



VERPLEEGKUNDIGE AANDACHTSPUNTEN BIJ EEN PATIËNT MET ECMO

Haesen Wouter, Stevens Evy & Verhaeren Jelle

Wat?

Extracorporele membraanoxygenatie wordt gezien als een cardiopulmonale levensondersteuning. Deze mechanische ondersteuning wordt gebruikt bij patiënten met ernstig cardiorespiratoir falen (Napp et al. 2016; Makdisi & Wang, 2015).

Soorten?

VA-ECMO wordt vooral toegepast bij patiënt met cardiorespiratoir falen terwijl VV-ECMO enkel bij respiratoir falen wordt gebruikt. De patiënt wordt door middel van canules verbonden met het ECMO-circuit (Makdisi & Wang, 2015).

Ischemie extremititeiten

- Kleur been;
- Temperatuur;
- Pulsaties;
- Capillaire refill;
- Pijn, sensitiviteit;
- Lactaat, CK.

Neurologische problemen

- Krachtsverschil;
- Pupillen;
- Verwardheid;
- Acute hypertensie;
- Aanhoudend coma.

Hemolyse

- Plasma vrij hemoglobine;
- Kleur van urine;
- Bilirubinegehalte;
- Lactaatdehydrogenase.

Bij bloeding

- Uitwendig bloedverlies;
- Hematomen;
- Controle trombocyten, Hb, ACT, aPTT;

Trombose: observatie per stelsel

Infectie

- Insteekpunten/wonden: rubor, calor, dolor, tumor;
- Oedemen;
- Temperatuur;
- Respiratoire secreties;
- Witte bloedcellen, CRP.

HIT

- Aantal trombocyten;
- Bloeding of trombosevorming.

Renale problemen

- Diurese;
- Elektrolyten;
- Afvalstoffen.

Luchtembolie

- Thoracale pijn;
- Hoesten, dyspneu;
- pCO₂, pO₂, saO₂

Conclusie

Welke complicaties kunnen voorkomen bij de patiënt met ECMO? De verpleegkundige is de persoon die kort bij de patiënt staat en degene die de patiënt nauwlettend in het oog kan houden. Het is dan ook belangrijk dat de verpleegkundigen weten waar er op gelet moet worden en welke controles er uitgevoerd kunnen worden. Kennis omtrent de ECMO en zijn complicaties is dan ook essentieel bij de uitvoering van de zorg.



Bachelor in de Intensieve zorg en Spoedgevallenzorg

Academiejaar 2017-2018

Extracorporele membraanoxygenatie: eventuele complicaties en de bijhorende aandachtspunten

Specialisatieproef voorgesteld tot het behalen van het diploma
van Bachelor in de intensieve zorg en spoedgevallenzorg.

Haesen Wouter
Stevens Evy
Verhaeren Jelle

Promotor: Griet Engels
Inhoudsdeskundige: Jonathan Peeters

Bachelor in de Intensieve zorg en Spoedgevallenzorg

Academiejaar 2017-2018

Extracorporele membraanoxygenatie: eventuele complicaties en de bijhorende aandachtspunten

Specialisatieproef voorgesteld tot het behalen van het diploma
van Bachelor in de intensieve zorg en spoedgevallenzorg.

Haesen Wouter
Stevens Evy
Verhaeren Jelle

Promotor: Griet Engels
Inhoudsdeskundige: Jonathan Peeters

Voorwoord

Als studenten van de bachelor na bachelor opleiding Intensieve- en Spoedgevallenzorg te UCLL campus Gasthuisberg, hebben wij in kader van onze opleiding een specialisatieproef geschreven. Wij voerden een literatuurstudie uit naar de aandachtspunten die verpleegkundigen in acht kunnen nemen omtrent volwassenen met een extracorporele membraan oxygenatie, oftewel ECMO.

Allereerst hebben we een aantal andere topics doorgegeven waar onze voorkeur naartoe ging. Toen we het voorstel van 'ECMO' kregen, waren we na enige twijfel toch zeer enthousiast om hierover te mogen schrijven. Aangezien we zelf geen kennis hadden omtrent ECMO, net zoals vele andere verpleegkundigen, was het des te interessanter om hier een literatuurstudie over te schrijven.

Verpleegkundigen die tewerk gesteld zijn op een Intensieve zorgeenheid, hebben kans om in contact te komen met patiënten waarbij ECMO aanwezig is. Het gebruik hiervan is in een zekere opmars en geeft ook positieve resultaten, maar het verzorgen van een patiënt houdt zeker een aantal aandachtspunten in. Het is belangrijk dat de verpleegkundigen op de hoogte zijn van welke complicaties kunnen voorkomen en welke aandachtspunten in acht moeten genomen worden. Aangezien deze toepassing toch complex is in de verzorging ervan zouden we graag de kennis van de verpleegkundigen omtrent dit onderwerp verbreden.

Het resultaat van deze studie werd ook verwerkt in een poster. Hiermee willen we een visuele presentatie van onze literatuurstudie geven. Op deze manier hopen wij een waardevolle bijdrage te leveren aan de verschillende disciplines die in aanmerking komen met ECMO.

Het uitwerken van deze specialisatieproef was voor ons allen, zowel op professioneel als op persoonlijk vlak, een leerrijke ervaring. We hebben een mooie groei gemaakt in de kennis omtrent ECMO.

Uiteraard willen wij hierbij dan ook enkele mensen bedanken die ons geholpen hebben om tot dit eindresultaat te komen. Onze dank gaat als eerste uit naar onze promotor, Griet Engels. We bedanken haar voor de nauwe opvolging van dit eindwerk, de nodige feedback en adviezen en haar kritische blik om op die manier onze specialisatieproef te optimaliseren.

Vervolgens willen we graag onze inhoudsdeskundige Jonathan Peeters van medisch intensieve zorgen A, te Gasthuisberg bedanken. Met zijn kennis en enthousiasme omtrent dit onderwerp is hij een grote meerwaarde geweest voor het geleverde eindresultaat.

Verder willen wij Gianni Van Dooren bedanken voor zijn hulp bij het vormgeven van onze poster.

Tot slot bedanken wij graag onze ouders, familie, vrienden, vriendinnen en andere lectoren voor al de steun gedurende de opleiding.

We hopen dat dit werk van waarde kan zijn voor mensen die meer inzicht willen verwerven inzake ECMO en de preventie van complicaties bij de volwassen patiënt.

Ondergetekenden dragen de uiteindelijke verantwoordelijkheid voor dit werk.

Leuven, mei 2018

Wouter Haesen, Evy Stevens en Jelle Verhaeren.

Abstract

Probleemstelling

Het gebruik van ECMO wordt meer en meer toegepast bij patiënten met respiratoir en/of cardiaal falen. Er wordt een grote pmars gezien in het gebruik van ECMO ten opzichte van vroeger. Door de groei in het gebruik van ECMO op bepaalde intensieve diensten, vergt dit enige kennis omtrent ECMO bij de verpleegkundigen. Dit is essentieel voor het verzorgen van deze patiënten. Het gebruik van een ECMO is weliswaar niet zonder risico. Het kan veel complicaties met zich meebrengen omdat de patiënt verbonden is via een canulatie met een extracorporeel circuit. Naast de vele informatie in de wetenschappelijke studies over ECMO bleven de aandachtspunten en observatiepunten van de mogelijke complicaties helaas achterwegen.

Doelstelling

Niet elke verpleegkundige is vertrouwd met het gebruik van een ECMO. Deze literatuurstudie werd dan ook uitgevoerd om de verpleegkundigen meer kennis bij te brengen omtrent ECMO en de verzorging van een patiënt met ECMO. Het is belangrijk om de verpleegkundigen bewust te maken van de mogelijk complicaties die kunnen voorkomen bij een patiënt met ECMO.

Het doel van deze literatuurstudie is om verpleegkundigen bepaalde handvaten mee te geven die men in acht kan nemen tijdens het verzorgen van deze patiënt om zo complicaties tijdig te herkennen en hierop in te spelen.

Methode

Voor het schrijven van deze literatuurstudie, werden relevante artikels gezocht via de volgende wetenschappelijke databanken: PubMed, Science direct en Limo. Om meerdere artikels te bekomen die een antwoord konden bieden op de onderzoeksvraag, werd er gebruik gemaakt van de sneeuwbalmethode. Er werden een aantal artikels geselecteerd op basis van de titel en abstract.

Conclusie

Er is reeds veel onderzoek gedaan naar ECMO. De literatuur over dit onderwerp geeft vooral een technische weergave over een ECMO. In de verkregen wetenschappelijke studies werden de verschillende complicaties aangehaald die er kunnen ontstaan bij zowel de patiënt als ter hoogte van het circuit. De meest voorkomende complicaties die beschreven worden zijn bloedingen en trombosen. Naast de zojuist genoemde complicaties werden luchtembolie, ischemie van het lidmaat, renale problemen en neurologische complicaties evenzeer beschreven als frequent voorkomende complicaties.

Ondanks het aanbod in de literatuur over de voorkomende complicaties, werd er verder niet ingegaan op de verpleegkundige aandachtspunten om deze tijdig te ontdekken en de outcome hieromtrent. In deze literatuurstudie is men dan ook op zoek gegaan naar de aandachtspunten die verpleegkundigen in acht kunnen nemen om zo de betreffende complicaties tijdig te herkennen én hierop in te spelen. Aan de hand van bijkomende literatuur is er getracht enkele handvaten mee te geven die bij bepaalde complicaties gehanteerd kunnen worden. Echter zou het een grote meerwaarde betekenen als er verder onderzoek zou gebeuren naar deze aandachtspunten.

Verpleegkundigen staan het dichtst bij de patiënt en zijn dus ook een belangrijke schakel in de observatie van de patiënt en eventuele complicaties.

Inhoudsopgave

Voorwoord	4
Abstract	6
Inhoudsopgave	8
Inleiding	9
Methode	10
Literatuurstudie	11
1 Wat is ECMO?	11
2 Venovenueuze ECMO	11
2.1 Canulatie van de venovenueuze ECMO	12
3 Venovenueuze ECMO	13
3.1 Canulatie van de venovenueuze ECMO	14
4 Componenten van het ECMO-circuit	15
4.1 De pomp	16
4.2 Oxygenator	17
4.3 Warmte-uitwisselaar	19
4.4 Monitoring in het circuit	19
5 Complicaties bij de componenten	20
5.1 Complicaties algemeen	20
5.2 Complicaties ter hoogte van de pomp	21
5.3 Complicaties ter hoogte van de oxygenator	22
6 Complicaties en aandachtspunten bij de patiënt met ECMO	23
6.1 Bloedingen en trombosevorming	23
6.2 HIT	26
6.3 Hemolyse	27
6.4 Ischemie extremiteiten	28
6.5 Infectie	29
6.6 Renale problemen	31
6.7 Luchtembolie	32
6.8 Neurologische problemen	33
Discussie	35
Besluit	37
Bronnen	38

Inleiding

Extracorporele membraan oxygenatie, ook wel ECMO genoemd, is een vorm van cardiopulmonale ondersteuning bij patiënten met ernstig cardiaal- en/of respiratoir falen. Het gebruik van ECMO kent verschillende toepassingsgebieden, maar het toepassen van ECMO gebeurt vaak als laatste redmiddel (Napp, Kühn, Hoeper, Vogel-Claussen, Haverich, Schäfer & Bauersachs, 2016; Makdisi & Wang, 2015; Allen, Holena, McCunn, Kohl & Sarani, 2011).

Een patiënt die ECMO ondersteuning krijgt wordt door middel van canules verbonden aan het ECMO-circuit. Doordat ECMO verschillende toepassingsgebieden kent bestaan er ook verschillende vormen van ECMO. In deze literatuurstudie wordt de nadruk gelegd op veno-veneuze en veno-arteriële ECMO, dit samen met de verschillende mogelijkheden tot plaatsen van de canules. De nodige kennis over ECMO en het desbetreffende circuit is niet onbelangrijk om een patiënt met ECMO te kunnen observeren en verzorgen.

Door de evolutie van ECMO zijn er veel technische veranderingen en verbeteringen gebeurd. Deze zullen resulteren in het veelvuldig gebruik van ECMO én ze maken langdurige ECMO-therapie mogelijk (Napp, et al., 2016; Makdisi & Wang, 2015). Ondanks deze evolutie brengt het gebruik van ECMO ook enkele risico's met zich mee. De complicaties die kunnen voorkomen worden onderverdeeld in complicaties ter hoogte van het circuit en complicaties bij de patiënt zelf. Om deze complicaties tijdig te kunnen herkennen én om hier tijdig op in te kunnen spelen, is de nodige kennis en aandacht van verpleegkundigen essentieel.

Welke complicaties kunnen voorkomen in het circuit en bij de patiënt zelf? De verpleegkundige is de persoon die kort bij de patiënt staat en degene die de patiënt nauwlettend in het oog kan houden. Het is dan ook belangrijk dat de verpleegkundigen weten waar er op gelet moet worden en welke controles er uitgevoerd moeten worden. Kennis omtrent de ECMO en zijn complicaties is dan ook essentieel bij de uitvoering van de zorg.

Bijgevolg is het doel van deze literatuurstudie om de verpleegkundigen kennis te laten maken met ECMO, de verschillende soorten, het circuit, enz... maar vooral met de complicaties die zich bij de patiënt kunnen voordoen. Het tijdig herkennen van én anticiperen op deze complicaties is uitermate belangrijk.

Door middel van een zoekopdracht in verschillende databanken, werd het mogelijk gemaakt om deze specialisatieproef op te stellen om zo de kennis van de verpleegkundigen over ECMO uit te breiden.

Methode

Om een antwoord te bieden op de onderzoeksvraag "Door welke verpleegkundige aandachtspunten kunnen complicaties vermeden worden bij volwassen patiënten met ECMO?" werd er een literatuurstudie uitgevoerd. Om enkele relevante publicaties op te sporen, werd er gebruik gemaakt van volgende databanken: PubMed, Google Scholar, LIMO en ScienceDirect.

De literatuur werd doorzocht met verschillende combinaties van zoektermen: ECMO, extra-corporeal membrane oxygenation, complications, hemostatic complications, circuit, circuitry, canulation, canule, bleeding, nursing care, patient with ECMO.

De publicaties werden geselecteerd aan de hand van volgende inclusiecriteria: geschreven in de Engelse taal, artikels of tijdschriften en gepubliceerd tussen het jaar 2008 - 2018. Samen met deze criteria werden de databanken doorzocht met 'full free tekst'.

De verkregen artikels werden geselecteerd op basis van titel en abstract. Na het doornemen van deze artikels werden er 15 relevante publicaties opgenomen om te verwerken binnen deze literatuurstudie.

Echter tijdens het schrijven van deze specialisatieproef, werd er nog gebruik gemaakt van aanvullende literatuur. Deze werd zoals vorige artikels verkregen via de opgenoemde databanken. Hierbij werd er gebruik gemaakt van volgende zoektermen: 'hemolysis AND cell-free hemoglobin', infection prevention, protective isolation, air embolism, arterial occlusion limbs, limb ischemia, 'neurologic observation AND ECMO', 'renal failure AND ECMO'.

Literatuurstudie

1 Wat is ECMO?

ECMO, oftewel extracorporele membraanoxygenatie, wordt gezien als een cardiopulmonale levensondersteuning (Napp, et al., 2016; Makdisi & Wang, 2015). Deze mechanische ondersteuning wordt gebruikt bij patiënten met ernstig hart- en/of longfalen, waarbij conventioneel management geen effect meer kan bieden (Makdisi & Wang, 2015). ECMO wordt gezien als een laatste redmiddel wanneer andere behandelingen niet meer toereikend zijn (Allen et al., 2011).

Sinds het eerste gebruik van een ECMO-procedure bij intensieve patiënten, zijn er veel technische verbeteringen aangebracht. Deze technische verbeteringen resulteren in het veelvuldig én langdurig gebruik van ECMO in de toekomst (Napp et al., 2016; Makdisi & Wang, 2015). Voor het gebruik van deze procedure is het belangrijk een vasculaire toegang te verkrijgen bij de patiënt (Allen et al., 2011; Sorokin, MacLaren, Vidanapathirana, Delnoij & Lorusso, 2017). Dit gebeurt door middel van bepaalde canules die perifeer of centraal geplaatst worden. De ECMO heeft als doel om zuurstofarm bloed te draineren en vervolgens zuurstofrijk bloed terug te geven aan de patiënt, zodat er pulmonale en/of circulaire ondersteuning ontstaat. Het hart en de longen krijgen hierdoor de kans om te herstellen (Napp et al., 2016; Sorokin et al., 2017).

Ondanks de grote technische vooruitgang brengt deze procedure ook aanzienlijk wat risico's met zich mee. Deze risico's spelen op verpleegkundig én medisch vlak een belangrijke rol en mogen omwille van deze reden ook niet uit het oog verloren worden (Napp et al., 2016). Omwille van deze risico's kan het gebruik van de mechanische ondersteuning best beperkt worden tot een geselecteerde patiëntengroep. Hiermee bedoelt men de patiëntenpopulatie die nood heeft aan bridge-to-recovery- strategie, bridge-to-transplantation en bridge-to-destination. Het eerste bespreekt de patiënten die tijdelijk nood hebben aan ondersteuning van het hart- en/of longfunctie, om zo de organen rust te geven en het functieherstel een betere kans te bieden. Bridge-to-transplantation zijn de patiënten die wachtende zijn op een hart- en/of longtransplantatie. De derde groep van patiënten wacht op een hulpapparaat om het falend orgaan te ondersteunen (Napp et al., 2016).

Zoals reeds hierboven vermeld, wordt ECMO gezien als een ondersteunende therapie bij kritiek zieke patiënten. De beste resultaten van deze procedure worden verkregen door de juiste soort ECMO te kiezen voor de desbetreffende patiënt (Makdisi & Wang, 2015; Sorokin et al., 2017). ECMO kan onderverdeeld worden in twee grote hoofdgroepen. Deze hoofdgroepen zijn namelijk: de veno-veneuze ECMO en de veno-arteriële ECMO.

2 Veno-veneuze ECMO

Veno-veneuze ECMO, afgekort als 'VV-ECMO', wordt vooral gebruikt in het kader van hypoxische of hypercapnische aandoeningen, waarbij een longsparende beatmings- en respiratoire zorg wordt toegediend (Makdisi & Wang, 2015). Ondanks deze optimale zorgen zal de long zijn functie niet volledig kunnen uitoefenen en is er nood aan extra

ondersteuning. Bij respiratoire aandoeningen fungeert de ECMO als een kunstlong en wordt er veel minder ingespeeld op de circulatie (Sorokin et al., 2017). In deze setting is het vooral de bedoeling om extracorporele gasuitwisseling te bieden aan de patiënt via de ECMO. Men zorgt voor een beschermende ventilatie en ondersteunde functie voor de long tijdens deze fase (Napp et al., 2016).

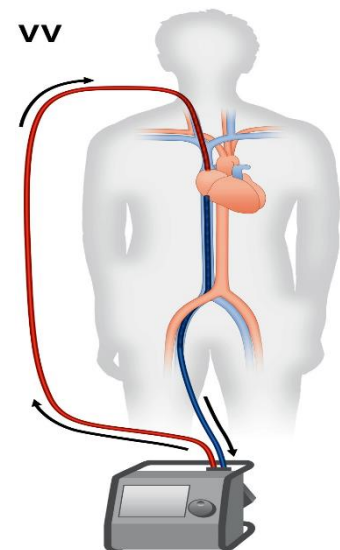
Er zijn verschillende indicaties om over te gaan tot veno-veneuze ECMO. De meest voorkomende indicatie van een veno-veneuze ECMO is de toepassing bij ARDS (Abrams, Combes & Brodie, 2014; Napp et al., 2016; Sorokin et al., 2017). Buiten ARDS is hypoxische respiratoire insufficiëntie¹ met kans op mortaliteit hoger dan 80 % en hypercapnische insufficiëntie² evenzeer een indicatie om over te gaan tot veno-veneuze ECMO (Abrams et al., 2014; Sorokin et al., 2017). Abrams et al. (2014) vermelden dat de patiënten die genoteerd staan op de lijst voor een longtransplantatie én ernstige respiratoire achteruitgang vertonen, ook een indicatie vormen om ECMO toe te passen.

2.1 Canulatie van de veno-veneuze ECMO

2.1.1 Dubbele canulatie

Bij veno-veneuze ECMO wordt er veneus bloed gedraineerd uit de vena cava inferior en/of uit de vena cava superior door middel van canules. Het zuurstofrijke bloed wordt dan teruggeven ter hoogte van het rechter atrium (Napp et al., 2016; Sorokin et al., 2017).

Bij het gebruik van een dubbele canulatie wordt de rechter vena femoralis gebruikt. De canule wordt opgeschoven tot in de vena cava inferior, waardoor drainage van het veneus bloed mogelijk wordt gemaakt. Zuurstofrijk bloed kan worden teruggegeven via een canule die wordt geplaatst in de vena jugularis interna. Het is ook mogelijk om de drainagecanule te plaatsen in de linker vena femoralis en de teruggave canule in de rechter vena femoralis (Makdisi & Wang, 2015). Het voordeel bij veno-veneuze ECMO is dat alle organen van dezelfde saturatie voorzien worden (Napp et al., 2016).



Figuur 1 Dubbele canulatie (Napp et al., 2016)

Wanneer er geopteerd wordt om de twee canules te plaatsen in de linker en rechter vena femoralis is het belangrijk om in het achterhoofd te houden dat deze keuze minder betrouwbaar is. Bij deze techniek is er namelijk meer kans op recirculatie (Sorokin et al., 2017). Dit is een complicatie die kan optreden bij het gebruik van een veno-veneuze ECMO. Hierbij wordt het zuurstofrijke bloed dat uit het ECMO-circuit komt deels terug opgezogen in de drainage canule. Het zuurstofrijke bloed passeert de patiënt niet, maar blijft circuleren in het ECMO-circuit (Delnoij et al., 2016; Napp et al., 2016). Door het recirculeren van het zuurstofrijke bloed is er een negatieve invloed op de hoeveelheid

¹ Hypoxische respiratoire insufficiëntie: Zuurstof te kort die op de voorgrond komt te staan. De hoofdoorzaak is vaak een Va/Q mismatch (Müller, 2015).

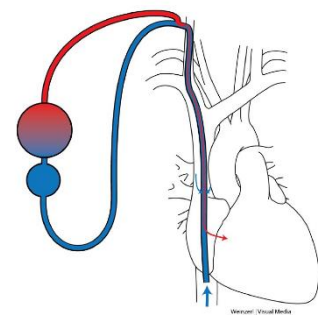
² Hypercapnische insufficiëntie is CO₂ retentie als gevolg van mechanische ventilatie, ondanks de hoge plateau drukken aanwezig (Makdisi et al., 2015).

systemische bloed dat van zuurstof wordt voorzien. Op deze manier verliest de veno-veneuze ECMO zijn functie als longondersteuning (Delnoij et al., 2016). Daarom is het belangrijk om via een RX-thorax evenzeer de positie te bekijken van de canules. Om de kans op recirculatie te verminderen worden de canules best zo ver mogelijk uit elkaar geplaatst (Napp et al., 2016). Men kan ook een bloedgasanalyse uitvoeren om de zuurstofsaturatie te bepalen van het bloed voor de oxygenator en deze van het bloed na de oxygenator. Wanneer deze gelijk zijn is er sprake van 100% recirculatie (Abrams, Bacchetta & Brodie, 2015).

2.1.2 Enkelvoudige canulatie: dubbel lumen canule

Deze vorm van canulatie wordt steeds populairder. Hier wordt er gebruik gemaakt van een enkelvoudige canule die twee lumens bevat. De canule wordt dan ingebracht via de rechter vena jugularis interna. Bloed wordt dan gedraineerd uit de vena cava superior en de vena cava inferior. Het bloed, dat door het ECMO-circuit geoxygeneerd is, wordt terug gegeven in het rechter atrium ter hoogte van de tricuspidalisklep. Eveneens zijn er bij deze vorm ook enkele beperkingen en risico's op complicaties. Er wordt gesproken over complicaties zoals het losraken van de canuletip bij de verzorging, een hoger drukgradient over de gehele canule, ... (Sorokin et al., 2017).

Veno-venous ECMO: double stage single cannular approach



Figuur 2 Enkelvoudige canulatie - dubbel lumen (Makdisi & Wang, 2015)

3 Veno-arteriële ECMO

Veno-arteriële ECMO, afgekort als 'VA-ECMO', wordt vooral gebruikt in het kader van perfusie en ondersteuning van het hart, maar geeft ook een gedeeltelijke ondersteuning aan de longen. Er wordt aangegeven dat deze vorm van ECMO meer risico's geeft op complicaties en dat deze vorm ook slechtere resultaten biedt (Makdisi & Wang, 2015). Over het algemeen biedt veno-arteriële ECMO efficiënte oxygenatie aangezien het zuurstofrijke bloed van de ECMO rechtstreeks in het arteriële systeem terecht komt, maar bij perifere canulatie, via de femoralis, bestaat het risico dat slecht geoxygeneerd bloed uit de 'zieke' longen terecht komt in het linker ventrikel. Vanuit het linker ventrikel kan het slecht geoxygeneerd bloed doorstromen naar de coronairen en de cerebrale arteriën (Napp et al., 2016; Sorokin et al., 2017). Dit fenomeen wordt ook wel competitieflow genoemd. Voor de verpleegkundige is het van belang om de saturatiemeter rechts te plaatsen om dit goed te kunnen opvolgen (Meeuwis, 2009). Napp et al. (2016) vermelden dat het plaatsen van een arteriële katheter rechts belangrijk is om de oxygenatie van het bovenlichaam te controleren.

De canulatie van het systeem is verschillend ten op zichte van de veno-veneuze ECMO. Er wordt gebruik gemaakt van een teruggave canule in de arteriën, waardoor de complicaties met 20% kunnen stijgen. De complicaties die zich bij de veno-veneuze ECMO voordoen, zijn vaak minder ernstig (Sorokin et al., 2017; Makdisi & Wang, 2015).

Makdisi & Wang (2015) vernoemen enkele indicaties om over te gaan tot veno-arteriële ECMO, namelijk: een refractaire lage cardiac output met een hartindex minder dan $2\text{L}/\text{min}/\text{m}^2$ en hypotensie met een systolische druk lager dan 90 mmHg, en dit ondanks hoge dosis inotropie.

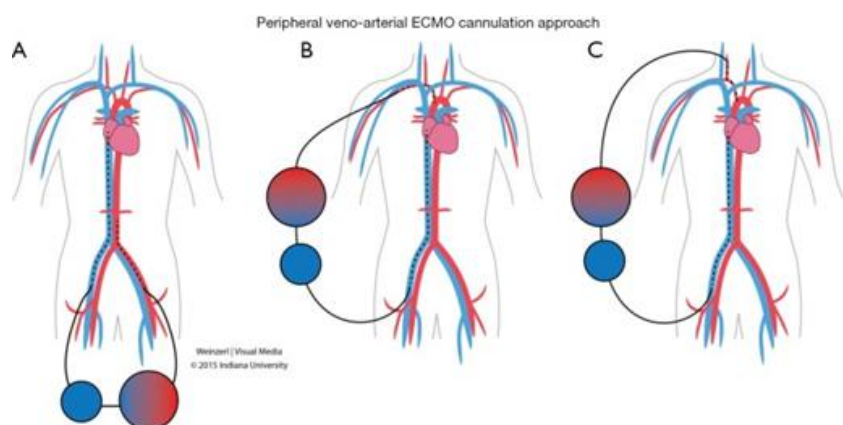
Om specifiek aan te duiden, gaat het vooral om volgende mogelijke cardiale indicaties, zoals een cardiogene shock die myocarddysfunctie met zich mee brengt en dat leidt tot lage cardiac output en hypoperfusie van de weefsels. De toepassing van ECMO zou bij infectieuze aandoeningen zoals een sepsis geassocieerde cardiomyopathie een goede outcome geven. Wanneer de patiënten lijden aan pulmonale hypertensie met een gelijktijdig rechterventrikelfalen, zou dit evenzeer een indicatie zijn om over te gaan tot veno-arteriële ECMO, als de toestand van de patiënt niet verbetert. Veno-arteriële ECMO wordt ook overwogen wanneer patiënten wachtende zijn op een harttransplantatie (Sorokin et al., 2017).

Door gebruik te maken van een veno arteriële ECMO, bestaat de kans dat er een toename is van de afterload van de linker ventrikel. In de aorta ontstaat er een retrograde flow van het bloed. Dit wilt zeggen dat het bloed tegen de normale richting in stroomt. Dit is het gevolg van de teruggave canule van het ECMO-circuit. Het linker ventrikel gaat daardoor tegen een verhoogde nabelasting inpompen. De functie van het linker ventrikel gaat verminderen door de verhoogde afterload en er ontstaat een linker ventrikel dysfunctie. Door de hoge nabelasting die ontstaat, zet het linker ventrikel zich verder uit. Er ontstaat dilatatie. Hierdoor is er meer druk in het linker atrium, waardoor ook longoedeem kan ontstaan. De afterload kan zo hoog oplopen dat de aortaklep gesloten blijft in de systolische fase. Door stase van bloed bestaat er een grotere kans op trombi vorming in het linker atrium (Meani et al., 2017).

3.1 Canulatie van de veno-arteriële ECMO

3.1.1 Perifere canulatie

Veno-arteriële canulatie kan worden toegepast bij falen van de hartfunctie, zoals hierboven vermeld. Het bloed zal hierbij de longen en het hart overslaan. Hier wordt, in tegenstelling tot VV-ECMO, het zuurstofrijke bloed teruggegeven in het arteriële systeem (Makdisi & Wang, 2015).



Figuur 3 Dubbele canulatie (Makdisi & Wang, 2015)

Wanneer er sprake is van perifere canulatie wordt zuurstofarm bloed gedraineerd uit de vena cava superior en vena cava inferior en zuurstofrijk bloed teruggegeven ter hoogte van de aorta descendens. Om dit mogelijk te maken kan de vena femoralis perifeer aangeprikt worden, om hier bloed te draineren en wordt de arteria femoralis gebruikt als

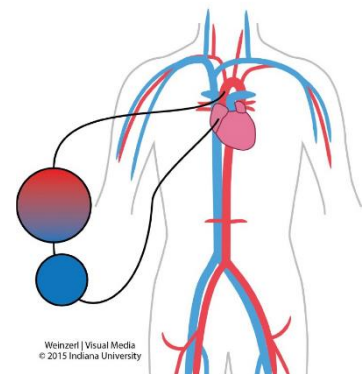
toegangsweg om het zuurstofrijk bloed ter hoogte van de aorta terug te geven. Naast de arteria femoralis kan er gebruik gemaakt worden van de arteria subclavia of arteria carotis interna om zuurstofrijk bloed terug te geven (Makdisi & Wang, 2015).

Het gebruik van de arteria carotis maakt mobiliteit makkelijker indien de patiënt op ECMO wakker zou zijn. Er is ook minder kans op atherosclerose en hypoxie van de ledematen. Men moet dan wel weer bedacht zijn op hyperperfusie, oedeemvorming en het mogelijks ontstaan van het compartimentensyndroom in de arm. Door gebruik te maken van een canule in de arteria femoralis, kunnen er een aantal complicaties optreden (Sorokin et al., 2017). De desbetreffende complicaties worden later in deze literatuurstudie aangehaald.

3.1.2 Centrale canulatie

De toepassing van de perifere canulatie heeft nog steeds de voorkeur ten opzichte van centrale canulatie. In uitzonderlijke gevallen geeft men er de voorkeur aan om de canules centraal te plaatsen. Het inbrengen van de canules via de centrale methode wordt meestal gedaan na een open hartoperatie (Sorokin et al., 2017). Bij deze plaatsing wordt de drainagecanule geplaatst in het rechter atrium en de teruggave canule in de aorta ascendens (Makdisi & Wang, 2015).

Central veno-arterial ECMO cannulation approach



Figuur 4 Centrale canulatie (Makdisi & Wang, 2015)

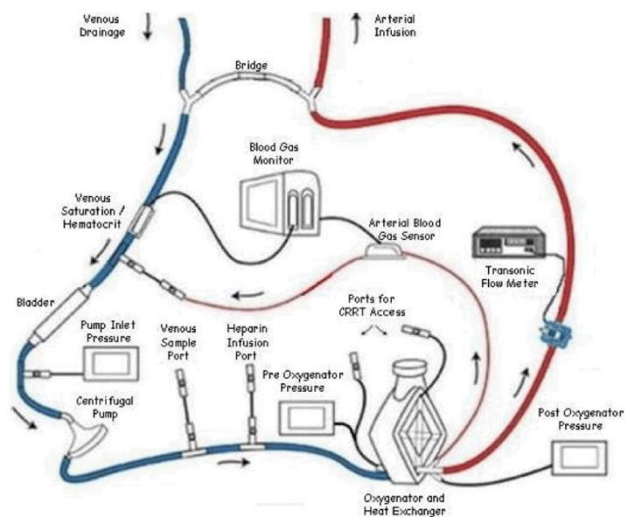
Voor een centrale canulatie is het noodzakelijk een sternotomie toe te passen. Het openlaten van het borstbeen geeft wel een aanzienlijk risico op bloedingen en infecties. Het is daarom in weinig gevallen gerechtvaardigd om deze techniek toe te passen. Het zou technisch mogelijk zijn om de canules onder het sternum te laten doorkomen, maar heeft als complicatie dat er cardiale compressie kan ontstaan (Sorokin et al., 2017).

4 Componenten van het ECMO-circuit

Het ECMO-systeem is opgebouwd uit bepaalde canules, leidingen, een pomp, een oxygenator en een warmte-uitwisselaar. De canules werden reeds in vorig hoofdstuk besproken. Door middel van de veneuze canule wordt veneus bloed gedraineerd bij de patiënt. Dit gebeurt voornamelijk onder invloed van de zwaartekracht maar wordt ondersteund door een negatieve aanzuigkracht van de pomp. Het gedraineerde veneuze bloed wordt door een oxygenator gepompt en keert geoxygeneerd en eventueel verwarmd terug naar de patiënt (Allen et al., 2011; Delnoij, Driessen, Sharma, Bouman, Strauch & Roekaerts, 2016).

Het doel van deze componenten is zorgen voor een goede zuurstofvoorziening naar de weefsels van de patiënt met cardiaal en/of respiratoir falen gedurende langere tijd (Lequier, Horton, McMullan & Bartlett, 2013). De ondersteuning door middel van ECMO kan gedurende weken of maanden worden toegepast (Millar, Fanning, McDonald, McAuley & Fraser, 2016).

Dit hoofdstuk geeft een korte voorstelling van de verschillende componenten van het circuit. Hierbij kunnen reeds enkele complicaties voorkomen die kort aangehaald worden, die worden besproken in volgend hoofdstuk.



Figuur 5 ECMO-circuit (Lequier et al., 2016)

4.1 De pomp

De pomp heeft twee functies binnen het ECMO-circuit. Ten eerste zal de pomp de drainage van het veneuze bloed van de patiënt richting het circuit versterken. Dit doet de pomp door een negatieve druk te creëren. Ten tweede zal de pomp het bloed doorheen alle componenten van het circuit sturen om vervolgens het bloed terug te geven aan de patiënt (Allen et al., 2011; Delnoij et al., 2016).

Er bestaan twee soorten pompen die kunnen gebruikt worden in een ECMO-circuit, namelijk de centrifugaalpomp en de rollerpomp (Allen et al., 2011; Delnoij et al., 2016; Murphy et al., 2015).

Doordat het bloed continu rondgestuurd wordt door middel van de pomp, zal het zijn pulsatiele karakter verliezen wat het normaal verkrijgt door de contractie en relaxatie van het hart. Dit zal ook te zien zijn op de bloeddrukcurve door een meer afgevlakte lijn (Debaveye, 2016). Afhankelijk van de residuele functie van het hart van de patiënt, zal er in meer of mindere mate een pulsatief karakter aanwezig zijn. Dit wil zeggen dat in het begin, wanneer de hartfunctie grotendeels wordt overgenomen, er weinig pulsatiliteit te zien zal zijn. Wanneer het hart echter begint te herstellen en zijn functie herneemt, zal het pulsatieve karakter ook meer aanwezig zijn. Gezien de hartfunctie bij veno-veneuze ECMO niet overgenomen wordt, zal bij deze vorm ECMO wel een pulsatief karakter zichtbaar zijn (Millar et al., 2016).

4.1.1 Centrifugaalpomp

De centrifugaalpomp bestaat uit een aantal kegels en een magnetische schijf die draait aan een aanpasbare snelheid. Wanneer deze schijft draait, wordt er een draaikolk gevormd. Hierdoor wordt een negatieve druk opgebouwd ter hoogte van de pompkop. Door

deze negatieve druk wordt bloed aangezogen tot in de pomp en vervolgens uit de pomp gestuurd, richting de oxygenator (Allen et al., 2011).

De flow is variabel en afhankelijk van de het bloedvolume van de patiënt, de diameter van de veneuze drainage canule, grootte van de pomp en de snelheid waaraan de pomp ingesteld wordt (Allen et al., 2011).

Het grote voordeel is dat dit soort pompen minder hemolyse veroorzaken. Dit komt enerzijds doordat de pomp geen excessieve negatieve druk gaat genereren en anderzijds doordat dit soort pomp minder luchtbelvorming veroorzaakt (Allen et al., 2011). Ter aanvulling van de voordelen blijkt dat de centrifugaalpomp ook een kleiner volume van priming nodig heeft en dat het deze pompen een thromboresistente coating toelaten. Naast een groot voordeel kennen de centrifugaalpompen ook enkele nadelen. De pompen kunnen bijvoorbeeld moeilijk een ingestelde flow behouden. Dit komt doordat er factoren meespelen zoals een stijgende vasculaire weerstand, luchtballen in het systeem of een knik in het circuit. Deze factoren leiden tot een afname van de flow en tot een eventuele stop van flow (Murphy et al., 2015). De lage flow kan leiden tot stagnatie van bloed in de pompkop en vervolgens leiden tot thrombusvorming (Lequier et al., 2013).

4.1.2 Rollerpomp

Bij dit soort pompen wordt de negatieve druk op een andere wijze gegenereerd dan bij de centrifugaalpompen. Deze pompen drukken op de leiding met behulp van rollers en duwen het bloed als het ware doorheen een opening in de pomp. Door dit mechanisme wordt er enerzijds een negatieve druk gecreëerd die het bloed het bloed aanzuigt via de veneuze drainage canule. Anderzijds wordt er ook een positieve druk gecreëerd die het bloed richting oxygenator en patiënt stuurt (Allen et al., 2011).

De flow van rollerpompen is afhankelijk van de opening in de pomp waardoor het bloed gestuurd wordt, de occlusiedruk van de rollers, de snelheid van de pomp en het bloedvolume. Er bestaan verschillende pompen afhankelijk van de leeftijd. Ook dient de occlusiedruk correct ingesteld te worden, zodat er verzekerd kan worden dat er elk moment voldoende volume kan passeren doorheen de pomp (Allen et al., 2011).

Net zoals de centrifugaalpompen kennen de rollerpompen ook een groot voordeel. In tegenstelling tot centrifugaalpompen kunnen rollerpompen wel een continue flow garanderen ongeacht de preload van het circuit. Het nadeel van deze pompen is dat ze blijven rollen ongeacht het aanwezige bloed of lucht in het circuit. Daarom is het bij deze pompen noodzakelijk een servoregulator te plaatsen om complicaties te beperken (Allen et al., 2011). De servoregulator zal de pomp vertragen of doen stoppen indien er een te negatieve druk wordt gecreëerd en fungeert dus als veiligheid (Delnoij et al., 2016; Lequier et al., 2013).

4.2 Oxygenator

Een oxygenator is een onderdeel van het circuit die de gasuitwisseling mogelijk maakt door middel van een semipermeabel membraan. Dit membraan vormt een scheiding tussen

bloed en gas (Abrams et al., 2014). Doordat het enkel permeabel is voor gas, kan er een uitwisseling gebeuren van zuurstof naar het gedeoxygeneerde bloed en kan CO₂ verwijderd worden (Murphy et al., 2015). De diffusie van gassen wordt bepaald door concentratieverschil. Hoe groter het concentratieverschil, hoe beter de diffusie van gassen. Een groter oppervlak zou ook leiden tot een betere gasuitwisseling (Delnoij et al., 2016).

Er bestaan twee verschillende systemen voor gasuitwisseling bij een ECMO-systeem. Men heeft de siliconen membraan oxygenator en de 'hollow fiber' oxygenator (Allen et al., 2011).

Verschillende factoren kunnen de gasuitwisseling beïnvloeden. De zuurstofuitwisseling is afhankelijk van de viscositeit van het bloed, de materiaalsamenstelling van het membraan, de fractie gegeven zuurstof (FdO₂) en het hemoglobinegehalte. De afvoer van CO₂ is afhankelijk van het contactoppervlak, de bloedflow en de gasflow (Abrams et al., 2014; Allen et al., 2011; Delnoij et al., 2016).

4.2.1 Siliconen membraan oxygenator

De oxygenator bevat een dun siliconen laagje dat rond een polycarbonaat kern gewikkeld is en in een siliconen omhulsel zit. Het bloed passeert aan één kant van het membraan terwijl een gasflow passeert in tegengestelde richting aan de andere kant van het membraan. Op deze manier kan er optimale gasuitwisseling plaatsvinden waarbij zuurstof wordt toegevoegd aan het bloed en CO₂ kan worden afgevoerd. Omdat deze vorm van gasuitwisseling zeer efficiënt is, kan het voorkomen dat er te veel CO₂ wordt verwijderd. Hierdoor is er soms nood aan toevoeging van een bepaalde hoeveelheid CO₂, in functie van de nood. Er bestaan verschillende oxygenatoren afhankelijk van de leeftijd (Allen et al., 2011). Het siliconen membraan heeft een hoge weerstand op flow wat er toe leidt dat het de maximale bloedflow deels beperkt. Omwille van deze reden zijn siliconen membraan oxygenators minder geschikt om te combineren met centrifugaalpompen. Tot slot blijkt dat dit soort oxygenator moeilijker te ontlichten is waardoor het primen langer duurt (Lequier et al., 2013).

4.2.2 'Hollow fiber' oxygenator

Deze oxygenator bevat capillaire buisjes die gasuitwisseling mogelijk maken. De gasuitwisseling vindt plaats door een gasflow in tegengestelde richting met de bloedflow te voorzien, zoals ook gebeurt bij de siliconen membraan oxygenatoren (Allen et al., 2011).

De 'hollow fiber' oxygenator geniet enkele voordelen ten opzichte van de siliconen membraan oxygenator. Dit komt door het gemak en de snelheid waarmee het circuit geprimed kan worden, het bevat een coating die thrombusvorming reduceert én er is minder contactoppervlak waardoor de inflammatoire reactie met activatie van stolling en trombocyten beperkt blijft. Ook heerst er een lager drukgradiënt over het membraan waardoor er minder druk wordt uitgeoefend op de erythrocyten en hemolyse beperkt zal worden (Allen et al., 2011).

4.3 Warmte-uitwisselaar

Doordat het bloed uit het lichaam wordt gehaald en zich in een buizensysteem bevindt, verliest het bloed zijn warmte. Omwille van deze reden wordt er op elke ECMO-systeem een warmte-uitwisselaar aangesloten om dit warmteverlies te compenseren. De warmte-uitwisselaar werkt volgens het principe van tegenstroom. Dit is te vergelijken met het principe van gasuitwisseling dat plaatsvindt in de oxygenator. Bij de warmte-uitwisselaar stroomt het bloed in de ene richting en water stroomt in de andere richting. Hierbij zal er geen uitwisseling zijn van gas maar wel van warmte. Dit komt doordat het water verwarmd wordt tot 37°C à 40°C om, zoals reeds vermeld, het warmteverlies van het bloed te compenseren. Men raadt aan niet tot een temperatuur van 42°C te verwarmen omdat dit hemolyse of luchtbelvorming zou kunnen veroorzaken (Allen et al., 2011).

4.4 Monitoring in het circuit

Monitoring bij het ECMO-circuit bestaat uit het meten van bepaalde drukken, de flowsnelheid, de saturatie en het opvolgen van de pH, zuurstofsaturatie en pCO₂. Deze metingen gebeuren zowel aan de veneuze als de arteriële zijde van het circuit (Allen et al., 2011). De beste manier om te monitoren is een manier waarbij er geen onderbreking van de bloedstroom nodig is (Lequier et al., 2013).

4.4.1 Monitoring van de druk

Er kunnen verschillende drukken gemeten worden in het circuit, deze drukken worden op drie verschillende plaatsen gemeten. Eerst en vooral is er de veneuze aanvoerdruk, deze wordt gemeten voor de pomp (Lequier et al., 2013). De druk die hier gemeten wordt zal een negatieve druk zijn waardoor het mogelijk wordt bloed aan te zuigen (Allen et al., 2011). De veneuze aanvoerdruk zal aantonen of er al dan niet een te negatieve druk gegenereerd wordt en kan aantonen of de veneuze drainage en de flow binnen het circuit adequaat zijn (Lequier et al., 2013).

De tweede en derde locatie voor het meten van een druk bevinden zich ter hoogte van de oxygenator. Meer specifiek zal de tweede druk gemeten worden voor de oxygenator. Deze druk wordt de prémembraandruk genoemd. De derde druk wordt gemeten na de oxygenator en wordt bijgevolg de postmembraandruk genoemd (Lequier et al., 2013).

Indien zowel pré- als postmembraandruk gestegen zijn, kan dit te wijten zijn aan een verhoogde weerstand na de oxygenator. Deze verhoogde weerstand kan ten gevolge zijn van een knik in de arteriële canule of een leiding na de oxygenator, een trombus of hypertensie. Wanneer beide drukken, pré- en postmembraan, gedaald zijn, kan dit wijzen op hypovolemie of hypotensie (Allen et al., 2011). Indien het verschil tussen deze twee drukken vergroot spreekt men van een stijging van de transmembraandruk. De oorzaak hiervan kan liggen bij een gestegen weerstand in de oxygenator of bij thrombusvorming (Allen et al., 2011; Lequier et al., 2013).

4.4.2 Monitoring van de flow

De flowsensor meet de totale bloedflow in het circuit maar er kunnen ook aparte flowsensoren ter hoogte van de veneuze drainage of arteriële lidmaat canule geplaatst worden. De flow wordt gemeten door middel van ultrasone flowsensor te plaatsen op de leiding (Lequier et al., 2013).

4.4.3 Monitoring van de saturatie

Het meten van de saturatie is zowel zinvol ter hoogte van de veneuze canule als ter hoogte van de arteriële canule. Indien men de saturatie meet aan de veneuze zijde van het circuit, kan men nagaan indien er adequate zuurstoftoevoer en -ondersteuning gegeven wordt (Lequier et al., 2013).

4.4.4 Luchtbeldetectie

Het is belangrijk na te gaan of er luchtbellen aanwezig zijn in het systeem. Wanneer deze zich bevinden in een veno-arterieel ECMO-circuit kunnen de luchtbellen zich begeven naar de cerebrale circulatie. Luchtbellen vormen echter niet enkel een probleem bij het veno-arterieel ECMO-circuit maar ook bij het veno-veneuze. Grote luchtbellen kunnen in dit systeem leiden tot een obstructie met afname en uiteindelijk stoppen van de flow in de centrifugaalpomp of bij connecties tussen de leidingen. Omwille van deze reden is er een luchtbel-detector aanwezig op het circuit (Allen et al., 2011).

4.4.5 Leidingen

De leidingen zorgen voor een verbinding tussen alle bovenstaande componenten van het circuit. Meestal bestaan de leidingen uit polyvinylchloride (PVC) en kunnen deze gecoat worden met Heparine® om de ontstekingsreactie tegen te gaan (Lequier et al., 2013). Deze ontstekingsreactie is het gevolg van het contact tussen bloed en vreemd materiaal en uit zich door middel van activatie van trombocyten en de stollingscascade (Allen et al., 2011). Er is echter nog geen enkele coating die de ontstekingsreactie volledig kan elimineren of vermijden (Lequier et al., 2013).

5 Complicaties bij de componenten

5.1 Complicaties algemeen

5.1.1 Luchtembolie

Een luchtembolie kan het gevolg zijn van verschillende oorzaken. Een complex circuit met veel connecties kan het risico al verhogen. Connecties en driewegkraantjes zijn beiden plaatsen waar makkelijk lucht naar binnen kan komen bij onvoorzichtig handelen. Een te

negatieve aanzuigdruk kan resulteren in gasvormige micro-embolieën (Allen et al., 2011; Delnoij et al., 2016).

Wanneer de gasflow te hoog staat ingesteld en de gasdruk hoger is dan de bloeddruk, dan kunnen er luchtbelllen doorheen het semi-permeable membraan dringen (Delnoij et al., 2016). Naast deze te hoge druk, kan ook een kleine scheur in het membraan ertoe leiden dat lucht in de bloedbaan terecht komt (Allen et al., 2011).

Wanneer een luchtembolie in de arteriële canule terecht komt, kan het zich een weg banen tot in de arteriële en cerebrale circulatie. Anderzijds, wanneer een luchtembolie in het veneuze systeem terecht komt, kan het hier leiden tot een opstopping van het bloedvat, airlock genaamd. Deze veneuze airlock leidt ertoe dat de patiënt ontkoppeld moet worden van het ECMO-circuit zodat de lucht uit het circuit gehaald kan worden. Het kan ook voorkomen dat een deel of het hele circuit vervangen moet worden (Allen et al., 2011).

Een overmatige saturatie van het bloed kan leiden tot het uitstoten van een deel van de zuurstof uit het geoxygeneerde bloed. De postmembraan pO_2 onder een druk van 600 mmHg houden, zou leiden tot een reductie van het aantal luchtembolieën. Dit samen met het controleren van alle connecties en driewegkraantjes om na te gaan of alles gesloten en luchtdicht is (Allen et al., 2011).

In het geval van een arteriële luchtembolie, moet er zo dicht mogelijk bij de patiënt een klem gezet worden om te voorkomen dat de lucht in de patiënt kan gaan. Bijgevolg zal de flow in het ECMO-circuit ook moeten gestopt worden. In geval dat de lucht toch al de patiënt heeft bereikt, moet het hoofdeinde van de patiënt worden verlaagd zodat de lucht weggeleid wordt van de cerebrale circulatie. Er kan een centraal veneuze katheter geplaatst worden zodat men de lucht kan aspireren ter hoogte van het rechter hart (Allen et al., 2011).

5.1.2 Trombose in het circuit

Trombi kunnen voorkomen in de leidingen en in andere componenten van het circuit. Een trombus kan leiden tot een trombo-embolie. Omwille van deze reden is het belangrijk na te gaan of er trombi in het circuit aanwezig zijn, bijvoorbeeld door gebruik te maken van een zaklamp (Murphy et al., 2015).

5.2 Complicaties ter hoogte van de pomp

5.2.1 Te negatieve aanzuigdruk

Zoals vermeld in het onderdeel over de pomp, creëert de pomp een negatieve druk waardoor veneus bloed aangezogen wordt. Echter, wanneer er een tekort is aan veneus bloed om voldoende flow te verkrijgen, kan er een te negatieve aanzuig druk ontstaan. Bij dit fenomeen zakt de negatieve aanzuigdruk tot boven -100 mmHg. Hierdoor kan de bloedvatwand aangezogen worden tot in de canule waardoor er een obstructie ontstaat en het bloedvat kan beschadigd raken. Het tekort aan veneus bloed kan te wijten zijn aan

hypovolemie, verhoogde intra-abdominale druk, harttamponnade of pneumothorax (Allen et al., 2011; Delnoij et al., 2016) of knikken in de veneuze canule (Lequier et al., 2016).

De snelheid van de pomp moet meteen verlaagd worden waardoor deze te negatieve druk terug kan dalen. Indien er een servoregulator aanwezig is, zal deze zorgen voor de reductie van de te negatieve aanzuigdruk. Ook dient de positie van de canule te worden nagegaan om te controleren of er geen dislocatie is gebeurd. Indien deze negatieve druk toch blijft bestaan na aanpassen van de snelheid, het controleren van de canule en het uitsluiten van zo juist genoemde oorzaken, kan er gekozen worden om een tweede canule te plaatsen. De oorzaak van deze extreme negatieve druk moet worden opgespoord en er moeten acties ondernomen worden om dit te verhelpen. Bij hypovolemie kan er bijvoorbeeld gekozen worden om de patiënt te vullen (Allen, Et al., 2011; Delnoij et al., 2016).

5.2.2 Trombose

Met een pomptrombose bedoelt men een trombose in de pompkop. Dit gaat gepaard met een lawaaierige pomp, intravasculaire hemolyse en hemoglobininurie. Deze pomptrombose vormt zich snel en leidt tot pompfalen. In tegenstelling tot een trombose in de oxygenator die te zien is door middel van een zaklamp, kan de pomptrombose niet gezien worden terwijl de pomp werkt. Daarom is het belangrijk dit probleem snel op te merken en te behandelen. De enige beschreven behandeling is het vervangen van het de pomp (Murphy et al., 2015).

5.3 Complicaties ter hoogte van de oxygenator

5.3.1 Trombose

Ondanks het gebruik van Heparine® kan er nog steeds thrombusvorming optreden in de oxygenator. Deze trombus zal leiden tot een belemmering van de gasuitwisseling. Het vervangen van de oxygenator zal in dit geval de enige oplossing zijn. Ter preventie van deze trombus wordt aangeraden Heparine® te gebruiken in combinatie met een lage dosis acetylsalicylzuur. Deze combinatie zou de gebruiksduur van de oxygenator verlengen (Delnoij et al., 2016).

Net zoals de leidingen, moet de oxygenator ook nagegaan worden op een trombus. Dit kan ook door gebruik te maken van een zaklamp. Dagelijkse bepaling van D-dimeren kan een voorspellende factor zijn op gebied van thrombusvorming, ook al is het onderzoek naar D-dimeren weinig specifiek (Murphy et al., 2015). D-dimeren kunnen ook een stijging kennen bij longoedeem, diep veneuze trombose, Diffuse Intravasale Stolling, maligniteiten, zwangerschap, roken, trauma, infectie of sepsis (Bounds & Kok, 2017). Zoals eerder beschreven zijn de pré- en postmembraandrukken goede observaties om eventuele trombosevorming vroegtijdig op te merken (Allen et al., 2011; Lequier et al., 2013).

5.3.2 Falen van het membraan

Falen van het membraan staat gelijk aan een inadequate uitwisseling van zuurstof en koolstofdioxide. Deze complicatie kan opgespoord worden door het afnemen van een pre- en postmembraanbloedgas. Ook kan de transmembraandruk gemeten worden, het verschil tussen pre- en postmembraandruk. Naast deze twee mogelijkheden zijn er ook nog een daling in haptoglobine, aanwezigheid van plasmavrij hemoglobine en een stijging in fibrinolyse. Ook kan er een gestegen trombocytenverbruik zijn. Het vervangen van de oxygenator is de enige mogelijkheid (Allen et al., 2011).

6 Complicaties en aandachtspunten bij de patiënt met ECMO

6.1 Bloedingen en trombosevorming

Bij de toepassing van ECMO komen de patiënten in contact met lichaamsvreemd materiaal, namelijk de canules en het ECMO-circuit. Het contact tussen het vreemd materiaal met het bloed, zorgt onmiddellijk voor een complexe ontstekingsreactie die te vergelijken is met het systemische inflammatoire reactie syndroom, SIRS genoemd (Millar et al., 2016). Deze ontstekingsreactie wordt tot stand gebracht en onderhouden door systemische en cellulaire factoren. Het contactsysteem, samen met endotheelcellen, leukocyten, plaatjes en cytokines zijn de voornaamste onderdelen van deze reactie. Naast deze ontstekingsreactie treedt er ook een stollingscascade in werking. Zowel de intrinsieke als extrinsieke tak van de stollingscascade worden geactiveerd (Millar et al., 2016). Deze activatie zal leiden tot problemen omtrent de stolling en de bloedplaatjes van de patiënt (Allen, et al. 2011; Murphy et al., 2015; McMullan & Bartlett, 2013; Aubron et al., 2016).

Naast deze systeemreactie kunnen er ook bloedingen voorkomen bij de ECMO-patiënten. Bloedingen worden gezien als een van de meest voorkomende complicaties gedurende extracorporale membraanoxygenatie (Allen, et al. 2011; Al-Attar et al., 2017; Kupra, Krukowskasitek & Ozga, 2017; Delnoij et al., 2016; Makdisi & Wang, 2015; Aubron et al., 2016). Bloedingen kunnen overall ontstaan in het lichaam van de patiënt. Volgens Delnoij et al. (2016) en Makdisi & Wang (2015) ontstaan deze bloedingen door het toepassen van systemische anticoagulantia, trombocytopenie en een verminderde werking van de bloedplaatjes. Ook Allen, et al. (2011) en Al-Attar et al. (2017) vermelden dat de complicatie 'bloeding' mede in stand gehouden wordt door het toepassen van systemische anticoagulantia. Hemodilutie en hypertensie zou volgens Makdisi & Wang (2015) ook een verhoogd risico vormen voor het ontstaan van een bloeding.

Murphy et al. (2015) benadrukken dat het niet enkel bloedingscomplicaties zijn die kunnen voorkomen bij de patiënt, maar ook complicaties omtrent de stolling van de patiënt. Beide dragen mee aan de verhoogde morbiditeit en mortaliteit van de patiënt. Stollingsproblemen of het vormen van klonters in de patiënt moeten ten allen tijde worden voorkomen. Het kan leiden tot een beroerte (Abrams et al., 2014; Auborn et al., 2013), problemen in de systemische circulatie zoals infarcten in orgaansystemen zoals de milt of nieren (Auborn et al., 2013) of problemen in het pulmonair gebied (Makdisi & Wang, 2015).

Omwillen van de systeemreactie én om klontervorming te voorkomen, worden de ingebrachte canules gecoated en wordt het circuit geïnfundeed met Heparine®, indien hier geen tegenindicatie voor aanwezig is (Allen, et al. 2011; Kohl & Sarani, 2011; Murphy et al., 2015; Makdisi & Wang, 2015). Mossadegh (2017) stelt dat het gebruik van ongefractioneerde heparine noodzakelijk is om stolsels en fibrine te voorkomen in het ECMO-circuit. Tijdens de canulatie wordt evenzeer gebruik gemaakt van ongefractioneerde heparine. Er kan dan een bolus worden toegediend van 5000 UI, wat het risico op bloedingen verhoogd.

Heparine is een anticoagulerend middel dat vooral een effect heeft op de activering van antitrombine III (Jüngen & Tervoot, 2013; Delnoij et al., 2016). Hierdoor ontstaat er een remmend effect op de stollingsfactoren IIa (trombine), Xa en IXa. Ook zal Heparine® een bepaald effect hebben op de omzetting van fibrinogeen naar fibrine waardoor er geen klontering kan ontstaan (Jüngen & Tervoot, 2013). Met andere woorden zal het gebruik van Heparine® leiden tot een daling van de trombosevorming (Delnoij et al., 2016). Het ideale uitgangspunt zou een remming zijn van de trombocytenactivatie en de coagulatie die gepaard gaat met een remming van de lichaamsreactie/systeemreactie, zonder dat dit invloed uitoefent op het bloedingsrisico van de patiënt.

Door middel van enkele specifieke observaties kunnen een of meerdere bloeding(en) tijdig worden opgemerkt. Kupra et al. (2017), Murphy et al. (2015) en Mossadegh (2017) beschrijven enkele observaties om bloedingen op te sporen. Deze observaties zijn bijvoorbeeld nagaan of er bloed in ontlasting of urine te zien is, er bloederige secreten aanwezig zijn alsook hematomen of eventuele bloeditstoringen. Volgens Kupra et al. (2017) kan een verandering in hartfrequentie ook een van de observatiepunten zijn. Deze verandering in hartfrequentie kan te wijten zijn aan bloedverlies. Hoe meer bloedverlies er bij de patiënt voorkomt, hoe minder circulerend volume er zal zijn waardoor de cardiac output ook zal dalen. Een gestegen hartfrequentie komt voor bij een bloedverlies van 15 tot 30% en kan verklaard worden doordat het hart sneller moet pompen om voldoende volume rond te sturen (Debaveye, 2016 – 2017).

De evenwichtige balans bekomen tussen het voorkomen van bloedingen en vermijden van trombusvorming is belangrijk (Mossadegh, 2017). Om dit evenwicht te observeren, wordt er vaak gekeken naar enkele specifieke waarden van het bloedbeeld van de desbetreffende patiënt.

Het nagaan van labowaarden met betrekking tot de stollingsparameters, moet regelmatig gebeuren. Een van de testen die uitgevoerd kan worden, is de 'ACT', ook wel de Activated Clotting Time of geactiveerde stollingstijd genoemd. Deze test vertelt de deskundige meer over het bloedverdunnend effect op basis van Heparine® gebruik (Delnoij et al., 2016; Kupra et al., 2017; Murphy et al., 2015). De veilige waarde van de Activated Clotting Time zal zich bevinden tussen 180 en 240 seconden. Deze waarde wordt gehandhaafd om de veiligheid van de patiënt te garanderen en bloedingen te voorkomen (Makdisi & Wang, 2015). Kupra et al. (2017) vermelden dat er een waarde tussen 180 en 200 seconde wordt gehandhaafd, terwijl Murphy et al. (2015) aanhalen dat deze waarde tussen 180 en 220 seconde zal liggen. Er zijn ook ingebouwde activated clotting time analysatoren in het systeem om ervoor te zorgen dat de stollingstijd gerespecteerd worden (Allen et al., 2011).

Hierbij vermelden Murphy et al. (2015) ook dat de geactiveerde stollingstijd wel gebruikt wordt als observatiewaarde, maar dat deze waarde wordt beïnvloed door enkele elementen zoals trombocytopenie, trombopathie, trombocytenaggregerende medicatie, leeftijd etc.

Een tweede mogelijke test naast de ACT, is de controle van aPTT. APTT, ook wel de actieve tromboplastinetijd genoemd, vertelt meer over de intrinsieke stolling. Mossadegh (2017) en Auborn et al. (2016) stellen dat er een strikte controle van de aPTT dient te gebeuren, aangezien een verhoogde aPTT gelinkt kan worden aan een verhoogd risico op het ontstaan van bloedingen. Door de frequente controle van de aPTT, kan de uitkomst voor de patiënt verbeteren (Auborn et al., 2016). Auborn et al. (2013) halen aan dat een waarde tussen 50 tot 70 seconden, een goede actieve tromboplastinetijd (aPTT) zou zijn.

Om de kans op trombusvorming en bloedingen te voorkomen, wordt er gestreefd naar een bepaald aantal bloedplaatjes. (Allen, et al. 2011; Delnoij et al., 2016). Zo vermelden Delnoij et al. (2016) dat er een waarde van 80 000/ml moet worden gehandhaafd, terwijl Makdisi & Wang (2015) en Allen, et al. (2011) een waarde van 100 000/ml willen behouden. Ook het hemoglobine speelt bij de patiënt een belangrijke rol, aangezien er een daling van het hemoglobine merkbaar kan zijn bij een bloeding (Auborn et al., 2016). Het is belangrijk om het bloed van voldoende zuurstof te voorzien. Het hemoglobine wordt binnen een bepaalde richtlijn gehouden, alvorens er tot transfusie wordt overgegaan. Auborn et al. (2013) en Makdisi & Wang (2015) vermelden een hemoglobine van 8 g/dl. Deze waarde wordt ook beschreven door Delnoij et al. (2016), die een waarde tussen 7-9 g/dl vermelden.

De plaatsing van de canules kan ervoor zorgen dat het insteekpunt een gevoelige plaats blijft waar er een bloeding kan ontstaan (Allen, et al. 2011; Al-Attar et al., 2017; Delnoij et al., 2016; Makdisi & Wang, 2015; Murphy et al., 2015; Baran; 2017). Dit vereist een goede en dagelijkse observatie van de insteekplaats(en) (Kupra et al., 2017; Delnoij et al., 2016). Volgens Makdisi & Wang (2015), gaat het inbrengen van de canules gepaard met enkele risico's, zoals bijvoorbeeld de kans op een vaatperforatie, een arteriële dissectie veroorzaakt door de canules of het ontstaan van een pseudo-aneurysma ter hoogte van het insteekpunt. Zo vermelden Murphy et al. (2015) dat de canules best niet met een hechting worden bevestigd aan de huid, maar gefixeerd worden door middel van verbanden. Er is een mogelijkheid dat de canule tip los raakt tijdens de verpleegkundige zorgen, waardoor dit een aandachtspunt vormt voor het verplegend personeel (Sorokin et al., 2017). Elke manipulatie moet dus uiterst voorzichtig uitgevoerd worden, om het ontstaan van bloedingen en dislocatie te vermijden (Delnoij et al., 2016). Zo bespreekt Mossadegh (2017) dat bloedingen in het oor, de neus en in de keel bijna niet te voorkomen zijn omwille van de vele manipulaties. Toch blijft de uitvoering van het mondtoilet cruciaal en moet deze handeling met alle voorzichtigheid gebeuren. Auborn et al. (2013) vermelden dat het uitvoeren van invasieve procedures beperkt moeten worden tijdens de aanwezigheid van de ECMO, waardoor het uitlokken van bloedingen beperkt blijft.

Een hersenbloeding is een van de veel voorkomende en een van de gevaarlijkste complicaties (Allen, et al. 2011; Delnoij et al., 2016). Zoals eerder vermeld, werd er besproken dat patiënt met ECMO veel in contact komen met het gebruik van Heparine®. Hier wordt nogmaals bevestigd dat systemische heparinetherapie een grote rol speelt in het ontstaan van dit soort bloedingen (Delnoij et al., 2016; Makdisi & Wang, 2015; Allen, et al., 2011; Al-Attar et al., 2017).

Makdisi & Wang (2015) vermelden dat een pulmonaire bloeding ook als een vaak geziene complicatie voorkomt.

6.1.1 Interventies bij bloedingen

Indien er een bloeding ontstaat moeten er zo snel mogelijk enkele correcties uitgevoerd worden. Volgens (Delnoij et al., 2016) zou er een lagere richtlijn van de aPTT waarde gehandhaafd moeten worden. Soms is het noodzakelijk om de behandeling met Heparine® te verminderen of volledig te staken (Delnoij et al., 2016; Makdisi & Wang, 2015; Mossadegh, 2017). Het corrigeren van de bloeding heeft dan als complicatie dat de kans op trombose toeneemt. Toch halen Makdisi & Wang, (2015) en Murphy et al. (2015) aan in hun studie dat er bloedplaatjes en stollingsfactoren aan de patiënt toegediend mogen worden.

Mossadegh (2017) stelt dat een transfusie met Packed-Cells noodzakelijk is bij een hemoglobine waarde lager dan 7g/dl. In de studie van Auborn et al. (2013) en Makdisi & Wang (2015) wordt er gestreefd naar een hemoglobine van 8g/dl. Daarentegen beweert Massadegh (2017) evenzeer dat patiënten die ondersteund worden door het ECMO-systeem, nood hebben aan een normale hemoglobine waarde. Dit is noodzakelijk om een optimale oxygenatie mogelijk te maken.

6.2 HIT

Als complicatie bij het gebruik van Heparine® kan er HIT optreden. HIT staat voor 'Heparine-geïnduceerde trombocytopenie' (Delnoij et al., 2016; Makdisi & Wang, 2015; Murphy et al., 2015). Bij HIT ontstaat er een bepaalde immuunreactie in het lichaam (Greinacher, 2009; Delnoij et al., 2016; Murphy et al., 2015). Bij deze immuunreactie worden er antilichamen gevormd tegen een bepaalde bloedplaatjesfactor, namelijk platelet factor 4 (PF4) (Delnoij et al., 2016; Murphy et al., 2015). Deze factor komt vrij bij de activatie van de bloedplaatjes waarna Platelet factor 4 zich zal binden aan het heparinecomplex (Delnoij et al., 2016; Sancar, 2017). Als gevolg van de vorming van antilichamen zal er een tekort aan bloedplaatjes ontstaan, wat ook trombocytopenie wordt genoemd.

Normaliter zou men denken dat er meer kans is op bloedingen als er gesproken wordt van trombocytopenie, wat volgens Delnoij et al. (2016) ook het geval is. Wat bij HIT zo gevaarlijk maakt, is dat er bij deze vorm van trombocytopenie ook kans op verhoogde coagulatie, wat kan resulteren in de vorming van bloedklonters (Delnoij et al., 2016; Greinacher, 2009).

HIT kan moeilijk klinisch herkend worden. Er zal een merkbare daling van het aantal trombocyten aanwezig zijn in het lichaam. Volgens Greinacher (2009) zou er een daling van de trombocyten van ongeveer 50% optreden dat zich zal uiten rond vier tot vijf dagen na het starten van de behandeling met Heparine®. Om verdere onderzoeken te verrichten naar het HIT-syndroom, worden er specifieke tests uitgevoerd. Deze bepaalde specifieke testen zijn bijvoorbeeld de serotonine-afgifte test en de heparine geïnduceerde bloedplaatjesaggregatie test (Delnoij et al., 2016; Greinacher, 2009). Ook kunnen er

specifieke antistoffen tegen het PF4 onderzocht worden, wat de IgG-specifieke enzym-immunoassay wordt genoemd (Greinacher, 2009). Helaas zijn testen zoals de serotonine-afgifte test en de heparine geïnduceerde bloedplaatjesaggregatie test volgens Delnoij et al. (2016) niet in alle ziekenhuizen beschikbaar.

Bij het vermoeden, of het diagnosticeren, van het HIT-syndroom, wordt het gebruik en de toepassing van Heparine® zo snel mogelijk gestaakt bij de patiënt (Delnoij et al., 2016; Makdisi & Wang, 2015; Murphy et al., 2015). Als vervangende anticoagulantia wordt er vaak overgegaan op het gebruik van directe trombine inhibitoren. Voorbeelden van deze soort anticoagulantia zijn Bivalirudine® en Argatroban®. Volgens Delnoij et al. (2016) en Murphy et al. (2015) zou het gebruik van Fondaparinux® en Danaparoid® ook effectief zijn om als vervangende anticoagulantia te dienen.

Het nadeel van het gebruik van de directe trombine inhibitoren is dat er geen antidotum bestaat, wat tot complicaties zoals ernstige bloedingen kan leiden in acute situaties. Toch werd het gebruik van directe trombine inhibitoren goedgekeurd voor het gebruik bij patiënten met het HIT-syndroom (Murphy et al., 2015).

6.3 Hemolyse

Zoals eerder beschreven kan hemolyse ontstaan door verschillende oorzaken zoals trombosevorming in het circuit (Murphy et al., 2015), te hoge drukken ter hoogte van het membraan, een te hoog verwarmde bloedtemperatuur of een te negatieve aanzuigkracht (Allen et al., 2011). Schick (2017) geeft aan dat hemolyse ook kan optreden ten gevolge van enkele soorten medicaties.

Het is belangrijk als verpleegkundige om eventuele tekens van hemolyse zo tijdig mogelijk op te sporen.

Het belangrijkste kenmerk om hemolyse op te sporen, is de controle van het plasma vrij hemoglobine (Abrams et al., 2014; Auborn et al., 2013; Makdisi & Wang, 2015; Murphy et al., 2015). Hemolyse betekent dat de rode bloedcellen afsterven of kapot gaan. Hierbij komt er voornamelijk hemoglobine vrij in het plasma, aangezien rode bloedcellen vooral bestaan uit hemoglobine (Gladwin, 2012). Het vrije hemoglobine zal zich binden aan haptoglobine, een specifiek eiwit. Deze binding kan leiden tot nierfalen en problemen op vasculair gebied. Volgens Andrew et al (2015) kan hemolyse ook leiden tot multiorgaanfalen.

Een ander aspect waarop zeker gelet moet worden is de kleur van de urine (Schick, 2017). De urine zal een donkere kleur vertonen door de binding van hemoglobine aan het eiwit haptoglobine, aangezien dit door de nieren uitgescheiden zal worden (Gladwin, 2012).

Het optreden van een verhoogd bilirubinegehalte kan ook aanwezig zijn, dat zich kan uiten in geelzucht (Andrew et al., 2015; Schick, 2017). Volgens Schick (2017) is deze waarde niet geheel betrouwbaar, aangezien er bij aandoeningen aan de lever of galweg ook een verhoogd bilirubine aanwezig kan zijn.

Hemolytische anemie is een tekort aan rode bloedcellen veroorzaakt door hemolyse. Een patiënt met hemolytische anemie vertoont symptomen als vermoeidheid, tachycardie en dyspnoe (Schick, 2017).

Stijging van lactaatdehydrogenase, vaak samen met de daling van de haptoglobine waarde, is ook een typerend kenmerk voor hemolyse (Andrew et al., 2015).

6.4 Ischemie extremiteiten

Ischemie omtrent de lidmaten gaat vooral over het gebruik van de arteria femoralis bij de canulatie. Door het gebruik van deze arterie bestaat de kans dat de bevoeiing van het been wordt verstoord aan de kant waar de canule is ingebracht (Allen et al., 2011). Een verstoring van de bevoeiing van een lidmaat, kan leiden tot ischemie van desbetreffende lidmaat.

Als verpleegkundige is het belangrijk om de ledematen van de patiënten te observeren. Om ischemie op tijd op te sporen, kan er als verpleegkundige gelet worden op tekens van een arteriële occlusie, zoals verder in dit hoofdstuk besproken zal worden.

Acute ischemie van een lidmaat is een plots verminderde perfusie van het desbetreffende lidmaat (Smith & Bhimji, 2017; Mitchell, Mohler & Carpenter, 2011). Acute ischemie moet volgens Smith & Bhimji (2017) als vasculaire noodsituatie beschouwd worden, aangezien het betreffende lidmaat in gevaar kan komen en bedreigd zal worden (Mitchell et al., 2011). Een vroege detectie van enkele tekens wat kunnen wijzen op een acute occlusie van de arterie is zeer gunstig om het lidmaat te behouden, aangezien een laattijdige opmerking kan lijden tot een verhoogde morbiditeit en verlies van het desbetreffende lidmaat (Smith & Bhimji, 2017; Mitchell et al., 2011).

Een lidmaat met een arteriële occlusie zal een bleek uitzicht hebben, koud aanvoelen en er zullen vaak geen of zeer zwakke pulsaties gevoeld worden (Allen et al., 2011; Cheng et al., 2014; Smith & Bhimji, 2017; Mitchell et al., 2011). Een ander, zeer belangrijk teken van een verminderde perfusie, is de capillaire refill. Een vertraagde capillaire refill kan wijzen op een verminderde doorbloeding van het desbetreffende lidmaat (Mitchell et al., 2011). De klinische tekens zullen zich voordoen aan de distale zijde van het desbetreffende lidmaat (Smith & Bhimji, 2017).

Wanneer de palpatie van pulsaties handmatig niet kan worden waargenomen, kan er gebruik gemaakt worden van een Doppler, waarbij de pulsatie via bepaalde geluidsgolven waargenomen wordt, indien er nog pulsaties aanwezig zijn (Smith & Bhimji, 2017; Mitchell et al., 2011).

Het gevoel van pijn wordt vaak waargenomen tijdens een arteriële occlusie. De pijn hangt vaak af van de positie van het lidmaat (Smith & Bhimji, 2017). De pijn zal merkbaar zijn wanneer men rust of wanneer er een passieve beweging uitgevoerd wordt (Taylor, Sullivan & Mehta, 2012; Frink, Hildebrand, Krettek, Brand & Hankemeier, 2010). Naarmate de duurtijd van de occlusie en ischemie aanwezig blijft, zullen er steeds meer gevoelsstoornissen optreden, zoals tintelingen en een verminderd gevoel. In een latere fase van ischemie kan er sprake zijn van een verlamming van het lidmaat, wat wijst op langdurige en ernstige spierschade (Mitchell et al., 2011; Smith & Bhimji, 2017; Taylor et

al., 2012). Men moet bedacht zijn op het feit dat patiënten met ECMO vaak sedatie en analgesie toegediend krijgen (Delnoij et al., 2016). Dit kan belangrijke symptomen zoals pijn, paresthesieën en verlamming volledig maskeren (Frink et al., 2010).

Een arteriële occlusie of ischemie kan daartoe nog lijden tot meer ernstige wendingen. Het ontstaan van een compartimentsyndroom is een van de voorbeelden hiervan (Allen et al., 2011; Abrams et al., 2014; Cheng et al., 2014; Al-Attar et al., 2017; Smith & Bhimji, 2017). Na het behandelen van ischemie, wat veroorzaakt werd door de arteriële occlusie, kan er een reperfusie-syndroom ontstaan. Dit kan op zijn beurt leiden tot een compartimentsyndroom. Bij reperfusie zal het ischemisch spierweefsel opnieuw van bloed voorzien worden (Frink et al., 2010; Smith & Bhimji, 2017). Hierdoor kan er oedeemvorming ontstaan, wat tot een verhoogd druk in een bepaald compartiment kan leiden. Door middel van de oedeemvorming, verhoogt de capillaire permeabiliteit, wat op zijn beurt zal leiden tot hypoxie en acidose (Frink et al., 2010). In de labowaarden van de patiënt, zal er een opmerkelijke stijging waarneembaar zijn van creatinekinase en het lactaat, eveneens dat er sprake zal zijn van myoglobinurie (Smith & Bhimji, 2017).

Om schade aan de arterie te vermijden, kunnen er enkele oplossingen worden toegepast. Er wordt vaak een kleinere canule geplaatst of een soort shunt naar de distale slagader op het been (Allen et al., 2011; Baran, 2017; Abrams et al., 2014; Sorokin et al., 2017).

Over de schade bij Venovenueuze canulatie vermelden Sorokin et al. (2017) dat het gebruik van een dubbele canule in de vena femoralis vermeden dient te worden. Het gebruik van een dubbele canulatie kan leiden tot stase van het bloed in onderste ledematen en buikslagaders waardoor de veneuze retour belemmerd kan worden. Hierbij zal een enorme zwelling van het onderste lidmaat optreden en eventueel leiden tot het ontstaan van een compartimentssyndroom

6.5 Infectie

Zoals eerder beschreven, kan het ECMO-circuit een inflammatoire lichaamsreactie uitlokken bij de patiënt (Delnoij et al., 2016; Makdisi & Wang, 2015). Bij een inflammatoire reactie treden er ook tal van reacties op zoals een stijging van leukocyten, uitscheiding van ontstekingsmediatoren en stijging van de vasculaire permeabiliteit (Millar et al., 2016; Delnoij et al., 2016). Een gestegen vasculaire permeabiliteit zorgt ervoor dat vocht uit de bloedbaan kan treden naar het interstitium, wat tot oedeemvorming kan leiden. Hierdoor zal het volume vocht in de bloedbaan dalen waardoor dit ook een dalend effect op de bloeddruk zal hebben. Substitutie van Albumine® kan vocht terug naar de bloedbaan trekken (Ono, Egawa & Kabashima, 2017).

Infecties hebben een significante invloed op de mortaliteit van patiënten en zijn een veel voorkomende complicatie bij patiënten met ECMO. Patiënten die ECMO-ondersteuning krijgen, hebben in vergelijking met andere kritieke zieke patiënten nog een hoger risico op het krijgen van infecties (Biffi et al., 2017). Ook volgens Delnoij et al. (2016) is de infectie zeker te wijten aan de toepassing van ECMO, maar ook de leeftijd en de immuunsuppressie heeft invloed op het ontstaan en de uiting van een infectie.

De meest voorkomende infectie bij patiënten met ECMO zijn bloedbaaninfecties, naast dit soort van infectie komen er ook veel luchtweginfecties voor. Urineweginfecties worden in mindere mate beschreven (Biffi et al., 2017).

Wanneer men een vergelijking maakt met neonatale kinderen, pediatrische kinderen en volwassenen is te zien dat er een hoger infectie risico voorkomt bij de pediatrische en volwassen populatie (Biffi et al., 2017). Gezien deze literatuurstudie zich toespitst op de volwassen populatie zal er verder geen vergelijking gemaakt worden tussen deze verschillende groepen.

In de studie van Biffi et al. (2017) worden de risico's verbonden aan canulatie en andere geplaatste katheters beschreven. Er wordt gesteld dat veno-arteriële ECMO een hoger risico op infectie met zich meedraagt dan veno-veneuze ECMO. Zeker wanneer er gekeken wordt naar de centrale canulatie ziet men een verhoogd risico. Wanneer men bij veno-arteriële ECMO de borstkas van de patiënt open laat, bestaat er bijgevolg een groot risico op mediastinitis. Anderzijds ziet men bij dubbel-lumen canules die jugulair geplaatst worden een daling van het infectierisico. Een centraal-veneuze lijn alsook femorale canulatie zouden het risico op bloedbaaninfecties verhogen.

Er bestaat ook een verband tussen duur van ECMO en het ontstaan van infecties. Enerzijds zal de weaning van ECMO moeten uitgesteld worden indien er een infectie optreedt bij een patiënt met ECMO-ondersteuning, wat bijgevolg leidt tot een langere duur van ECMO. Anderzijds wordt gesteld dat langdurige ECMO-ondersteuning een verhoogd risico op infecties met zich meebrengt (Biffi et al., 2017).

Bij kritiek zieke patiënten zijn er verscheidene risicofactoren aanwezig die de kans op infecties verhogen. Deze factoren zijn onder andere centrale katheters, orotracheale tubes, urinaire katheters en extracorporele hemofiltratie. ECMO-patiënten hebben bovendien nog een bijkomend risico aangezien er naast de katheters ook canules aangebracht worden in de bloedbaan, wat kan leiden tot een systeemreactie (Biffi et al., 2017; Millar et al., 2016).

Bij het opsporen van infecties, is de temperatuur vaak een eerste alarmteken wat kan wijzen op een infectie. Bij een patiënt met ECMO is dit anders. Bij ECMO zal het bloed uit de patiënt worden onttrokken. Het bloed zal dan circuleren doorheen het circuit, waardoor het bloed zal afkoelen. Hierdoor zal de lichaamstemperatuur beïnvloed worden. Om deze reden wordt de temperatuurregistratie bemoeilijkt en is de stijging van de temperatuur geen betrouwbaar element om mee te bepalen of er eventueel een infectie aanwezig zou kunnen zijn (Allen et al., 2011; Delnoij et al., 2016).

De taak als verpleegkundige is dan ook belangrijk om infecties tijdig op te sporen of de uitlokkende factoren dagelijks te observeren.

Het observeren van de insteekpunten van de canules en de huid van de patiënt is een dagelijkse activiteit die meermaals per shift de aandacht vraagt. Roodheid, zwelling, verwekingen, huidstatus, (respiratoire) secreties ... vragen de nodige alertheid om tijdig een infectie op te sporen en te behandelen (Delnoij et al., 2016). Een andere mogelijkheid om een infectie op te sporen, is het nagaan van de laboresultaten. Er wordt dan vooral gekeken naar de witte bloedcellen, CRP, eiwit- en albumineconcentraties (Allen et al., 2011; Delnoij et al., 2016; Kupra et al., 2017). Volgens Allen et al. (2011), Delnoij et al. (2016), Kupra et al. (2017) en Makdisi & Wang (2015) worden er regelmatig culturen afgenomen om eventuele infecties op te sporen en tijdig te ontdekken. Hierbij vermelden

Makdisi & Wang (2015) dat er ook culturen genomen worden van het circuit. De opwarming van het bloed in het circuit, kan een goede bron voor bacteriën vormen (Biffi et al., 2017).

Volgens (Abrams et al., 2014) is het belangrijk om infecties te voorkomen, aangezien het optreden van infecties gepaard zou gaan met een langere duur van kunstmatige ventilatie, nood aan ondersteuning van de ECMO en ziekenhuisduur. Om het ontstaan van infecties zo goed mogelijk te voorkomen, kunnen er enkele preventieve maatregelen genomen worden.

Verzorging van een ECMO-patiënt vraagt meteen ook vele manipulaties. Deze frequente manipulaties zorgen voor een verhoogd risico op infecties, waardoor het belangrijk is om de vele manipulaties zo aseptisch mogelijk uit te voeren (Makdisi & Wang, 2015; Delnoij et al., 2016). Aangezien ECMO-patiënten kritiek zieke patiënten zijn, met een verhoogd infectierisico, wordt er vaak isolatiemateriaal gebruikt tijdens de verzorging van de patiënt, om te patiënt te beschermen tegen ziekteverwekkers van buitenaf (Kupra et al., 2017; Liang, Marshall, Schuur & Theodoro, 2014). Dit wordt ook protectieve isolatie genoemd (Liang et al., 2014).

Het toepassen van handhygiëne doet het risico op kruisbesmetting dalen. Het steriel inbrengen van een blaassonde kan het risico op urineweginfecties doen afnemen. Katheters dienen steriel gemanipuleerd en ontsmet te worden met een alcoholisch ontsmettingsmiddel zoals Chloorhexidine® (Liang et al., 2014).

Vaker wordt er beslist om preventief antibiotica op te starten (Allen et al., 2011), maar Delnoij et al. (2016) vermelden dat het toedienen van antibiotica als profylaxe niet aanbevolen wordt. Indien er een vermoeden van een infectie aanwezig is, wordt er wel snel een breedspectrum antibiotica opgestart (Delnoij et al., 2016).

6.6 Renale problemen

Een complicatie die nog gepaard gaat met het gebruik van ECMO is nierfalen of renale problemen (Allen et al., 2011; Delnoij et al., 2016; Baran, 2017; Makdisi & Wang, 2015; Cheng et al., 2014; Al-Attar et al., 2017).

Volgens Baran (2017) en Cheng et al. (2014) ontstaan nierproblemen door een verminderde perfusie. De perfusie kan verstoord raken door een verminderde bloedtoevoer (Cheng et al., 2014) of doordat de bloedvaten van de nieren worden afgesloten door eventuele stolsels (Baran, 2017). Volgens Makdisi & Wang (2015) kunnen nierproblemen ook ontstaan door de reactie van het lichaam op het vreemde materiaal. Door deze acute ontstekingsreactie zal het afweersysteem van het lichaam in actie treden, waardoor er een capillair lek ontstaat met als gevolg een verminderd circulerend volume.

De eerste 48 uur is een oligurische fase. Na 48 uur komt de diuretische fase terug op gang en herstelt de nierfunctie zich. Wanneer de oligurische fase langer dan 48-72 uur aanhoudt, is het nodig om diuretica toe te dienen aan de patiënt om zo de oedeemvorming, die ontstaat door het capillaire lek, te verminderen. Er kan geopteerd worden voor niervervangende therapie, wanneer de diurese niet op gang komt. Het langdurige gebruik

van niervervangende therapie gaat gepaard met een hogere graad van mortaliteit (Makdisi et al., 2015).

Acuut nierfalen wordt vaak gekenmerkt door een aanzienlijke toename in het serumcreatinine. Volgens de KDIGO-richtlijnen kan acuut nierfalen gediagnosticeerd worden volgens bepaalde criteria. Er moet voldaan worden aan volgende veranderingen:

- Een toename van het serumcreatinine met de waarde van 0,3 mg/dl binnen de 48 uur;
- Een stijging van het serumcreatinine met 1,5 van het serumcreatinine ten opzichte van de normaal waarden, opgetreden binnen de zeven dagen;
- Een verminderde urineproductie, met als referentiewaarde 0,5 ml/kg/dag, langer dan 6 uur.

(Patschan & Müller, 2015).

Men moet niet uit het oog verliezen dat het serumcreatinine geen goede parameter is om acuut nierfalen te diagnosticeren aangezien het serumcreatinine pas zal stijgen in een latere fase, wanneer al sprake is van 60% verminderde nierfunctie (Patschan & Müller, 2015). Patiënten die te maken krijgen met acuut nierfalen vertonen geen klinische symptomen die meer of minder specifiek zijn voor deze ziekte. Wanneer de nierfunctie dreigend in gevaar is en men overgaat naar acuut renaal falen, kan er worden gesproken over vier stadia (Patschan et al., 2015).

Klinische tekens kunnen pas opgemerkt worden wanneer de patiënt in het tweede stadium komt. Het tweede stadium wordt gekenmerkt door oligurie of anurie. De urine-output van de patiënt is grotendeels verminderd. Dit wordt opgemerkt bij minstens 70% van de patiënten. Een gevolg van oligo-anurie is een vochtretentie met risico op hypertensie en hartfalen met als gevolg longoedeem. Door een verminderde urineproductie worden verder geen elektrolyten en afvalproducten uitgescheiden. Men kan dan spreken van een toxiciteit die gepaard kan gaan met een aantal symptomen, zoals bijvoorbeeld jeuk, neurologische achteruitgang, braken, diarree, hartritmestoornissen enzovoort. Er kan ook een trombocytendysfunctie optreden, waardoor er een kans bestaat op het ontstaan van bloedingen bij de patiënt. Uremie aanwezig bij de patiënt vereist vaak dialyse (Patschan et al., 2015).

Wanneer de patiënt zich in het derde stadium bevindt, is er sprake van polyurie. Dit duidt meestal op herstel van de nierfunctie. Hier moet men bedacht zijn op het aanzienlijk verliezen van natrium, water en kalium (Patschan et al., 2015).

6.7 Luchtembolie

Zoals eerder vermeld, kan een longembolie vooral veroorzaakt worden door problemen in het circuit. Hierbij werd er ook vermeld dat er bepaalde drukken geobserveerd dienen te worden. Een luchtembolie kan ontstaan doordat lucht in het vasculaire systeem binnendringt (McCarthy, Behraves, Naidu & Oklu, 2016).

Symptomen van een luchtembool bij de patiënt zelf, moeten door de verpleegkundige geobserveerd en herkend worden. De klinische presentatie van een luchtembolie bij de patiënt is moeilijk te diagnosticeren, aangezien de symptomen niet-specifiek zijn. Er zijn

enkele tekenen waarop men bedacht moet zijn, zoals pijn op de borst, hoesten, dyspneu, verminderd bewustzijn, hemiparese, hemiplegie (McCarty, et al., 2016). Aangezien de patiënt tijdens de ECMO gesedeerd is, zijn enkele van vorige beschreven tekenen niet op te merken.

Bij een gesedeerde patiënt moet men bedacht zijn op enkele andere veranderingen. Een vermindering van de end-tital CO_2 waarde, is een eerste indicator om bij gesedeerde patiënten het risico op een luchtembolie op te merken. Bij de afname van een elektrocardiogram kan men tachycardie en ST-veranderingen opmerken. Op een bloedgas moeten de waarden van PO_2 en PCO_2 nagegaan worden. Meestal wordt er hypoxemie en hypercapnie aangetoond. Een verminderde zuurstofsaturatie, gemeten via de pulseoximetrie, is een laattijdig kenmerk van een luchtembolie. Bovendien kan men op een CT-scan van de thorax en bij een transesofageale echocardiografie kleine hoeveelheden lucht detecteren (McCarty et al., 2016).

Door de vorming van een luchtembool in de veneuze circulatie, is er kans op obstructie ter hoogte van de longen. McCarty et al. (2016) stelde vast dat kleine hoeveelheden lucht in het veneuze systeem asymptomatisch kunnen verlopen, terwijl kleine hoeveelheden lucht in het arteriële systeem al snel tot complicaties kan lijden. Bij patiënten die lijden aan een foramen ovale, bestaat de kans dat lucht zich verplaatst van het rechterhart naar het linkerkant met als gevolg een paradoxale embolie. Door de verplaatsing van een luchtembolie in de arteriële circulatie, is er een kans op ernstige cerebrovasculaire complicaties. Delnoij et al (2016) haalden aan dat een circulatiestilstand kan ontstaan, indien het luchtembool in de arteriële circulatie terecht komt.

Er zijn enkele interventies die toegepast kunnen worden om het risico op een luchtembolie te verkleinen. De patiënt in trendelenburg plaatsen tijdens het inbrengen van katheters in de vena cava, zorgt ervoor dat de centrale veneuze druk verhoogd en er een verminderde kans is op aanzuiging van lucht. De lumina van katheters moeten goed luchtledig gemaakt zijn en de vele connecties moeten goed vastgedraaid worden. Eveneens kan er gebruik gemaakt worden van luer-lock verbindingen, om zo aanzuiging van lucht buitenaf tegen te houden (McCarty et al., 2016).

6.8 Neurologische problemen

Neurologische complicaties bij patiënt met ECMO kunnen ingedeeld worden in de complicaties die ervoor gezorgd hebben dat de patiënt ECMO dient te krijgen én de complicaties verworven tijdens de aanwezigheid van ECMO (Xie et al., 2017; Bowling et al., 2016).

Complicaties op neurologisch gebied, dus ook op gebied van het centrale zenuwstelsel, zouden geassocieerd zijn met enkele beïnvloedende factoren. Enkele van deze factoren zijn de leeftijd van de patiënt, een hartstilstand waarvoor extracorporele membraanoxygenatie opgestart is, gebruik van inotropica tijdens de ECMO periode en het optreden van hypoglycemie tijdens de post-extracorporele membraanoxygenatie fase (Baran, 2017). Volgens Makdisi & Wang (2015) zouden er ook andere elementen meespelen in het veroorzaken van een intracraniële bloeding. Enkele van deze elementen zijn bijvoorbeeld het gebruik van systemische Heparine®, trombocytopenie, problemen

van de bloedstolling en een stijging van de systolische bloeddruk. Bowling et al (2016) halen nog enkele belangrijke oorzakelijke factoren van neurologische complicaties aan, zoals het ontstaan van een sepsis, embolievorming, systemische anticoagulantia en de verhoogde aanwezigheid van stress.

Complicaties ter hoogte van het centrale zenuwstelsel zou volgens Makdisi & Wang (2015) voor 48% voorkomen bij patiënten die ECMO hebben voor een langere periode dan 12 uur. Een epileptische aanval is ook een complicatie die zich kan voordoen bij een patiënt. Hiervoor stelt Makdisi & Wang (2015) dat het vermoeden of de werkelijke aanwezigheid van epileptische aanvallen zeer strikt behandeld moeten worden.

Bij patiënten met ECMO worden er vaak sedatieve producten gebruikt, waardoor de patiënt niet bij bewustzijn is. Het gebruik van sedatie weerhoudt het deskundig team, waaronder artsen en verpleegkundigen, om de neurologische status van de patiënt te beoordelen en te evolueren (Xie et al., 2017).

Het vermijden van dislocatie van de canules en mechanische ventilatie kunnen enkele redenen zijn om te patiënt door middel van sedatie gesedeerd te houden (Delnoij et al., 2016). Volgens Delnoij et al. (2016) zou sedatie en analgesie ook gebruikt worden om de angst van de patiënt te onderdrukken en zo de patiënt meer comfort te bieden. De dosis sedatie wordt liefst beperkt gehouden zodat kiné- en fysiotherapie mogelijk blijft. Dit heeft een voordelig effect op vroegtijdige mobilisatie. Indien mogelijk zou de sedatie en eventuele curare zo snel mogelijk afgebouwd moeten worden. Hierdoor wordt de neurologische observatie niet meer beïnvloed door medicatie (Delnoij et al., 2016; Baran, 2017; Makdisi & Wang, 2015).

De neurologische beoordeling en opvolging behoort tot een belangrijke taak van de verpleegkundigen. De mortaliteit ligt duidelijk hoger bij de patiënten waarbij neurologische complicaties worden vastgesteld (Baran, 2017).

Het is belangrijk om focale deficits tijdig op te merken. Er wordt gekeken naar de pupillen van de patiënt. Hierbij wordt er nagegaan of er sprake is van mydriase of anisocorie. Klinische tekens van hemiplegie, verwardheid, aanhoudend coma, acute maligne hypertensie en intracraniele bloedingen moeten ook nauwgezet opgevolgd worden. Er wordt vaak gebruikt gemaakt van de National Institutes of Health Stroke Scale, ook wel de NIHSS genoemd. Dit is een bepaalde schaal die als hulpmiddel gebruikt kan worden om neurologische stoornissen te detecteren en op te volgen (Xie et al., 2017).

De ideale situatie zou volgens Baran (2017) en Makdisi & Wang (2015) een frequente opvolging zijn van het hoofd door het uitvoeren van een scan door middel van een computertomografie (CT). Het maken van een CT-scan is de belangrijkste tool om acute intracraniele complicaties, zoals een bloeding of infarct, in beeld te brengen (Xie et al., 2017). Het veelvuldig en frequent scannen van de patiënt is vaak in de ECMO-situatie onmogelijk (Baran; 2017).

Discussie

Op de onderzoeksvraag van deze specialisatieproef “Door welke verpleegkundige aandachtspunten kunnen complicaties vermeden worden bij volwassen patiënten met ECMO?” zijn er enkele antwoorden gevonden vanuit de literatuurstudie.

Er werd gebruik gemaakt van verschillende designs van wetenschappelijk artikels, namelijk enkele systematic reviews, meta-analyses en reviews samen met aanvulling van een RCT, cohort studies en expert opinions. Hieruit konden we besluiten dat de verkregen informatie betrouwbaar was.

Al snel bleek dat er heel wat artikels beschikbaar waren in de databanken over ECMO in het algemeen. Er werd veel informatie beschreven over de soorten ECMO, de technische aspecten en de complicaties, maar de verpleegkundige aandachtspunten werden minder aangehaald. Hierdoor hebben wij als groep de complicaties die werden beschreven in de wetenschappelijke artikels, proberen om te zetten naar aandachtspunten die verpleegkundigen in acht moeten nemen.

Op vlak van verpleegkundige aandachtspunten en verzorging van de patiënt met een ECMO, zou het zeker een meerwaarde bieden als hier meer onderzoek naar verricht zou worden. Het Engelstalige boek “Nursing & ECMO” (Mossadegh, 2017) was de enige bron die duidelijk de verpleegkundige aandachtspunten beschreef. In het boek werden verschillende aandachtspunten vermeld die specifiek gericht zijn op de verpleegkundige zorg voor een patiënt met ECMO, wat voor ons een zekere meerwaarde was.

In de literatuur worden verschillende vormen van ECMO beschreven, maar wij hebben ons voornamelijk toegespitst op veno-veneuze en veno-arteriële ECMO. Over de verschillende methoden van canulatie is veel wetenschappelijke literatuur te vinden. Enkel in de studie van Murphy et al. (2015) werd de fixatie van canules beschreven. Er werd vermeld dat de canules enkel met verband gefixeerd mogen worden, terwijl dit in de praktijk echter anders werd ondervonden. In de praktijk worden de canules gefixeerd door middel van een hechting en een verband om zo dislocatie van de canules te voorkomen. De literatuur vermeldt dat uiterste voorzichtigheid bij manipulatie van de patiënt belangrijk is (Delnoij et al., 2016). Echter worden concrete acties of zorgrichtlijnen omtrent de verzorging van de patiënt niet weergegeven in de wetenschappelijke studies. In de praktijk werden er verschillende mogelijkheden gezien op welke manier de hygiënische zorgen bij een patiënt met ECMO werden uitgevoerd. Ook werd hier geen eenduidigheid opgemerkt omwille van een gebrek aan specifieke richtlijnen. Oftewel werd de patiënt gedraaid, oftewel horizontaal opgetild door middel van een speciale lift. Welke methode uiteindelijk het meest veilig en efficiënt is, blijft voor ons ook nog steeds onduidelijk. Daarom zijn wij van mening dat er nog nood is aan verder onderzoek over de verpleegkundige zorg bij een patiënt ECMO.

Verder wordt er over de femorale canulatie bij een VA-ECMO vermeld dat er een distale canule geplaatst wordt om ischemie van het desbetreffende lidmaat te voorkomen (Allen et al., 2011; Baran, 2017; Abrams et al., 2014; Sorokin et al., 2017). Om het lidmaat van voldoende bloed te voorzien, wordt er in de praktijk gebruik gemaakt van een flow over de canules van minstens 150 ml/min. Deze flow dient regelmatig geobserveerd te worden. Ook dit werd helaas niet specifiek weergegeven in de wetenschappelijke artikels, ondanks dit toch een belangrijke meerwaarde is in de observatie van de patiënt.

Over de canulatie bij veno-veneuze ECMO werd veel informatie gevonden, maar enkel Sorokin et al. (2017) geven het belang weer van een eventuele distale katheter bij het gebruik van een canulatie in de vena femoralis om veneuze stase te voorkomen.

Als men naar de complicaties kijkt die kunnen voorkomen, zijn bloeding en trombosevorming één van de belangrijkste complicaties (Allen, et al. 2011; Al-Attar et al., 2017; Kupra, Krukowskasitek & Ozga, 2017; Delnoij et al., 2016; Makdisi & Wang, 2015; Aubron et al., 2016). De vele controles van de ACT en aPTT zijn dan ook essentieel in de verzorging en observatie van een ECMO-patiënt. Toch is er nog een onenigheid over welke waarden gehandhaafd moeten worden. Het evenwicht tussen het vermijden van bloedingen en voorkomen van trombosevorming speelt een grote rol hierin.

Naast bloedingen en trombosevorming, werd hemolyse ook besproken in de literatuurstudie. Dit kan onder andere veroorzaakt worden door de pomp in het circuit (Allen et al., 2011). Vroeger werd er vooral gebruikt gemaakt van de rollerpomp terwijl vandaag de dag de toepassing van een centrifugaalpomp de voorkeur heeft. Dit is te wijten aan het feit dat de rollerpomp een continue flow wil garanderen, ongeacht het aanwezige bloedvolume van de patiënt. Hierdoor kan een te negatieve aanzuigdruk gecreëerd worden, waardoor een grotere kans op hemolyse ontstaat (Allen et al., 2011; Delnoij et al., 2016; Lequier et al., 2013).

Besluit

Ondanks de vele wetenschappelijke artikels en informatie over extracorporele membraanoxygenatie, werden er toch enkele gebreken ontdekt. De verpleegkundige aandachtspunten en interventies bij de complicaties misten helaas hun plaats in de verkregen bronnen. Omwille van deze reden is er in deze literatuurstudie gewerkt met aanvullende literatuur. Op deze manier werd er getracht om de verpleegkundige aandachtspunten concreet te beschrijven. Hierbij zijn er enkele handvaten beschreven die verpleegkundige in acht kunnen nemen bij het verzorgen van een patiënt met ECMO.

In de literatuur wordt er een eenduidigheid beschreven, maar dit betreft vaak het meer technische aspect omtrent ECMO. Toch worden er nog veel verschillen opgemerkt in de wetenschappelijke artikels, wat vaak voor onduidelijkheden kan zorgen. Verder werden er enkele gebreken van informatie opgemerkt, zoals de fixatie van de canules, verzorging van de patiënt, ... Hierdoor kan er geconcludeerd worden dat er nog verder onderzoek aangewezen is omtrent de aandachtspunten en interventies bij de complicaties.

Verpleegkundigen op intensieve zorgen staan het dichtste bij de patiënt en worden gezien als een belangrijke schakel in de verzorging en observatie van deze patiënten. Specifieke richtlijnen over de verpleegkundige zorgen, zoals bijvoorbeeld de hygiënische zorgen, manipulaties en dergelijke, zouden zeker een meerwaarde bieden voor de praktijk.

Bronnen

Abrams, D., Combes, A. & Brodie, D. (2014). Extracorporeal Membrane Oxygenation in Cardiopulmonary Disease in Adults. *Journal of the American College of Cardiology*, 63 (25), 2769-2778. DOI: 10.1016/j.jacc.2014.03.046

Al-Attar, N., Bouamra, O., Clark, S., Curry, P., Dougherty, S., Khorsandi, M., Pai, V., Tsui, S., Westaby, S. & Zamvar, V. (2017). Extra-corporeal membrane oxygenation for refractory cardiogenic shock after adult cardiac surgery: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Cardiothoracic Surgery*, 12 (1). doi: 10.1186/s13019-017-0618-0

Allen, S., Holena, D., McCunn, M., Kohl, B. & Sarani, B. (2011). A Review of the Fundamental Principles and Evidence Base in the Use of Extracorporeal Membrane Oxygenation (ECMO) in Critically Ill Adult Patients. *Journal of Intensive Care Medicine*, 26 (1), 13-26. DOI: 10.1177/0885066610384061

Auborn, C., Cheng, A.C., Pilcher, D., Leong, T., Magrin, G., Cooper, D.J. & Pellegrino, V. (2013). Factors associated with outcomes of patients on extracorporeal membrane oxygenation support: a 5-year cohort study. *Critical Care*, 17 (2). doi: 10.1186/cc12681

Aubron, C., Depuydt, J., Belon, F., Bailey, M., Schmidt, M., Sheldrake, J. & McQuilten, Z. (2016). Predictive factors of bleeding events in adults undergoing extracorporeal membrane oxygenation. *Annals of Intensive Care*, 6 (97), DOI 10.1186/s13613-016-0196-7

Baran, D. (2017). Extracorporeal Membrane Oxygenation (ECMO) and the Critical Cardiac Patient. *Current Transplantation Reports*, 4 (3). DOI 10.1007/s40472-017-0158-5

Biffi, S., Di Bella, S., Scaravilli, V., Peri, A. M., Grasselli, G., Alagna, L., Pesenti, A. & Gori, A. (2017). Infections during extracorporeal membrane oxygenation: epidemiology, risk factors, pathogenesis and prevention. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 50 (1), 9-16. DOI: 10.1016/j.ijantimicag.2017.02.025

Bouman, E. A., Delnoij, T. S. R., Driessen, R., Roekaerts, P. M., Sharma, A. S. & Strauch, U. (2016). Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation in Intractable Pulmonary Insufficiency: Practical Issues and Future Directions. *BioMed Research International*, 1-13. DOI: 10.1155/2016/9367464

Bounds, E. J. & Kok, S. J. (2017). *D Dimer. StatPearls*. Geraadpleegd op 4 maart 2018, via <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK431064/>

Bowling, S.M., Gomes, J. & Firstenberg, M.S. (2016). *Neurologic Issues in Patients Receiving Extracorporeal Membrane Oxygenation Support*. Geraadpleegd op 7 maart 2018 via <https://www.intechopen.com/books/extracorporeal-membrane-oxygenation-advances-in-therapy/neurologic-issues-in-patients-receiving-extracorporeal-membrane-oxygenation-support>

Cheng, R., Hachamovitch, R., Kittleson, M., Patel, J., Arabia, F., Moriguchi, J., Esmailian, F., & Azarbal, B. (2014). Complications of extracorporeal membrane oxygenation for treatment of cardiogenic shock and cardiac arrest: a meta-analysis of 1,866 adult patients. *The Annals of thoracic surgery*, 97 (2). doi: 10.1016/j.athoracsur.2013.09.008

Darrly, A., Matthew, B. & Daniel, B. (2015). Recirculation in Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation. *ASAIO Journal*, (61)2, p115-121, doi:10.1097/MAT.0000000000000179

Debaveye, Y. (2016 – 2017). *Shock* [ppt]. Leuven: University College Leuven, departement gezondheidszorg.

Debaveye, Y. (2016). *Hartchirurgie bij volwassenen: Postoperatief management* [ppt]. Leuven: University College Leuven, departement gezondheidszorg.

Delnoij, T.S.R., Driessen, R., Sharma, A.S., Bouman, E.A., Strauch, U. & Roekaerts, P.M. (2016). Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation in Intractable Pulmonary Insufficiency: Practical Issues and Future Directions. *BioMed Research International*. doi: 10.1155/2016/9367464

Frink, M., Hildebrand, F., Krettek, C., Brand, J. & Hankemeier, S. (2010). Compartment Syndrome of the Lower Leg and Foot. *Clinical Orthopaedics and Related Research* (468), 940-950. DOI 10.1007/s11999-009-0891-x

Gladwin, M.T, Kanias, T. & Kim-Shapiro, D.B. (2012). Hemolysis and cell-free hemoglobin drive an intrinsic mechanism for human disease. *The Journal of Clinical Investigation*, 122 (4), 1205-1208. doi: 10.1172/JCI62972

Greinacher, A. (2009). Heparin-induced thrombocytopenia. *Journal of Thrombosis and Haemostasis* 7 (1), 9-12. doi: 10.1111/j.1538-7836.2009.03385.x

Jüngen, IJ. & Tervoort, M.J. (2013). *Toegepaste geneesmiddelenkennis (niveau 5)*. Houten: Bohn Stafleu Van Loghum.

Kupra, S., Krukowskasitek, H., & Ozga, D. (2017). Nursing problems of patients undergoing venous-venous ECMO therapy. *Journal of Education, Health and Sport*, 7 (11). doi: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.1041918>

Lequier, L., Horton, S. B., McMullan, D. M. & Bartlett, R. H. (2013). Extracorporeal Membrane Oxygenation Circuitry. *Pediatric Critical Care Medicine*, 14 (5), 1-10. DOI: 10.1097/PCC.0b013e318292dd10

Liang, S. J., Marschall, J., Schuur, J. D. & Theodoro, D. L. (2014). Infection Prevention in the Emergency Department. *Annals of Emergency Medicine*, 64 (3), 299-313. doi: 10.1016/j.annemergmed.2014.02.024

Makdisi, G., & Wang, L. (2015). Extra Corporeal Membrane Oxygenation (ECMO) review of a lifesaving technology. *Journal of thoracic Disease*, 7 (7), 166-176. doi: 10.3978 / j.issn.2072-1439.2015.07.17

McCarthy, C.J., Behraves S., Naidu S.G., & Oklu, R. (2016). Air Embolism: Practical Tips for Prevention and Treatment. *Journal of Clinical Medicine*, 5 (11), 93. doi:10.3390/jcm5110093

Meani, P., Gelsomino, S., Natour, E., Johnson, D.M., La rocca, H.P.B., Pappalardo, F., ... Lorusso, R. (2017). Modalities and Effects of Left Ventricle Unloading on Extracorporeal Life support: a Review of the Current Literature. *European journal of Heart Failure*, 19(52), P84-91, DOI: 10.1002/ejhf.850

Meeuwis, B. (2009). Geschreven ECMO cursus, University College Leuven, Departement gezondheidszorg.

Millar, J. E., Fanning, J. P., McDonald, C. I., McAuley, D. F. & Fraser, J. F. (2016). The inflammatory response to extracorporeal membrane oxygenation (ECMO): a review of the pathophysiology. *Critical Care*, 20 (1), 1-10. DOI: 10.1186/s13054-016-1570-4

Mitchell, M.E., Mohler, E.R. & Carpenter, J.P. (2011). *Acute arterial occlusion of the lower extremities (acute limb ischemia)*. Geraadpleegd op 7 maart 2018 via <http://cursoenarm.net/UPTODATE/contents/mobipreview.htm?25/0/25615?view=print>

Mossadegh, C. (2017). Nursing care and ECMO: Springer. P45-70. Geraadpleegd op 9 maart 2018, via <http://www.springer.com/gp/book/9783319201009>

Murphy, D. A., Hockings, L. E., Andrews, R. K., Aubron, C., Gardiner, E. E., Pellegrino, V. A. & Davis, A. K. (2015). Extracorporeal Membrane Oxygenation – Hemostatic Complications. *Transfusion Medicine Reviews*, 29 (2), 90-101. DOI: 10.1016/j.tmr.2014.12.001

Napp, L.C., Kühn, C., Hoepfer, M.M., Vogel-Claussen, J., Haverich, A., Schäfer, A., & Bauersachs, J. (2016). Cannulation strategies for percutaneous extracorporeal membrane oxygenation in adults. *Clinical Research in Cardiology*, 105 (4), 283-296. doi: 10.1007/s00392-015-0941-1

Ono, S., Egawa, G. & Kabashima, K. (2017). Regulation of blood vascular permeability in the skin. *Inflammation and Regeneration*, 37 (11), 1-8. DOI: DOI 10.1186/s41232-017-0042-9

Patschan, D., & Müller, G.A. (2015). Acute kidney injury. *Journal of Injury and Violence research*, 7 (1), doi: 10.5249/jivr.v7i1.60

Sancar, E. (2017). *Heparin-Induced Thrombocytopenia: Medscape*. Geraadpleegd op 21 februari 2018 via <https://emedicine.medscape.com/article/1357846-overview#showall>

Schick, P. (2017). *Hemolytic Anemia Clinical Presentation*. Geraadpleegd op 7 maart 2018 via <https://emedicine.medscape.com/article/201066-clinical#showall>

Smith, D.A. & Bhimji, S.S. (2017). *Arterial Occlusion, Acute*. Geraadpleegd op 7 maart 2018 via <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK441851/>

Sorokin, V., MacLaren, G., Vidanapathirana, P.C., Delnoij, T. & Lorusso, R. (2017). Choosing the appropriate configuration and cannulation strategies for extracorporeal

membrane oxygenation: the potential dynamic process of organ support and importance of hybrid modes. *European journal of heart failure*, 75-83. doi: 10.1002/ejhf.849.

Taylor, R.M., Sullivan, M.P. & Mehta, S. (2012). Acute compartment syndrome: obtaining diagnosis, providing treatment, and minimizing medicolegal risk. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine* (5), 206-2013. DOI 10.1007/s12178-012-9126-y

Xie, A., Lo, P., Yan, T.D. & Forrest, P. (2017). Neurologic Complications of Extracorporeal Membrane Oxygenation : A Review. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 31 (5), 1836-1846. doi: 10.1053/j.jvca.2017.03.001