ACD_VCO2_gem - HME_VCO2_gem	Cohen's d	,67914	-3,200	-4,322	-2,063
		Hedges' correction	,70918	-3,064	-4,139	-1,975
Pair 2	ACD_etCO2_gem - HME_etCO2_gem	Cohen's d	,15389	,092	-,360	,542
		Hedges' correction	,16069	,088	-,344	,519
Pair 3	ACD_V_CO2_gem - HME_V_CO2_gem	Cohen's d	30,88440	-1,373	-1,996	-,731
		Hedges' correction	32,25031	-1,315	-1,911	-,700

Descriptive Statistics (Wilcoxon signed rank-test)

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
ACD_VTe	19	506,1932	93,50058	366,67	645,67
ACD_AHf	19	18,9647	3,46206	14,00	24,00
ACD_VDs_VTe	19	42,4395	10,96085	28,00	76,67
ACD_VDs	19	212,7895	27,98975	176,00	291,00
ACD_VDs_correctie	19	197,7895	27,98975	161,00	276,00
HME_VTe	19	568,5442	91,26987	415,33	715,67
HME_AHf	19	18,9826	3,41633	14,00	24,00
HME_VDs_VTe	19	29,5089	5,64808	19,67	38,33
HME_VDs	19	167,2279	27,85706	120,00	230,67

Ranks (Wilcoxon signed rank-test)

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
HME_VTe - ACD_VTe	Negative Ranks	1[a]	1,00	1,00
	Positive Ranks	18[b]	10,50	189,00
	Ties	0[c]		
	Total	19		
HME_AHf - ACD_AHf	Negative Ranks	1[d]	1,00	1,00
	Positive Ranks	1[e]	2,00	2,00
	Ties	17[f]		
	Total	19		
HME_VDs_VTe - ACD_VDs_VTe	Negative Ranks	19[g]	10,00	190,00
	Positive Ranks	0[h]	,00	,00
	Ties	0[i]		
	Total	19		
HME_VDs - ACD_VDs	Negative Ranks	19[j]	10,00	190,00
	Positive Ranks	0[k]	,00	,00
	Ties	0[l]		
	Total	19		
HME_VDs - ACD_VDs_correctie	Negative Ranks	19[m]	10,00	190,00
	Positive Ranks	0[n]	,00	,00
	Ties	0[o]		
	Total	19		

	HME_VTe - ACD_VTe	HME_AHf - ACD_AHf	HME_VDs_VTe - ACD_VDs_VTe	HME_VDs - ACD_VDs	HME_VDs - ACD_VDs_correctie
Z	-3,783[b]	-,447[b]	-3,825[c]	-3,823[c]	-3,823[c]
Asymp. Sig. (2-tailed)	<,001	,655	<,001	<,001	<,001

Bijlage 4: opzet onderzoek

Opzet Anasthetic Conserving Device, aan de kunstlong

ACD-filter met meten van anatomisch dode ruimte

Bijlage 5: rol Intensive Care Practitioner, uitstroomprofiel Ventilation

Versterken samenwerking en toekomstgerichte acties als Ventilation Practitioner

Als Ventilation Practitioner zijn randvoorwaarden en een duidelijk omschreven toekomstvisie belangrijke elementen om de patiëntenzorg te kunnen verbeteren op de Intensive Care en daarbij onze bijdrage aan de gezondheidszorg te kunnen vergroten. Middels deze paper presenteer ik mijn visie en randvoorwaarden die essentieel zijn om mijzelf te ontwikkelen tot een goede Intensive Care Practitioner.

Optimaal functioneren vanuit de werkvloer

Op de IC van het HagaZiekenhuis hebben we zes Intensive Care Practitioners, waarvan één Intensive Care practitioner uitstroomprofiel Ventilation. Deze hebben allemaal hun eigen sterke punten, visie en verwachtingen/wensen over de omstandigheden waarin we ons werk kunnen doen. Belangrijk hierin is dat er transparantie en consistentie in beleid heerst richting het medisch en verpleegkundig team, zodat we als groep op één lijn zitten en onze inspanningen effectiever kunnen uitvoeren. Het open communiceren van beleid en beslissingen schept niet alleen duidelijkheid, maar bevordert ook een gevoel van betrokkenheid en samenwerking naar het verpleegkundig/medisch team.

Daarnaast is het belangrijk dat er flexibiliteit is tussen de verschillende uitstroomprofielen: Ventilation, Circulation, Renal en Neural. Het delen van flex- en kantoordagen tussen deze profielen zorgen voor een evenwichtige werklast en een beter begrip van elkaars taken, wat team-dynamiek en efficiëntie bevordert.

Het behoud van een hoog kennisniveau is de hoeksteen van kwalitatieve zorg. Binnen de respiratie werkgroep is elke twee weken een overleg waarin we kennis en ervaringen kunnen uitwisselen, best practices kunnen delen en uitdagingen bespreken. Deze sessies dienen niet alleen voor expertise, maar versterken ook het gevoel van saamhorigheid en binding.

Van het management wordt een open houding verwacht ten behoeve van symposia en onderwijs. Deze externe motivatoren maken het werk als Intensive Care Practitioner interessanter. Ook wordt op prijs gesteld dat actief wordt meegedacht bij implementaties en veranderingen op de werkvloer. Een voorbeeld is het inplannen van een extra kantoordag bij vernieuwingen/implementaties op de afdeling.

Toekomstgerichte acties voor versterking van onze rol

Mijn persoonlijke visie voor de toekomst omvat een actieve betrokkenheid bij beleidsvorming, diagnostiek en educatie als Ventilation Practitioner. Ik zie een reeks concrete actiepunten die onze impact op patiëntenzorg en onze rol in het team kunnen vergroten. Denk hierbij aan het dagelijks aanwezig zijn van een Ventilation Practitioner die diagnostiek uitvoert, beleid adviseert, bedside teaching geeft en de dag zou kunnen afsluiten met een klinische les. Daarnaast is er tijd voor afdelingsbrede taken, zoals het bijwerken van de protocollen, uitvoeren van onderzoek of werken aan implementaties. Met het oprichten van een brede klankbordgroep op de Intensive Care hoop ik enthousiaste collega’s te prikkelen over beademing en meer betrokkenheid op de afdeling te creëren.

Met het doel om de kwaliteit van de zorg te verbeteren, stel ik voor om scholingsprogramma's voor cursisten te verbeteren en educatieve initiatieven uit te breiden naar diverse verpleegafdelingen. Het oprichten van een specifiek canuleteam voor betere tracheazorg demonstreert mijn streven naar directe verbeteringen op meerdere afdelingen. Daarnaast kunnen er meer klinische lessen worden gegeven op verzoek van het verpleegkundig team.

Ik denk dat we met onze expertise, Intensive Care-opnames vanuit de long-verpleegafdeling kunnen verminderen en door het implementeren van aanvullende metingen en echografie onze klinische opnameduur kunnen verbeteren. Bovendien zie ik het als een prioriteit om ons Metavision-systeem te verbeteren, zodat we technologie kunnen inzetten om de patiëntenzorg verder te optimaliseren.

Deze veranderingen zullen geleidelijk moeten plaatsvinden. Ik wil me het komende jaar richten op haalbare doelen, zoals het ontwikkelen van een nieuw scholingsplan en het initiëren van gesprekken over verbeteringen op de Intensive Care en verpleegafdelingen. Daarnaast is het mijn doel om een klankbordgroep op te richten en nog meer IC-verpleegkundigen te enthousiasmeren over het geweldige aspect van ventilatie op de Intensive Care.

Mijn aandacht is gericht op het creëren van een duidelijk gedefinieerde Ventilation Practitioner-functie met bijbehorende verantwoordelijkheden/taken en een hierbij horende dagelijkse aanwezigheid. Ik ben ervan overtuigd dat samenwerking met mede Intensive Care Practitioners, de respiratie werkgroep en het management essentieel is om deze visie te kunnen realiseren.

Ik zie mijn kracht vooral in implementaties en educatie en pas dit graag toe in de praktijk. Momenteel hebben we één Ventilation Practitioner en in de toekomst zullen we met vier Ventilation Practitioners zijn. Door als team van Ventilation Practitioners (met verschillende kernkwaliteiten) samen te werken, kunnen we de zorg verbeteren en de hoge standaard van beademing op de Intensive Care waarborgen. Mijn vertrouwen in de toegevoegde waarde van Ventilation Practitioners drijft mij om te streven naar een betere toekomst voor ons vakgebied.

Tijdbalk:

1 jaar	**3 jaar**
Micro: • Deskundigheidsbevordering van mijzelf en collega's middels klinische lessen, scholingen en een klankbordgroep • Bijhouden en updaten van protocollen/richtlijnen • Opleiden van cursisten • Meewerken aan implementaties	Micro: • Verbeteren beademingsbeleid en implementatie hiervan • Onderzoek doen
Meso: • Functieomschrijving van Intensive Care Practitioners • Begeleiden en opleiden nieuwe Intensive Care Practitioners • Nieuw scholingsplan cursisten en verpleegkundigen/arts-assistenten • Inrichten nieuw MetaVision systeem	Meso: • Structurele taakomschrijving als Intensive Care Practitioner, uitstroomprofiel Ventilatie • Intensievere samenwerking verpleegafdelingen • Oprichten canuleteam
Macro: • Bijwonen symposia • Contact met andere ziekenhuizen	Macro: • Organiseren of spreken op symposium • Samenwerking andere ziekenhuizen • Practitioners Nederland