



Masteroppgave

Masterstudium i anestesisykepleie

Mai 2022

**Kan hypovolemi oppdages i en tidlig fase ved hjelp av
Norsk Standard for anestesi sitt minste krav
for hemodynamisk overvåkning? - En systematic search
and review**

Kandidatnavn: Camilla Dalaker og Maia-Kristina Karlsen

Emnekode: MANES 5900

Antall ord artikkel: 3871

Antall ord kappe: 3401

30 studiepoeng

Fakultet for helsevitenskap
OSLO METROPOLITAN UNIVERSITY
STORBYUNIVERSITETET

Forord

Arbeidet med denne masteroppgaven har vært svært lærerikt. Vi har blant annet fått bedre innsikt i hvordan en utfører systematiske litteratursøk, kritisk vurderer forskning, forskningsetiske retningslinjer og utarbeidelse av en forskningsartikkel. Det har også vært en krevende prosess, da pandemien har satt begrensninger med tanke på å kunne møte hverandre, andre studenter og veileder fysisk, tilgangen til bibliotek, og stress i hverdagen rundt det å leve i en pandemi.

Vi er svært glade og stolte over at vi har klart å gjennomføre masteroppgaven, og har flere vi ønsker å takke for god hjelp og støtte på veien. Prosessen startet med fordypningsoppgaven på videreutdanningen i anestesisykepleie, der vi skrev en prosjektbeskrivelse og planla masteroppgaven. I første del av prosessen fikk vi god veiledning fra professor Marit Leegaard. Videre har vi fått mange konstruktive tilbakemeldinger, råd og støtte fra vår veileder professor Axel Wolf. Vi er også takknemlige for god hjelp i søkeprosessen fra bibliotekarer ved OsloMet og Ahus.

“Student, you do not study to pass the test. You study to prepare for the day when you are the only thing between a patient and the grave”. Mark Reid

Innholdsfortegnelse

1.0	Artikkelutkast	4
	Vedlegg 1 Søkehistorikk	30
	Vedlegg 2 Sjekkliste for Analytical Cross Sectional Studies.....	33
	Vedlegg 3 Oversikt over utfylt sjekkliste (kvalitetsvurdering) for inkluderte studier (17)	34
2.0	Kappe masteroppgave	35
	Sammendrag	35
	Abstract	36
2.1	Innledning.....	37
2.2	Bakgrunn og hensikt.....	37
2.3	Teoretiske aspekter.....	38
	2.3.1 Hypovolemi og hypovolemisk sjokk.....	38
	2.3.2 Hemodynamisk overvåkning.....	39
2.4	Anestesisykepleierens funksjon og ansvar	40
2.5	Avgrensninger i studien.....	41
2.6	Metodiske aspekter.....	42
2.7	Etiske aspekter.....	46
2.8	Avslutning	47
	Kilder:.....	48

1.0 Artikkeltkast

Utarbeidet etter forfatterveiledning fra fagbladet Inspira.

Forfatterveiledningen er tilgjengelig fra:

<https://inspiratidsskrift.no/index.php/inspira/guidelines>

Kan hypovolemi oppdages i en tidlig fase ved hjelp av Norsk Standard for anestesi sitt minste krav for hemodynamisk overvåkning? - En systematic search and review

Sammendrag

Bakgrunn: Hypovolemi kan være livstruende dersom tilstanden ikke blir oppdaget tidlig og reversert. Av pasientsikkerhetshensyn er det viktig å oppdage hypovolemi i en tidlig fase. Uttalte tegn som takykardi og mulig hypotensjon oppstår ikke før pasienten har mistet 15 % - 30 % av blodvolumet. Det er ikke avdekket noen systematisk oversikt om oppdagelse av hypovolemi i en tidlig fase ved hjelp av hemodynamisk overvåkning som er minste krav for pasienter i generell anestesi, i følge Norsk Standard for anestesi.

Hensikt: Med denne studien ønsker vi å undersøke om det finnes metoder for å oppdage hypovolemi ved hjelp av hemodynamisk overvåkning, før pasienten utvikler takykardi og hypotensjon. Hemodynamisk overvåkning inkludert i denne studien er minstekrav for pasienter i generell anestesi, i følge Norsk standard for anestesi: Pulsoksymetri, kapnografi, EKG og non-invasiv eller invasiv blodtrykksmåling.

Metode: Denne studien er en systematic search and review av kvantitative studier. 1783 artikler ble vurdert etter tittel, 107 etter abstrakt og 24 etter fulltekst. Seks artikler ble kvalitetsvurdert med sjekklisten for Analytical Cross Sectional Studies fra Joanna Briggs Institute. De seks artiklene hadde akseptabel kvalitet og er inkludert i studien. Blindet screening ble utført av to forfattere med bakgrunn i inklusjons- og eksklusjonskriteriene.

Resultater: De seks inkluderte studiene er samstemte om at kurvevariasjoner ved standard pulsoksymetri gir indikasjon på hypovolemi før pasienten utvikler takykardi og hypotensjon. Studiene er ikke samstemte om panne, øre eller finger er optimal plassering av pulsoksymetriproben.

Konklusjon: Kurvevariasjoner ved pulsoksymetri kan gi en tidlig indikasjon på at pasienter er i ferd med å utvikle hypovolemi, men kan ikke benyttes som et diagnostisk verktøy alene for å oppdage tilstanden.

Nøkkelord: *Hypovolemi, hemodynamisk overvåkning, pulsoksymetri, plethysmografikurver, systematic search and review.*

Abstract

Title: Can hypovolemia be detected at an early stage using the minimum requirement of hemodynamic monitoring by the Norwegian standard of anesthesia? - A systematic search and review

Background: Hypovolemia can be a life-threatening condition if it is not discovered and reversed. It is important to detect hypovolemia early to ensure patient safety. Profound signs of hypovolemia like tachycardia and potentially hypotension do not occur before the patient has lost 15-30 % of total blood volume. There is no systematic review about the early onset of hypovolemia using hemodynamic monitoring included in the minimum Norwegian standard for patients in general anesthesia.

Purpose: The aim of this study is to investigate whether certain methods of hemodynamic monitoring can detect hypovolemia before the onset of tachycardia and hypotension. Hemodynamic monitoring tools included in this study equal the Norwegian minimum standard for patients in general anesthesia; pulse oximetry, capnography, ECG and non-invasive or invasive blood pressure

Method: This study is a systematic search and review of quantitative research. 1783 articles was assessed by title, 107 by abstract and 24 by full text. Six articles were quality assessed using the checklist for Analytical Cross Sectional Studies from Joanna Briggs Institute. Those six articles have acceptable quality and were included in the study. Blinded screening was carried out by two authors based on the inclusion- and exclusion criteria.

Results: The included studies do all reach the conclusion that waveform variations in the curve of a standard pulse oximeter give an indication of hypovolemia before the onset of tachycardia and hypotension. The studies do not agree whether forehead, finger or earlobe is the optimal placement of the pulse oximetry probe.

Conclusion: Pulse oximetry curve variations can provide an early indication of the development of hypovolemia, but can not be used as a single diagnostic tool to detect the condition.

Key words: Hypovolemia, hemodynamic monitoring, pulse oximetry, plethysmography curves, systematic search and review.

Innledning

Hypovolemi kan defineres som et minsket sirkulerende blodvolum grunnet blødning eller annet tap av væske fra ekstracellulærrummet (1). Hypovolemisk sjokk kan defineres som utilstrekkelig perfusjon av vitale organer grunnet for lite blodvolum (2). Hypotensjon er ikke en tidlig indikator for utvikling av hypovolemisk sjokk (3). Tidlig diagnose og umiddelbar behandling for å gjenopprette normovolemi kan være livreddende (4). Ideell behandling av hypovolemi er viktig, da både hypo- og hypervolemi er forbundet med økt mortalitet og kan true pasientsikkerheten (5). Forsinket behandling kan føre til iskemisk vevsskade og irreversibelt sjokk med multiorgansvikt (6). Peroperativ vurdering av intravaskulær volumstatus er utfordrende grunnet skiftende kardiovaskulær respons forårsaket av anestesimidlene, og fordi det kan være vanskelig å vurdere kirurgisk blodtap (5). Visualisering av blodtap i sug og kompresser er heller ingen sikker metode (7).

Det kan være utfordrende å oppfatte utviklingen av hypovolemi tidlig nok, før tilstanden utvikler seg til hypovolemisk sjokk. Advanced Trauma Life Support (ATLS) deler blodtap inn i fire grupper ut fra alvorlighetsgrad. Ved hypovolemi klasse 1 har pasienten et blodtap på inntil 15 % av blodvolumet. Dette tåles vanligvis godt, og det er da normalt ingen endringer i vitale tegn. Ved tap av 15-30 % av blodvolumet utvikler pasienten hypovolemi klasse 2, og det er først ved dette stadiet pasienten reagerer med takykardi med hjertefrekvens over 100, mulig hypotensjon, økt respirasjonsfrekvens og angst. Ved hypovolemi klasse 3 har pasienten mistet 30-40 % av blodvolumet, hjertefrekvensen er over 120 og en vil først her observere et tydelig blodtrykksfall. I den siste fasen av hypovolemisk sjokk, hypovolemi klasse 4, har pasienten mistet over 40 % av blodvolumet, og vil ha signifikante symptomer som systolisk blodtrykk under 90 mmHg, hjertefrekvens over 120, og redusert mental status. De nevnte verdiene er omtrentlige verdier til en mann på 70 kg, og responsmønsteret vil derfor kunne variere mellom individer (8).

Hensikten med denne studien er å undersøke om det finnes hemodynamisk overvåkning som kan indikere at pasienten er i hypovolemi klasse 1, slik at tiltak for å forhindre ytterligere sjokkutvikling kan iverksettes tidligst mulig. I denne studien er det i utgangspunktet inkludert både invasiv og non-invasiv hemodynamisk overvåkning som hjelpemiddel for å oppdage hypovolemi, men utelukker hjelpemidler som ifølge Norsk standard for anestesi ikke inngår i

minste krav for pasienter i generell anestesi, da vi ønsker at funnene skal være lett overførbare til klinisk praksis. Norsk standard for anestesi beskriver at pasienten skal overvåkes kontinuerlig under og etter anestesi, og at denne overvåkningen som et minimum skal innebære klinisk vurdering av respirasjon, sirkulasjon og pulsoksymetri. Videre oppgis det at pasienter i generell anestesi skal overvåkes med EKG, kapnografi, pulsoksymetri og blodtrykk som minimum overvåkning (9). Det er ikke spesifisert om blodtrykk skal måles invasivt gjennom arteriekateter eller non-invasivt ved cuff, altså er begge disse metodene inkludert i litteratursøket til studien.

Anestesisykepleier observerer, forstår og tolker monitoreringsdata og iverksetter tiltak i forhold til disse. Anestesisykepleier gjenkjenner komplikasjoner og handler når disse oppstår (10). Anestesisykepleieren er hos pasienten under hele det peroperative forløpet, men også i akutte situasjoner utenfor operasjonsavdelingen. Anestesisykepleiere arbeider mange andre steder enn på operasjonsstuen; i akuttmottak, utposter, og med transport av pasienter inhospitalt og prehospitalt, og vil i mange tilfeller være den første som oppdager komplikasjoner som hypovolemi. Denne studien har overføringsverdi for spesialsykepleiere i akuttmottak, traumeteam, postoperative- og intensivavdelinger, da blødninger kan oppstå og tidlig oppdagelse av hypovolemi gjennom hemodynamisk overvåkning vil være livreddende i hele pasientforløpet.

Metode

Denne artikkelen benytter designet systematic search and review. En systematic search and review tar typisk for seg brede forskningsspørsmål, og resultatet skal være kunnskapsbasert (11).

For å strukturere søkeprosessen, og som et hjelpemiddel for å systematisere problemstillingen, benyttes et PEO-skjema (Se tabell 1).

Tabell 1 PEO-skjema

P	E	O
Voksne personer mellom 18-65 år	Hemodynamisk overvåkning som inngår i minste standard for pasienter i generell anestesi	Oppdage hypovolemi i klasse 1 i følge ATLS klassifisering

Konsekvente og tydelige inklusjons- og eksklusjonskriterier har innflytelse på utviklingen av søkestrategien, og er grunnlaget for systematisk og objektiv studieseleksjon (12). Etter å ha oppsøkt oppdatert kunnskap om hypovolemi i databasen UpToDate, ble relevante og faglig begrunnende inklusjons- og eksklusjonskriterier utarbeidet (se tabell 2).

Tabell 2 Inklusjons- og eksklusjonskriterier

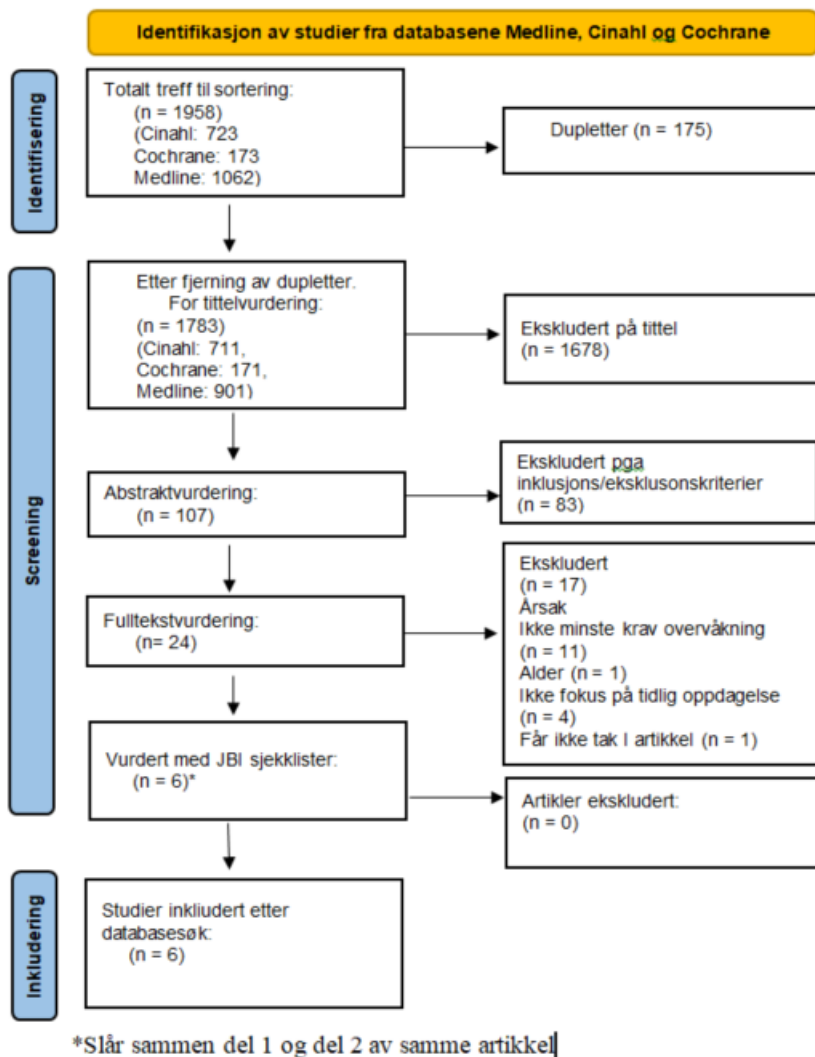
Inklusjonskriterier	Eksklusjonskriterier
<ul style="list-style-type: none"> - Alder 18-65 år - Publikasjonsdato fra 2010 - Skandinaviske språk eller engelsk - Studier om oppdagelse av hypovolemi i en tidlig fase, før pasienten utvikler takykardi og eventuelt hypotensjon - Fagfellevurderte artikler - Kvantitative enkeltstudier 	<ul style="list-style-type: none"> - Studier som omhandler væskebehandling av hypovolemi - Hemodynamisk overvåkning som ikke er minste krav for pasienter i generell anestesi ifølge Norsk standard for anestesi - Dyrestudier - Hypovolemi grunnet hemodialyse

Litteratursøk og søkestrategier

Systematiske litteratursøk i databasene Cochrane, MEDLINE og CINAHL ble utført i september 2021, med søkehjelp fra bibliotekar ved Akershus universitetssykehus og videre kvalitetssikret ved hjelp av bibliotekar ved Oslo Metropolitan University. Det anbefales å vise til full søkestrategi fra en database, der begrensninger i søket også kommer frem, slik at søket kan repeteres (12). I vedlegg 1 fremkommer søkestrategien for de tre benyttede databasene.

Ulike MESH-ord og tekstord for hemodynamisk overvåkning og hypovolemi ble benyttet i samtlige databaser. Emneordene og tekstordene ble først benyttet separat, og videre kombinert med OR for å utvide søket. Avslutningsvis ble samtlige treff slått sammen med AND for å avgrense og treffe de aktuelle studiene. Kun elementene E og O fra PEO er benyttet i litteratursøket, da problemstillingen omhandler hvordan intervensjonen hemodynamisk overvåkning har sammenheng med hypovolemi som outcome. Inklusjon av samtlige PEO-elementer i søket er ikke nødvendig, og kan føre til at forskeren avgrenser søket for mye, og dermed mister mulige aktuelle artikler (13).

Litteratursøket i nevnte databaser ga til sammen 1783 treff etter at 175 duplikater ble fjernet ved hjelp av EndNote. Studieseleksjonen ble videre utført separat av begge forfatterne i alle stadiene av prosessen. Systematiske søk i relevante databaser identifiserer ikke alltid all publisert, relevant litteratur, og en bør derfor også lete i litteraturlistene til sentrale artikler og utføre frisøk (14). Det ble utført frisøk i Google Scholar, samt i referanselistene til samtlige inkluderte artikler. Disse søkene ga ingen nye resultater. Viser til figur 1 for detaljer i utvelgelsesprosessen av studier.



Figur 1 PRISMA flytdiagram (15)

Dataekstraksjon og kvalitetsvurdering

Et standard dataekstraksjonsskjema er viktig for å sikre at kun relevante data for artiklene er ekstrahert og uthenting av data gjøres likt for samtlige artikler (16). Tabell 3 viser hvilke data som er hentet ut fra de inkluderte artiklene. Dataekstraksjonen ble utført av begge forfatterne sammen.

Sjekklistene fra Joanna Briggs Institute ble benyttet for å kvalitetsvurdere studiene (Se tabell 3 og vedlegg 2 og 3). Samtlige inkluderte artikler ble vurdert ved hjelp av sjekklisten Analytical

Cross Sectional Studies (17). Kvalitetsvurderingen ble utført separat av begge forfatterne for å oppnå objektive resultater. Tre av de inkluderte artiklene er vurdert til å ha god kvalitet (18-20) og de resterende har høy kvalitet (21-24). Artiklene vurderes til å ha høy kvalitet dersom samtlige punkter i sjekklisten kan signeres med “yes”. Ved ett uklart punkt i sjekklisten er kvaliteten i dette tilfellet vurdert til å være god.

Tabell 3 Litteratormatrise

Demografiske data				Resultater relatert til problemstillingen				JBI sjekk-liste
Forfatter, utgivelses-år, land	Tittel, Tidsskrift	Studiedesign	Hensikt	Forsøks-personer	Metode for påføring av hypovolemi	Hemodynamisk overvåkning	Resultat	Over-all appra-isial
McGrath et al. 2010, USA	«Pulse Oximeter Plethysmographic Waveform Changes in Awake, Spontaneously Breathing, Hypovolemic Volunteers» Anesthesia & Analgesia	Observasjons-studie	Undersøke hvorvidt forandringer i pulsoksymetrikurven (PPG) kan påvise reduksjon i sentralt blodvolum før forandringer i øvrige vitale parametere.	18 spontant pustende	Lower Body Negative Pressure	Pulsoksymetri	Endringer i pulsoksymetrikurven observeres før tydelig reduksjon i arterielt blodtrykk. Reduksjon i pulsamplituden korresponderer med tap av slagvolum. Pannesensor viste seg mest sensitiv.	Høy
Pizov et al. 2010, Israel	«Arterial and Plethysmographic Waveform Analysis in Anesthetized Patients with Hypovolemia» Anesthesi-ology	Observasjons-studie	Undersøke om pulsoksymetrikurver (PPG) og arterietrykkurver kan avdekke reduksjon i sentralt blodvolum.	33 mekanisk ventilerte	Autolog hemodilusjon	Pulsoksymetri og arterietrykkurver	Variasjoner i pulsoksymetrikurven øker signifikant etter tap av kun 6% estimert blodvolum. Pulsoksymetrikurven reflekterer nøyaktig arteriekurven ved mer uttalt hypovolemi.	God

Alian et al. 2011, USA	«Impact of Central Hypovolemia on Photoplethysmographic Waveform Parameters in Helthy Volunteers» Part 1 & 2 Journal of Clinical Monitoring and Computing	Observasjonsstudie	Observere pulsoksymetrikurvens (PPG) forandringer under progredierende hypovolemi	11 spontant pustende	Lower Body Negative Pressure	Pulsoksymetri	PPG er både sensitiv og spesifikk som en tidlig indikator for blodtap. PPG-enderinger er observert før uttalt redusert BT.	Høy
Selvaraj et al. 2011, USA	«A Novel Approach Using Time-Frequency Analysis of Pulse-Oximeter Data to Detect Progrssive Hypovolemia in Spontaneously Breathing Healthy Subjects» IEEE Transactions on biomedical engineering	Observasjonsstudie	Avgjøre om pulsoksymetrikurver (PPG) kan benyttes for å oppdage tidlige tegn på blodtap ved å analysere data fra øre, panne- og fingerprober	11 spontant pustende	Lower Body Negative Pressure	Pulsoksymetri	Pulsoksymetri målt med øresensor er en sensitiv og tidlig indikator på blodtap.	God
Scully et al. 2012, USA	«Using Time-Frequency Analysis of the Photoplethysmographic Waveform to Detect the Withdrawal of 900 ml of Blood»	Observasjonsstudie	Undersøke hvorvidt tapping av 900 ml blod gir forandringer i pulsoksymetrikurven (PPG) og om plassering av probe	8 spontant pustende	Tappet og retransfundert 900 ml blod	Pulsoksymetri	Amplituden på pulsoksymetrikurven falt signifikant under blodtappingen, spesielt ved måling med øresensor. Puls og arterielt blodtrykk	Høy

	Anesthesia & Analgesia		på finger, øre eller panne er mest følsomt for forandringer i kurven.				endret seg lite.	
Van Genderen et al. 2013, Nederland	«Peripheral perfusion index as an Early Predictor for Central Hypovolemia in Awake Healthy Volunteers» Anesthesia & Analgesia	Observasjonsstudie	Undersøke om perifer perfusjons indeks (PPI) kan benyttes for å oppdage gradvis reduksjon i sentralt blodvolum.	24 spontant pustende	Lower Body Negative Pressure	Pulsoksymetri	Perifer perfusjons indeks viste en signifikant endring ved begynnende hypovolemi. Slagvolum, hjertefrekvens og MAP viste ikke signifikante endringer under progredierende hypovolemi.	God

Resultater

Studiekarakteristikk

De inkluderte artiklene ble publisert i tidsrommet 2010-2013 i landene Israel (18), Nederland (20) og USA (19, 21-24). Samtlige studier er kvantitative observasjonsstudier. Totalt hadde de seks studiene 105 deltakere som fullførte forsøkene. Fem av artiklene oppgir kjønnsfordeling (18-21, 24), og i tre av disse er det kun mannlige forsøkspersoner (19, 20, 24). Fire av artiklene oppgir alder på forsøkspersonene (19, 21-24), der samtlige er i 20-30 årene. Fem av artiklene oppgir helsestatus hos studiedeltakerne (19-24), enten i form av at de er friske eller at de ikke er hjerte- eller karsyke. Fem av seks studier er utført i laboratorier på frivillige forsøkspersoner (19-24), mens en av studiene er utført på pasienter under planlagt kirurgi (18). Lower Body Negative Pressure (LBNP) er benyttet for å simulere hypovolemi i fire av de seks studiene (19-23). Ved LBNP blir forsøkspersonen plassert med nedre halvdel av kroppen i et lufttett kammer som blir forseglet på nivå med hoftekammen. I kammeret er det negativt trykk som justeres ved hjelp av vakuum og simulerer sentral hypovolemi hos forsøkspersonen (20). LBNP på -10-20 mmHG tilsvarer et blodtap på 400-550 ml blod, og simulerer en begynnende hypovolemi tilsvarende klasse 1 (20, 22, 23). I de resterende studiene blir pasientene tappet for blod for å oppnå hypovolemi (18,24). Den ene studien inkluderer pasienter som skal til elektiv kirurgi med planlagt tapping ved hjelp av autolog hemodilusjon, og pasientene blir mekanisk ventilert på operasjonsstuen (18). Den andre studien tapper forsøkspersoner gradvis for 900 ml blod på et laboratorium, mens vitale tegn blir fulgt (24). I denne studien er forsøkspersonene spontanventilerende, i likhet med LBNP-studiene som alle forgår i forsøkslaborier tilknyttet sykehus. Samtlige inkluderte studier omhandler bruk av pulsoksymetri for oppdagelse av hypovolemi i en tidlig fase, selv om litteratursøket inkluderte alle former for hemodynamisk overvåkning som inngår i minste standard for pasienter i generell anestesi.

Pulsoksymetrikurver ved hypovolemi

Samtlige seks studier konkluderer med at pulsoksymetri er en nyttig indikator for å oppdage hypovolemi i en tidlig fase. Fem av studiene undersøker fotoplethysmografikurven (PPG) (18,19, 21-24), mens en av studiene tar for seg perifer perfusjonsindex (PPI) (20). Begge disse

indikatorerne kan avleses på monitoren ved bruk av standard pulsoksymeter. PPG-kurven er avledet fra det infrarøde signalet i pulsoksymeteret, og er et indirekte mål på blodvolumet som passerer under sensoren ved hvert pulsslå (23). Dette vises som en kurve på monitoren. Ved begynnende hypovolemi observeres kurvevariasjoner i form av ulik høyde og bredde på pulsølgene i pulsoksymetrikurven. PPI er en indeks som er kalkulert ut fra forholdet mellom den arterielle pulsatile komponenten og den venøse og kapillære ikke-pulsatile komponenten av lyset som treffer detektoren på pulsoksymeteret. PPI har en median verdi på 1,4 hos friske personer (20).

Samtlige inkluderte studier konkluderer også med at endringer i pulsoksymetrikurver oppstår før endringer i hjertefrekvens og blodtrykk ved begynnende hypovolemi. I samtlige studier viser pulsoksymetrikurvene signifikante variasjoner ved et lite blodtap, allerede etter 6 % av estimert blodvolum i studien til Pizov et al. (18). I de samme studiene viser ikke hjertefrekvens eller systolisk blodtrykk tydelige endringer før etter et betydelig høyere blodtap. I studien til Alian et al. (22, 23) er det ikke tydelige endringer i puls eller blodtrykk ved et simulert blodtap tilsvarende 800 ml, mens PPG-kurvene har signifikante variasjoner ved dette estimerte blodtapet.

Pizov et al. (18) ser i tillegg til PPG også på endringer i arterietrykkurver hos mekanisk ventilerte pasienter. Forfatterne av denne studien kommer frem til at endringer i respiratorisk induerte arteriekurver viser signifikante endringer allerede etter 4 % tap av estimert blodvolum. Endringene i plethysmografikurvene, som nevnt over, vises etter 6 % blodtap.

Fire av studiene påpeker også at plassering av pulsoksymetri-sensoren har betydning for resultatene (19, 21-24). Her er funnene sprikende. To av studiene (19, 24) rapporterer at plassering av proben på øret er mest følsom for forandringer i volumstatus. En studie finner at plassering av proben på finger er mest følsom for volumendringer, og påpeker at endringer vises allerede ved mild reduksjon i sentralt blodvolum (22, 23). Den siste studien konkluderer med at plassering av proben i pannen er mest sensitiv for endringer i volumstatus (21).

Diskusjon

Til tross for inklusjon av all hemodynamisk overvåkning som inngår i Norsk standard for anestesi sitt minstekrav for pasienter i generell anestesi, var det likevel kun artikler om pulsoksymetri som ble inkludert i denne studien med bakgrunn i inklusjons- og eksklusjonskriteriene. En studie sammenlikner imidlertid også pulsoksymetrikurver med arterietrykkkurver. De inkluderte studiene er samstemte om at standard pulsoksymetri kan benyttes som hjelpemiddel eller indikator for å oppdage tidlige tegn på hypovolemi. Pulsoksymetri bør når mulig benyttes i tillegg til annen hemodynamisk monitorering som hjertefrekvens og blodtrykk, samt kliniske tegn som hudfarge og kapillærfylling, og mental status og respirasjonsfrekvens hos våkne pasienter (25). Perifer vasokonstriksjon forekommer tidlig hos pasienter med sirkulatorisk sjokk, da blod blir prioritert bort fra perifert vev til sentrale organer (8, 20). Pulsoksymeteret er i de fleste tilfeller plassert på en finger, og vil derfor vise kurvevariasjoner når det blir redusert perifer blodstrøm, fordi det vil være mindre tilgjengelig blod som kan absorbere lys. Det er imidlertid viktig å være klar over at anestesimidler kan føre til perifer vasodilatasjon, noe som mulig kan påvirke pulsoksymetrikurver hos pasienter i generell anestesi. Denne påvirkningen vil diskuteres senere i artikkelen.

Imidlertid vil pulsoksymetri ved mer langtkommen hypovolemi være et mindre presist verktøy for å vurdere graden av sjokkutvikling. Pulsoksymetrikurvene endrer seg tydelig ved mild hypovolemi, men endrer seg ikke ytterligere ved progredierende grad av hypovolemi (19, 20). Diagnostisering av hypovolemi baserer seg ofte på endringer i blodtrykk og hjertefrekvens med hypotensjon og takykardi som indikatorer (25). Både de inkluderte studiene og annen forskning konkluderer med at standard vitale målinger som blodtrykk og puls er sene indikatorer på hypovolemi, og er ikke sensitive før pasienten har hatt et betydelig blodtap (8, 26). McGrath et al. (21) finner at PPG-signaler kan gi informasjon om blodtap lenge før forandringer i systolisk blodtrykk. Denne studien finner ikke forandringer i systolisk blodtrykk før 60 % av LBNP, og nådde ikke verdier som var klinisk signifikante før ved 100 % LBNP. Et tilsvarende funn ble gjort av Selvaraj et al. (19). Dette viser at diagnostisering av hypovolemi ved å observere vitale målinger av blodtrykk og puls alene sent vil gi informasjon om at tilstanden er under utvikling. Unge pasienter uten underliggende sykdommer kan forbli normotensive til tross for betydelig blodtap. Pasienter som bruker kardioaktive medisiner som

betablokkere har ofte heller ikke de typiske vitale tegnene på sjokk (8). I disse tilfellene vil pulsoksymetrikurver kunne være en nyttig indikator som mulig kan vise sjokkutvikling til tross for kompensasjonsmekanismer som skjuler endringer i standard vitale tegn.

Plassering av sensor

Fire av de seks inkluderte studiene (19, 21-24) rapporterer at plassering av pulsoksymeteret påvirker sensibilitet og grad av variasjon i plethysmografikurven. Forskerne konkluderer ulikt med hvilken plassering som er mest sensitiv og pålitelig av øre, panne eller finger. McGrath et al. (21) finner at pannen og øret er den beste lokasjonen for plassering av sensoren. De begrunner dette med at amplituden fra fingerplassering er redusert grunnet økt sympatisk aktivering og vasokonstriksjon, mens blodstrøm til hodet påvirkes mindre av perifer vasokonstriksjon. Selvaraj et al. (19) observerer på den annen side at pannen er den minst egnede plassering av sensoren, da denne plasseringen er utsatt for artefakter og støy. Forfatterne av denne studien rapporterer at øret er det mest sensitive målestedet for PPG, og viste signifikante endringer i alle fasene av LBNP. Studien til Alian et al. (22, 23) kommer til et annet resultat enn begge de to ovennevnte studiene angående sensorplassering. Ved LBNP på -30 mmHG viste PPG-kurvene en signifikant variasjon ved plassering av sensoren på fingeren, men imidlertid viste PPG-kurvene fra øresensoren ikke signifikante endringer. Studien finner at dette trolig skyldes forskjellen i perifer vasokonstriksjon mellom finger og øre, da øret er mindre utsatt for vasokonstriksjon grunnet den autonome reguleringen for å beskytte hodet og sentrale organer ved hypovolemi. Scully et al. (24) finner at en sensor plassert på øret viser en tydelig endring allerede ved 300 ml blodtap, i større grad enn finger- eller øreplassering. Forfatterne av denne studien mener at øreplassering er optimalt ut fra et praktisk standpunkt, da de i likhet med Selvaraj et al. (19) finner at denne plasseringen gir minst støy fra ytre påvirkning. Ut fra disse funnene framkommer det ikke klart hva som er optimal sensorplassering, men det kan i praksis være hensiktsmessig å forsøke ulike probeplasseringer ved dårlige kurver fra pulsoksymeteret.

Implikasjoner for praksis

Er funnene i denne studien anvendelige i en klinisk hverdag? En stor fordel ved bruk av pulsoksymetri er at det er lett tilgjengelig, da det samme apparatet brukes til å måle puls og

oksygenmetningen i blodet. Det er forutsatt at monitoren som benyttes viser kurvene fra pulsoksymeteret, noe skop på operasjonsstuer og de som benyttes i akuttmottak og ved transport av pasient viser. Teknologien er i seg selv lett anvendelig og krever lite opplæring, men forståelse av kurvene er mer avansert. Forskingen som er inkludert i denne studien kommer ikke med klare målbare parametere for hvor grensene går i forhold til grad av hypovolemi ved gitte kurvevariasjoner. Dette kan ha sammenheng med studienes uenighet angående optimal sensorplassering. Studiene er som nevnt samstemte om at hypovolemi kan ses på kurvevariasjonene før andre vitale parametere, men hvor store kurvevariasjonene er i forhold til grad av blodtap fremkommer ikke tydelig. Derimot kan PPG vise en trend i grad av blodtap ved å observere kurvevariasjoner (21).

En annen fordel ved bruk av pulsoksymetri er den non-invasive teknologien uten kontraindikasjoner, som er smertefri og ikke vil påføre pasienten risiko for infeksjon eller andre bivirkninger (27). Ulempene er imidlertid at målingene kan påvirkes av faktorer som hypotermi, kontaminert eller pigmentert hud som neglelakk, ødemer, samt artefakter og støy ved bevegelser og bruk av diatermi under kirurgi (20, 27). Funnene er overførbare til klinisk praksis, men mulig lite benyttet da det er få konkrete verdier og tall å forholde seg til ved avlesning av kurvene. Anestesimidler gir vasodilatasjon, og kan påvirke det sympatiske nervesystemet. Dette kan medføre blodtrykksfall, og i noen tilfeller også reflekstakykardi eller bradykardi (27). Takykardi kan også forårsakes av smerter. Disse mekanismene kan være vanskelig å skille fra blodtrykksfall og takykardi grunnet mer langtkommen hypovolemi. I slike tilfeller kan pulsoksymetrikurver være et nyttig hjelpemiddel for å skille disse mekanismene ved observasjon av kurvevariasjoner.

Kritiske vurdering av inkluderte studier

Det finnes flere svakheter ved de inkluderte studiene. Studiene er i hovedsak utført på unge friske forsøkspersoner, der et stort flertall er menn. Dette kan påvirke validiteten da vi i liten grad vet hvordan funnene kan overføres til syke personer, og om det er forskjeller mellom kjønnene. Pizov et al. (18) utfører forskningen på kvinner og menn med ukjent helsestatus, og de kommer til samme konklusjon som de resterende studiene om at pulsoksymetrikurver kan gi en tidlig indikasjon på hypovolemi. Dette er den eneste studien som inkluderer overtrykksventilerte pasienter i generell anestesi. De øvrige studiene har kun inkludert våkne

og spontanventilerende forsøkspersoner. Dette kan mulig påvirke resultatene. Forstyrrende faktorer som smerte, hypotermi og vevsskade er ikke til stede hos de friske forsøkspersonene i fem av studiene (19-24). Hypotermi gir vasokonstriksjon, mens smerte og vevsskade påvirker det sympatiske nervesystemet ved frigjøring av katekolaminer (21). Av den grunn er det usikkert om utfallet hos spontanventilerende friske forsøkspersoner kan sammenliknes med reelle pasienter i generell anestesi, også med tanke på anestesimidlenes effekt på det sympatiske nervesystemet. Det er i denne sammenheng en styrke at den største studien med 33 deltakere som er utført på overtrykksventilerte pasienter i generell anestesi kommer til samme resultat som studiene med spontantventilerende, våkne pasienter (18).

I fire av studiene benyttes LBNP for å simulere hypovolemi hos forsøkspersonene (19-23). Ved LBNP kan en ikke vite nøyaktig simulert blodtap ved et gitt trykk i kammeret, men studiene estimerer det samme simulerte blodtapet ved lik grad av LBNP. Disse verdiene er likevel ikke helt nøyaktige, da en ikke kan vite med sikkerhet hvor mye blod som blir redistribuert fra de øvre delene av kroppen til underekstremitetene (21). LBNP trigger de samme kompensatoriske mekanismene som ved akutt blødning og klinisk hypovolemi, og har vist seg å være en effektiv modell for å simulere hypovolemi (20-23). Av den grunn anses resultatene likevel som valide.

De inkluderte artiklene er skrevet i tidsrommet 2010-2013. Studiene er derfor av eldre dato, men fortsatt aktuelle da pulsoksymetri fremdeles er et like mye benyttet hjelpemiddel. Samtlige av studiene har relativt få deltakere. Scully et al. (24) har kun åtte deltakere, mens Alian et al. (22, 23) og Selvaraj et al. (19) har 11 deltakere hver. Hver enkelt studie vil ikke kunne gi statistisk signifikante resultater. Totalt har imidlertid studiene 105 deltakere som alle indikerer tilsvarende funn. Av den grunn vil resultatene kunne gi en god indikasjon på validiteten av pulsoksymetrikurver som hjelpemiddel for å oppdage hypovolemi i en tidlig fase. I utgangspunktet hadde studiene flere tiltenkte forsøkspersoner, men flere ble ekskludert på grunn av nærsynkope og andre tegn på ubehag, og det ville derfor være medisinsk uforsvarlig og uetisk å fortsette.

Svært mange av artiklene som ble ekskludert i litteratursøket omhandlet væskerrespons som et hjelpemiddel for å oppdage hypovolemi. Artikler som omhandler væskebehandling, er et av

våre eksklusjonskriterier. De ekskluderte studiene kan også ha undersøkt hemodynamisk overvåkning av hypovolemi, da dette henger tett sammen med væskebehandling.

De inkluderte studiene sammenlikner primært brukt av pulsoksymetrikurver opp mot hjertefrekvens og blodtrykk. En studie sammenlikner også pulsoksymetrikurver med arteriestrykkurver (18). I klinikken benyttes arteriestrykkurver som et vanlig hjelpemiddel for å avdekke hypovolemi, men etter et omfattende litteratursøk og etter inklusjons- og eksklusjonskriteriene vist i tabell 2 ble det likevel kun funnet en artikkel om arteriestrykkurver. Finnes det andre hjelpemidler for hemodynamisk overvåkning som kan bidra til å oppdage hypovolemi i en enda tidligere fase enn pulsoksymetrikurver? Sjøkkindeks (SI), definert som hjertefrekvensen dividert på systolisk blodtrykk, kan brukes som mål for å oppdage hypovolemi. Middel arteriestrykk (MAP) over 70 mmHG, blir også ofte anvendt som en indikator på god celleperfusjon. Både SI og MAP kan være normal i den kompensatoriske fasen av sjokk, der blodtrykket blir fysiologisk autoregulert med økt perifer vaskulær motstand (26). Da disse indikatorene baserer seg på systolisk blodtrykk, som er en relativt sen indikator på hypovolemi, vil variasjoner i pulsoksymetrikurver trolig vise tegn på hypovolemi tidligere enn disse indikatorene. Da SI og MAP er formler og ikke en type hemodynamisk overvåkning i seg selv, er de ikke inkludert i litteratursøket, da hensikten var å studere hemodynamisk overvåkning.

Denne studien har ekskludert hjelpemidler som ikke er en del av minste krav for overvåkning av pasienter i generell anestesi, og kan derfor ha mistet studier om andre hjelpemidler for oppdagelse av hypovolemi. Studien til Visdal et al. (28) undersøker målrettet bruk av ultralyd av vena cava inferior for vurdering av volumstatus. De konkluderer med at sykepleiere med avansert funksjon, som for eksempel anestesisykepleiere, kan gjøre vurderinger av volumstatus ved å se på vena cava inferior med ultralyd, men presiserer at det krever tilstrekkelig opplæring og trening. En annen ulempe med denne metoden er at den fungerer dårlig på overvektige, og er lite pålitelig hos spontant pustende og pasienter med høyt intraabdominalt trykk (26).

Det finnes også avansert overvåkningsutstyr som mulig kan være mer sensitivt enn pulsoksymetrikurver for å oppdage hypovolemi i en tidlig fase, men som ikke inngår i minste krav for pasienter i generell anestesi. Eksempler på mer avansert utstyr som ikke er inkludert

og sammenliknet med bruk av pulsoksymetrikurver er lungearteriekateter, øsofageal doppler, LIDCO og PICCO (3, 27). En studie viser at LIDCO kan være sensitiv for blodtap helt ned til 2,5 % av blodvolumet (29). Hypovolemi oppstår i mange tilfeller akutt, og mer avansert utsyr tar tid å klargjøre, er ikke alltid tilgjengelig, krever ekstra utdanning og opplæring, og må i mange tilfeller kalibreres (30). Dette kan ta tid og fokus bort fra pasienten. Pulsoksymetri er derimot lett tilgjengelig, enkelt og raskt, og medfører ikke potensielle bivirkninger eller komplikasjoner for pasienten, noe invasivt overvåkningsutstyr kan gjøre.

Konklusjon

Studien viser at pulsoksymetrikurver kan benyttes som et hjelpemiddel for å oppdage hypovolemi i en tidlig fase, før pasienten utvikler takykardi og hypotensjon som tegn på utvikling av hypovolemisk sjokk. Det er imidlertid feilkilder som gjør at pulsoksymeteret ikke bør være eneste diagnostiske verktøy for å oppdage hypovolemi, men det kan gi en indikasjon på at pasienten er i ferd med å utvikle tilstanden. Den mest hensiktsmessige plasseringen av proben på henholdsvis finger, øre og panne er omdiskutert, og forskerne i de inkluderte studiene kommer ikke til samme konklusjon angående optimal probeplassering.

I praksis er pulsoksymetri et enkelt og lett tilgjengelig hjelpemiddel som gjør at funnene kan overføres til en klinisk hverdag. Videre hadde det vært av stor interesse å få kalkulert variasjonene i pulsoksymetrikurvene i konkrete tall og verdier, som det ville vært lettere å forholde seg til i pasientnært arbeid. Kanskje bør det i klinisk praksis og i undervisning av spesialsykepleiere fokuseres mer på bruk av pulsoksymetrikurver som et verktøy for tidlig oppdagelse av hypovolemi, noe som kan bidra økt pasientsikkerhet.

Litteraturliste

1. Nordseth T. Hypovolemi [Internett]. Store medisinske leksikon; 2021, 4. januar [hentet 10. Februar 2022]. Tilgjengelig fra: <https://sml.snl.no/hypovolemi>
2. Løge I. Hypovolemisk sjokk [Internett]. Norsk elektronisk legehåndbok; 2022, 4. mars [hentet 10 februar 2022]. Tilgjengelig fra: <https://legehandboka.no/handboken/kliniske-kapitler/akutt-og-mottaksmedisin/tilstander-og-sykdommer/traumatologi/hypovolemisk-sjokk>
3. Gaieski D, Mikkelsen M. Definition, classification etiology, and pathophysiology of shock in adults. I: Finlay G, red. UpToDate. Wolters Kluwer; 2022. https://www.uptodate.com/contents/definition-classification-etiology-and-pathophysiology-of-shock-in-adults?search=Definition,%20classification,%20etiology,%20and%20pathophysiology%20of%20shock%20in%20adults&source=search_result&selectedTitle=1~150&usage_type=default&display_rank=1
4. Sterns R. Etiology, clinical manifestations, and diagnosis of volume depletion in adults. I: Forman J, red. UpToDate. Wolters Kluwer; 2020. https://www.uptodate.com/contents/etiology-clinical-manifestations-and-diagnosis-of-volume-depletion-in-adults?search=Etiology,%20clinical%20manifestations,%20and%20diagnosis%20of%20volume%20depletion%20in%20adults&source=search_result&selectedTitle=1~150&usage_type=default&display_rank=1
5. Joshi G. Intraoperative fluid management. I: Nussmeier N, red. UpToDate. Wolters Kluwer, 2022. https://www.uptodate.com/contents/intraoperative-fluid-management?search=Intraoperative%20fluid%20management&source=search_result&selectedTitle=1~89&usage_type=default&display_rank=1
6. Mandel J, Palevsky P. Treatment of severe hypovolemia og hypovolemic shock in aduts. I: Finlay G, red. UpYoDate. Wolters Kluwer, 2020. https://www.uptodate.com/contents/treatment-of-severe-hypovolemia-or-hypovolemic-shock-in-adults?search=Treatment%20of%20severe%20hypovolemia%20og%20hypovolemic%20shock%20in%20adults&source=search_results&selectedTitle=1~150&usage_type=default&display_rank=1

7. Kollberg S, Häggström A-C, Lingeball H, Olofsson B. Accuracy of Visually Estimated Blood Loss in Surgical Sponges by Members of the Surgical Team. AANA J. 2019; 87 (4): 277-284. <https://web-s-ebsochost-com.ezproxy.oslomet.no/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=6edfce84-1829-4c04-8695-0c4129e75098%40redis>
8. Colwell C. Recognition and initial assessment of shock in adult trauma. I: Grayzel J, red. UpToDate. Wolters Kluwer, 2020. https://www.uptodate.com/contents/recognition-and-initial-assessment-of-shock-in-adult-trauma?search=Recognition%20and%20initial%20assessment%20of%20shock%20in%20adult%20trauma&source=search_result&selectedTitle=1~150&usage_type=default&display_rank=1
9. Norsk standard for anestesi [Internett]. Norsk anesthesiologisk forening, Anestesisykepleiernes landsgruppe av Norsk Sykepleierforbund; 2016 [hentet 8. februar 2022]. Tilgjengelig fra: <https://legeforeningen.no/foreningsledd/fagmed/norsk-anesthesiologisk-forening/nyheter/2016/standard-for-anestesi-i-norge/>
10. Grunnlagsdokument for anestesisykepleiere [Internett]. Anestesisykepleiernes landsgruppe av Norsk Sykepleierforbund; 2016 [hentet 8. februar 2022]. Tilgjengelig fra: <https://www.nsf.no/sites/default/files/inline-images/zQCAUnQvcUEpG7XzVJXOgvrSk28s29K0m2gG4EZxhW7s5zspvF.pdf>
11. Grant M, Booth A. A typology of reviews: an analysis of 14 reviews types and associated methodologies. HEALTH INFO LIBR J. 2009; 26 (2): 91-108. <https://doi.org/10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x>
12. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Loannidis JPA, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. Ann Intern Med. 2009;151(4):65-94. <https://doi.org/10.1136/bmj.b2700>
13. Nortvedt M, Jamtvedt G, Graverholt B, Nordheim L, reinar L. Jobb kunnskapsbasert! En arbeidsbok. 2. utg. Oslo: CAPPELEN DAMM AKADEMISK; 2016
14. Slik oppsummerer vi forskning [Internett]. Oslo: Nasjonalt kunnskapssenter for helsetjenesten; 2015 [hentet 10. Oktober 2021]. Tilgjengelig fra: <https://www.fhi.no/kk/oppsummert-forskning-for-helsetjenesten/hva-er-en-kunnskapsoppsummering/>

15. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021; 372: n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
16. MacMillan F, McBride K, George E, Steiner G. Conducting a Systematic review: A Practical Guide. I: Liamputtong P, red. *Handbook of Research Methods in Healthy Social Sciences*. Singapore: Springer Nature; 2019, s. 805-826.
17. Critical appraisal tools [Internet]. South Australia: The University of Adelaide, Joanna Briggs Institute; 2020 [hentet 1. oktober 2021]. Tilgjengelig fra: <https://jbi.global/critical-appraisal-tools>
18. Pizov R, Eden A, Bystriski D, Kalina E, Tamir A, Gelman S. Arterial and Plethysmographic Waveform Analysis in Anesthezied Patients with Hypovolemia. *ANESTHESIOLOGY*. 2010; 113 (1), 83-91. <https://doi.org/10.1097/ALN.0b013e3181da839f>
19. Selvaraj N, Shelley K, Silverman D, Stachenfeld N, Galante N, Florian J et al. A Novel Approach Using Time-Frequency Analysis of Pulse-Oximeter Data to Detect Progressive Hypovolemia in Spontaneously Breathing Healthy Subjects. *IEEE T BIO-MED ENG*. 2011; 58 (8): 2272-2279. <https://doi.org/10.1109/TBME.2011.2144981>
20. Genderen M, Bartels S, Lima A, Bezemer R, Ince C, Bakker J et al. Peripheral Perfusion Index as an Early Predictor for Central Hypovolemia in Awake Healthy Volunteers. *ANESTH ANALG*. 2013; 116 (2): 351-356. <https://doi.org/10.1213/ANE.0b013e318274e151>
21. McGrath S, Ryan K, Wendelken S, Rickards C, Convection V. Pulse Oximeter Plethysmographic Waveform Changes in Awake, Spontaneously Breathing, Hypovolemic Volunteers. *ANESTH ANALG*. 2011; 112 (2): 368-374. <https://doi.org/10.1213/ANE.0b013e3181cb3f4a>
22. Alian A, Galante N, Stachenfeld N, Silverman D, Shelly K. Impact of central hypovolemia on photoplethysmographic waveform parameters in healthy volunteers. Part 1: Time domain analysis. *J CLIN MONIT COMPUT*. 2011; 25: 377-385. <https://doi.org/10.1007/s10877-011-9316-y>
23. Alian A, Galante N, Stachenfeld N, Silverman D, Shelly K. Impact of central hypovolemia on photoplethysmographic waveform parameters in healthy volunteers. Part 2: Frequency domain analysis. *J CLIN MONIT COMPUT*. 2011; 25: 387-396. <https://doi.org/10.1007/s10877-011-9317-x>

24. Scully C, Selvaraj N, Romberg F, Wardhan R, Ryan J, Florian J et al. Using Time-Frequency Analysis of the Photoplethysmographic Waveform to Detect the withdrawal of 900 mL of Blood. *ANESTH ANALG*. 2012; 115 (1), 74-81.
<https://doi.org/10.1213/ANE.0B013E318256486C>
25. Johansen I, Blinkenberg J, Arentz-Hansen C, Moen K. Legevakthåndboken, Hypovolemisk sjokk. [Internett]. Gyldendal Akademisk; 2021 [hentet 15. Januar 2022]. Tilgjengelig fra: https://lvh.no/naar_det_haster/sirkulasjonssvikt/hypovolemisk_sjokk
26. Aseni P, Orsenigo S, Storti E, Pulici M, Arlati S. Current concepts of perioperative monitoring in high-risk surgical patients: a review. *BMC*. 2019; Article number 32.
<https://doi.org/10.1186/s13037-019-0213-5>
27. Butterworth J, Mackey D, Wasnick J. Morgan & Mikhail's Clinical Anesthesiology. 6. utg. United States: McGraw-Hill Education; 2018.
28. Visdal G, Christensen V. Måltrettet ultralyd av vena cava inferior for vurdering av volumstatus utført av sykepleiere med en avansert funksjon – en systematisk litteraturstudie. *Inspira*. 2021; 16 (1): 65-84. <https://doi.org/10.23865/inspira.v16.3268>
29. O'Loughlin E, Ward M, Crossley A, Hughes R, Bremner A, Corcoran T. Evaluation of the utility of the Vigileo FloTrac™, LiDCO™, USCOM and CardioQ™ to detect hypovolaemia in conscious volunteers: a proof of concept study. *ANAESTHESIA*. 2015; 70: 122-125. <https://doi.org/10.1111/anae.12949>
30. Moppett I, Rowlands M, Mannings A, Moran C. LiDCO-based fluid management in patients undergoing hip fracture surgery under spinal anaesthesia: a randomized trial and systematic review. *BRIT J ANAESTH*. 2014; 114 (3): 444-459.
<https://doi.org/10.1093/bja/aeu386>

Vedlegg 1 Søkehistorikk

DATABASE	DATO	SØKEORD/KOMBINASJON	ANTALL TREFF
Cochrane	15.09.21	<p>ID Search Hits</p> <p>#1 MeSH descriptor: [Hemodynamic Monitoring] explode all trees</p> <p>#2 MeSH descriptor: [Blood Volume Determination] explode all trees</p> <p>#3 ("Hemodynamic Monitoring" OR "Blood Volume* Determination" OR "Haemodynamic monitoring" OR "Hemodynamic monitoring" OR "Blood volume monitoring" OR "Blood Volumes Determination" OR "Invasive Hemodynamic Monitoring (Iowa NIC)" OR "Hemodynamics Intraoperative Monitoring" OR plethysmography):ti,ab,kw</p> <p>#4 MeSH descriptor: [Plethysmography] explode all trees</p> <p>#5#1 OR #2 OR #3 OR #4</p> <p>#6 MeSH descriptor: [Hypovolemia] explode all trees</p> <p>#7 (Hypovolemi* OR "hypovolemic shock" OR "Blood volume"):ti,ab,kw</p> <p>#8 #6 OR #7</p> <p>#9 #5 AND #8</p>	<p>18</p> <p>45</p> <p>4238</p> <p>1112</p> <p>4446</p> <p>125</p> <p>3453</p> <p>3453</p> <p>173 artikler inkludert til gjennomgang</p>
MEDLINE	15.09.21	<p>ID Search Hits</p> <p>1 Hemodynamics/ or Blood Volume Determination/ or plethysmograpy/</p> <p>2 (((Haemodynamic or Hemodynamic) adj3 monitoring) or (Blood volume* adj3 (monitoring or determination*)) or Invasive Hemodynamic Monitoring or plethysmograph*).ti,ab,kf.</p> <p>3 1 or 2</p> <p>4 HYPOVOLEMIA/</p> <p>5 (Hypovolemi* or (Blood adj3 volume)).ti,ab,kf.</p> <p>6 4 or 5</p> <p>7 3 and 6</p>	<p>146214</p> <p>20680</p> <p>162980</p> <p>1632</p> <p>41490</p> <p>42102</p> <p>6840</p>

	<p>S6 S1 OR S2 OR S3 OR S4 OR S5 Search modes - Boolean/PhraseInterface - EBSCOhost Research Databases Search Screen - Advanced Search Database - CINAHL with Full Text</p>	43819
	<p>S7 MH Blood volume Search modes - Boolean/PhraseInterface - EBSCOhost Research Databases Search Screen - Advanced Search Database - CINAHL with Full Text</p>	2169
	<p>S8 TI (Hypovolemi* OR "hypovolemic shock" OR "Blood volume") OR AB (Hypovolemi* OR "hypovolemic shock" OR "Blood volume") Search modes - Boolean/PhraseInterface - EBSCOhost Research Databases Search Screen - Advanced Search Database - CINAHL with Full Text</p>	4422
	<p>S9 S7 OR S8 Search modes - Boolean/Phrase Interface - EBSCOhost Research Databases Search Screen - Advanced Search Database - CINAHL with Full Text</p>	5656
	<p>S10 S6 AND S9 Search modes - Boolean/PhraseInterface - EBSCOhost Research Databases Search Screen - Advanced Search Database - CINAHL with Full Text</p>	1266
	<p>S11 S6 AND S9 Limiters - Published Date: 20100101-</p>	723 artikler inkludert til gjennom-gang

Vedlegg 2 Sjekkliste for Analytical Cross Sectional Studies

Sjekklisten kan hentes fra:

[https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fjbi.global%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2F2021-10%2FChecklist for Analytical Cross Sectional Studies.docx&wdOrigin=BROWSELINK](https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fjbi.global%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2F2021-10%2FChecklist%20for%20Analytical%20Cross%20Sectional%20Studies.docx&wdOrigin=BROWSELINK)

JBI CRITICAL APPRAISAL CHECKLIST FOR ANALYTICAL CROSS SECTIONAL STUDIES

Reviewer _____ Date _____

Author _____ Year _____ Record Number _____

	Yes	No	Unclear	Not applicable
1. Were the criteria for inclusion in the sample clearly defined?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Were the study subjects and the setting described in detail?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Was the exposure measured in a valid and reliable way?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Were objective, standard criteria used for measurement of the condition?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Were confounding factors identified?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Were strategies to deal with confounding factors stated?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Were the outcomes measured in a valid and reliable way?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Was appropriate statistical analysis used?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Overall appraisal: Include Exclude Seek further info

Comments (including reason for exclusion)

Vedlegg 3 Oversikt over utfylt sjekkliste (kvalitetsvurdering) for inkluderte studier (17)

	Were the criteria for inclusion in the sample clearly defined?	Were the study subjects and the setting described in detail?	Was the exposure measured in a valid and reliable way?	Were objective, standard criteria used for measurement of the condition?	Were confounding factors identified?	Were strategies to deal with confounding factors stated?	Were the outcomes measured in a valid and reliable way?	Was appropriate statistical analysis used?	Overall appraisal
McGrath, S. P. et al. 2010	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Not assessed	High
Pizov, R. et al. 2010	Unclear	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Not assessed	Good
Alian, A. A. et al. 2011	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Not assessed	High
Selvaraj, N. et al. 2011	Yes	Unclear	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Not assessed	Good
Scully, C. G. et al. 2012	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Not assessed	High
Van Genderen, M. E. et al. 2013	Unclear	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Not assessed	Good

2.0 Kappe masteroppgave

Sammendrag

Bakgrunn: Det kan være livreddende å oppdage hypovolemi tidlig, slik at tiltak kan iverksettes for å reversere sjokkutviklingen. Takykardi og hypotensjon er ikke tidlige indikatorer på hypovolemisk sjokk. Anestesisykepleieren skal observere, forstå og tolke monitoreringsdata slik at tiltak kan iverksettes. Det er ikke avdekket noen systematisk oversikt om oppdagelse av hypovolemi i en tidlig fase ved hjelp av hemodynamisk overvåkning som er minste krav for pasienter i generell anestesi, i følge Norsk Standard for anestesi.

Hensikt: Vi undersøker hvordan hypovolemi i en tidlig fase kan oppdages ved hjelp av hemodynamisk overvåkning som ifølge Norsk Standard for anestesi inngår i minste krav for pasienter i generell anestesi.

Metode: Denne studien er en systematic search and review. Databasesøk ble utført i MEDLINE, CINAHL og Cochrane. Blindet screening ble utført av to forfattere med bakgrunn i inklusjons- og eksklusjonskriteriene. Kvaliteten på studiene ble kritisk vurdert med sjekklisten for Analytical Cross Sectional Studies fra Joanna Briggs Institute. Data fra studiene ble samlet i en litteraturmatrise.

Resultater: Litteratursøket fant 1783 artikler. Seks studier er inkludert i arbeidet. Samtlige omhandler verktøyet pulsoksymetri for oppdagelse av hypovolemi. Studiene viser at kurvevariasjoner fra standard pulsoksymetri kan være en tidlig indikator på hypovolemi.

Konklusjon: Pulseoksymetri er enkelt, tilgjengelig og innebærer ingen risiko for pasienten, og kan være et godt hjelpemiddel for å oppdage hypovolemi i en tidlig fase. Disse funnene kan potensielt bidra til å bedre pasientsikkerheten ved at hypovolemi oppdages tidligere.

Nøkkelord: Hypovolemi, hemodynamisk overvåkning, pulsoksymetri, plethysmografikurver, systematic search and review.

Abstract

Background: Early detection of hypovolemia can be life-saving, as treatment can be started to reverse the development of shock. Tachycardia and hypotension are not early indicators of hypovolemic shock. The nurse anesthetist observes, understands and interprets monitor parameters so that measures can be made and patient safety can be improved. There is no systematic review about the early onset of hypovolemia using hemodynamic monitoring included in the minimum Norwegian standard for patients in general anesthesia.

Purpose: We investigate how to detect the early onset of hypovolemia using hemodynamic monitoring parameters included in the minimum Norwegian standard for patients in general anesthesia.

Method: This study is a systematic search and review. A systematic literature search was completed in the data bases MEDLINE, CINAHL and Cochrane. Screening was carried out separately and blinded by both authors, based on the inclusion- and exclusion criteria. The quality of the studies were critically appraised using the checklist for Analytical Cross Sectional studies from Joanna Briggs Institute. Data from the studies were collected in a table.

Results: The literature search resulted in 1783 articles. Six studies are included in this master thesis. They all discuss pulse oximetry as a tool to detect the early onset of hypovolemia. All the included studies find that variations in plethysmography curves from standard pulse oximetry can be an early indicator of hypovolemia.

Conclusion: Pulse oximetry is easily available and involves no risk for the patient. The implementation of these findings in a clinical setting could potentially better patient safety by detecting hypovolemia early.

Key words: Hypovolemia, hemodynamic monitoring, pulse oximetry, plethysmography curves, systematic search and review.

2.1 Innledning

I kappen vil vi utdype aspekter som ikke kommer tydelig frem i artikkelen med tanke på vår problemstilling: Hvordan kan anesthesisykepleier benytte hemodynamisk overvåkning for å oppdage hypovolemi i en tidlig fase? Det vil presenteres teori om hypovolemi, som kan gi en videre forståelse for hvorfor dette er en kritisk tilstand som bør oppdages så tidlig som mulig. Begrepet hemodynamisk overvåkning utdypes, og spesielt pulsoksymetri, da det er dette verktøyet de inkluderte studiene omhandler. Anesthesisykepleierens funksjon og ansvar i forhold til problemstillingen og for fagutvikling diskuteres. Vi vil ikke gå konkret inn på søkestrategier og funn, da dette kommer frem i artikkelen, men vi vil diskutere metodiske aspekter med tanke på avgrensninger og den kritiske vurderingen av artiklene. Den benyttede metoden systematic search and review vil også diskuteres. Avslutningsvis vil vi belyse etiske aspekter.

Vi har skrevet en artikkel som vi håper å få publisert i tidsskriftet *Inspira*. Dette er et tidsskrift for intensiv-, operasjon- og anesthesisykepleiere. *Inspira* formidler blant annet kunnskapsopsummeringer slik som vår artikkel (*Inspira*, u. å.). Vår problemstilling er relevant for spesielt intensiv- og anesthesisykepleiere, da hypovolemi er en tilstand begge yrkesgruppene håndterer i sitt daglige virke.

2.2 Bakgrunn og hensikt

Interessen for problemstillingen startet da vi var anesthesisykepleierstudenter i praksis. Vi opplevde at pasientene på operasjonsstua falt i blodtrykk og fikk økt puls, og det var i mange tilfeller uklart om dette skyldtes hypovolemi eller vasodilatasjon grunnet anestesimidler. Takykardi kan også skyldes smerter eller annet fysiologisk stress. Hypotensjon ikke er en tidlig indikator på hypovolemisk sjokk (Gaeski & Mikkelsen, 2022). Tidlig diagnose og umiddelbar behandling for å opprettholde normovolemi kan være livreddende (Sterns, 2020). Av den grunn ønsket vi å undersøke om det finnes hemodynamisk overvåkning som kan avdekke hypovolemi i en tidlig fase, før pasienten utvikler tegn som takykardi og hypotensjon. Da vi ønsket at studien skulle være lett overførbar til praksis, valgte vi å inkludere hemodynamisk overvåkning som er minste krav for pasienter i generell anestesi:

Pulsoksymetri, kapnografi, EKG, non-invasiv og invasiv blodtrykksmåling (Norsk anesthesiologisk forening, 2016, s. 4).

Observasjon av blodige kompresser og sug kan gi en indikasjon på blødning, men det viser seg at helsepersonell ofte underestimerer blødning via denne teknikken (Kollberg et al, 2019). Vann og annen væske i operasjonsfeltet gjør også at dette er vanskelig.

Pasientsikkerhet er et overordnet hensyn i klinisk arbeid. Metoder som kan være nøyaktige og pålitelige for tidlig oppdagelse av hypovolemi, vil kunne øke pasientsikkerheten, da tidlig og riktig behandling av hypovolemi er viktig. Både hypo- og hypervolemi er forbundet med økt mortalitet (Joshi, 2022).

2.3 Teoretiske aspekter

2.3.1 Hypovolemi og hypovolemisk sjokk

Hypovolemi kan defineres som et minsket sirkulerende blodvolum grunnet blødning eller annet tap av væske fra ekstracellulærrommet (Nordseth, 2021). Hypovolemisk sjokk kan defineres som utilstrekkelig perfusjon av vitale organer grunnet for lite blodvolum (Løge, 2022). Hypovolemi kan deles i to kategorier; om tilstanden er forårsaket av blødning, eller væsketap av andre årsaker. Førstnevnte omfatter både ytre og indre blødninger, og inkluderer traumer, frakturer, blødninger fra GI-traktus, postpartumblydninger eller per- og postoperative blødninger som følge av kirurgi (Gaieski & Mikkelsen, 2020). Ikke-hemoragisk hypovolemi kan forårsakes av svært ulike årsaker. Væsketap gjennom hud skjer oftest ved lekkasje av plasma etter omfattende brannskader. Oppkast eller diaré kan føre til hypovolemi, i likhet med såkalte «third space losses» der væske lekker ut til ekstracellulærrommet grunnet tilstander som pankreatitt, peritonitt eller mekanisk tarmobstruksjon. Langvarig faste vil også kunne resultere i hypovolemi (Gaieski & Mikkelsen, 2020; Sterns, 2020).

Hypovolemi som ikke blir oppdaget og behandlet vil i mange tilfeller føre til hypovolemisk sjokk, som ubehandlet vil kunne utvikle seg til multiorgansvikt og død. Hypovolemisk sjokk er en kritisk tilstand som initialt er reversibel, men som raskt blir irreversibel hvis helsepersonell ikke oppfatter tilstanden og iverksetter tiltak (Gaieski & Mikkelsen, 2020).

Ideelt sett bør hypovolemisk sjokk oppdages før hypotensjon oppstår (Colwell, 2022). Cellene og vevene vil få inadekvat oksygentilførsel i forhold til deres metabolske behov ved sjokkutvikling. Oksygenmangelen fører til cellulær hypoksi, og reguleringen av pH i cellene svikter. På systemisk nivå i kroppen vil denne prosessen medføre acidose, og utløsning av kaskadereaksjoner, som igjen vil føre til ytterligere reduksjon i vevsperfusjonen (Gaijeski & Mikkelsen, 2020).

I traumesammenheng er hypovolemi den vanligste årsaken til sjokk, og etter traumatisk hjerneskade den hyppigste årsaken til dødsfall etter traumer (Colwell, 2022). En artikkel som tar for seg risiko for komplikasjoner ved anestesi, oppgir hypovolemi til å være den nest viktigste årsaken til anestesirelatert død av sirkulatoriske årsaker. Det presiseres her at pasientens alder og helsetilstand er viktige medvirkende faktorer (Fasting, 2010).

2.3.2 Hemodynamisk overvåkning

Hemodynamisk overvåkning er en av primæroppgavene til anestesisykepleieren, og en helt essensiell del av anestesiomsorgen. Anestesisykepleier monitorer pasientens fysiologiske variabler under alle former for anestesi, da anestesi og kirurgi kan gi raske endringer i vitale funksjoner (Iohom, 2021). Hemodynamisk overvåkning defineres som en kontinuerlig registrering av faktorer som har betydning for blodets kretsløp gjennom kroppen (Opdahl, 2019). Det er vanlig å skille mellom standard hemodynamisk overvåkning og avansert hemodynamisk overvåkning. Standard hemodynamisk overvåkning skal benyttes på alle pasienter i generell anestesi, som i følge Norsk standard for anestesi (2016, s. 4) minst inkluderer: EKG, kapnografi, pulsoksymetri og blodtrykk. Avansert hemodynamisk overvåkning deles gjerne inn i invasiv og non-invasiv hemodynamisk overvåkning. Avansert non-invasiv overvåkning kan være bruk av ultralyd for å se på fylling av vena cava. Avansert invasiv hemodynamisk overvåkning kan være arteriekateter eller lungearteriekateter som blant annet kan gi måling av arterietrykk og intrakardialt fyllingstrykk (Suess & Pinsky, 2015).

Pulsoksymeteret kombinerer prinsippene oksymetri og plethysmografi for å måle oksygensaturasjonen i arterielt blod, og kan i tillegg gi informasjon om vevsperfusjon,

pulsamplitude og hjerterefrekvens (Butterworth et al., 2018, s. 121). Pulsoksymeteret består av en perifer probe og en mikroprosessenhet. Den perifere proben består av en fotodetektor og to dioder som sender ut lys på forskjellige bølgelengder (Ortega et al., 2011). Mengden lys som absorberes i vevene bestemmes av fotodektoren, og er et indirekte mål på blodvolumet som passerer under sensoren ved hvert pulsslå (Alian et al., 2011, s.388). På monitoren vises en pulsoksymetrikurve som korresponderer med den pulsatile arterielle blodstrømmen og hjerterefrekvensen (Ortega et al, 2011).

2.4 Anestesisykepleierens funksjon og ansvar

Norsk standard for anestesi er en retningslinje med hensikt å ivareta pasientsikkerhet og å sikre tilfredsstillende anesthesiologisk praksis. Denne retningslinjen skal så langt som mulig følges av alle som utfører anesthesiologisk arbeid. I retningslinjen står det blant annet at pasienten skal overvåkes kontinuerlig under og etter anestesi, og at denne overvåkingen minimum innebærer klinisk vurdering av respirasjon og sirkulasjon, samt pulsoksymetri. Videre står det at pasienter ved generell anestesi skal overvåkes med EKG, kapnografi, pulsoksymetri og blodtrykk (Norsk anesthesiologisk forening, 2016, s. 3-4).

Grunnlagsdokumentet for anestesisykepleiere er en funksjonsbeskrivelse av hva som kreves for sikker anestesisykepleie og for videreutvikling av anestesisykepleiefaget.

Grunnlagsdokumentet har flere punkter som viser til anestesisykepleierens ansvar med tanke på vår problemstilling (NSF, 2016, s. 3). «Anestesisykepleier observerer, forstår og tolker monitoreringsdata, og iverksetter tiltak i forhold til disse. Anestesisykepleier gjenkjenner komplikasjoner og handler når disse oppstår» (NSF, 2016, s. 10). Grunnlagsdokumentet for anestesisykepleiere legger også vekt på at anestesisykepleier overvåker og responderer på situasjoner der pasientsikkerheten kan være truet (NSF, 2016, s. 6). Anestesisykepleieren er hos pasienten under hele det peroperative forløpet, men også i akuttmottak, på utposter og under prehospital og inhospital transport, og vil ofte være den første som oppdager komplikasjoner som hypovolemi.

Anestesisykepleier har ikke bare ansvar i forhold til klinisk arbeid, men også ansvar og funksjon i forhold til fagutvikling. Helsepersonelloven § 4 (1999) sier at vi som

helsepersonell skal utføre faglig forsvarlig og omsorgsfull hjelp. Dette innebærer ikke bare det praktiske arbeidet som utføres på operasjonsstuen, som i dette tilfellet er at anestesisykepleier forstår hemodynamisk overvåkning og handler deretter. En må også ha oppdatert kunnskap i bunnen for å kunne utføre de riktige handlingene. Anestesifaget er i stadig utvikling, og det utføres mye forskning. Kunnskapsbasert arbeid med å finne og bruke god forskning som grunnlag for yrkesutøvelsen, vil gi gode forutsetninger for å kunne følge forsvarlighetskravet. Høsten 2020 la Regjeringen frem stortingsmelding nr. 11 om kvalitet- og pasientsikkerhet, som beskriver viktigheten av fortsatt utvikling og tilgjengeliggjøring av kunnskap, og at manglende kunnskap ikke må være til hindring i det løpende kvalitetsforbedringsarbeidet. Det presiseres videre at det viktigste budskapet er at kunnskapen vi allerede har må brukes aktivt og anvendes til det beste for brukerne og pasientene (Meld. St. 11 (2020-2021), s. 5-6).

«Utvide faglig forsvarlighet og holde seg faglig oppdatert», «initiere og gjennomføre fagutviklings- og forskningsprosjekter» og å «formidle fag- og forskningsresultater i form av artikler» er kompetansemål for anestesisykepleiere (NSF, 2016, s. 12, 18-19). Med vår masteroppgave ønsker vi å finne god forskning og oppdatert kunnskap rundt bruk av hemodynamisk overvåkning for å oppdage hypovolemi i en tidlig fase, slik at beslutningene vi tar bygger på den best tilgjengelige kunnskapen. Dette kan styrke pasientsikkerheten da tidlige tiltak kan iverksettes for å forebygge hypovolemisk sjokk. Andre kan også få glede av kunnskapen vi har oppsummert ved å videreformidle det i en artikkel i fagbladet *Inspira*. Det er her viktig å nevne at forskningsbasert kunnskap ikke alene er nok for å ta gode beslutninger, det skal alltid også tas hensyn til etiske vurderinger, faglig skjønn og klinisk erfaring (Nortvedt et al., 2016, s. 16).

2.5 Avgrensninger i studien

Uten eksplisitte inklusjons- og eksklusjonskriterier og en ryddig og klart definert utvelgelsesprosess, kan resultatene forfatterne ender opp med være et subjektivt utvalg av forskning for å støtte utvalgte argumenter (Grant & Booth, 2009, s. 102). I denne studien har vi seks inklusjonskriter: Alder, publikasjonsdato, språk, fokus på oppdagelse av hypovolemi i en tidlig fase, fagfelleverderte artikler og kvantitative enkeltstudier. Studien inkluderer voksne pasienter i alderen 18-65 år, da barn har en fysiologisk respons på volumtap som

avviker fra voksnes (Pomerantz, 2021). Eldre er ekskludert av tilsvarende fysiologisk årsak, da aldersforandringer i sirkulasjonssystemet medfører nedsatt evne til å kompensere for tapt volum med eksempelvis økt hjertefrekvens (Butterworth et al., 2018, s. 930).

Vi har inkludert aktuelle kvantitative, fagfellevurderte enkeltstudier publisert etter 2010, da forskning som omhandler patofysiologi rundt hypovolemi fremdeles kan være aktuell etter en tiårsperiode. En fordel med å inkludere fagfellevurderte artikler, er at artikkelen allerede er kvalitetssikret av andre eksperter på området (Nortvedt et al., 2016, s. 197).

Vi avgrenset til engelsk og skandinaviske språk, da det er disse språkene vi forstår. Vi er klar over at vi kan ha utelatt mulige aktuelle studier ved disse avgrensningene, og at det kan føre til skjevheter i resultatene.

Litteratursøket avdekket en rekke artikler som omhandler væskebehandling ved hypovolemi. Vi ønsket kun å fokusere på oppdagelse av hypovolemi i en tidlig fase ved hjelp av hemodynamisk overvåkning, og har derfor ekskludert studier som omhandler behandling av hypovolemi. Hypovolemi grunnet hemodialyse er ekskludert, da vi ikke innehar nok kunnskap om dette fagfeltet til å vurdere forskningsartikler om temaet. Som nevnt i kapittel 2.2 er kun hemodynamisk overvåkning som inngår i minste krav for pasienter i generell anestesi, i følge Norsk Standard for anestesi, inkludert: Pulsoksymetri, kapnografi, ekg, invasiv- eller non-invasiv blodtrykksmåling (Norsk Anestesiologisk forening, 2016, s. 3-4). Dette for å gjøre funnene lett overførbare til klinisk praksis.

Funn i dyrestudier kan i mange tilfeller overføres til mennesker. Vi har likevel valgt å ekskludere dyrestudier, da vi er svært usikre på om funnene kan overføres til mennesker fordi vi ikke kjenner ulike dyrearters fysiologi godt nok.

2.6 Metodiske aspekter

Søk i ulike databaser avdekker at det finnes en rekke enkeltstudier som omhandler temaet hypovolemi, men ingen systematiske oversikter som utelukkende omhandler hemodynamisk overvåkning av hypovolemi i en tidlig fase. Vi ønsket å fylle dette kunnskapshullet, og har derfor valgt designet systematic search and review. Dette designet kombinerer en systematisk

og omfattende søkeprosess med styrkene til en critical review. Sistnevnte design kjennetegnes av at forskeren har vurdert kvaliteten på litteraturen grundig (Grant & Booth, 2009, s. 94).

En systematic search and review tar typisk for seg brede forskningsspørsmål, og resultatet skal være kunnskapsbasert. Designet kan inkludere en gjennomgang av ulike typer studier, og forskeren må ikke binde seg til en enkelt standardisert sjekklister. Inklusjon av ulike design kan være en fordel med en systematic search and review, da det kan gi et bredt bilde av problemstillingen. Dersom en kun benytter ett enkelt studiedesign, kan det begrense innsikten metodikken gir i stedet for å søke svar på mer komplekse spørsmål (Grant & Booth, 2009, s. 102). De inkluderte studiene i denne oppgaven er alle analytiske observasjonsstudier av typen cross sectional, og vi har derfor kun inkludert en type design. Analytiske observasjonsstudier undersøker og registrerer hvordan en eksponering eller intervensjon, for eksempel hemodynamisk overvåkning, og et utfall, for eksempel hypovolemi, henger sammen (Glasziou, 2009). Cross sectional studies er nyttig for å gi et øyeblikksbilde, fra en definert gruppe, på bare ett tidspunkt (University Libraries, 2020). Vi søkte imidlertid ikke etter kun en type studiedesign, men etter utvelgelsesprosessen med bakgrunn i inklusjons- og eksklusjonskriteriene, endte vi likevel kun med observasjonsstudier.

Gyldighet, overførbarhet, metodisk kvalitet og resultatene i studiene må vurderes selv om artiklene er fagfellevurdert (Nortvedt et al., 2016 s. 68). Liberati et al. (2009) mener at utvelgelsesprosessen bør utføres av minst to personer uavhengig av hverandre. Søkene ga til sammen 1783 treff etter at 175 duplikater var fjernet. Vi utførte studieseleksjon ut fra klart definerte inklusjons- og eksklusjonskriterier. Vi leste titler, så sammendrag. De 24 artiklene som var aktuelle etter at abstraktene var vurdert, ble lest i sin helhet. Hele seleksjonsprosessen ble utført av begge forfatterne separat og blindet fra hverandre ved hjelp av Rayyan, et verktøy for seleksjon av artikler ved utførelse av en systematisk oversikt (Rayyan, u.å.). Artikler det var uenighet rundt ble diskutert opp mot inklusjons- og eksklusjonskriteriene, og ved videre uenighet var planen å trekke inn veileder for å gi en ytterligere vurdering. Det var i vårt tilfelle stor enighet i utvelgelsesprosessen, som vi mener skyldes de klare inklusjons- og eksklusjonskriteriene.

De inkluderte studiene er utført i landene USA, Israel og Nederland. Ekstern validitet er et begrep som beskriver hvorvidt resultatene fra en studie kan overføres til en annen klinisk

setting, og om resultatene fra studien lar seg gjenta (Polit & Beck, 2021, s. 220). Landene de inkluderte studiene er gjennomført i, antas å kunne sammenliknes med norsk pasientpopulasjon og kvalitet på overvåkningsutstyr. Kun en av studiene er utført på pasienter i generell anestesi (Pizov et al., 2010), mens de resterende studiene er utført på friske, våkne forsøkspersoner som får påført hypovolemi gjennom tapping av blod eller ved Lower Body Negative Pressure. Et flertall av disse forsøkspersonene er menn i 20- og 30 årene. Som diskutert i artikkelen, kan det være et usikkerhetsmoment hvorvidt funnene kan overføres til en bredere pasientpopulasjon i en annen klinisk setting, eksempelvis overtrykksventilerte pasienter i generell anestesi, eller sykere og eldre pasienter. En styrke ved våre funn er i denne sammenheng at studien som inkluderer pasienter i generell anestesi med ukjent helsestatus, får samme resultat som de øvrige studiene.

Studier som viser til signifikante resultater og studier som viser til at noe har god virkning, har større sjans for å bli publisert enn studier med usikre resultater. For å redusere denne risikoen for at publikasjonsskjevhet skulle påvirke resultatet, søkte vi også i “grå” litteratur som Google Scholar, men fant ingen nye artikler her. Hvis en ekskluderer “grå litteratur” i en systematisk oversikt kan det lede til at en overestimerer effekter (Nortvedt et al., 2016, s. 137; Polit & Beck, 2021, s. 662).

Selv om det ikke er krav til en standardisert sjekkliste i metoden systematic search and review, forutsettes det at de inkluderte artiklene blir kritisk vurdert med et anerkjent vitenskapelig vurderingsverktøy (Grant & Booth, 2009, s. 102). Vi har kritisk vurdert samtlige av de inkluderte artiklene med en sjekkliste utarbeidet av Joanna Briggs Institute (JBI). JBI er en australsk organisasjon innen helse og medisinsk forskning som er anerkjent for evidensbaserte helsetjenester (JBI, u. å.). Deres sjekklister inkluderer en rekke ulike design, og har spesielt fokus på metode og hva som regnes som evidensbasert kunnskap (JBI, 2020). I alle våre inkluderte studier har vi benyttet sjekklisten for Analytical Cross Sectional Studies.

De inkluderte artiklene ble vurdert til å ha høy eller god kvalitet (Tabell 1). Artiklene med høy kvalitet kunne signeres med «yes» på alle punktene på sjekklisten. Artiklene med god kvalitet hadde et punkt som var uklart. I to av artiklene kommer inklusjonskriteriene for deltakerne utydelig frem (Pizov et al., 2010; Van Genderen et al., 2013), og i en av artiklene

er studietsettingen ikke beskrevet i detalj (Selvaraj et al., 2011). Vi vurderte at artiklene med god kvalitet kunne inkluderes selv om det var et uklart punkt, da kvaliteten likevel vurderes å være akseptabel. De øvrige punktene ga oss god informasjon, og den noe mangelfulle informasjonen var ikke avgjørende for resultatene. Punktet om statistikk er ikke vurdert i sjekklisterne, da vi ikke har kompetanse til å vurdere ulike statistiske metoder.

Tabell 1: Kvalitetsvurdering av inkluderte artikler

	Were the criteria for inclusion in the sample clearly defined?	Were the study subjects and the setting described in detail?	Was the exposure measured in a valid and reliable way?	Were objective, standard criteria used for measurement of the condition?	Were confounding factors identified?	Were strategies to deal with confounding factors stated?	Were the outcomes measured in a valid and reliable way?	Was appropriate statistical analysis used?	Overall appraisal
McGrath, S. P. et al. 2010	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Not assessed	High
Pizov, R. et al. 2010	Unclear	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Not assessed	Good
Alian, A. A. et al. 2011	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Not assessed	High
Selvaraj, N. et al. 2011	Yes	Unclear	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Not assessed	Good
Scully, C. G. et al. 2012	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Not assessed	High
Van Genderen, M. E. et al. 2013	Unclear	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Not assessed	Good

2.7 Etiske aspekter

I arbeidet med en litteraturstudie vil en ikke bli stilt overfor etiske utfordringer av samme art som ved egen utført forskning. Det vil ikke være fare for at personopplysninger kan misbrukes, og det vil ikke være nødvendig å forholde seg til problemstillinger som eksempelvis samtykkekompetanse eller hensyn til sårbare pasientgrupper. Denne typen forskning krever eksempelvis ikke søknad til Regionale komiteer for medisinsk og helsefaglig forskning (REK) eller andre instanser for godkjenning. Selv om de etiske aspektene ved å utarbeide en systematic search and review tilsynelatende er enklere å forholde seg til enn forskning som inkluderer forsøkspersoner, har vi likevel hatt et bevisst forhold til forskningsetikk gjennom alle trinnene i arbeidsprosessen.

Et sentralt etisk konsept i medisinsk sammenheng er prinsippene om terapeutisk og ikke-terapeutisk forskning. Terapeutisk forskning innebærer at forsøkspersonene vil ha antatt nytteverdi av å delta i en studie, eksempelvis i tilfeller der pasienter mottar ny medisinsk behandling for en diagnose. Ikke-terapeutisk forskning har ingen helsemessig verdi for personene som deltar i forsøket, og hvis slik forskning skal forsvares er det spesielt viktig at andre personer kan dra nytte av forskningen i andre sammenhenger (Slettebø, 2017, s.243). All forskning innebærer risiko i noen grad. Minimal risiko defineres som at forsøket ikke innebærer høyere risiko for forsøkspersonene enn normal, daglig aktivitet. Når risikoen ikke er minimal, bør forskeren gå fram med forsiktighet og gjøre sitt ytterste for å minimere risikoen ved forsøket (Polit & Beck, 2021, s.137). Våre inkluderte studier har forsøkspersoner som blir påført hypovolemi ved ulike metoder som avstenging av blodsirkulasjon ved hjelp av Lower Body Negative Pressure og tapping av opptil 20 % av blodvolumet som senere blir retransfundert (McGrath et al., 2010, Pizov et al., 2010, Alian et al., 2011, Selvaraj et al., 2011, Scully et al., 2012 & Van Genderen et al., 2013). Vil det være riktig å inkludere denne typen ikke-terapeutisk forskning som i flere tilfeller innebærer mer enn minimal risiko i vårt arbeid? En strategi forskere bruker for å beskytte deltakerne, er å vurdere nytte versus risiko. En slik vurdering vil evaluere om ulemper ved en studie kan oppveies av fordelene. Risiko/nytte-ratioen bør vurderes om risikoen for den enkelte deltaker kan oppveies av nytteverdien for samfunnet (Polit & Beck, 2021, s.136-137). Helsinkideklarasjonen er anbefalte internasjonale retningslinjer for forskning som omfatter mennesker, og

grunnprinsippet er at hensyn til individet skal gå foran nytteverdien for samfunn eller forskning (Slettebø, 2017, s. 242). Det kan imidlertid være utfordrende å forske på pasienter med reell hypovolemi, da denne tilstanden oppstår akutt og det kan være problematisk å innhente informert samtykke. Pasienter med hypovolemi vil således kunne falle inn under Helsinkideklarasjonens definisjon av sårbare grupper (De nasjonale forskningsetiske komiteene, 2014). Våre inkluderte studier opplyser alle om at informert samtykke er innhentet og signert. I studiene der pasientene er våkne under forsøkene, er det opplyst om at studien ble stoppet hvis pasienten fikk symptomer på nærsynkope eller annet ubehag. Underveis i studiene ble det derfor ekskludert en del forsøkspersoner. Samlet sett har vi derfor vurdert de inkluderte studiene akseptable ut fra et forskningsetisk standpunkt.

2.8 Avslutning

Hensikten med en systematisk oversikt er å gi et balansert bilde av hva den beste tilgjengelige forskningen sier om en problemstilling. Ved å samle mange enkeltstudier, vil funnene ha en større tyngde enn en enkelt studie. Resultatene i en systematisk oversikt vil derfor videre være en god kunnskapskilde når en ønsker å ta de beste vurderingene i praksis (Nortvedt et al., 2016, s. 141). Vi håper kunnskapen vi har samlet gjennom å gjøre en sytematic search and review, og ved å dele resultatene i en artikkel, kan bedre klinisk praksis og pasientsikkerhet ved at hypovolemi oppdages tidligere ved hjelp av et enkelt og tilgjengelig verktøy som pulsoksymetri.

Kilder:

Alian , A., Galante, N., Stachenfeld, N., Silverman, D. & Shelly, K. Impact of central hypovolemia on photoplethysmographic waveform parameters in healthy volunteers. Part 1: Time domain analysis. *J CLIN MONIT COMPUT*. 2011; 25, 377-385.

<https://doi.org/10.1007/s10877-011-9316-y>

Alian, A., Galante, N., Stachenfeld, N., Silverman, D. & Shelly, K. Impact of central hypovolemia on photoplethysmographic waveform parameters in healthy volunteers. Part 2: Frequency domain analysis. *J CLIN MONIT COMPUT*. 2011; 25, 387-396.

<https://doi.org/10.1007/s10877-011-9317-x>

Butterworth, J. F., Mackey, D. C. & Wasnick, J. D. (2018). *Morgan & Mikhails Clinical Anesthesiology*. McGraw-Hill Education.

Colwell, C. (2022). Recognition and initial assessment of shock in adult trauma. I: M. Ganetsky (red.). *UpToDate*. Hentet 15. Mars 2022 fra https://www-uptodate-com.ezproxy.oslomet.no/contents/recognition-and-initial-assessment-of-shock-in-adult-trauma?search=Recognition%20and%20initial%20assessment%20of%20shock%20in%20adult%20trauma&source=search_result&selectedTitle=1~150&usage_type=default&display_rank=1

De nasjonale forskningsetiske komiteene. (2014, 10. Oktober). *Helsinkideklarasjonen*. <https://www.forskningsetikk.no/ressurser/fbib/lover-retningslinjer/helsinkideklarasjonen/>

Fasting, S. (2010). Risiko ved anestesi. *Tidsskriftet Den Norske Legeforening*, 2010, vol. 130 (5): 498-502. <https://doi.org/10.4045/tidsskr.08.0666>

Gaieski, D. & Mikkelsen, M. (2022). Definition, classification etiology, and pathophysiology of shock in adults. I: Finlay, G. (red.). *UpToDate*. Hentet 15. Mars 2022 fra <https://www.uptodate.com/contents/definition-classification-etiology-and-pathophysiology-of-shock-in-adults?search=Definition,%20classification,%20etiology,%20and%20pathophysiology%20of>

[%20shock%20in%20adults&source=search_result&selectedTitle=1~150&usage_type=default&display_rank=1](#)

Genderen, M., Bartels, S., Lima, A., Bezemer, R., Ince, C., Bakker, J. & Bommel, Jasper. Peripheral Perfusion Index as an Early Predictor for Central Hypovolemia in Awake Healthy Volunteers. *ANESTH ANALG*. 2013; 116 (2), 351-356.
<https://doi.org/10.1213/ANE.0b013e318274e151>

Glasziou, P. & Heneghan, C. (2009). A spotters guide to study designs. *BMJ Evidence-Based Medicine*, 2009; 14 (2), 37-38. <http://dx.doi.org/10.1136/ebm.14.2.37-a>

Grant, M. J. & Booth, A. (2009). A typology of reviews: an analysis of 14 reviews types and associated methodologies. *Health Information and Libraries Journal*, 26 (2), s. 91-108.
<https://doi.org/10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x>

Helsepersonelloven. (1999). Lov om helsepersonell m. v. (LOV-1999-07-02-64). Lovdata.
https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1999-07-02-64/KAPITTEL_2#%C2%A75

Inspira. (u. å.). OM TIDSSKRIFTET. Hentet 10. Februar 2022 fra
<https://inspiratidsskriftet.no/index.php/inspira/core>

Iohom, G. (2021). Monitoring during anesthesia. I: Crowley, M. (red.). *UpToDate*. Hentet 9. desember 2021 fra
https://www.uptodate-com.ezproxy.oslomet.no/contents/monitoring-during-anesthesia?search=monitoring&source=search_result&selectedTitle=2~150&usage_type=default&display_rank=2

JBI. (2020). *Checklist for Analytical Cross Sectional Studies*. JBI.
<https://jbi.global/critical-appraisal-tools>

JBI (U. å.). *About JBI*. JBI. Hentet 17. desember 2021 fra
<https://jbi.global/about-jbi>

Joshi, G. P. (2022). Intraoperative fluid management. I: N. A. Nussmeier (Red.), *UpToDate*. Hentet 10. Februar 2022 fra https://www.uptodate.com/contents/intraoperative-fluid-management?search=Intraoperative%20fluid%20management&source=search_result&selecte dTitle=1~89&usage_type=default&display_rank=1

Kollberg, S. E; Hæggstrøm, A-C. E; Lingehall, H. C. & Olofsson, B. (2019). Accuracy of Visually Estimated Blood Loss in Surgical Sponges by Members of the Surgical Team. *AANA Journal*, 87(4), 277-284.

Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P., Ioannidis, J. P. A., Clarke, M., Devereaux, P. J. Kleijnen, J. & Moher, D. (2009). The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies That Evaluate Health Care Interventions: Explanation and Elaboration. *PLoS Medicine*, (6)7, Artikkel e1000100. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100>

Løge, Ingard. (2022, 4. mars). *Hypovolemisk sjokk*. Norsk elektronisk legehåndbok. <https://legehandboka.no/handboken/kliniske-kapitler/akutt-og-mottaksmedisin/tilstander-og-sykdommer/traumatologi/hypovolemisk-sjokk>

McGrath, S., Ryan, K., Wendelken, S., Rickards, C., & Convertion, V. Pulse Oximeter Plethysmographic Waveform Changes in Awake, Spontaneously Breathing, Hypovolemic Volunteers. *ANESTH ANALG*. 2011; 112 (2): 368-374. <https://doi.org/10.1213/ANE.0b013e3181cb3f4a>

Meld. St. 11 (2020-2021). *Kvalitet- og pasientsikkerhet 2019*. Det kongelige helse- og omsorgsdepartementet. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-11-20202021/id2791147/>

Norsk anesthesiologisk forening. (2016, 27. oktober). *Norsk standard for anestesi*. <https://www.legeforeningen.no/contentassets/ed593ed0f41f48c8a70b0b33e8654f05/norsk-standard-for-anestesi-2016.pdf>

Norsk sykepleierforbund (NSF), Anestesisykepleierne. (2016,06). *Grunnlagsdokument for anestesisykepleiere*. Anestesisykepleierne.

<https://www.alnsf.no/anestesisykepleierne/grunnlagsdokument>

Nordseth, T. (2021, 4. januar). Hypovolemi. *Store medisinske leksikon*. Hentet 10. Februar 2022 fra <https://sml.snl.no/hypovolemi>

Nortvedt, M. W., Jamtvedt, G., Graverholt, B., Nordheim, L. V., & Reinart, L. M. (2016). *Jobb kunnskapsbasert! En arbeidsbok* (2. utg.). Cappelen Damm Akademisk.

Opdahl, H. (2019, 26. mars). Medisinsk overvåkning: Hemodynamisk overvåkning. I *Store medisinske leksikon*. Hentet 23. november 2021 fra

https://sml.snl.no/hemodynamisk_overv%C3%A5king

Ortega, R., Hansen, C.J., Elterman, K. & Woo, A. (2011). Pulse Oximetry. *New England Journal of Medicine*, 2011; 364 (16): e33.

<https://kabipa.com/wp-content/uploads/2020/03/NEJMvcm0904262.pdf>

Polit, D. F. & Beck, C. T. (2021). *NURSING RESEARCH* (11. utg.). Wolters Kluwer.

Pomerantz, W. (2021). Hypovolemic shock in children: Initial evaluation and management. I J. F. Wiley (red.), *UpToDate*. Hentet 17. desember 2021 fra

https://www.uptodate-com.ezproxy.oslomet.no/contents/hypovolemic-shock-in-children-initial-evaluation-and-management?search=hypovolemic%20shock%20in%20children&source=search_result&selectedTitle=1~150&usage_type=default&display_rank=1

Rayyan. (U.å.). *What if systematic review took half the time?* Rayyan. Hentet 12. januar 2022 fra <https://www.rayyan.ai>

Scully, C., Selvaraj, N., Romberg, F., Wardhan, R., Ryan, J., Florian, J. P., Silverman, D. G., Shelly, K. H., & Chon, K. H. Using Time-Frequency Analysis of the Photoplethysmographic

Waveform to Detect the withdrawal of 900 mL of Blood. *ANESTH ANALG*. 2012; 115 (1), 74-81. <https://doi.org/10.1213/ANE.0B013E318256486C>

Slettebø, Å. (2017). Forskningsetikk. I: B. S. Brinchmann (Red.), *Etikk i sykepleien* (s. 241-257). Gyldendal Norsk Forlag AS.

Selvaraj, N., Shelley, K., Silverman, D., Stachenfeld, N., Galante, N., Florian, J., Mendelson, Y., & Chon, K. H. A Novel Approach Using Time-Frequency Analysis of Pulse-Oximeter Data to Detect Progressive Hypovolemia in Spontaneously Breathing Healthy Subjects. *IEEE T BIO-MED ENG*. 2011; 58 (8): 2272-2279. <https://doi.org/10.1109/TBME.2011.2144981>

Sterns, R. (2020). Etiology, clinical manifestations, and diagnosis of volume depletion in adults. I: J. P. Forman (Red.), *UpToDate*. Hentet 10. Januar 2022 fra https://www.uptodate.com/contents/etiology-clinical-manifestations-and-diagnosis-of-volume-depletion-in-adults?search=Etiology,%20clinical%20manifestations,%20and%20diagnosis%20of%20volume%20depletion%20in%20adults&source=search_result&selectedTitle=1~150&usage_type=default&display_rank=1

Suess, E. M. & Pinsky, M. R. (2015). Hemodynamic Monitoring for the Evaluation and Treatment of Shock: What Is the Current State of the Art? *Respiratory and Critical Care Medicine*, 2015; 36(06): 890-898. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1564874>

University Libraries. The university of Toledo. (2020, 15. juli). *Critical Appraisal Resources for Nursing Research and EBP*. LIB GUIDES. <https://libguides.utoledo.edu/nursingappraisal/crosssectional>