

Academiejaar 2018 - 2019

SATURATIEMETING OP DE ICU

Specialisatieproef in de Banaba Spoed & Intensieve zorgen
Departement Gezondheid & Welzijn UCLL Leuven

Auteurs: Demin Stijn, Geysenbergh Roel & Wegge Olivier

Inhoudsdeskundige: Peeters Jonathan

Promotor: Perrine Thiry



1. ABSTRACT

DOEL:

Deze literatuurstudie heeft als doel het in beeld brengen van de nodige kennis en informatie (basisfysiologie, invloedfactoren, kennis en meetmethoden) betreffende saturatiemeting.

ACHTERGROND:

Het monitoren van patiënten is één van de basistaken als verpleegkundigen op de kritieke diensten. De opkomst van de moderne technologie brengt echter meer verwachtingen van de verpleegkundige met zich mee. Deze hoogtechnologische omgeving brengt een aantal obstakels met zich mee wat het klinisch overzicht van de patiënt in het gedrang kan brengen. De saturatiemeter is één van de vele middelen die deel uitmaakt van deze monitoring. Het gebruik van deze technologie gaat gepaard met bepaalde verwachtingen naar verpleegkundigen toe, die de dag van vandaag nog niet altijd even goed worden ingelost. Vandaar de noodzaak om eenduidige informatie hierover te verspreiden en de nood van deze literatuurstudie.

METHODE:

Aan de hand van verschillende databanken (Limo, MEDLINE, Cochrane) en de sneeuwbalmethode werden door drie individuele onderzoekers er zestien basisartikels gezocht. Aanvullend werd er per onderwerp nog vijftig bronnen bij gezocht. Voor het bekomen van kwaliteitsvolle artikels werd er eerst een preliminair onderzoek gedaan, gevolgd door het opstellen van strenge in- en exclusiecriteria met een gerichte populatie. Elk artikel werd kritisch geanalyseerd naar betrouwbaarheid en kwaliteit vooraleer op te nemen in deze literatuurstudie.

RESULTATEN:

Deze literatuurstudie is opgebouwd beginnende met de basisuitleg van saturatiemeting met de nodige linken met de oxydissociatiecurve (ODC) en basisbegrippen zoals pO_2 , SpO_2 & Hb. In een aansluitend deel wordt er meer gewezen naar de kern van deze literatuurstudie namelijk beïnvloedende factoren, de nodige aandachtspunten bij de plaatsbepaling en de betrouwbaarheid van saturatiemeting met de nodige nadruk op het verpleegkundig aspect. De achtereenvolgende al dan niet beïnvloedende factoren worden besproken: COHb en MethHb, lactaat, vasopressie, verminderde systemische perfusie, huidpigmentatie, beweging, nagellak en de kennis van de verpleegkundige. Bij de plaatsbepaling wordt de nodige aandacht besteed betreffende verpleegkundige aandachtspunten tussen vingers, tenen, oorlellen, neus en voorhoofd. Er wordt nadien teruggekoppeld of deze verschillende locaties even betrouwbaar zijn op vlak van correcte meting ten opzichte arteriële bloedgasen, alsook de nodige reactietijd.

CONCLUSIE:

Zuurstofsaturatiemeting is een onmiskenbare wijze geworden in de huidige gezondheidszorg. Toch kan deze methode gemakkelijk worden beïnvloed door verschillende factoren die zeer frequent aanwezig zijn bij de kritiek zieke patiënt zoals COHb, MethHb, hypoxie, verminderde systemische perfusie, huidpigmentatie alsook beweging. De meest voorkomende gebruikte locatie is de vinger. Echter moeten verpleegkundigen zich hier niet toe beperken. De sensoren, zijnde aan de oorlel, neus of voorhoofd, kregen steeds de voorkeur tegenover de sensor aan de vinger in alle studies. Toekomstige technologieën zoals SET-saturatiemeters lijken een meerwaarde te betekenen voor de observatie van de kritiek zieke patiënt.

2. VOORWOORD

Deze literatuurstudie kadert in het afsluiten van onze driejarige opleiding als werkstudenten in de opleiding Bachelor-na-bachelor in de intensieve zorgen en spoedgevallenzorg.

Vanuit onze werkervaring op Mig A en ITE B te UZ Leuven Gasthuisberg was duidelijk geworden dit onderwerp "saturatiemeting" een steevast onderschat onderwerp is, waarbij we hopen het hierbij extra in de schijnwerpers te plaatsen.

Tijdens ons afsluitend academiejaar werden we bijgestaan door onze promotor, Perrine Thiry en onze werkveldbegeleider, Jonathan Peeters. Wij willen hen bedanken voor de leerrijke samenwerking, de gekregen feedback en de vele overlegmomenten. Eveneens willen wij onze collega's (Mig A en ITE B), alsook de hoofdverpleegkundigen en Mevr. Mieke Florquin bedanken voor de snelle en efficiënte manier van medewerking voor ons praktijkgedeelte. Jammer genoeg was er een te lage responsrate om er statisch relevante informatie uit te halen en is dus niet verwerkt in deze studie.

Ondergetekenden dragen de uiteindelijke verantwoordelijkheid voor de uitwerking van deze specialisatieproef.

Leuven, mei 2019

Demin Stijn, Geysenbergh Roel & Wegge Olivier

3. INHOUDSOVERZICHT

Inhoud

1.	Abstract	1
2.	Voorwoord.....	2
3.	Inhoudsoverzicht.....	3
4.	Inleiding.....	5
5.	Methodologie	7
	Design/zoekstrategie.....	7
	Setting – steekproef.....	7
	Inclusie- en exclusiecriteria	7
6.	Resultaten	8
	Wat is saturatiemeting?	8
	Spectrofotometrie en fotoplethysmographie	10
	Beïnvloedende factoren van buitenaf	11
	➤ Carboxyhemoglobine en Methemoglobine (Hyperbilirubinurie).....	11
	➤ Hypoxie	12
	➤ Vasopressie	13
	➤ Verminderde systemische perfusie.....	13
	➤ Huidpigmentatie.....	14
	➤ Beweging	14
	➤ Nagellak.....	15
	➤ Kennis van de verpleegkundige.....	16
	Kalibratie en labeling.....	16
	Plaatsbepaling	17
	➤ De Vingers en de tenen	17
	➤ Oren.....	18
	➤ Voorhoofd	18
	➤ Neus.....	19
	Betrouwbaarheid zuurstofsaturatiemeting	19
	Arteriële bloedgasanalyse	21
7.	Praktijk	23
	Beïnvloedende factoren	23
	Plaatsbepaling	24
	Delier en correctheid	25
	Visie op de toekomst.....	25
8.	Discussie.....	26

1) Populatie en karakteristieke kenmerken.....	26
2) Beïnvloedende factoren	27
➤ Plaatsbepaling.....	28
➤ Visie op de toekomst	28
9. Conclusie	29
10. Literatuurlijst	32
11. Bijlage: literatuurtabel	38

4. INLEIDING

Het continu monitoren en interpreteren van de vitale functies van patiënten is één van de kerncompetenties van een intensieve zorgen verpleegkundige. Deze basismonitoring bevat minimaal hartfrequentie- en hartrimtebewaking, (invasieve) bloeddrukmeting, perifere O₂-saturatiemeting, de diurese & bloedwaarden (Van den Brink, Lindsen, Uffink & Buijssen, 2016). Hierbij wordt uitermate veel gebruikt van technologie. Sinds 1960 kent de moderne ICU zijn opmars kenmerkend met zijn geavanceerde materialen en nood aan gespecialiseerde verpleegkundigen. Deze evolutie brengt echter nieuwe problemen met zich mee. Correct gebruik van het materiaal, technische defecten, de overvloed aan technische middelen waardoor het klinisch kijken naar een patiënt moeilijker wordt, het zijn slechts enkele obstakels die de moderne IC-verpleegkundige dient te overwinnen (Tunlind, Granström, & Engström, 2015; Voepel-Lewis et al., 2013).

Op de ICU is het opvolgen van de zuurstofgraad één van de kerntaken. Zuurstof is een levensnoodzakelijk element om op een efficiënte manier energie vrij te maken, wat plaatsvindt op celniveau. Indien er een omgeving van hypoxaemie ontstaat en de homeostase uit balans is, zal er overgeschakeld worden op het minder efficiënt anaeroob metabolisme, wat tot vorming van lactaat leidt. De noodzaak om dit zo goed mogelijk op te volgen is des te belangrijker (Grégoire, van Straaten-Huygen & Trompert, 2007; Van den Brink et al., 2016; Yönt, Korhan & Khorshid, 2011).

Dankzij de technologische vooruitgangen is er een heel arsenaal aan middelen om dit op te volgen, elk met zijn eigen specifieke toepassingen, zijn eigen voor- & nadelen. Allereerst dient er onderscheid gemaakt te worden tussen invasief en niet-invasief meten van zuurstof. Idealiter zou er continu invasief de zuurstofgraad gemeten moeten worden. Meer bepaald de p_AO₂ omdat deze de eerste zuurstofmoleculen zijn die ter beschikking zijn in het aerobe metabolisme. De opvolging van zuurstof kan gemeten worden onder de vorm van p_AO₂, p_iO₂, p_aO₂, ScvO₂, SO₂ & SpO₂ (Van den Brink et al., 2016). Bloedgasen worden algemeen aanvaard als zijnde het meest accuraat (indien correcte staalafname) omwille van een directe meting op het bloed door middel van fotometrie (Yönt et al., 2011). Echter zijn de onderzoekers op zoek gegaan naar eenvoudiger, indirecte & minder invasieve meetmethoden. Hierbij is belangrijk om een onderscheid te maken in "wat" men precies meet. Door de variatie aan meetmethoden is het onduidelijk geworden of alle meetmethoden even accuraat zijn en is er een bias ontstaan (Ebmeier et al., 2018; Yönt et al., 2011).

De meest gebruikte meetmethode is zuurstofsaturatiemeting (Jose, Lodha & Kabra, 2014; Seifi, Khatony, Moradi, Abdi & Najafi, 2018). Deze monitoring, afhankelijk van wijze, kent een hele opsomming aan mogelijke complicaties. Slechte weefselperfusie al dan niet ten gevolge van de pathologie (sepsis komt 6-15% bij van de ICU populatie voor; Kochet al., 2015), geen duidelijk beeld oxygenatie-dissociatie curve (ODC), foutieve toepassing en incorrecte voorbereiding van het meetinstrument, onvoldoende kennis over het meetinstrument (slechts 21.7% critical-care verpleegkundigen scoort >16/20; Kiekkas et al., 2013), vals positieve alarmen (op de traditionele verpleegafdelingen loopt dit op tot 64% van de desaturatie alarmen; Voepel-Lewis et al., 2013), ...; het zijn slechts enkele elementen die voor slechte of foutieve monitoring zorgt (Jubran, 2015; Wilson, Cowan, Lord, Zuege, & Zygun, 2010).

Het doel van deze paper bestaat uit hoofdzak (1) wat de effectiviteit is van de reeds in gebruik zijnde saturatiemeting methoden (2) ten opzichte van alternatieven bij ICU patiënten. Hierbij wordt er gekeken naar welke saturatiemeting globaal gezien het beste

is, rekening houdend met beste meting, meest te verdragen meter door de patiënt, minst risico op decubitus letsels, het economisch-ecologisch plaatje, Aan deze paper zijn een aantal neven objectieven gekoppeld. (3) Welke invloedfactoren zijn er om mee rekening te houden bij saturatiemeting. (4) Hoe wordt omgegaan met monitoring, meer bepaald de saturatiemeting door verpleegkundigen. (5) Is zuurstofsaturatiemeting, SpO₂ even betrouwbaar als bloedgassen, p_aO₂.

Opgestelde PICO:

PICO:

- **Patiënt, populatie of probleem:** ICU patiënten met monitoring
- **Interventies:** het gebruik van nieuwe, minder bekende, niet-toegepast meetinstrumenten
- **Comparison:** betrouwbaarheid oud vs nieuw
- **Outcome:** is de huidige saturatiemeting methode betrouwbaar genoeg voor zijn functie

Onderzoeksvraag:

Wat is de effectiviteit van de reeds in gebruik zijnde saturatiemeting methoden ten opzichte van alternatieven bij ICU patiënten.

5. METHODOLOGIE

DESIGN/ZOEKSTRATEGIE

Voor het komen tot een onderzoeksvraag is er eerst een preliminair onderzoek gevoerd betreffende het topic saturatiemeting. Na deze analyse is er een PICO opgesteld om vervolgens over te gaan tot het opstellen van de onderzoeksvraag om zo gericht te zoeken.

Bij dit onderzoek is gebruikt gemaakt van de MEDLINE, Limo en Cochrane databanken. Aangezien er een beperking is het aantal gebruikte databanken bestaat de kans dat relevante literatuur kan ontbreken. Om tot goede resultaten te komen zijn de zoektermen van ruim omvattend tot zeer specifiek gegaan. Het onderwerp "saturatiemeting" komt in 18.499 artikels aan bod. Na toepassing van de gekozen in- en exclusiecriteria zijn er zestien nuttige artikels overgebleven. In totaal zijn er een zestigtal nuttige bronnen toegepast in dit werk.

Gebruikte zoektermen voor dit onderzoek: saturation measurement, intensive care, oximetry, pulse oximetry, POM, accuracy, monitoring, arterial pulse oximetry, nail polish, nursing, enhanced signal extraction technologie, vasopression, lactaat, fore side, motion artefacts, pressure ulcers, hyperbilirubinaemia, knowledge, education en eventueel andere neventermen .

SETTING – STEEKPROEF

De ideale populatie voor deze specialisatieproef zijn al dan niet kritiek zieke patiënten met een verblijf op de intensieve zorgen. Het onderzoek dient duidelijk weer te geven wat de onderzoekopstelling is, wat de specificatie van pathologie is, wat als referentieparameters gebruikt wordt en welke variabelen (mogelijke invloedfactoren) geïn- en geëxcludeerd worden.

INCLUSIE- EN EXCLUSIECRITERIA

Na het bekomen van de resultaten werden volgende limieten gebruikt afhankelijk van het aantal zoekresultaten en de databank: humans, nursing, peer-reviewed, review en "5 of 10 years".

Initiële inclusiecriteria zijn: (systematische) reviews of Randomised Controlled Trials (RCT). Het belang hiervan is om goede samenvattingen te hebben over dit topic alsook kennistekorten te detecteren. Alle Aziatische en Midden-Oosten studies zijn geëxcludeerd wegens de reproduceerbaarheid, de uitgevoerde besprekingen en de verschillende cultuur. Eveneens worden studies die buiten de populatie vallen geëxcludeerd.

Echter zijn deze criteria en populatie veel te strikt. Er is vervolgens geopteerd voor ruimere criteria, alsook minder strikte in- en exclusie criteria. De soort populatie heeft geen belang meer en kan dus zowel kritiek zieke als gezonde proefpersonen bevatten. Het soort onderzoek kent een uitbreiding; naast RCT's en reviews komen cohort en case control studies aan bod. De etiologie van het onderzoek kent een inclusie indien het onderzoek betrouwbaar lijkt. Dit betekent dat elk artikel met grote achtzaamheid behandeld dient te worden. Deze zijn onderworpen aan een kritische analyse van de onderzoekers. De artikels zijn achtereenvolgens gescreend op relevantie en kwaliteit. Op vlak van relevantie is er vooral ingegaan op de resultaten en de discussie. Op vlak van kwaliteit zijn design, zes criteria om reviews te beoordelen, grootte van de steekproeven, gebruikte meetinstrumenten, gebruikte bronnen, wijze van de analyse en discussie van belang (Nieswiadomy & Smeets, 2013).

6. RESULTATEN

WAT IS SATURATIEMETING?

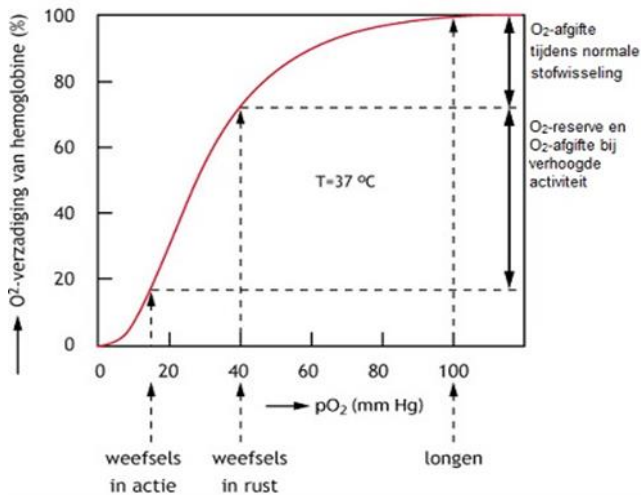
Saturatiemeting is de vijfde vitale parameter, naast bloeddruk, pols, temperatuur en ademhalingsfrequentie (Díaz-González, Rosa-Hormiga, Ramal-López, González-Henríquez & Marrero-Morales, 2017; Ebmeier et al., 2018; Singh, Sahi, Mahawar & Rajpurohit, 2017). Deze niet invasieve en gemakkelijk hanteerbare monitoringswijze reduceert het aantal bloedgasen. Een honderd procent nauwkeurige analyse bestaat echter niet en moet er op regelmatige basis een arteriële bloedgasanalyse gebeuren. Deze uitvinding, in 1970 door Takuo Aoyagi, is niet meer weg te denken uit de hedendaagse praktijk en kent zijn toepassingen in intensieve zorgen, het operatiekwartier, spoedgevallendienst, standaard afdelingen en thuiszorg (Tusman, Bohm & Suarez-Sipmann, 2017). Voordien werd de saturatie klinisch opgevolgd door de subjectieve, perceptieve parameter cyanose¹.

Zuurstof is één van de essentiële elementen die het menselijk individu nodig heeft om goed te kunnen functioneren. Er gebeurt een constant transport van zuurstof (O₂), opgenomen uit de omgevingslucht, vanuit de alveolen (in de longen) naar de cellen. Tegelijkertijd wordt er koolstofdioxide (CO₂) als afvalstof getransporteerd vanuit de cellen naar de longen om terug uit te ademen. Het transport van zuurstof wordt hoofdzakelijk uitgevoerd met behulp van rode bloedcellen, of ook wel erythrocyten genoemd. Hemoglobine is een eiwit dat aanwezig is in de erythrocyten en dat zuurstof kan binden, om het vervolgens te kunnen vervoeren naar de cellen. De normaalwaarde van het arterieel zuurstofpercentage bedraagt 95-100 procent. Indien zuurstof gebonden wordt aan het hemoglobine, krijgt het de term HbO₂ en dit staat voor oxyhemoglobine. De erythrocyten gaan vervolgens het gebonden O₂ transporteren naar de cellen in het lichaam, waarbij het hemoglobine de gebonden zuurstof kan afgeven aan de omliggende cellen. Na vrijgave van de gebonden zuurstofmoleculen wordt het hemoglobine deoxyhemoglobine genoemd (Mediscs4Medics, 2019). Deze vrijgave van zuurstofmoleculen aan de cellen, wordt verklaard aan hand van de zuurstofdissociatiecurve.

De saturatiemeter wordt gebruikt om het zuurstofpercentage van het hemoglobine (Hb) in het bloed te meten. Een saturatiemeter gaat de hoeveelheid oxyhemoglobine en deoxyhemoglobine detecteren en gaat deze weergeven als de zuurstofsaturatie of ook wel SpO₂ genoemd. Het gemeten zuurstofpercentage in de arteries wordt SaO₂ genoemd. De wijze van detectie wordt verder nog uitgebreid uitgelegd. Deze gemeten zuurstofsaturatie wordt steeds uitgedrukt in procent (AZ Sint-Lucas, 2014; Seifi et al., 2018; Díaz-González et al., 2017; Milutinović, Repić & Arandelović, 2016).

Saturatiemeters zijn gemakkelijk hanteerbaar, geven een snelle weergave van de zuurstofsaturatie en de saturatie kan op verschillende plaatsen gemeten worden. Dankzij saturatiemeters is er voor de meting van de zuurstofsaturatie 'geen' arteriële bloedgasanalyse nodig. Saturatiemeters zijn echter niet in staat tot een 100 procent nauwkeurige analyse van de gemeten zuurstofsaturatie. Omwille van deze reden is het noodzakelijk om op regelmatige basis een arteriële bloedgasanalyse uit te voeren.

¹ Cyanose is de blauwe verkleuring van de neus en extremiteiten als gevolg van een grote hoeveelheid hemoglobine dat niet gebonden is aan zuurstof. Cyanose is echter een slechte parameter die pas laatstijdig optreedt in de aanwezigheid van hypoxemie. Deze treedt pas op als de zuurstofsaturatie onder de 80% komt. (Milutinović et al., 2016)



(10voorbiologie, 2019)

De zuurstofdissociatiecurve legt de relatie uit tussen de PaO_2 (zuurstofspanning en de zuurstofsaturatie in het arterieel bloed). De zuurstofsaturatie geeft weer hoeveel procent van het hemoglobine gebonden is aan zuurstof. Deze relatie is echter niet lineair en afhankelijk van enkele factoren, namelijk: de temperatuur, pH en het CO_2 gehalte.

In de rechter bovenhoek van de curve wordt aangegeven dat bij een PaO_2 van 100 procent, er een saturatie (O_2 -verzadiging van hemoglobine) van bijna 100 procent aanwezig is (+/-98 procent). Bij een hoge

zuurstofspanning is er vastgesteld dat al het hemoglobine verzadigd is. Indien de partiële zuurstofspanning gedeeltelijk vermindert, blijft het hemoglobine echter verzadigd (rechter deel van de curve). Dit wil ook zeggen dat het oxyhemoglobine in mindere mate in staat is om zuurstof vrij te geven.

Ongeveer 75 procent van de zuurstof in het arteriële bloed wordt niet gebruikt door de cellen en keert zo terug naar het hart en de longen. Situaties, waarin dit het geval is, zijn er wanneer het lichaam in rust is en er geen fysieke activiteit plaatsvindt, of er zijn beïnvloedende factoren present in het lichaam die dit tot stand brengen. Als er in het lichaam een stijging van de pH van het bloed plaatsvindt (zuurtegraad van het bloed) of een daling van de temperatuur aanwezig is of er een daling van het CO_2 gehalte in het bloed plaatsvindt, dan gaat zuurstof moeilijker kunnen splitsen van het oxyhemoglobine (Peeters, 2014).

Bij een daling van de zuurstofspanning (verschuiving naar links op de curve) gaat er bij een PaO_2 van 80 mmHg en zelfs van 60 mmHg, slechts een beperkte daling in saturatie optreden (rode lijn op de afbeelding). Een PaO_2 van 60 mmHg zal dan saturaties rond de 90-92 procent weergeven.

Bij een nog verdere verschuiving naar links op de curve, vinden er bij beperkte dalingen in de PaO_2 , wel grotere dalingen plaats in de zuurstofsaturatie. Dit wil zeggen dat bij een verlaagde PaO_2 , er weinig hemoglobine gebonden is aan zuurstof. Dit wil ook zeggen dat het oxyhemoglobine, wel gemakkelijk zuurstof kan vrijgeven. Dit is een belangrijk gegeven omdat er via deze manier getracht wordt om de cellen te voorzien van voldoende zuurstof. Situaties waarin dit het geval is, zijn wanneer het lichaam in actie is en er een fysieke activiteit plaatsvindt, of er zijn beïnvloedende factoren aanwezig in het lichaam die dit tot stand brengen. Als er in het lichaam een daling van de pH van het bloed plaatsvindt, of een verhoging van de temperatuur aanwezig is, of een toename van het CO_2 gehalte in het bloed plaatsvindt, dan gaat zuurstof gemakkelijker kunnen splitsen van het oxyhemoglobine (Peeters, 2014).

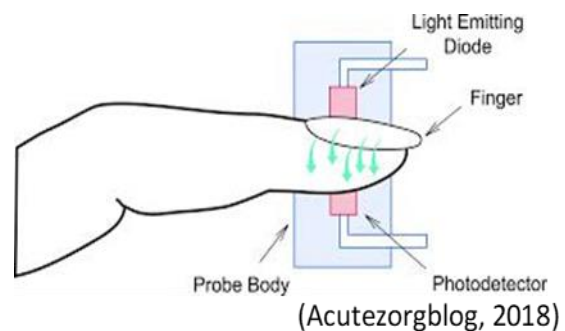
Dankzij de snelle registratie en weergave van het gemeten zuurstofpercentage kunnen verpleegkundigen, artsen, chirurgen en andere zorgverleners alsook de patiënten zelf tijdig ingrijpen om de oxygenatie te verbeteren en te waarborgen (Milutinović et al., 2016)

SPECTROFOTOMETRIE EN FOTOPLETHYSMOGRAPHIE

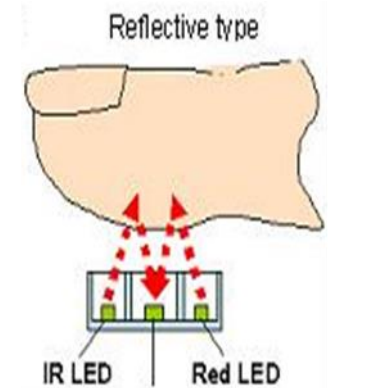
Saturatiemeters geven aan de hand van een niet-invasieve techniek het perifere capillaire en arteriële zuurstofpercentage weer. Dit percentage wordt gemeten bij elke hartslag aan de hand van foto-detectie of ook wel spectrofotometrie genoemd. Dankzij het feit dat alle moleculen bepaalde golflengtes uitzenden, kan men dit gegeven gebruiken om moleculen van elkaar te onderscheiden. (NL.Science19.com, 2019; Levien van Zon, s.a.).

Bij spectrofotometrie worden twee verschillende golflengtes van licht (één golflengte van rood licht op 660 nanometer (nm) en één golflengte van infrarood licht op 940 nm) door een goed doorbloed lichaamsdeel gescheten. Via deze manier wordt er een bepaling gemaakt van de mate van absorptie van deze twee golflengtes. Door de hoeveelheid uitgezonden en geabsorbeerd rood en infrarood licht te vergelijken, kan er een bepaling gemaakt worden van het hemoglobine- en deoxyhemoglobinegehalte (Tusman et al., 2017).

Bij conventionele saturatiemeters zijn twee lichtsensoren tegenover elkaar geplaatst op een goed doorbloed lichaamsdeel. Deze sensoren hebben elk een andere functie: één sensor is de transmitter (Light Emitting Diode) van rood en infrarood licht en de andere sensor is de detector (Photodetector) van rood en infrarood licht. De voornaamste locaties waar deze saturatiemeters geplaatst worden op het lichaam zijn de tenen, de oren en de vingers (Jubran, 2015; Nitzan, Romen & Koppel, 2014).



Recent zijn er nieuwe saturatiemeters op de markt gekomen waarbij gebruik gemaakt wordt van reflectietechnologie. Hierbij zitten de transmitter en de detector naast elkaar op het lichaamsoppervlak. Het grote voordeel hiervan is dat deze saturatiemeters op verscheidene locaties op het lichaam toegepast kunnen worden, terwijl de conventionele saturatiemeters beperkt zijn tot de tenen, de oren en de vingers. Zo kan men in geval van situaties waar de patiënt een verminderde bloedcirculatie heeft in de extremiteiten, veroorzaakt door bijvoorbeeld een verlaagde bloeddruk of een verlaagde lichaamstemperatuur deze saturatiemeters aanwenden.



Via deze technologie wordt de zuurstofsaturatie bepaald door de mate waarin licht wordt weerkaatst in plaats van de mate van absorptie. De voornaamste plaats van toepassing van deze saturatiemeters die gebruik maken van reflectie is het voorhoofd (Nitzan et al., 2014). Saturatiemeters presenteren hun gemeten zuurstofpercentage aan de hand van onderstaande curve.

Deze curve, ook wel gekend als de 'Photoplethysmographic waveform (PPG curve)' of 'Pulse Oximeter Waveform' is één van de meest weergegeven curves doorheen de gezondheidszorg. Deze wordt voornamelijk gebruikt om te kunnen evalueren of het weergegeven

Pulse Oximeter Waveform

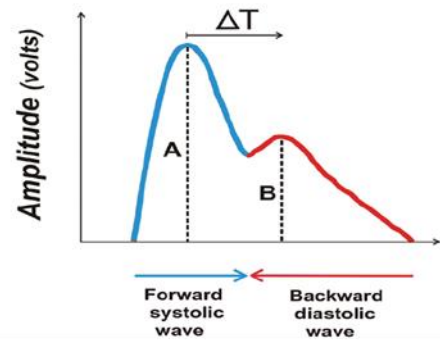


(Jubran, 2015)

zuurstofpercentage op de monitor effectief correct is of niet. Door middel van evaluatie van deze curve kan er bij presentatie van een 'Normal Signal' curve, afgeleid worden dat de saturatiemeter een correct zuurstofpercentage aan het meten is.

Naast de evaluatie van de PPG curve is er nog een hulpmiddel aanwezig dat helpt om de betrouwbaarheid van de SpO₂ meting op de monitor na te gaan, namelijk de perfusie index (PI). Dit is een weergave van het gemeten ratio pulsatiel bloed ten opzichte van het niet pulsatiel bloed en wordt op de monitor afgebeeld als een driehoekige curve. Als de driehoekige curve volledig ingekleurd is, dan is de gepresenteerde PPG curve gemeten in de aanwezigheid van een goede perfusie. Als er echter maar een beperkt deel hiervan ingekleurd is, dan is de meting mogelijks niet correct en dient men hier bedacht op te zijn (De Backer, Duprez & Clement, 2000).

Op technisch vlak heeft de PPG waveform weinig te maken met de zuurstofsaturatie van de patiënt. De PPG waveform geeft met behulp van infrarood licht een weergave van het totaal bloedvolume tijdens één hartcyclus op een tijdsas. Deze wordt gemeten op de locatie waar de saturatiemeter zich bevindt. De PPG waveform bestaat uit een voorwaartse systolische golf en een achterwaartse diastolische golf en is bijgevolg afhankelijk van de arteriële pulsatiliteit die de saturatiemeter registreert. Alle patiënten op intensieve zorgen kunnen onderhevig zijn aan factoren die de PPG waveform van de saturatiemeters kunnen beïnvloeden, waardoor het weergegeven SpO₂ percentage mogelijks niet correct is. Deze beïnvloedende factoren worden hierna verder besproken.



(Tusman, Bohm & Suarez-Sipmann, 2017)

BEÏNVLOEDENDE FACTOREN VAN BUITENAF

Uit verscheidene literatuurstudies die in dit wetenschappelijk onderzoek zijn geïncorporeerd, werd er geconstateerd dat saturatiemeters onderhevig zijn aan verscheidene beïnvloedende factoren. Deze factoren zorgen voor een mogelijks foutieve registratie van het gemeten zuurstofpercentage. In onderstaande alinea's worden deze factoren verder besproken.

➤ CARBOXYHEMOGLOBINE EN METHEMOGLOBINE (HYPERBILIRUBINERIE)

Bloed bevat echter nog andere soorten afgeleide stoffen van hemoglobines, waaronder carboxyhemoglobine en methemoglobine. Deze twee soorten hemoglobines zijn verantwoordelijk voor inaccurate registraties van het zuurstofpercentage. Carboxyhemoglobine (COHb) is een verbinding tussen hemoglobine en koolstofmonoxide (CO). De verbinding tussen CO en Hb is vele malen sterker dan de verbinding tussen O₂ en Hb, met als gevolg dat als er een groter aanbod aan CO is in het lichaam, Hb zich sneller gaat binden aan CO. Een verhoging van het COHb gehalte met één procent in het bloed zorgt voor een foutmarge van één procent in het gemeten SpO₂ percentage (Nitzan et al., 2014). De oorzaken van verhoogde CO concentraties zijn voornamelijk te wijten aan uitlaatgassen van auto's, gaskachels, houtkachels, en verwarmingsketels (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, 2018).

Methemoglobine (MetHb) is net zoals COHb al een gevormde verbinding, met als gevolg dat deze niet kan deelnemen aan het zuurstoftransport vanuit de longen naar de weefsel

waar zuurstof nodig is. De oorzaken van verhoogde MetHb concentraties zijn voornamelijk te wijten aan overdoseringen met geneesmiddelen als fenazopyridine, dapsone, lidocaïne, inname van massieve dosissen NPK meststoffen, inhalatie van vluchtige nitrieten (poppers: vluchtige, kort werkzame drugs) en blootstelling aan aniline op de werkvloer (Belgisch Antigifcentrum, 2019)

Een bijkomende veroorzakende factor voor de vorming van COHb en MetHb is bilirubine. Bilirubine is een afvalstof die zich na de afbraak van rode bloedcellen in de lever vormt. Elk individu heeft systematisch een hoeveelheid bilirubine in het lichaam, waarbij de lever ervoor zorgt dat dit door het lichaam uitgescheiden kan worden. Bij patiënten in het ziekenhuis zijn er frequent situaties waarin er sprake is van hyperbilirubinemie. Deze verhoging komt tot stand bij personen met bijvoorbeeld: leverstoornissen en hemolytische anemie (vroegtijdige afbraak van rode bloedcellen). Hier wordt het bilirubine dat niet verwijderd wordt door het lichaam gemetaboliseerd tot COHb en MetHb (Shallom, Prentice, Sona, Arroya, Mazuski, 2018; Lichtveld, 2006).

Om bovenstaande beïnvloedende factoren te kunnen elimineren zijn er saturatiemeters ontwikkeld die gebruik maken van meerdere golflengtes. Op deze manier zijn ze, zoals beschreven in het artikel van Jubran (2015) en Nitzan et al. (2014), in staat om COHb en MetHb te kunnen registreren. Zo zouden deze nieuwe saturatiemeters accurater de SpO₂ kunnen weergeven dan de conventionele saturatiemeters. Uit het onderzoek dat ze in het artikel van Jubran (2015) aanhalen is gebleken dat de precisie van de metingen van COHb en MetHb varieerden van -11,6% tot 14,14%. Hieruit concludeerden de auteurs dat deze nieuwe saturatiemeters niet de standaard laboratoriummetingen voor COHb en MetHb mogen vervangen (Jubran, 2015).

➤ HYPOXIE

Uit de verkregen studieresultaten waarin er werd nagegaan of hypoxie een invloed had op de nauwkeurigheid van een saturatiemeter, is gebleken dat saturatiemeters op intensieve zorgen een hoger SpO₂ percentage weergaven dan het respectievelijke SaO₂ percentage in geval van hypoxie. Bij het optreden van desaturatie (daling van de SaO₂ onder de 89 procent) werd er geconcludeerd dat saturatiemeters minder accuraat werden en de SaO₂ overschatten met een gemiddeld vertekeningspercentage van 1,44 procent. De reden van de niet accurate verhoogde meting is te wijten aan het optreden van een verhoogde concentratie van deoxyhemoglobine. Deze verhoogde concentratie veroorzaakt een storing in de spectrofotometrie. Deze resultaten waren statistisch significant² (p-waarde van 0,001)(Singh, Sahi, Mahawar & Rajpurhit, 2017).

Bovenstaande resultaten omtrent de verminderde betrouwbaarheid bij desaturatie van de studie van Singh et al. (2017) kwamen overeen met de studieresultaten van Wilson, Cowan, Lord, Zuege & Zygun (2010). Hun studieresultaten toonden een gemiddeld vertekeningspercentage van ongeveer twee procent.

Uit het onderzoek van Ebmeier et al. (2018) is echter gebleken dat saturatiemeters het SpO₂ percentage lager weergeven dan het effectieve SaO₂ percentage bij een desaturatie. De bekomen studieresultaten bleken echter niet statistisch significant te zijn (p-waarde van 0,18) (Wilson et al., 2010).

² *Statische significantie gaat op statische gegevens na of het onderzoeksresultaat op louter toeval berust al dan niet. Klinische significantie is een andere subtiele benadering waarbij het gaat of het onderzoeksresultaat in de praktijk betekenisvol is al dan niet.*

Een bijkomende beïnvloedende factor op de saturatiemeting gelinkt aan desaturatie, is de aanwezigheid van lactaat³ in het bloed.

Het onderzoek van Singh, Sahi, Mahawar & Rajpurhit (2017) stelt dat de aanwezigheid hiervan aantoont dat er hypoxie aanwezig is of was in het lichaam. De aanwezigheid van lactaat is recht evenredig met de aanwezigheid van hypoxie. Hypoxie veroorzaakt bijgevolg een vertekening in het weergegeven SpO₂ percentage en vertoonde een statistische significantie (p-waarde van 0.04). Het aanwezige lactaat zelf in het lichaam, heeft geen invloed op de saturatiemeting, lactaat (melkzuur) ontstaat echter bij hypoxie. Door de aanwezigheid van hypoxie gaan de arteriolen⁴ dilateren.

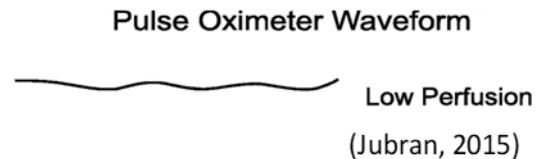
Het gevolg hiervan is dat de pulsatiliteit van de arteriële bloedflow gedeeltelijk getransfereerd wordt naar de venen. Aangezien de PPG waveform afhankelijk is van de arteriële pulsatiliteit ontstaat er door de bijkomende pulsatiliteit in de venen een beïnvloedende factor die tot vertekening van de gemeten SpO₂ kan leiden (Tuma, Durán, Ley (2008).

➤ VASOPRESSIE

Het gebruik van vasopressie toont geen statistische significantie aan (p-waarde van 0,06)(Singh et al., 2017). In het onderzoek van Hynson et al. (1992); Talke & Stapelfeldt (2006), geciteerd door Nitzan, Romen & Koppel (2014) wordt er een tegenstrijdig resultaat aangetoond met hierboven. Dit toont aan dat een verminderde perfusie veroorzaakt door vasopressie die resulteert in een verminderd PPG signaal, geassocieerd wordt met een verhoogde weergave van de SpO₂.

➤ VERMINDERDE SYSTEMISCHE PERFUSIE

Zoals eerder aangehaald wordt er in de studie van Singh et al. (2017) nagegaan via een groep testpersonen die een systolische bloeddruk hebben <90 mmHg of dit een invloed had op de meetresultaten van een saturatiemeter. Uit deze studie hebben ze geconcludeerd dat een verlaagde systolische bloeddruk geen statistische significantie behaalt (p-waarde van 0,71). Eerder in dit wetenschappelijk onderzoek werd er vermeld dat de PPG curve een weergave is van de hartcyclus. Bij een verlaagde bloeddruk gaat de saturatiemeter minder pulsatiliteit kunnen registreren van de arterie, met als gevolg dat deze curve meer afgevlakt gepresenteerd wordt en bijgevolg de SpO₂ mogelijks met periodes niet kan worden gemeten door de saturatiemeter.



³ Het lactaat is een zeer belangrijke parameter bij personen die kritiek ziek zijn en lijden aan aandoeningen zoals sepsis en een zware infectie in het lichaam. Door de infectie en de immuunrespons van het lichaam gaat het lichaam moeite hebben om zuurstof bij de cellen af te leveren. De bloedvaten gaan verwijden en laten plasma door de bloedvatwand heen, wat de zuurstofuitwisseling gaat verhinderen. Door dit tekort aan zuurstof in de cel, gaat de cel op een andere manier energie produceren. De cel gaat suiker verbranden op een manier waar heel weinig zuurstof voor nodig is (anaerobe verbranding). Dit is noodzakelijk omdat de cel in zuurstofnood zit. Door de anaerobe verbranding kom lactaat vrij. Lactaat is dus een alarmteken dat wijst op ernstige hypoxie, of zuurstoftekort in de cel. Een patiënt kan een goede zuurstofsaturatie hebben, maar toch lactaat aanmaken. Dit wil zeggen dat er wel genoeg zuurstof in het bloed aanwezig is, maar deze niet tot bij de cellen geraakt. Arteriële bloedgasanalyse blijft dus van groot belang (Andriessen et al., 2016; Aaldering et al., 2016).

⁴ Een arteriole is de kleinste vertakking van een arterie en is verantwoordelijk voor de regulatie van de bloedflow bij hypoxie en regelt de intravasculaire druk.

➤ HUIDPIGMENTATIE

Huidpigmentatie wordt als beïnvloedende factor aangehaald in het onderzoek van Schallom, Prentice, Sona, Arroyo & Mazuski (2018) en Ebmeier et al. (2018). In het onderzoek van Schallom et al. (2018) blijkt dat huidpigmentatie een invloed heeft op de accuraatheid van de weergegeven SpO₂. Hier was de accuraatheid bij Caucasians (blanke populatie) 2.65 keer hoger dan bij de populatie met een donkere huidskleur. Deze vaststelling is in het onderzoek statistisch significant (p-waarde van 0.04). Dit resultaat komt overeen met de resultaten uit het onderzoek van Ebmeier et al. (2018). Hier bleek dat een donkere huidskleur voor een overschatting van de SaO₂ zorgt (p-waarde van <0.001).

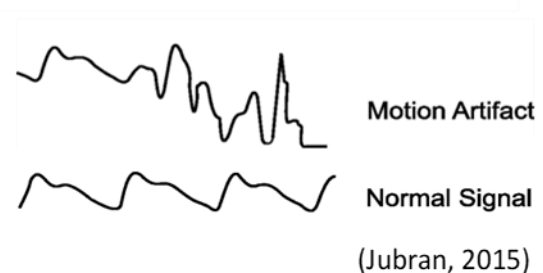
➤ BEWEGING

Beweging kent een grote impact op de betrouwbaarheid van saturatiemeters. Een saturatiemeter registreert slechts een klein deel van de pulsatiliteit die een arterie vrijgeeft. Omwille van deze reden zorgen bewegingsartefacten al snel voor een onstabiele PPG curve. De lichtsensoren gelokaliseerd op de huid bewegen heen en weer. Hierdoor wordt de meting van de optische sensors onderbroken, wat op zijn beurt een verstoring veroorzaakt in het weergegeven SpO₂ percentage. Doordat bewegingsartefacten op onregelmatige basis voorkomen en onvoorspelbaar zijn, is het moeilijk om deze weg te filteren. Sinds verscheidene jaren zijn bedrijven onderzoek aan het uitvoeren naar technieken of manieren om bewegingsartefacten te onderdrukken. Deze onderdrukking wordt in de hedendaagse tijd verwezenlijkt dankzij een verbetering van de hardware en door verschillende algoritmes toe te passen die in staat zijn een onderscheid te maken tussen correcte PPG signalen en bewegingsartefacten (Jubran, 2015; Wiley, 2006; Warren, Harvey, Chon & Mendelson, 2016).

Een concreet voorbeeld hiervan is de enhanced Signal Extraction Technology (SET) van Masimo®. Dit bedrijf ontwikkelde een saturatiemeter die door adaptieve filters en wiskundige algoritmen artefacten kan wegfilteren. Wetenschappelijk onderzoek of deze nieuwe technologie een bijdrage levert tot het uitfilteren van bewegingsartefacten is niet éénduidig. SET saturatiemeting is een verbetering volgens een aantal artikels zoals Barker (2002), anderzijds spreekt Jose et al. (2014) dit tegen.

In het artikel van Wiley (2006), geciteerd door Warren et al. (2016) geven ze aan dat bewegingsartefacten de voornaamste oorzaak zijn van het wegvallen van het signaal, foutieve registratie van de SpO₂ en bijgevolg meldingen van valse alarmen. Zo kan er bijvoorbeeld een zuurstofpercentage van 85 procent weergegeven worden, terwijl de gepresenteerde curve vergelijkbaar is met de curve van "Motion Artifact". In dit geval is het weergegeven zuurstofpercentage niet accuraat, en dient deze geherevalueerd te worden bij de presentatie van een "Normal Signal" curve op de monitor.

Pulse Oximeter Waveform



➤ NAGELLAK

Een andere mogelijke invloedfactor op een correcte meting is de applicatie van nagellak. Het besluit hieromtrent is niet sluitend. Oudere wetenschappelijke onderzoeken zoals Coté, Goldstein, Fuchsman & Hoaglin (1988) meldt dat nagellak wel degelijk een klinisch significante negatieve invloed kent op een correcte SpO₂. Een onderschatting van de SpO₂ tot zes procent (p-waarde onbekend), doordat nagellak meer licht rond 660 nm absorbeert. Het algemeen advies hieromtrent luidt "nagellak verwijderen". Deze bevindingen worden ook toegepast in de opleiding verpleegkunde (Dewinter, Milants & Van Vlasselaer, s.a.). Recentere onderzoeken brengen echter geen éénduidig antwoord. Het verwijderen van nagellak is geen noodzaak. Indien nagellak geen effect kent op de saturatiemeting is het een onnodig tijdverlies (Yeganehkhah, Dadkhahtehrani, Bagheri & Kachoe, 2019). Variabelen om in rekening te brengen zijn merk, kleur, aantal lagen en aanwezigheid van glitters. De kleur speelt een rol op welke golflengte het licht gaat inspelen. Donkere kleuren zullen meer interfereren dan lichte kleuren omdat de golflengte korter bij 660nm ligt. Donkerblauw zal op de SpO₂ een grotere afwijking kennen dan lichtblauw. Deze bevindingen zijn statistisch significant (donkerblauw p-waarde <0.04 & lichtblauw p-waarde van <0.008), echter niet klinisch significant. De meetresultaten vallen binnen de ±2% afwijking die producten aangeven. Tabel 1 is een weergave van alle kleuren (Hinkelbein, Genzwuerker, Sogl en Fiedler, 2007). Daarentegen duidt het onderzoek van Yönt, Korhan & Dizer (2014) dat alle kleuren behalve donkerrood (p-waarde van >0.05) statistisch significant zijn, maar wel klinisch significant is voor alle kleuren. Deze studie raadt aan om mogelijke effecten van nagellak in acht te nemen. Yeganehkhah et al.(2019) brengt de extra variabele glitter mee in rekening. De conclusie hierbij is dat er geen klinische significante invloeden zijn van geen enkele kleur op de SpO₂.

Tabel 1 : Hinkelbein, Genzwuerker, Sogl en Fiedler (2007)

Kleur	Golflengte (max)	Golflengte (min)	SpO ₂ ± SD (%)	Bias ± SD (%)	Significantie van SpO ₂ ten opzichte van SaO ₂
Zwart	830	520	96.2 ± 3.2	1.6 ± 3.0	P < 0.002
Donker blauw	690	500	96.6 ± 3.6	1.1 ± 3.5	P < 0.04
Licht blauw	950	710	96.8 ± 2.7	0.9 ± 2.2	P < 0.008
Donker groen	720	510	96.9 ± 2.5	0.9 ± 2.3	P < 0.02
Licht groen	950	500	97.2 ± 2.7	0.6 ± 2.3	n.s.
Geel	640	500	97.0 ± 2.4	0.8 ± 2.1	P < 0.02
Rood	950	550	96.9 ± 2.4	0.8 ± 2.0	P < 0.006
Paars	950	530	96.6 ± 2.9	1.2 ± 2.6	P < 0.004
Kleurloos	890	500	97.1 ± 2.5	0.7 ± 2.2	P < 0.04
Geen	n.v.t.	n.v.t.	97.5 ± 2.2	0.2 ± 1.15	n.v.t.

➤ KENNIS VAN DE VERPLEEGKUNDIGE

Als laatste beïnvloedende factor komt de kennis van de verpleegkundige aan bod. In de studie van Milutinović, Repić, & Arandelović (2016) en Seeley, McKenna & Hood (2015) wordt de kennis nagegaan van verpleegkundigen die net afgestudeerd waren, tewerk gesteld zijn op een kritieke dienst en spoedgevallenzorg. De methodiek die hier gehanteerd wordt om het niveau van kennis te bepalen, is aan de hand van een aangepaste vragenlijst van Kiekkas et al. (2013). In deze vragenlijst worden verscheidene domeinen van de saturatiemeting bevraagd, namelijk: gasuitwisseling, zuurstoftransport, ventilatie en de praktische limitaties. Uit deze voorgenoemde studies is gebleken dat de verpleegkundigen die deel hebben genomen aan deze studies voldoende kennis hebben omtrent de beïnvloedende factoren en dat deze verworven kennis mogelijks gekoppeld kan worden aan het hebben van praktijkervaring. De score hiervan is drie tot tien punten op een maximum van 22 punten met een gemiddelde van zes. Verpleegkundigen scoren echter lager op het deel omtrent de werking van een saturatiemeter en hoe een zuurstofdissociatiecurve dient geïnterpreteerd te worden. De score hiervan is twee tot negen punten op een maximum van 22 punten met een gemiddelde van vijf. Hieruit wordt er geconcludeerd dat 'ervaring op de werkvloer' in twijfel kan worden gesteld, aangezien de kennis omtrent de werking van een saturatiemeter dient aangeleerd te worden door middel van educatie. Omwille van deze reden is het belangrijk dat werknemers die verantwoordelijk zijn voor de interpretatie van een saturatiemeter voldoende worden bijgeschoold om incidenten die ten nadele zijn van de patiënt te voorkomen.

KALIBRATIE EN LABELING

Een saturatiemeter dient voordat deze op de markt beschikbaar wordt, te voldoen aan de Food and Drug Administration (FDA) standaarden. De FDA is een Amerikaans agentschap dat verantwoordelijk is voor de bescherming van de mens tegen mogelijks schadelijke factoren die aanwezig zijn in verkrijgbare producten. Een van hun taken is het evalueren of ontwikkelde medische toestellen veilig hanteerbaar en toepasbaar zijn en dat ze hun effectieve functieomschrijving verwezenlijken. De FDA standaarden voor saturatiemeters houden in dat een saturatiemeter moet voldoen aan een vooraf vastgelegde standaard op vlak van accuraatheid. Er mag maximaal drie procent vertekening (bias) aanwezig zijn omtrent de gepresenteerde meting van de SpO₂ en de SaO₂ (U.S. Food and Drug Administration, 2019; Nitzan et al., 2014).

De FDA is echter enkel van kracht in Amerika. Vooraleer een saturatiemeter gedistribueerd mag worden in de Europese Economische Ruimte (EER)⁵, dient deze voorzien te zijn van een CE-markering. Deze markering toont aan dat desbetreffende saturatiemeter van de fabrikant voldoet aan de vooraf bepaalde criteria, veiligheidsnormen en zijn effectieve functieomschrijving verwezenlijkt die de fabrikant aangeeft. In België is specifiek het Federaal Agentschap voor Geneesmiddelen en Gezondheidsproducten (FAGG) verantwoordelijk voor het garanderen van bovenstaande voorwaarden en is het eerstelijns aanspreekpunt bij technische storingen van producten met een CE-markering (Bartczak & Garcés, 2018; FAGG, 2019).

Een saturatiemeter wordt tijdens de ontwikkeling en productie gekalibreerd. Deze kalibratie omvat resultaten die geregistreerd werden bij gezonde testpersonen in verschillende scenario's. De testpersonen worden blootgesteld aan scenario's zoals

⁵ EER is een akkoord dat opgesteld is tussen alle landen van de Europese Unie en dient om de interne markt van Europa te vergroten naar de landen van de Europese Vrijhandelsassociatie (EVA). Dit akkoord kwam van kracht op 1 januari 1994 (Bartczak & Garcés, 2018).

bijvoorbeeld een verhoogd zuurstofpercentage verkregen door middel van titratie van extra O₂. Hier worden de geregistreerde data van de saturatiemeter en de fysiologische reactie van het lichaam op deze situatie gebruikt om de saturatiemeters te kalibreren. Er zijn echter, omwille van het ethisch dilemma, onvoldoende data geregistreerd in situaties waarbij een testpersoon wordt blootgesteld aan een lage zuurstofspanning en daardoor een lage zuurstofsaturatie bekommt. Het is slechts toegelaten om het SpO₂ percentage van gezonde testpersonen te laten dalen tot 80 procent. Doordat er geen geregistreerde data zijn bij lage zuurstofpercentages, zorgt dit voor incorrecte metingen gedurende deze situaties in de praktijk (Nitzan et al., 2014).

PLAATSBEPALING

In het werkveld is het belangrijk om als verpleegkundige te weten welke locaties ideaal zijn voor het meten van de zuurstofsaturatie. Bij de conventionele saturatiemeters is in theorie elk arterieel (perifeer) bloedvat voldoende voor het meten van de SpO₂ (Jubran, 2015; Yönt et al., 2014). Deze saturatiemeters worden geplaatst op de vingers, oren, tenen of neus. Met de opkomst van de modernere saturatiemeters, zoals eerder aangehaalde reflectietechnologie, komen andere locaties in beeld zoals het voorhoofd (Jubran, 2015; Nitzan et al., 2014).

Het bepalen van de meest ideale locatie is niet eenvoudig. Hiervoor bestaat echter nog geen standaardprotocol, omdat de keuze samenhangt met een hele reeks van factoren (Nitzan et al., 2014; Shallom et al., 2018). Eerdere aangehaalde beïnvloedende factoren spelen een rol in de algemene meting van SpO₂. Om tot een optimale keuze te komen moet er bij elke locatie rekening gehouden worden met ieders zijn specifieke aandachtspunten.

Hieronder worden achtereenvolgens de vingers (en tenen), het oor, het voorhoofd en de neus besproken met telkens hun anatomische bepaling, hun specifieke aandachtspunten, pro's en contra's.

➤ DE VINGERS EN DE TENEN

De bloedvaten van de vingers worden voorzien vanuit de arcus palmaris profundus en superficialis waar er twee arteries ontspringen per vinger. De saturatiemeter meet op één van de arteries de SpO₂. De rechterhand wordt voorzien door de eerste aftakking van de arterie aorta, waar de linkerhand pas de derde aftakking van de aorta heeft. (Putz & Pabst, 2006; Van den Brink et al., 2016). De bloedvaten van de tenen daarentegen volgen een nog veel langere weg, helemaal langs de arcus aorta naar de arterie dorsalis pedis (Putz et al., 2006).

Bij het gebruik van de saturatiemeter op vingers en tenen is het in de praktijk niet noodzakelijk om nagellak te verwijderen. Er dient wel rekening gehouden te worden met een mogelijke onderschatting van SpO₂, een negatieve afwijkende marge van twee (p-waarde van < 0.04) tot vier procent (p-waarde < 0.001). De nagellak dient enkel verwijderd te worden indien de afwijking te groot is ten opzichte van een bloedgas. De grootste kans op beïnvloeding zal van (donker)-blauw en -rood komen (Hinkelbein, Genzwuerker, Sogl en Fiedler, 2007; Yeganehkah, Dadkhahtehrani, Bagheri en Kachoeie, 2019). Of de dikte van de nagelplaat ⁶ van de vingers en tenen invloed heeft op de SpO₂ is niet onderzocht. Er is ook geen statisch significante invloed op welke vinger de saturatiemeter geplaatst wordt (p-waarde >0.05; Yönt, 2013)

⁶ Nagels zijn opgebouwd uit nagelplaat (een matrix van keratinocyten) en het nagelbed. De invloed van de dikte van de nagelplaat is nog niet onderzocht.

Een tweede belangrijke variabele is bewegingsartefacten. Of dit vaker voorkomt bij vingers en tenen ten opzichte van andere locaties is niet wetenschappelijk onderbouwd. Aandacht dient er op gehouden te worden dat de saturatiemeter toegepast blijft zolang de monitoring noodzakelijk is (Jose et al., 2014). Deze bewegingsartefacten kunnen al dan niet bewust uitgelokt worden. Aangezien op kritieke diensten ook wakkere patiënten zijn, dient er ook rekening gehouden te worden met delier, wat in 70 procent (en hoger) van de patiënten zich voordoet (hoe langer het verblijf, hoe hoger de kans) (Kim en Hong, 2015).

Mogelijke andere verpleegkundige wetenschappelijk onderbouwde aandachtspunten zijn niet terug te vinden.

➤ OREN

De bloedvaten die de oorlellen voorzien zijn afkomstig van de arterie temporalis superficialis en situeren zich korter bij de centrale circulatie. Oorlellen kennen over het algemeen een betere perfusie dan de vingers. In het geval dat de pathologie leidt tot ernstige verwickelingen met verhoogde vasopressie zal de meting beter zijn op de oorlel dan op de vingers. De verhoogde vasopressie kent geen statistisch significante invloed zoals eerder aangehaald (Putz et al, 2006; Seifi et al., 2018).

Verpleegkundige aandachtspunten, naast correcte curve, correcte meting PI en SpO₂, zijn bij deze saturatiemeting niet echt aanwezig. Deze meetmethode kent een hoge betrouwbaarheid (p-waarde < 0.001), alsook een goede reactietijd (Jubran, 2015; Seifi et al., 2018).

➤ VOORHOOFD

De bloedvoorziening van het voorhoofd komt van de arterie supra-orbitale, een centralere arterie. Deze bloedflow is constant en minder onderhevig aan externe factoren zoals een hoge mate van vasoconstrictie. Deze plaats maakt het dan ook idealer ten opzichte van perifere arterieën (Hodgson, Tuxen, Holland & Keating, 2009; Putz et al. , 2006; Shallom et al., 2018).

Het gebruik van deze meetmethode is in geval van zeer kritiek zieke patiënten een sterke meerwaarde aangezien de betrouwbaarheid het grootst is bij deze meting (p-waarde van < 0.001). De afwegingen tussen betrouwbaarheid en accuraatheid tussen de verschillende meetplaatsen wordt verder in dit werk behandeld.

Het belangrijkste aandachtspunt bij deze meetmethode is de toepassing van bijkomende druk op het voorhoofd. Bij het gebruik van de voorhoofd saturatiemeter wordt er een hoofdband gebruikt die standaard 20 mmHg druk uitoefent. Bij te sterke fixatie, te hoge druk dus, kunnen er veneuze pulsaties gegeven worden. Dit leidt tot vals negatieve waarden. De saturatiemeter aanziet veneuze saturaties als zijnde arteriële waarden.

Een bijkomend aandachtspunt door de druktoepassing is het risico op decubitus letsels. Op intensieve zorgen komen 13 tot 53.1 procent aan decubitus letsels (graad 1 tot 4) voor. De meerderheid bevindt zich wel op sacrum, hiel en caput. Echter mag de applicatie van materiaal niet uit het oog verloren worden. Exacte cijfers bestaan echter niet over de voorhoofdsaturatiemeter op intensieve zorgen (Cox, 2017; Coyer et al., 2017). Een algemeen advies luidt wel dat elke 8 uur de locatie van de meter herplakt dient te worden (Nessler et al., 2012).

Het grootste nadeel van deze meetmethode is het comfort voor de patiënt. De patiënt verliest enerzijds zijn mobiliteit niet, aangezien de handen vrij zijn, anderzijds is onaangenaam dat deze kabel zich in het aangezicht bevindt (Nessler et al., 2012).

➤ NEUS

De bloedvoorziening van de neus is van de arterie facialis en arterie nasi, meer centraal gelegen arterieën. Deze bloedflow is net iets minder constant dan bij het voorhoofd. Deze zal net bij zoals vingers, oren en tenen een minder goede perfusie kennen, ondanks een redelijk centrale ligging (Putz et al., 2006; Shallom et al., 2018).

Bij het gebruik van deze saturatiemeter is het niet de bedoeling om de oor saturatiemeters hiervoor te gebruiken volgens producenten (Massimo, 2019). De nasale saturatiemeters worden enkel gebruikt waar er zeer slechte perfusie voorkomt. Het verschil tussen de nasale en voorhoofd saturatiemeter is dat nasale saturatiemeter beter is dan het voorhoofd. De metingen van de nasale saturatiemeter zijn 54 procent (47 van de 88 de gevallen) binnen de drie procent range van de SaO₂, waar dit bij de voorhoofd saturatiemeter slechts 35 procent is (24 van 69). Beide saturatiemeters kennen bij benadering dezelfde overschatting van SpO₂ bij septische patiënten, respectievelijk 60 procent en 63 procent. Het niet registreren van waarden komt in beide gevallen voor; 6 procent bij nasale saturatiemeter en 22 procent bij voorhoofd saturatiemeter (Shallom et al., 2018).

Aanvullende aandachtspunten zijn overeenkomstig met die van het voorhoofd.

BETROUWBAARHEID ZUURSTOFSATURATIEMETING

Niet-invasieve zuurstofsaturatiemeting is de beste manier om snel de respiratoire en cardiale status van een patiënt te beoordelen. Het geeft zowel informatie over de hoeveelheid zuurstof die het lichaam aan de cellen kan aanbieden als over de polsslag weer. Hierdoor is het hedendaags wereldwijd de meest gebruikte manier om niet-invasief de zuurstofsaturatie te meten. Toch worden in bijna alle wetenschappelijke artikels die hierover gaan twijfels uitgesproken over de betrouwbaarheid en correctheid van deze techniek (Jubran, 2015).

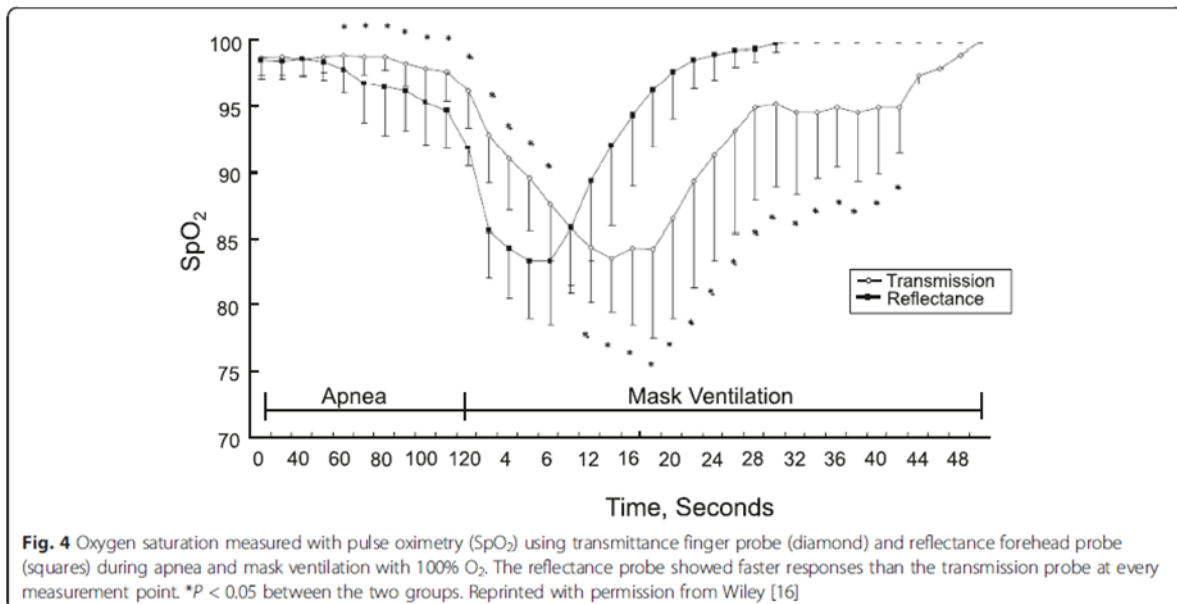
Er wordt veel geïnvesteerd in de ontwikkeling van nieuwe sensoren en technologieën voor saturatiemeting. Een nieuw soort sensor die gebruik maakt van SET, wordt uitgebreid getest in verschillende studies. Deze studies wezen uit dat het nieuw soort sensor veel betere en snellere resultaten gaf ook bij patiënten die in shock waren, veel bewogen of slechte doorbloeding van de vingers hadden (Malviya, et al., 2000; Hay, et al., 2018; Jubran, 2015). In één van de studies werd aan 30 gezonde testpersonen gevraagd om gedurende 30 seconden hun adem in te houden. Op verschillende momenten tijdens dit onderzoek werden de gegevens van de nieuwe saturatiemeter (SET) alsook die van een conventionele saturatiemeter genoteerd. Hiernaast werden op deze momenten ook arteriële bloedgassen afgenomen. Uit de verkregen resultaten is gebleken dat het nieuwe type sensor veel sneller een daling in de saturatie detecteerde. Hierdoor zouden in de praktijk situaties van hypoxemie waar de patiënt lichamelijke schade kan ondervinden, sneller worden gedetecteerd en eventueel vermeden worden (Hay, et al., 2018).

In tegenstelling tot voorgaande studies meldt Jose et al. (2014) dat de SET sensor een overschatting geeft van de SpO₂ (97procent +/- 4,7) ten opzichte van de SaO₂ (94,4 procent +/- 4,9) gemeten op een arterieel bloedgas. De conventionele sensor geeft hier meer correcte waarden (94,9 procent +/- 4,5) ten opzichte van de SaO₂ (p-waarde <0,001). De SET sensor detecteerde vier van de 27 effectieve momenten van desaturatie en gaf één vals alarm. De conventionele sensor detecteerde 11 van de 27 effectieve momenten van desaturatie maar gaf zes valse alarmen. De studie concludeert dat geen van beide sensoren voldoende presteert voor het detecteren van hypoxie. De studie werd uitgevoerd op een pediatrie afdeling (PICU) in een ziekenhuis in India. 48

kinderen werden geselecteerd om deel te nemen aan de studie. Alle kinderen moesten een arteriële verblijfkatheter hebben en mochten niet aan aandoeningen lijden die konden interfereren met de correctheid van zuurstofsaturatiemeting, zoals carbonmonoxidevergiftiging. Kinderen die vasopressie kregen werden eveneens ge-excludeerd (Jose et al., 2014).

De bekomen meetresultaten van saturatiemeters kunnen voor meer veiligheid zorgen op kritieke diensten. Toch kan er soms een vals gevoel van veiligheid ontstaan. Bij patiënten die veel bewegen kan de meting soms verstoord worden en worden de alarmen op de monitor vaak uitgezet. Hierdoor kan een effectieve hypoxaemie op een moment dat de sensor wel goed meet, soms niet tijdig worden gedetecteerd. De reactietijd van verpleegkundigen is ook langer bij patiënten waar de monitor al verschillende keren vals alarm heeft gegeven door een foutieve meting (Voepel-Lewis et al., 2013).

Naast de nieuwe sensor die werd getest, werden er in de literatuur ook verschillende locaties op het lichaam om de zuurstofsaturatie te meten, getest. Resultaten van de metingen op de verschillende locaties werden vergeleken met de SaO₂ die verkregen werd via arteriële bloedgasanalyse. Naast de sensor die op de vinger of teen van een patiënt kan worden geplaatst, zijn er ook nog sensoren om op het voorhoofd, de neus of de oorlel van de patiënt te plaatsen. De waarden uit verschillende studies die verkregen worden via metingen op het voorhoofd en de oorlel van de patiënt gaven meer correcte metingen dan de sensoren die zuurstofsaturatie meten op de vinger van de patiënt. De sensor op de oorlel bleek eveneens meer correcte waarden te geven dan de sensor die op de vinger wordt geplaatst. Deze resultaten kunnen worden verklaard door de manier waarop het hoofd van bloed wordt voorzien. De hoofdhuid en de oren van de mens worden van bloed voorzien door een arterie die een vertakking is van de halsslagader. De halsslagaders zijn grote slagaders omdat deze ook de hersenen van bloed moeten voorzien. Deze slagaders worden dus bijna niet beïnvloed door vasopressie. (Yönt et al., 2010; Nesseler, et al., 2012; Shallom et al. , 2018; Seifi et al., 2018).



(Jubran, 2015)

Omwille van de goede doorbloeding krijgt de sensor op het voorhoofd van de patiënt in de studie van Yönt et al. (2010) de absolute voorkeur bij patiënten die vasopressie krijgen in.

In het onderzoek van Jubran (2015) is er vastgesteld dat de responsetijd van de voorhoofdsensor sneller is ten opzichte van de conventionele saturatiemeter op de vinger. De tijd die de voorhoofdsensor nodig had om een verlaging in de SpO₂ na apneu vast te stellen, was 94 seconden, terwijl de saturatiemeter op de vinger 100 seconden nodig had. Hiertegenover duurde het 23,3 seconden bij de voorhoofdsensor om een stijging van de SpO₂ te registreren nadat er opnieuw ventilatie was gestart. De saturatiemeter op de vinger deed er echter 28,9 seconden over om de stijging van de SpO₂ te kunnen registreren. Deze snellere meting zou echter eerder te wijten zijn aan de locatie van de saturatiemeter dan aan de werking van de reflectietechnologie.

In een andere studie van Seifi et al. (2019), kreeg de sensor voor de oorlel dan weer de voorkeur.

Het voorkomen van drukletsels op de plaatsen waar de sensoren worden aangebracht is van primordiaal belang. Wanneer er drukletsels ontstaan kunnen sensoren niet meer op die locatie worden aangebracht aangezien de doorbloeding van de huid er beschadigd is. Wanneer er op beide oren drukletsels ontstaan kan er geen sensor meer op de oren worden geplaatst en moet mogelijks een sensor op de vinger van de patiënt geplaatst worden, wat ook tot slechtere resultaten kan leiden, zeker bij patiënten met vasopressie (Cox, 2017; Coyer et al., 2017).

ARTERIËLE BLOEDGASANALYSE

Een goede manier om de kwaliteit van de oxygenatie en ventilatie van de patiënt te beoordelen is door middel van arteriële bloedgasanalyse door respectievelijk de zuurstofspanning en carbondioxidespanning in het bloed te meten. Een bloedgas kan verkregen worden door een eenmalige punctie van een slagader in de pols (arteria radialis) of de lies (arteria femoralis) of via een arteriële verblijfskatheter. Een eenmalige punctie wordt het meeste op een spoedgevallendienst gedaan, bij patiënten met respiratoire klachten om een beeld te krijgen van de kwaliteit van de ademhaling. Op intensieve zorgen en bij patiënten die zware chirurgie ondergaan dienen er regelmatig bloedgassen, alsook bloednames gedaan te worden en wordt er om die reden geopteerd om een arteriële katheter te plaatsen. Het duurt slechts enkele seconden om een arterieel bloedgas te nemen en het wordt op enkele seconden geanalyseerd door een toestel dat op de afdeling intensieve zorgen, spoedgevallen dienst en op het operatie kwartier zelf aanwezig is. Naast de zuurstofspanning, carbonmonoxide spanning en zuurtegraad, kan het toestel ook het hemoglobine, glucosegehalte, elektrolyten, bicarbonaat en vele andere parameters bepalen. Naast al deze waarden kan het toestel ook de exacte arteriële zuurstofsaturatie (SaO₂) bepalen. Hierdoor is arteriële bloedgasanalyse altijd de gouden standaard geweest en is het niet meer weg te denken in de zorg voor kritieke patiënten (Hay et al., 2018; Ebmeier et al., 2018).

Ondanks de betrouwbaarheid en het gemak van arteriële bloedgasanalyse, zoeken wetenschappers steeds naar nieuwe sensoren om op een niet-invasieve manier de zuurstofsaturatie te meten. Om de effectiviteit van deze sensoren te bepalen kan de gemeten waarde altijd vergeleken worden met de zuurstofsaturatiewaarde die wordt verkregen via een arterieel bloedgas.

In de onderzochte literatuur wordt het arteriële bloedgas als maatstaf gebruikt om de verschillende waarden van de verschillende saturatiemeters mee te vergelijken (Jose, Kabra et al., 2013; Hay et al., 2018; Lipnick, Feiner, Au, Bernstein & Bickler, 2014; Yönt et al., 2010).

Bij twijfel over de correctheid van het alarm of de waarde wordt er vaak nog een arterieel bloedgas afgenomen om te verifiëren of de sensor wel correct meet zoals ook in de studie van Jose et al. (2013), wordt aangegeven. Foutieve saturatiemetingen leiden dus vaak tot onnodige arteriële bloedafnames en onnodig ingrijpen met zuurstoftherapie.

7. PRAKTIJK

In de praktijk zijn er verschillende casussen waar slechte saturatiemeting leidt tot het verslechteren van de toestand van de patiënt door het te laat opmerken van hypoxie. Deze situaties zijn niet het gevolg van beperkte kennis van verpleegkundigen, maar worden veroorzaakt doordat de zuurstofsaturatie van de patiënt wordt gevolgd door een sensor die niet volstond en aangepast is aan de situatie.

Dergelijke situatie gebeurde in volgende casus. Een patiënt die opgenomen was voor een ernstige longontsteking die in een zware shock was. De patiënt werd kunstmatig beademd en kreeg veel zuurstof. Door de shock kreeg de patiënt ook hoge dosissen vasopressie en adrenaline. Saturatiemeting op de vinger was onmogelijk, dus werd geopteerd voor een sensor op de oorlel. De sensor kon regelmatig geen zuurstofsaturatie meten en was dus niet ideaal voor deze patiënt. Op de dienst waar het incident zich voordeed werd enkel gebruik gemaakt van de sensor op de vinger en de sensor op het oor. Er waren dus geen verdere opties meer voor continue niet-invasieve zuurstofsaturatiemeting. Op een bepaald moment moest de patiënt geproneerd worden omdat zijn toestand achteruitging. De patiënt werd vlot op de buik gedraaid en de sensor werd opnieuw op het oor bevestigd. Op dit moment kon de sensor de zuurstofsaturatie niet meten omdat hij de pulsaties in de oorlel niet kon detecteren. Door de patiënt op de buik te leggen was de endotracheale tube in de mond van de patiënt afgeknikt, wat niet zichtbaar was voor het medisch personeel. Aangezien de zuurstofsaturatie niet werd gemeten, kon men niet opmerken dat de patiënt geen zuurstof meer kreeg. Door het tekort aan zuurstof kreeg de patiënt een hartstilstand. De toestand van de patiënt werd snel terug gestabiliseerd door het medisch team en de oorzaak van de hypoxie werd gevonden.

Volgende casussen komen ook frequent voor. Wanneer bijvoorbeeld een delirante patiënt de sensor op de vinger telkens afzet en deze patiënt op dat moment veel fluïmen in de luchtweg heeft zitten, waardoor hij/zij aan het stikken is. Op dit moment kunnen de verpleegkundigen dit via de centrale monitoring niet opmerken en zullen ze de hypoxie pas opmerken als deze een effect begint te geven op de circulatie van de patiënt. Dit kan leiden tot een reanimatie.

BEÏNVLOEDENDE FACTOREN

Doorheen de uitvoering van deze wetenschappelijke studie hebben we opgemerkt dat er in de praktijk amper tot geen rekening wordt gehouden met de aangehaalde beïnvloedende factoren in dit werk. Buiten het feit dat ons tijdens de praktijklessen is aangegeven om nagellak te verwijderen en het meetoppervlakte waarop de saturatiemeter geplaatst dient te worden schoon te maken, werden de bijkomende beïnvloedende factoren niet vermeld. Toch wordt dit standaard gedaan op alle kritieke diensten en operatiekwartier in het UZ Leuven.

In de literatuur wordt de temperatuur aangegeven als een beïnvloedende factor voor de correctheid van zuurstofsaturatiemeting. Toch wordt er nergens in de artikels een specifieke temperatuur weergegeven. Ook wordt niet weergegeven vanaf hoeveel graden boven of onder de normale temperatuur de zuurstofsaturatiemeting wordt beïnvloedt. Uit de praktijk hebben wij ondervonden dat op regelmatige basis, patiënten die van het operatiekwartier komen naar intensieve zorgen na een operatie, een temperatuur hebben aan de extremiteiten van +/- 25-30 graden Celsius. Deze temperatuur aan de extremiteiten leidt regelmatig tot een foutieve meting en zelfs tot situaties waarin de saturatie niet bepaald kan worden.

De kennis van verpleegkundigen over zuurstofsaturatiemeting is beperkt. Toch is het belangrijk om als verpleegkundige te beoordelen of een zuurstofsaturatiewaarde correct is en of er dringende stappen moeten worden ondernomen om slechte waarden te corrigeren. Ook neemt het aantal analyses van arteriële bloedgassen af als de verpleegkundige de beïnvloedende factoren kent. Verpleegkundigen moeten eerst andere opties voor zuurstofsaturatie afwegen voordat ze regelmatig arteriële bloedgassen analyseren. Hiervoor is kennis van de verschillende soorten sensoren en locaties nodig. Afgezien van het feit dat dit een belangrijk deel van de kennis is die een verpleegkundige dient te hebben, vinden we het overbodig om in staat te kunnen zijn om een zuurstofdissociatiecurve te kunnen interpreteren. Uit eigen praktijkervaring kunnen wij aangeven dat het kunnen interpreteren van deze curve zeker wel aanwezig moet zijn, maar dat dit geen vereiste is om een saturatiemeter correct te kunnen interpreteren. Deze curve wordt zelden tot nooit weergegeven op de bedside monitors.

PLAATSBEPALING

Uit ondervinding in de praktijk, is het plaatsen van de saturatiemeter op de vinger het gemakkelijkste in vergelijking met het oor. Bij het plaatsen van de saturatiemeter op het oor dislokeert deze zeer snel bij beweging terwijl dit minder het geval is bij plaatsing op de vinger. Bij patiënten die onrustig zijn en de handen veel bewegen of de sensor proberen af te zetten, kan een sensor voor op het oor een oplossing bieden.

Het blijft dus zeer belangrijk dat verpleegkundigen hun kennis en ervaring gebruiken en hierbij de curve die op de monitor verschijnt goed bestuderen. Hiernaast is het belangrijk om te onthouden dat de bloedvaten in het hoofd minder beïnvloed worden door vasopressie. Ook patiënten met een slechte perifere circulatie, zoals mensen met cardiologische problemen, kunnen sensoren op het hoofd voordelen hebben en betere resultaten geven. Soms kan het nodig zijn om bij een patiënt verschillende sensoren te testen en eventueel een controle bloedgas af te nemen om te bekijken of de arteriële zuurstofsaturatie overeenkomt met de waarde op de monitor.

In het Universitair Ziekenhuis Leuven worden op de spoedgevallendienst en intensieve eenheden vooral de sensoren voor op de vinger en het oor gebruikt. Op de Coronary Care Unit (CCU) en op het operatiekwartier wordt ook de sensor voor op het voorhoofd gebruikt (fore-sight®).

Naast al deze informatie moeten verpleegkundigen ook rekening houden met de kostprijs van de verschillende sensoren. De herbruikbare sensoren voor op de vinger die in het UZ Leuven worden gebruikt kosten 279 euro. De wegwerpbare sensoren voor op het voorhoofd (fore-sight) kosten 97 euro per stuk. De prijzen betreffende de verschillende saturatiemeters zijn beperkt publiekelijk toegankelijk en worden besproken met de aankopende instanties.

De sensoren op het voorhoofd kunnen best extra worden bevestigd met een hoofdband, zeker wanneer patiënten hevig transpireren. Deze hoofdband kan bij wakkere patiënt als storend worden ervaren. Het is dus belangrijk dat verpleegkundigen kijken naar de huidige situatie en toestand van de patiënt. Een patiënt die op intensieve zorgen ligt na een zware sepsis, maar nu aan de betere hand is en geen extra zuurstof krijgt, moet niet op dezelfde manier worden gemonitord als een beademde patiënt die buikventilatie krijgt. Stel dat de patiënt aan de betere hand is en geen extra zuurstof krijgt, maar wel verward is. Hierdoor motorisch onrustig is, waardoor hij steeds zijn zuurstofsaturatiemeter afzet of deze een slecht meetresultaat geeft door bewegings-artefacten. Is het dan nodig om op het voorhoofd van de patiënt de dure sensoren te bevestigen of kan de verpleegkundige

gewoon verschillende keren per shift even de sensor op de vinger zetten om te controleren of de patiënt nog steeds een goede saturatie heeft. Wanneer de verpleegkundige bij een patiënt denkt dat hij/zij de goede sensor heeft gevonden doordat deze een goede curve geeft op de monitor, kan de verpleegkundige best een arterieel bloedgas nemen om te controleren of de waarde op de monitor hiermee overeenkomt.

DELIER EN CORRECTHEID

Delier en onrust is een zeer groot probleem voor zuurstofsaturatiemeting. In het eerste deel van dit werk worden bewegingen van de patiënt aangegeven als één van de factoren die een goede zuurstofsaturatiemeting beïnvloedt (Jose et al., 2013). Natuurlijk komt dit probleem niet voor bij patiënten die beademd zijn en hiervoor kunstmatig in slaap gehouden worden. Kritiek zieke mensen hebben zeer veel risico op delier door het ziektebeeld, de vele verschillende medicamenten die ze krijgen en ook de verstoring van het dag -en nachtritme. Patiënten die hiernaast ook nog ademhalingsmoeilijkheden hebben kunnen zeer onrustig zijn. Hierdoor bewegen ze continu met de handen en benen. Het is juist bij deze patiëntenpopulatie dat zuurstofsaturatiemeting van immens belang is (Andriessen et al., 2016; Aldering et al., 2016). De sensoren op het hoofd kunnen hier mogelijks een oplossing bieden. Toch kan de band die vaak gebruikt wordt om de sensoren te bevestigen bijdragen aan het gevoel van benauwdheid. De hoofdband kan nodig zijn aangezien de sensoren zelf soms niet goed blijven plakken op het voorhoofd omdat de patiënt transpireert. Transpiratie komt zeker veel voor bij patiënten met ademhalingsproblemen. Hiernaast kunnen bewegingen van het hoofd ook bijdragen aan valse waarden die via de voorhoofdssensor op de monitor verschijnen.

VISIE OP DE TOEKOMST

Zoals er reeds is aangehaald, wordt er op de meeste diensten in het Universitair Ziekenhuis Leuven enkel gebruik gemaakt van de conventionele sensoren voor op de vinger of het oor. Enkel op de CCU en het operatiekwartier wordt gebruik gemaakt van de sensoren voor op het voorhoofd (Fore-sight®). Het gebruik van de Fore-sight® zou dan ook grote voordelen hebben op diensten met patiënten die in zware shock zijn en hierdoor een gecompromitteerde perifere circulatie hebben.

Een denkpiste die momenteel nog niet bewandeld is geweest door producenten is invasieve meting. Producenten zouden eventueel zoals gedaan wordt voor temperatuursmeting sensoren kunnen plaatsen op arteriële katheters of PICCO. Dit zou het nemen van bloedgassen voor de bepaling van SaO₂ en SpO₂ kunnen elimineren. Echter bestaat hier geen concrete informatie over.

8. DISCUSSIE

Saturatiemeters worden in nagenoeg alle ziekenhuis-settings gebruikt als hulpmiddel om een eerste evaluatie te geven omtrent de respiratoire toestand van een individu. Doordat deze op grote schaal toegepast worden, is er reeds veelvuldig onderzoek naar gebeurd om het prestatievermogen te verbeteren. Hierdoor is er al een groot gamma aan verscheidene soorten saturatiemeters op de markt verschenen (zoals eerder vermeld in dit wetenschappelijk onderzoek), elk met hun specifieke eigenschappen waar de fabrikant zijn aandacht op vestigde. Dankzij dit uitgebreid gamma, kunnen zorginstanties hieruit kiezen welke naar hun mening het best in hun setting past. Zo kan er onder andere gekeken worden naar het kostenplaatje. Zo zijn er saturatiemeters op de markt die onbetaalbaar zijn voor kleinere instanties, terwijl grotere instanties wel in staat zijn om deze aan te schaffen. Omtrent de kostprijs van de verschillende saturatiemeters was onvoldoende literatuur beschikbaar om dit aan te kunnen halen in dit onderzoek.

1) POPULATIE EN KARAKTERISTIEKE KENMERKEN

Tijdens het doornemen van de reeds uitgevoerde studies omtrent saturatiemeting, viel het al snel op dat deze beperkt zijn uitgevoerd binnen Europa. Van onze geïncludeerde artikelen zijn er drie effectief uitgevoerd binnen Europa, namelijk Tusman, Bohm & Suarez-Sipmann (2017), Díaz-Gonzalez, Rosa-Hormiga, Ramal-López, González-Henríquez, Marrero-Morales (2018) en Nesseler et al. (2012). Al de andere onderzoeken die gebruikt zijn in dit wetenschappelijk onderzoek, zijn uitgevoerd in de Verenigde Staten, Iran, Israël, Turkije en Nieuw-Zeeland.

Door dit gegeven dient men bedacht te zijn omtrent de bekomen resultaten, daar deze bijna allemaal verkregen zijn buiten Europa. Hierdoor is het mogelijk dat cultuur- en populatiegebonden aspecten mogelijks tot een vertekening van de bekomen resultaten kunnen leiden. Zo is er wel in elk land sprake van verschillen in de gezondheidszorg. Ongeveer de helft van de geïncludeerde studies, werd uitgevoerd op een 'Intensive care unit' met 'Critically ill patients', terwijl de andere helft uitgevoerd is op gezonde testpersonen. Doordat deze studies werden uitgevoerd op twee verschillende populaties kunnen de verkregen resultaten niet in grote lijnen doorgetrokken worden naar patiënten die gehospitaliseerd zijn op een afdeling buiten intensieve zorgen of gezonde personen. Dit geldt ook voor de beïnvloedende factoren. Zo was er echter wel één artikel van Voepel-Lewis et al. (2013) dat werd uitgevoerd bij patiënten die post- operatief opiaten kregen op een gewone hospitalisatie afdeling. Echter wordt er op deze afdeling gebruik gemaakt van continue bedside monitoring waardoor wij deze dienst aanzien als een (semi-) intensieve afdeling.

Eerder hebben we gesproken van de FDA (Food and Drug Administration). Dit is echter een agentschap dat gelokaliseerd is in Amerika. In België is het Federaal Agentschap voor Geneesmiddelen en Gezondheidsproducten (FAGG) verantwoordelijk voor de controle van medische hulpmiddelen en de garantie hiervan dat deze voldoen aan voorgelegde criteria bij de fabrikant. Betreffende de eisen waaraan saturatiemeters moeten voldoen binnen Europa was echter niets vindbaar. De wetgevingen geven enkel aan dat deze veilig voor gebruik moeten zijn voor de mens en hun beschreven functie dienen uit te voeren.

2) BEÏNVLOEDENDE FACTOREN

Het is een belangrijk gegeven om bedacht te zijn op het feit dat saturatiemeters een hogere SpO₂ weergeven bij desaturatie. Eerder aangehaald bij beïnvloedende factoren had de studie van Singh et al. (2017) gelijkaardige studieresultaten bekomen als die van Wilson et al. (2010). Hier hadden ze aangetoond dat saturatiemeters bij desaturatie de arteriële zuurstofsaturatie overschatten en een hogere SpO₂ weergeven. Het onderzoek van Ebmeier et al. (2018) toonde dan echter aan dat saturatiemeters bij desaturatie de arteriële zuurstofsaturatie onderschatten en een lagere SpO₂ weergeven. De verkregen resultaten van Ebmeier et al. (2018) waren echter niet statistisch significant en werden verworpen.

De reden van discrepantie tussen de studies van Singh et al., 2017; Wilson et al.(2010) en Ebmeier et al. (2018) zou te wijten kunnen zijn aan het feit dat er voor de studies verschillende saturatiemeters werden gebruikt en het tekort aan kalibratiedata bij verlaagde arteriële zuurstofsaturatie percentages. Zo zijn er saturatiemeters op de markt die onbetaalbaar zijn voor kleinere instanties, terwijl grotere instanties wel in staat zijn deze aan te schaffen. Saturatiemeters met een hogere kostprijs vertoonden een verminderde vertekening aan bij weergave van de SpO₂ bij een verlaging van de arteriële zuurstofsaturatie. De oorzaak hiervan is te wijten aan het feit dat er minder financiële middelen beschikbaar waren om voldoende kalibratiedata te verkrijgen (Singh, et al., 2017; Lipnick, et al., 2017; Wilson et al., 2010). Alsook werden temperatuur en intraveneuze kleurstoffen die ze onder andere gebruiken voor een Computer Tomografie (CT) met contrast aangetoond als beïnvloedende factoren op de betrouwbaarheid van een saturatiemeter. In het artikel van Wilson et al. (2010) wordt aangetoond dat temperatuur en intraveneuze kleurstoffen beide een statische significantie behaalden in de resultaten. De reden van niet aanhalen bij voorafgaande beïnvloedende factoren in ons wetenschappelijk onderzoek is als volgt. In het artikel van Wilson et al. (2010) werd vastgesteld dat een verlaagde lichaamstemperatuur voor een overschatting van de SaO₂ zorgt, terwijl een verhoogde lichaamstemperatuur voor een onderschatting van de SaO₂ zorgt. Desondanks deze bevinding uit hun onderzoek, wordt er nergens in het onderzoek een specifieke lichaamstemperatuur weergegeven.

In ons wetenschappelijk onderzoek hebben we nagegaan wat de beste locatie was op het lichaam voor een saturatiemeter. Hieromtrent was er zeer weinig en beperkt onderzoek te vinden als het gaat over de 'beste' plaatsbepaling. Een standaardprotocol hieromtrent bestaat niet (Nitzan et al, 2014; Shallom et al, 2018). Al de geïnccludeerde onderzoeken in dit wetenschappelijk onderzoek gaven verscheidene ideale locaties aan op het lichaam. De meest ideale plaats in het onderzoek van Jubran (2015) was het oor, anderzijds was het voor Hodgson et al. (2009) het voorhoofd. Hieruit hebben we geconcludeerd dat de plaatsbepaling volledig afhankelijk is van de huidige toestand van de patiënt. Bij wakkere patiënten is het niet vanzelfsprekend om een voorhoofdsensor toe te passen, daar deze als zeer storend zou ervaren worden, waardoor het oor of de vinger meer toepasselijk zouden zijn. Terwijl het bij gesedeerde patiënten wel gemakkelijker is om een voorhoofdsensor toe te passen, daar deze hier geen hinder van ondervinden. De voorhoofdsensoren zijn echter niet goedkoop en worden bijgevolg slechts enkel toegepast bij patiënten met een zeer slechte perfusie waardoor andere locaties op het lichaam niet toepasbaar zijn.

➤ *PLAATSBEPALING*

Verschillende artikels komen met verschillende theorieën in verband met de juiste locatie voor zuurstofsaturatiemeting. Toch vonden de verschillende studies onder verschillende omstandigheden en met verschillende doelgroepen plaats. Volgens Nesseler et al., (2012) is zuurstofsaturatiemeting op het hoofd het snelste en meest correcte bij patiënten die vasopressie krijgen. Bij patiënten die cardiochirurgie ondergaan of ondergaan hebben zou de sensor aan het oor de meest correcte waarden geven (Seifi et al., 2018).

➤ *VISIE OP DE TOEKOMST*

In het eerste deel van dit werk gaven we aan dat er veel geïnvesteerd wordt en moet worden in de ontwikkeling van nieuwe technologieën voor zuurstofsaturatiemeting (Tusman, Bohm & Suarez-Sipmann, 2017). Volgens dit artikel moet de focus vooral liggen op het ontwikkelen van nieuwe technieken die minder beïnvloedbaar zijn door de verschillende factoren die we in dit werk hebben opgesomd. In enkele artikels spreekt men van een nieuw type sensor voor zuurstofsaturatiemeting die gebruik maakt van SET, een nieuwe technologie die meer correcte resultaten zou geven, veel bewegen of aan andere belemmerende factoren lijden (Jose, Lodha et al., 2013; Hay et al., 2018; Jubran, 2015). In het artikel van Jose et al. (2013) werd de nieuwe sensor vergeleken met een conventionele sensor bij 48 kinderen op een pediatrie afdeling in India. Uit de studie bleek dat deze nieuwe sensor geen betere resultaten gaf in vergelijking met de conventionele sensor. Toch werd er als argument gegeven dat men wel gebruik maakte van de SET sensor maar niet van de bijhorende technologie met algoritmes. In het artikel werd gezegd dat een andere studie wel een duidelijk verschil zag tussen de conventionele sensor en het nieuwe type sensor. De SET sensor presteerde duidelijk beter dan de conventionele sensor. In al deze studies werden beide waarden van de saturatiemeter vergeleken met een arterieel bloedgas (Malviya et al., 2000; Jubran, 2015).

Naar de toekomst toe is het bedrijf Masimo bezig met de ontwikkeling van nieuwe technologieën om zo minimaal invasief als mogelijk verschillende parameters te meten zoals niet invasieve meting van hemoglobine, CO₂ gehalte en zuurstofsaturatie. Het bedrijf ontwikkelde ook sensoren die de diepte van sedatie bij patiënten op het operatiekwartier of intensieve zorgen, kunnen meten (Masimo, 2019).

9. CONCLUSIE

Een literatuurstudie werd uitgevoerd die de invloeden van verschillende factoren op de correctheid van zuurstofsaturatiemeting, bestudeerde. Hiernaast werd ook bestudeerd welke locaties onder welke omstandigheden de meest correcte waarden gaf.

De reden voor de studie was om de wetenschappelijke kennis in verband met de beïnvloedende factoren en locaties van zuurstofsaturatiemeting, te bundelen. Op deze manier kunnen verpleegkundigen kritischer omgaan met de gegevens die zij op de monitor zien verschijnen en kunnen ze andere sensoren gebruiken wanneer de metingen niet betrouwbaar genoeg zijn. Op deze manier vermijdt men overbodige analyses van arteriële bloedgassen.

Ondanks de verschillende proeven die in de artikels worden beschreven, komen de artikels tot allemaal gelijkaardige conclusies. Zuurstofsaturatiemeting is een onmisbaar systeem geworden in de huidige gezondheidszorg. Toch kan de meting gemakkelijk worden beïnvloed door verschillende factoren die zeer frequent aanwezig zijn bij de kritiek zieke patiënt. Hierbij dienen we ons niet te beperken tot de sensor op de vinger die het meest frequent wordt gebruikt op intensieve diensten. Men moet ook andere sensoren op het voorhoofd, de neus of oorlel gebruiken. De sensoren die zich op het hoofd van de patiënt bevonden, zijnde aan de oorlel, neus of voorhoofd, kregen steeds de voorkeur tegenover de sensor aan de vinger in alle studies (Yönt et al., 2010; Seifi et al., 2019).

Arteriële bloedgasanalyse kan ook niet worden weggedacht uit de zorgen voor de kritiek zieke patiënt. Er zijn teveel parameters die moeten worden opgevolgd om de patiënt te stabiliseren en stabiel te houden. Regelmatige bloedgasanalyse op vaste tijdstippen is dus uiterst noodzakelijk. Toch kan het frequent afnemen van arteriële bloedgassen worden beperkt door een goede betrouwbare niet-invasieve zuurstofsaturatiemeting. Ontwikkeling van nieuwe technieken, goede plaatsbepaling en goede kennis hieromtrent van het medisch personeel zijn hier van primordiaal belang.

De literatuurstudie heeft de onderzoekers van de specialisatieproef ervan bewust gemaakt dat zuurstofsaturatiemeting in bepaalde omstandigheden mogelijk niet betrouwbaar is ondanks de meting wel betrouwbaar lijkt. Hiernaast heeft het onderzoek de verschillend soorten sensoren, hun voor- en nadelen en hun mogelijke complicaties, weergegeven. De verworven kennis hieromtrent zal worden doorgegeven aan verpleegkundigen op kritieke diensten en gewone hospitalisatie afdelingen door middel van een poster.

Overzicht beïnvloedende factoren	
Factor	Effect
Dyshemoglobine (COHb & Methb)	Vals verhoogde waarden
Hypoxie (lactaat)	Hypoxie leidt tot lagere kwaliteit, lactaat op zich niet
Vasopressie	De toepassing hiervan op zich niet, het gevolg van de pathologie dat er een slechtere perifere perfusie is wel
(Perifere) lage perfusiegraad (oedeem, koude,	Slechter signaal
Huidpigmentatie	Geeft interferentie
Delier	Slecht signaal
Bewegingsartefacten (shiveren,	Vermindering kwaliteit signaal
Nagellak	Beperkte invloed; zwart en donkerblauw best verwijderen
Kennis	Minder adequate reactie
Event (cardiaal arrest, respiratoir arrest, shock)	Slecht signaal
Anemie	Weinig effect doch heeft invloed
Cardiale arrhythmieën	Slecht signaal
Lichtinval op de sensor	Vermindering kwaliteit signaal
Overzicht plaatsbepaling	
Vingers en tenen	
Voordeel	Nadeel
Meeste gebruiksvriendelijke Meest frequent gebruikte methode	Meest onderhevig aan externe factoren (bewegingsartefacten, slechte perifere perfusie, ...) Minder goede reactietijd bij desaturatie Verwijderen van (zwarte en donkerblauwe) nagellak
Oren	
Voordeel	Nadeel
Minder onderhevig aan bewegingsartefacten (doch nog gevoelig) Hogere betrouwbaarheid ten opzichte van vingers en tenen (onderzoekafhankelijk beter als voorhoofd)	Minder comfortabel voor bewuste patiënten Lichte drukkracht kan leiden tot kleine afwijking in meting

Minder onderhevig aan externe factoren (zie eerder)	
Snelle responstijd op desaturatie	
Voorhoofd	
Voordeel	Nadeel
Minder onderhevig aan externe factoren Hogere betrouwbaarheid ten opzichte van vingers en tenen (onderzoekafhankelijk beter als oren) Snelle responstijd op desaturatie	Minder comfortabel voor bewuste patiënten Grootste risico op decubitusletsels (om de 8u te wisselen) Hoogste kost van sensoren Incorrecte meting bij pronen (buiklig)
Neus	
Voordeel	Nadeel
Minder onderhevig aan externe factoren Beste betrouwbaarheid (onderzoekafhankelijk) Responstijd (onbekend)	Minder comfortabel voor bewuste patiënten Hoger risico op decubitusletsels

10. LITERATUURLIJST

- 10voorbiologie. (2019). 14.11.1 Zuurstoftransport in het bloed. Geraadpleegd op 3 maart 2019,
<https://www.10voorbiologie.nl/index.php?cat=9&id=573&par=610&sub=611>
- Aaldering, N. T. M., Aengevaeren, W. R. M., Balts, J. C., Binnekade, J. M., van den boogaard, M. H. W. H., van den Brink, G., . . ., Koolen, J. J. (2016) *Leerboek intensive care verpleegkunde 1* (6e druk). Houten, Nederland: Bohn Stafleu Van Loghum.
- AcuteZorgBlog. (2018). E-Learning: werking saturatiemeter. Geraadpleegd op 18 februari 2019, acutezorg.blogspot.com/2018/03/e-learning-werking-saturatie-meter.html
- Akay, M. (2006). *Wiley encyclopedia of biomedical engineering*. Wiley-Interscience. Hoboken, N. J.
- Andriessen, J. E. M., van den Berg, P. C. M., Biert, J., van Dam, M., Eijk, R. J. R., Haans, T., . . ., Vos, P. E. (2016). *Leerboek intensive care verpleegkunde 2* (6e druk). Houten, Nederland: Bohn Stafleu Van Loghum.
- AZ Sint-Lucas. (2014). Wegwijs in uw bloeduitslagen. Geraadpleegd op 25 februari 2019, www.azstlucas.be/frontend/files/userfiles/files/Patientenfolders/2014_dialyse_bloeduitslagen.pdf
- Barker, S. J. (2002). "Motion-resistant" pulse oximetry: a comparison of new and old models. *Anesthesia & Analgesia*, 95(4), 967-972.
- Bartczak, K., & Garcés, F. (2018). De Europese Economische Ruimte (EER), Zwitserland en het Noorden. Geraadpleegd op 1 april 2019, www.europarl.europa.eu/factsheets/nl/sheet/169/de-europese-economische-ruimte-eer-zwitserland-en-het-noorden
- Belgisch Antigifcentrum. (2019). Methemoglobinevormers. Geraadpleegd op 24 februari 2019, <https://www.antigifcentrum.be/medische-professionals/artikels-voor-medische-professionals/behandeling-van-acute-intoxicaties-en-16>
- Biedrzycka, A., & Lango, R. (2016). Tissue oximetry in anaesthesia and intensive care. *Anaesthesiology intensive therapy*, 48(1), 41-48.
- Coté, C. J., Goldstein, E. A., Fuchsman, W. H., & Hoaglin, D. C. (1988). The effect of nail polish on pulse oximetry. *Anesthesia and analgesia*, 67(7), 683-686.

- Cox, J. (2017). *Pressure Injury Risk Factors in Adult Critical Care Patients*. *Ostomy Wound Management*, 63(11), 30-43.
- Coyer, F., Miles, S., Gosley, S., Fulbrook, P., Sketcher-Baker, K., Cook, J. L., & Whitmore, J. (2017). *Pressure injury prevalence in intensive care versus non-intensive care patients: a state-wide comparison*. *Australian Critical Care*, 30(5), 244-250.
- De Backer, T. L., Duprez, D. A., & Clement, D. L. (2000). Perifeer arterieel vaatlijden bij diabetes mellitus. *Tijdschrift voor Geneeskunde*, 56(11), 805-812.
- De Meulenaere, S. (2007). Pulse oximetry: uses and limitations. *The Journal for Nurse Practitioners*, 3(5), 312-317.
- Desalu, I., Diakparomre, O. I., Salami, A. O., & Abiola, A. O. (2013). The effect of nail polish and acrylic nails on pulse oximetry reading using the Lifebox oximeter in Nigeria. *The Nigerian postgraduate medical journal*, 20(4), 331-335.
- Dewinter, L., Milants I., & Van Vlasselaer, L. (s.a.). *Medische verpleegkunde [niet gepubliceerde cursus]*. Leuven: Acco uitgeverij
- Díaz-Gonzalez, C. D. L. M. Rosa-Hormiga, M. D. L. Ramal-López, J. M. González-Henríquez, J. J. Marrero-Morales, M. (2018). Factors which influence concordance among measurements obtained by different pulse oximeters currently used in some clinical situations. *Journal of clinical nursing*, 27(3-4), 677-683.
- Ebmeier, S. J., Barker, M., Bacon, M., Beasley, R. C., Bellomo, R., Chong, C. K., . . . , Young, P. J. (2018). A two centre observational study of simultaneous pulse oximetry and arterial oxygen saturation recordings in intensive care unit patients. *Anaesthesia and intensive care*, 46(3), 297-303.
- FAGG. (2019). CE-markering. Geraadpleegd op 1 april 2019, https://www.fagg-afmps.be/nl/MENSELIJK_gebruik/gezondheidsproducten/medische_hulpmiddelen_hulpstukken/algemeenheden/CE_markering
- FAGG. (2019). Over het FAGG. Geraadpleegd op 1 april 2019, <https://www.fagg.be/nl/fagg>
- Food and Drug Administration. (2019). What does FDA do ?. Geraadpleegd op 26 februari 2019, <https://www.fda.gov/AboutFDA/Transparency/Basics/ucm194877.htm>
- Grégoire, L., Straaten-Huygen, A. T., Trompert, R. J., & Vermeij, T. (2014). *Anatomie en fysiologie van de mens* (Vol. 492). ThiemeMeulenhoff.

- Hay, O. Y, Cohen, M., Nitzan, I., Kasirer, Y., Shahroor-karni, S., Yitzhaky, Y., Engelberg, S., & Nitzan, M. (2018). Pulse Oximetry with Two Infrared Wavelengths without Calibration in Extracted Arterial Blood. *Sensors, 18*(10), 3457.
- Hinkelbein, J., Genzwuerker, H. V., Sogl, R., & Fiedler, F. (2007). Effect of nail polish on oxygen saturation determined by pulse oximetry in critically ill patients. *Resuscitation, 72*(1), 82-91.
- Hodgson, C. L., Tuxen, D. V., Holland, A. E., & Keating, J. L. (2009). Comparison of forehead Max-Fast pulse oximetry sensor with finger sensor at high positive end-expiratory pressure in adult patients with acute respiratory distress syndrome. *Anaesthesia and intensive care, 37*(6), 953-960.
- Hynson, J. M., Sessler, D. I., Belani, K., Washington, D., McGuire, J., Merrifield, B., . . . , Hudson, S. (1992). Thermoregulatory vasoconstriction during propofol/nitrous oxide anesthesia in humans: threshold and oxyhemoglobin saturation. *Anesthesia & Analgesia, 75*(6), 947-952.
- Jose, B., Lodha, R., & Kabra, S. K. (2014). Comparison of two new generation pulse oximeters with arterial oxygen saturation in critically ill children. *The Indian Journal of Pediatrics, 81*(12), 1297-1301.
- Jubran, A. (2004). Pulse oximetry. *Intensive care medicine, 30*(11), 2017-2020.
- Kiekkas, P., Alimoutsi, A., Tseko, F., Bakalis, N., Stefanopoulos, N., Fotis, T., & Konstantinou, E. (2013). *Knowledge of pulse oximetry: comparison among intensive care, anesthesiology and emergency nurses. Journal of clinical nursing, 22*(5-6), 828-837.
- Kim, Y., & Hong, S. J. (2015). *Intensive Care Unit Delirium. Korean Journal of Critical Care Medicine, 30*(2), 63-72.
- Koch, C., Röhrig, R., Monz, T., Hecker, A., Uhle, F., Schneck, E., Weignand, M. A., & Lichtenstern, C. (2015). Prospective evaluation of regional oxygen saturation to estimate central venous saturation in sepsis. *Journal of clinical monitoring and computing, 29*(4), 443-453.
- LevienvanZon. (S.a.). 1. Spectrofotometrie. Geraadpleegd op 20 februari 2019, <http://levien.zonnetjes.net/biochemie/tmp/proeven-los/1-spectrofotometrie.pdf>
- Lipnick, M. S., Feiner, J. R., Au, P., Bernstein, M., & Bickler, P. E. (2016). The accuracy of 6 inexpensive pulse oximeters not cleared by the Food and Drug Administration:

- the possible global public health implications. *Anesthesia & Analgesia*, 123(2), 338-345.
- Lichtveld, R.A. (2006). *Leerboek ambulanceverpleegkundige* (3de druk). Apeldoorn, SOSA.
- Malviya, S., Reynolds, P. I., Voepel-Lewis, T., Siewert, M., Watson, D., Tait, A. R., & Tremper, K. (2000). False alarms and sensitivity of conventional pulse oximetry versus the Masimo SET™ technology in the pediatric postanesthesia care unit. *Anesthesia & Analgesia*, 90(6), 1336-1340.
- Mediscs4Medics. (2019). Ventilatie en oxygenatie. Geraadpleegd op 27 februari 2019, <https://www.medics4medics.com/nl/ventilatie-en-oxygenatie>
- Milutinović, D., Repić, G., & Arandelović, B. (2016). Clinical nurse's knowledge level on pulse oximetry: A descriptive multi-centre study. *Intensive and Critical Care Nursing*, 37, 19-26.
- Nessler, N., Frénel, J. V., Launey, Y., Morcet, J., Mallédant, Y., & Seguin, P. (2012). Pulse oximetry and high-dose vasopressors: a comparison between forehead reflectance and finger transmission sensors. *Intensive care medicine*, 38(10), 1718-1722.
- NewJapanRadioCo., Ltd. (2018). New JRC introduces a reflective optical sensor the NJL5501R well suitable for Pulse Oximeter and Heart rate monitor. Geraadpleegd op 26 februari, <https://www.njr.com/products/press2013/NJL5501R.html>
- NL.Science19.com. (2019). De geschiedenis van spectrofotometrie. Geraadpleegd op 27 februari 2019, <https://nl.science19.com/history-of-spectrophotometry-5197>
- Nieswiadomy, R. M., & Smeets, I. (2013). *Verpleegkundige onderzoeksmethoden*. (6^e druk) Amsterdam: Pearson Education.
- Nitzan, M., Romem, A., & Koppel, R. (2014). Pulse oximetry: fundamentals and technology update. *Medical Devices (Auckland, NZ)*, 7, 231.
- Peeters, C. (2014). Zuurstoftransport: DO₂ en VO₂ in balans. Geraadpleegd op 2 maart 2019, www.vvizvmail.be/Repository/Bijlesingsmodule/testO2transport_oktober2014.pdf
- Putz, R., & Pabst, R. (2006). *Sobotta; Hoofd, hals, bovenste extremiteit* (3e druk, deel 1). Bohn Stafleu van Loghum, Houten.

- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. (2018). Koolmonoxide (CO). Geraadpleegd op 24 februari 2019, <https://www.rivm.nl/tabak/rook/schadelijke-stoffen-in-tabaksrook/koolmonoxide-co>
- Schallom, M., Prentice, D., Sona, C., Arroyo, C., & Mazuski, J. (2018). Comparison of nasal and forehead oximetry accuracy and pressure injury in critically ill patients. *Heart & Lung, 47*(2), 93-99.
- Seeley, M. C., McKenna, L., & Hood, K. (2015). Graduate nurses' knowledge of the functions and limitations of pulse oximetry. *Journal of clinical nursing, 24*(23-24), 3538-3549.
- Seifi, S., Khatony, A., Moradi, G., Abdi, A., & Najafi, F. (2018). Accuracy of pulse oximetry in detection of oxygen saturation in patients admitted to the intensive care unit of heart surgery: comparison of finger, toe, forehead and earlobe probes. *BMC nursing, 17*(1), 15.
- Talke, P. & Stapelfeldt, C. (2006). Effect of peripheral vasoconstriction on pulse oximetry. *J Clin Monit Comput, 20*(5), 305-309.
- Tunlind, A., Granström, J., & Engström, Å. (2015). *Nursing care in a high-technological environment: Experiences of critical care nurses. Intensive and critical care nursing, 31*(2), 116-123.
- Tuma, R. F., Durán, W. N., & Ley, K. (2008). *Chapter 6 - Local Regulation of Microvascular Perfusion. Davis, M. J., Hill, M. A., Kuo, L., (Red.), Microcirculation (2e herziende druk, pp. 161-284). Oxford: Elsevier's Science & Technology Rights Department*
- Tusman, G., Bohm, S. H., & Suarez-Sipmann, F. (2017). Advanced uses of pulse oximetry for monitoring mechanically ventilated patients. *Anesthesia & Analgesia, 124*(1), 62-71.
- Van den Brink, G. T. W. J., & Lindsen, F. (2016). *Leerboek intensive care verpleegkunde 1. (6^e, ongewijzigde druk). Bohn Stafleu van Loghum, Houten.*
- Voepel-Lewis, T., Parker, M. L., Burke, C. N., Hemberg, J., Perlin, L., Kai, S., & Ramachandran, S. K. (2013). Pulse oximetry desaturation alarms on a general postoperative adult unit: a prospective observational study of nurse response time. *International journal of nursing studies, 50*(10), 1351-1358.

- Wilson, B. J., Cowan, H. J., Lord, J. A., Zuege, D. J., & Zygun, D. A. (2010). The accuracy of pulse oximetry in emergency department patients with severe sepsis and septic shock: a retrospective cohort study. *BMC emergency medicine*, 10(1), 9.
- Yeganehkah, M., Dadkhahtehrani, T., Bagheri, A., & Kachoie, A. (2019). Effect of Glittered Nail Polish on Pulse Oximetry Measurements in Healthy Subjects. *Iranian journal of nursing and midwifery research*, 24(1), 25-29
- Yönt, G. H., Korhan, E. A., & Dizer, B. (2014). The effect of nail polish on pulse oximetry readings. *Intensive and Critical Care Nursing*, 30(2), 111-115.
- Yönt, G. H., Korhan, E. A., & Khorshid, L. (2011). Comparison of oxygen saturation values and measurement times by pulse oximetry in various parts of the body. *Applied Nursing Research*, 24(4), e39-e43.
- ZNA. (2016). Bloedgasanalyse. Geraadpleegd op 19 maart 2019, <https://www.zna.be/nl/behandelingen-onderzoeken/bloedgasanalyse>

11. BIJLAGE: LITERATUURTABEL

Hoofdartikels					
Bron & Jaartal	Objectief/ Onderzoekvraag	Design, grootte & populatie	Meetinstrumenten	In- en exclusiecriteria	Outcome
Biedrzycka, A., & Lango, R. (2016). Tissue oximetry in anaesthesia and intensive care. <i>Anaesthesiology</i> , 48(1), 41-48.	Het artikel kijkt terug naar eerdere studies in verband met NIRS technologie. Het geeft de plaats weer die de NIRS technologie doorheen de jaren heeft gekregen in de hoogtechnologische gezondheidszorg voor de kritiek zieke (chirurgische) patiënt.	Systematic Review	/	/	NIRS technologie geeft een goed beeld over de oxygenatie van het hersenweefsel en wordt vooral gebruikt bij patiënten die majeure cardiochirurgie moeten ondergaan. Het kan eveneens gebruikt worden bij kritiek zieke patiënten in intensieve zorgen om de perfusie en reperfusie van weefsels in beeld te brengen. Het kan dus een nuttig meetinstrument zijn bij patiënten met sepsis of een bedreigde microcirculatie.
Ebmeier, S. J., Barker, M., Bacon, M., Beasley, R. C., Bellomo, R., Chong, . . . , Young, P. J. (2018). A two centre observational study of simultaneous pulse oximetry and arterial oxygen saturation	De focus van de studie lag op het tekort aan kennis wegwerken betreffende SpO ₂ monitoring op de ICU, meer bepaald de pulse oxymetrie <ul style="list-style-type: none"> Doel (1): Beschrijving relatie tussen gepaarde SpO₂ en SaO₂-metingen, de tekortkomingen 	Kwantitatief onderzoek Niet-experimenteel onderzoek: Cohort studie N = 394 deelnemers Kritiek zieke patiënten	<ul style="list-style-type: none"> • APACHE II score voor bepaling ernst zieke patiënt • Radiometer ABL 800 FLEX arterial blood gas analyser in beide centra • Marquette Rac-4A monitors van Masimo (USA) vs Philips IntelliVue MP70 monitors (Amsterdam, Netherlands) with 	Inclusiecriteria / Exclusiecriteria <ul style="list-style-type: none"> • <2u tussen opname intensieve en ABG • Opt out • Methaemoglobinaemia (te hoog aantal RBC) • CO-intoxicatie • Contraststof toediening • Reeds in studie • <16jaar 	Doel (1) Er is geen significante vertekening tussen SpO ₂ & SaO ₂ (SD 2.2%). SpO ₂ is een overschatting bij lage SaO ₂ & een onderschatting bij hoge. Doel (2) PaO ₂ , lichaamstemp., pulse oxymeter model, huidskleur & lokale obstakels waren significante variabelen die

<p>recordings in intensive care unit patients. <i>Anaesthesia and intensive care</i>, 46(3), 297-303.</p>	<p>en overeenkomsten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Doel (2): Schatting van de vertekening die invloed op de verschillende klinische variabelen • Doel (3): De diagnostische prestaties van SpO₂-opnames te beschrijven in relatie tot lage arteriële zuurstofsaturatie (SaO₂ <89%) en lage arteriële zuurstofspanning (PaO₂) (PaO₂ <60 mmHg). 		<p>Philips Adult Reusable SpO₂ sensors.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Method of Bland Altman 		<p>invloed hadden op verschillen tussen SpO₂ & SaO₂.</p> <p>Doel (3)</p> <p>Indien SpO₂ <89% aangeeft betekent 3/7 dat SaO₂ <89%.</p> <p>Indien SpO₂ <89% aangeeft betekent 6/16 dat PaO₂<60mmHg</p>
<p>Hay, O.Y., Cohen, M., Nitzan, I., Kasirer, Y., Shahroor-Karni, S., Yitzhaky, Y., Engelberg, S., & Nitzan, M. (2018). Pulse Oximetry with Two Infrared Wavelengths without Calibration in Extracted Arterial Blood. <i>Sensors</i>, 18 (10), 3457.</p>	<p>Het vergelijken van 2 soorten saturatiemeters. Een normale saturatiemeter zoals hedendaags in alle ziekenhuizen worden gebruikt, die gebruik maakt van 1 golflengte om het infraroodlicht te verspreiden. De andere saturatiemeter is nieuw op de markt en maakt gebruik van 2 golflengtes om het infrarood licht doorheen de patiënt te sturen.</p>	<p>Kwantitatief onderzoek</p> <p>Niet-experimenteel cross-sectioneel onderzoek:</p> <p>Descriptief onderzoek</p> <p>N= 32 32 Gezonde volwassen mannen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • JCT pulse oximeter (2 golflengtes) • Nellcor bedside SPO₂ (1 golflengte) • ABL90-Flex analyzer 	<p>Inclusiecriteria</p> <ul style="list-style-type: none"> • 32 gezonde volwassen mannen. 	<p>Het nieuwe type saturatiemeter dat gebruik maakt van 2 verschillende golflengtes, gaf sneller een verandering in de SaO₂ weer in vergelijking met de conventionele SPO₂ meter. Het detecteert dus sneller een daling van het arteriële zuurstofgehalte bij patiënten.</p>

Jubran, A. (2015). Pulse oximetry. <i>Critical Care</i> , 19(1), 272.	Update van een eerder uitgegeven review in 1999. Er wordt uitgezocht welke nieuwe methoden er bestaan in de vorm van multiwavelength pulse oximeters & diens mogelijkheid om dyshemoglobine waar te nemen.	Systematic Review	/	/	Saturatiemeting blijft een kritiek punt van monitoring; modernere technologie zorgt voor betere meting & filteren beter bewegingsartefacten weg & meten beter bij lagere perfusie. Tabel 1 bevat een opsomming van probleempunten.
Jose, B., Lodha, R., & Kabra, S. K. (2014). Comparison of two new generation pulse oximeters with arterial oxygen saturation in critically ill children. <i>The Indian Journal of Pediatrics</i> , 81(12), 1297-1301.	Het uitvoeren van een vergelijking tussen twee nieuwe generatie saturatiemeters (één met (Signal Extraxtion Technology) SET en één zonder set. De verkregen resultaten van beide saturatiemeters werden na meting vergeleken met arteriële bloedgasanalyses.	Kwantitatieve studie Niet-experimenteel Cross-sectioneel onderzoek : descriptief onderzoek N= 48 Kritiek zieke kinderen.	De twee geteste saturatiemeters zijn: <ul style="list-style-type: none"> • Mindray MPM module, Shenzhen Mindray, Bio-Medical Electronics CO, Ltd. • Masimo Radical 7, Masimo Corporation, Irvine, CA 92618 USA • ABG analyser ABL FLEX 800 (Radiometer Copenhagen) • Vooraf opgemaakt document voor registratie van de meetresultaten • MS excel spreadsheet • Analyse met de 9.0 software (State Corp, College Station, TX) • Blant Altman analyse • McNemar test 	Inclusiecriteria <ul style="list-style-type: none"> • Arteriële katheter • Opgenomen op de PICU voor kritieke zorgen en ondersteuning Exclusiecriteria <ul style="list-style-type: none"> • CO-vergiftiging • Methemoglobinemie • Behandeling met Nitropressine 	Uit de resultaten die verkregen waren uit het onderzoek is gebleken dat beide saturatiemeters onvoldoende betrouwbaar waren omtrent de detectie van hypoxemie. Er was echter wel een goede correlatie tussen de SpO ₂ en de gemeten SaO ₂ via bloedgasanalyses. De betrouwbaarheid omtrent detectie van hypoxemie verslechterd bij hypotensie en verder achteruitgang van hypoxemie.

<p>Lipnick, M. S., Feiner, J. R., Au, P., Bernstein, M., & Bickler, P. E. (2016). The accuracy of 6 inexpensive pulse oximeters not cleared by the Food and Drug Administration: the possible global public health implications. <i>Anesthesia & Analgesia</i>, 123(2), 338-345.</p>	<p>Deze studie vergelijkt de werking en correctheid van 6 niet gekeurde goedkope zuurstofsaturatiemeters om te kijken of hun gegevens overeen komen met de gegevens die ze verkrijgen van wel goedgekeurde zuurstofsaturatiemeters.</p>	<p>Kwantitatieve studie</p> <p>Niet-experimenteel cross-sectioneel onderzoek: Descriptief onderzoek</p> <p>N= 22; 6 saturatiemeters werden getest op 22 gezonde personen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> De geteste zuurstofsaturatiemeters zijn: Contec CMS50DL, Beijing choice C20, Beijing choice MD300C23, Starhealth SH-A3, Jumper FPD-500A en Atlantean SB1002. Hun waarden werden vergeken met een arterieel bloedgas geanalyseerd door de Radiometer ABL90 en OSM3. 	<p>Inclusiecriteria</p> <ul style="list-style-type: none"> Leeftijd tussen de 18 – 40 jaar <p>Exclusiecriteria</p> <ul style="list-style-type: none"> Longaandoeningen Obesitas Cardiovasculaire aandoeningen 	<p>Bij 4 van de 6 geteste zuurstofsaturatiemeters toonden grote afwijkingen in waarden tegenover het arteriële bloedgas. 2 van de Saturatiemeters werkten volgens de normen die opgelegd worden door de 'food and drug administration'.</p>
<p>Milutinović, D., Repić, G., & Arandelović, B. (2016). Clinical nurse's knowledge level on pulse oximetry: A descriptive multi-centre study. <i>Intensive and Critical Care Nursing</i>, 37, 19-26.</p>	<p>Het artikels polst naar de kennis van verpleegkundige in een ziekenhuis over SPO2 metingen. Een correcte kennis hierover is nodig om de gegevens juist te interpreteren en snel te kunnen inspelen op veranderingen in de toestand van de patiënt.</p>	<p>Kwantitatief onderzoek</p> <p>Descriptive multi-centre study</p> <p>N= 198</p> <p>Verpleegkundigen die werkte op intensieve zorgen, spoedgevallen of operatiekwartier in 2 verschillende ziekenhuizen in Servië.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Het meetinstrument werd gebruikt uit een eerder studie (Kiekkas et al.). Het meetinstrument werd beperkt aangepast om het meer verstaanbaar te maken. Het eerste deel vroeg naar algemene informatie zoals leeftijd, werkervaring, geslacht, ... Het 2^e deel van het meetinstrument stelde 22 vragen over 	<p>Inclusiecriteria</p> <ul style="list-style-type: none"> Elke verpleegkundige tewerkgesteld op intensieve zorgen, spoedgevallen of operatiekwartier die meer dan 2 jaar ervaring had op de dienst waar hij/zij nu werkte op het moment van het interview 	<p>Het onderzoek toonde een gemiddelde kennis over zuurstofsaturatiemeting (12/22) en toonde geen verschil in kennis tussen verpleegkundigen met beperkte ervaring en verpleegkundigen met veel ervaring.</p>

<p>Nessler, N., Frénel, J. V., Launey, Y., Morcet, J., Mallédant, Y., & Seguin, P. (2012). Pulse oximetry and high-dose vasopressors: a comparison between forehead reflectance and finger transmission sensors. <i>Intensive care medicine</i>, 38(10), 1718-1722.</p>	<p>Hypothese: patiënten in shock onder hoge dosissen van vasopressie kennen een accuratere SpO₂ meting via forehead reflectance dan de traditionele vingermeting, indien de saturatie vergeleken wordt met SaO₂ gemeten met een bloedgas.</p>	<p>Kwantitatief onderzoek</p> <p>Niet-experimenteel onderzoek: Prospectieve observationele studie</p> <p>N = 32 deelnemers (24 septische, 4 cardiogene en 4 hypovolemische of haemorhagische shock; 26 norepinephrine, 3 epinephrine en 3 gecombineerd)</p>	<p>zuurstofsaturatiemeting.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Simplified Acute Physiology Score II and Sequential Organ Failure Assessment score voor bepaling ernst zieke patiënt • Method of Bland Altman • Pulse oximeter & voorhoofdsmeter (niet één specifiek model, maar verschillende) • SAS v9.3 software statistische analyse 	<p>Inclusiecriteria</p> <p>Iedere volwassen patiënt die in shock was en behandeld werd met hoge dosissen vasopressie & een arteriële katheter hadden</p> <p>Exclusiecriteria</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nagellak • Methaemoglobinaemia (te hoog aantal RBC) • CO-intoxicatie • Contraststof toediening • Icterie obv bilirubine >40µm/l • Anemie (<9g/dl) 	<p>Voorhoofdsmeting biedt een betere saturatiemeting bij patiënten in shock met hoge dosissen vasopressie dan de traditionele vinger of oormeting.</p>
<p>Nitzan, M., Romem, A., & Koppel, R. (2014). Pulse oximetry: fundamentals and technology update. <i>Medical Devices (Auckland, NZ)</i>, 7, 231.</p>	<p>Dit artikel vat de basis en de techniek waar zuurstofsaturatiemeting op berust samen. Het bespreekt de verschillende factoren die invloed kunnen hebben op een saturatiemeting en hoe ze een correcte waarde vals- negatief of vals- positief kunnen beïnvloeden.</p>	<p>Systematic Review</p>	<p>/</p>	<p>/</p>	<p>Zuurstofsaturatiemeting is al jaren lang een goede techniek om de respiratoire status van een patiënt te beoordelen. De metingen worden echter nog veel beïnvloed door verschillende factoren, zoals bewegingen, slechte perfusie, ... Verschillende bedrijven zijn bezig met de ontwikkeling van nieuwe sensoren die een deel van deze factoren kunnen omzeilen. Het is dus belangrijk dat men als zorgverlener de risico's kent van zuurstofsaturatiemeting en dat</p>

					de patiënt klinisch goed geobserveerd blijft.
Seifi, S., Khatony, A., Moradi, G., Abdi, A., & Najafi, F. (2018). Accuracy of pulse oximetry in detection of oxygen saturation in patients admitted to the intensive care unit of heart surgery: comparison of finger, toe, forehead and earlobe probes. <i>BMC nursing</i> , 17(1), 15.	Wat is de accuraatheid van saturatiemeters op de vinger, teen, voorhoofd en oorlel in detectie van de zuurstofsaturatie bij patiënten die opgenomen zijn op ITE omwille van een coronaire bypass operatie (CABG) ?	Kwantitatief onderzoek Experimenteel onderzoek: Clinical trial N= 67 patiënten die een CABG ondergingen.	<ul style="list-style-type: none"> • Saturatiemeters voor op de vinger, teen, voorhoofd en oorlel van Novametrx, Max-Fast, Bellcor Puritan Bennnett INC, Pleasanton en Calif. • Verder werd er ook gebruik gemaakt van 4 gelijkaardige monitors genaamd Oxypleth 520A. • Voor de analyse van de arteriële bloedgassen werd de Xhop Splul gebruikt. • Tijdens de studie werd ook de temperatuur gemeten met behulp van een tympanische thermometer van Jinus Phox. • Al de gebruikte meetinstrumenten werden gefabriceerd in de USA. 	<p>Inclusiecriteria</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arteriële katheter • Orale temperatuur boven de 35°C • Hemoglobine hoger dan 9 g/dl • Mean arterial pressure >60 mmHG • PaO² tussen 70% en 100% • pCO² <45 mmHG <p>Exclusiecriteria</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geen onderliggende afwijkingen aan het bloed zoals bijvoorbeeld: anemie. • Geen afwijkingen van het linker ventrikel, vasculaire ziektes, acuut/ chronisch nierfalen. • Geen nagellak • Roken • Vervormde vingers door COPD 	Uit het onderzoek is gebleken dat de oorlel saturatiemeter de hoogste accuraatheid behaalde in het meten van de SpO ² bij patiënten die opgenomen waren op ITE na een CABG.

			<ul style="list-style-type: none"> Al de verkregen data werd geanalyseerd met behulp van de STATA-11 software. 	Geen blaren, brandwonden of oedeem	
Schallom, M., Prentice, D., Sona, C., Arroyo, C., & Mazuski, J. (2018). Comparison of nasal and forehead oximetry accuracy and pressure injury in critically ill patients. <i>Heart & Lung, 47(2)</i> , 93-99.	<p>1) Wat is het verschil in accuraatheid bij de nasal alar en voorhoofdsensor bij de gemeten resultaten ?</p> <p>2) Wat is de incidentie van drukletsels bij het gebruik van de nasal alar en voorhoofdsensor ?</p>	<p>Kwantitatief onderzoek</p> <p>Niet-experimenteel onderzoek: Prospectieve observatie studie.</p> <p>N= 43</p> <p>Kritiek zieke patiënten</p>	<ul style="list-style-type: none"> Voor de analyse van de arteriële bloedgassen werd de gekalibreerde Radiometer ABL800 Flex Series gebruikt. Apache 2 score De voorhoofdsensor van Nellcor Oximax werd voor deze studie gebruikt. De nasal alar sensor van Xhale Assurance werd voor deze studie gebruikt. Bland-Altman analyse 	<p>Inclusiecriteria</p> <ul style="list-style-type: none"> 18 jaar of ouder Arteriële katheter Gediagnosticeerd met hypoperfusie veroorzaakt door minimaal één van volgende criteria: moeilijkheden met het behouden van een consistent signaal van een digit- of oorsensor, minimaal 0.10 mcg/kg/min van norepinephrine en hypothermie. <p>Exclusiecriteria</p> <ul style="list-style-type: none"> Anatomische afwijkingen aan de huid zoals bvb: brandwonden, wonden,..c op de plaats waar de sensors werden geplaatst Hemoglobine <5 g/dl Dyshemobline >10 % Methemoglobine >2 % 	Uit deze observatie studie is gebleken dat de nasal alar sensors een veelbelovend alternatief is voor de continue saturatiemeting bij kritiek zieke patiënten met mogelijke problemen met de systemische perfusie.
Tusman, G., Bohm, S. H., & Suarez-Sipmann, F. (2017). Advanced uses of pulse oximetry for monitoring	In dit artikel tonen ze aan dat er veel meer uitgebreide onderzoeksmogelijkheden bestaan die men kan meten via een saturatiemeter.	Systematic review: Meta-analyse	/	/	Uit deze meta-analyse is gebleken dat er al veel theoretische kennis en onderzoek is gedaan naar de bijkomende onderzoeksmogelijkheden die saturatiemeters te bieden

mechanically ventilated patients. <i>Anesthesia & Analgesia</i> , 124(1), 62-71.					hebben. Echter werd tot op heden deze kennis niet geïncorporeerd in de hedendaagse saturatiemeters.
Voepel-Lewis, T., Parker, M. L., Burke, C. N., Hemberg, J., Perlin, L., Kai, S., & Ramachandran, S. K. (2013). Pulse oximetry desaturation alarms on a general postoperative adult unit: a prospective observational study of nurse response time. <i>International journal of nursing studies</i> , 50(10), 1351-1358.	<p>(1) Responstijd van verpleegkundigen op desaturatie alarmen</p> <p>(2) Nagaan welke factoren dienstgebonden of ziekenhuisgebonden er spelen bij langdurige responstijd & gemiste alarmen.</p> <p>(3) Beschrijving tussen de correlatie van responstijd, gemiste alarmen, interventie en outcome.</p>	<p>Kwantitatief onderzoek</p> <p>Niet-experimenteel onderzoek: Prospectieve observatie studie.</p> <p>N = 103</p>	<ul style="list-style-type: none"> PASW statisch meetinstrument 	<p>Inclusiecriteria</p> <ul style="list-style-type: none"> >18 jaar Eénpersoonskamer op een dienst van 32 bedden Na een orthopedische operatie PCA-pomp aanwezig <p>Exclusiecriteria</p> <ul style="list-style-type: none"> Geen PCA-pomp 	1/3 van POM alarmen waren klinisch relevant, waren de meeste op tijd correct behandeld. Bestaffing & valse alarmen zijn niet in verband te brengen met respons tijd. Verdere strategieën zijn noodzakelijk.
Wilson, B. J., Cowan, H. J., Lord, J. A., Zuege, D. J., & Zygun, D. A. (2010). The accuracy of pulse oximetry in emergency department patients with	1) Wat is de accuraatheid van saturatiemeters ten op zichte van arteriële bloedgasen bij patiënten die opgenomen zijn op spoedgevallen en ITE omwille van	<p>Kwantitatief onderzoek</p> <p>Niet-experimenteel onderzoek: Retrospectieve cohort studie</p> <p>N= 88 patiënten opgenomen op spoedgevallen en</p>	<ul style="list-style-type: none"> Saturatiemeters voor op de vinger van Nellcor DS 100 A werden voor deze studie gebruikt (N20, N65, N75, N85, NPB40 of de NPB40 MAX, Hayward, California) Voor de analyse van de arteriële bloedgasen werd de ABL 725, 	<p>Inclusiecriteria</p> <ul style="list-style-type: none"> Leeftijd van >18 jaar Opname rechtstreeks vanuit spoedgevallen Patiënten moeten gediagnosticeerd zijn met uitgebreide sepsis of septische shock (tekens van infectie, twee of meer systemische inflammatoire 	Uit het onderzoek is gebleken dat bij patiënten met een uitgebreide sepsis of septische shock, dat de saturatiemeters de gemeten SaO ² overstijgen met 2.75%. Hypoxemie heeft een ongunstig effect op het meten van de SpO ² , terwijl acidose, verhoogd lactaat, verminderd hemoglobine,

<p>severe sepsis and septic shock: a retrospective cohort study. <i>BMC emergency medicine</i>, 10(1), 9.</p>	<p>uitgebreide sepsis of septische shock ?</p> <p>2) Welke impact hebben specifieke fysiologische factoren op de accuraatheid van saturatiemeters ten op zichte van arteriële bloedgassen bij patiënten die opgenomen zijn op spoedgevallen en ITE omwille van uitgebreide sepsis of septische shock ?</p>	<p>ITE omwille van een uitgebreide sepsis of septische shock waarbij tijdens hun opname zowel een arterieel bloedgas werd afgenomen en de SpO² werd gemeten.</p>	<p>Radiometer van Kopenhagen gebruikt</p> <ul style="list-style-type: none"> • Al de verkregen data werd opgeslagen gebruik makende van Microsoft Excel 97 en geanalyseerd met behulp van de STATA-8 (Stata, College Station TX). 	<p>response syndroom criteria: temperatuur > 38°C of < 36°C, hartritme >90 B/M, ademhalingsfrequentie > 20 A/M of een PaCO² < 32 mmHG, totaal aantal witte bloedcellen > 1200 cellen/mm³ of < 4000 cellen/mm³ of een systolische bloeddruk < 90 mmHG.</p> <p>Exclusiecriteria</p> <ul style="list-style-type: none"> • Linker atriale hypertentie • Congenitale hartafwijkingen • Chronische longziekten • Andere oorzakelijke factoren die aanleiding kunnen geven tot niet septische longproblemen, zoals: Pancreatitis, aspiratiepneumonie of een traumatische longcontusie. 	<p>bacteriemie en de nood aan vasopressoren hier geen invloed op hadden. Als finale conclusie uit het onderzoek duiden de onderzoekers aan dat als er een hoge accuraatheid vereist is, er beter een arterieel bloedgas dient afgenomen te worden.</p>
<p>Yönt, G. H., Korhan, E. A., & Khorshid, L. (2011). Comparison of oxygen saturation values and measurement times by pulse oximetry in various</p>	<p>1) Zijn er verschillen in de verworven meetresultaten tussen de voorhoofd-, vinger en teenprobe ?</p> <p>2) Zijn er verschillen in de tijd die nodig is om een meetsignaal vast te leggen tussen de</p>	<p>Kwantitatief onderzoek</p> <p>Niet-experimenteel onderzoek: Klinische prospectieve studie</p> <p>N= 40 patiënten die opgenomen werden op ITE.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • De wegwerpbare voorhoofdsensor van Nellcor Oximax Max-Fast werd voor deze studie gebruikt. • De vinger- en teen probe van Oximax Nellcor werden voor deze studie gebruikt. • De monitor van Nellcor 	<p>Inclusiecriteria</p> <ul style="list-style-type: none"> • Leeftijd tussen 18 en 65 jaar • Patiënten die opgenomen zijn op deze afdelingen in de periode van de studie • Beademd zijn • Een arterieel bloedgas moest afgenomen zijn • Geen onderliggende 	<p>De verworven resultaten van deze studie tonen aan dat de gemeten saturatie van de voorhoofdprobe het dichtst aansluit bij de gemeten arteriële bloedgaswaarden ten op zichte de vinger- en teenprobe. De voorhoofdprobe werd beschouwd als een meer betrouwbaar meetinstrument in</p>

<p>parts of the body. <i>Applied Nursing Research</i>, 24(4), e39-e43.</p>	<p>voorhoofd-, vinger en teenprobe ?</p> <p>3) Zijn er verschillen in de verworven meetresultaten tussen de voorhoofd-, vinger en teenprobe in vergelijking met een arteriële bloedgasanalyse ?</p>		<p>N_595 oximeter-Nellcor, Pleasanton, CA werd gebruikt voor deze studie.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Voor de analyse van de arteriële bloedgassen werd de NOVA calculator gebruikt. • Al de verkregen data voor deze studie werd geanalyseerd via SPSS (Version 11.5 for Windows). 	<p>hematologische aandoeningen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geen symptomen van anemie, rillingen, hypercapnie, hypotensie, hypothermie, ritmestoornissen, perifere vasoconstrictie of vasodilatatie. <p>Exclusiecriteria</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geen toediening van vasoactieve medicatie 	<p>vergelijking met de vinger- en teenprobe.</p> <p>Ook werd er vastgesteld dat de tijd die nodig was om een meetsignaal vast te leggen het kortste was bij de voorhoofdprobe.</p>
--	---	--	--	--	--