

# **BPABAC – Bacheloroppgave**

Fordypningsoppgave

PPG-bølgens nytteverdi



Universitetet  
i Stavanger

**Det helsevitenskapelige fakultet**

**Bachelor i Paramedisin**

Stavanger, 24.05.2023

**Kandidatnummer: 9416**

## Innholdsfortegnelse

|   |           |
|---|-----------|
| <b>SAMMENDRAG</b> .....   | <b>2</b>  |
| <b>1 INTRODUKSJON</b> .....   | <b>3</b>  |
| 1.1 TEMA OG BAKGRUNN .....  | 3         |
| 1.2 MÅL OG HENSIKT .....  | 4         |
| 1.3 AVGRENSNING .....   | 4         |
| 1.4 PROBLEMSTILLING .....   | 4         |
| <b>2 TEORI</b> .....  | <b>5</b>  |
| 2.1 PPG-BØLGEN OG TEKNOLOGIEN BAK .....   | 5         |
| 2.2 FYSIOLOGI OG PATOFYSIOLOGI .....  | 6         |
| 2.3 FEILKILDER OG FILTRERING .....  | 8         |
| <b>3 METODE</b> .....   | <b>10</b> |
| 3.1 KUNNSKAPSBASERT PRAKSIS OG LITTERATURSTUDIE SOM METODISK TILNÆRMING .....   | 10        |
| 3.2 SØKESTRATEGI .....  | 12        |
| 3.3 KVALITETSVURDERING OG VALG AV ARTIKLER .....                                | 13        |
| 3.4 METODEDISKUSJON .....   | 15        |
| <b>4 RESULTATER</b> .....   | <b>17</b> |
| 4.1 BLODTRYKK OG BLODVOLUM .....  | 17        |
| 4.1.1 <i>Blodtrykk og vaskulær compliance i forhold til PPG-morfologi</i> ..... | 17        |
| 4.1.2 <i>Blodtap og respirasjonsindusert endring av PPG</i> .....               | 19        |
| 4.2 HJERTE- OG KARSYKDOMMER .....   | 19        |
| <b>5 DISKUSJON</b> .....  | <b>21</b> |
| 5.1 BLODTRYKK OG VOLUM .....  | 21        |
| 5.1.1 <i>Blodtrykk og vaskulær compliance i forhold til PPG-morfologi</i> ..... | 21        |
| 5.1.2 <i>Blodtap og respirasjonsindusert endring av PPG</i> .....               | 24        |
| 5.2 HJERTE- OG KARSYKDOMMER .....   | 26        |
| <b>6 KONKLUSJON</b> .....   | <b>28</b> |
| <b>REFERANSER</b> .....   | <b>29</b> |
| <b>VEDLEGG</b>  |           |
| VEDLEGG 1. SØKELOGG   |           |
| VEDLEGG 2. LITTERATURMATRISE  |           |

Antall ord: 7712

## SAMMENDRAG

Overvåkning av puls og saturasjon ved hjelp av pulsoksymeter er etter min erfaring en mye brukt metode i ambulansen. Det avtegnes også en PPG-bølge ved bruk av pulsoksymeteret, men hva som kan lese ut fra den har jeg begrenset kunnskap om. Med bakgrunn i dette har jeg gjennomført en litteraturstudie, for å se hvordan informasjonen PPG-bølgen bærer med seg kan bidra i prehospitalt arbeid. Jeg har søkt systematisk i aktuelle helsefaglige databaser etter artikler om emnet. Resultatene fra artiklene viser at PPG-bølgen kan bære med seg nyttig informasjon om vaskulær tone. Vasokonstriksjon vil gjøre bølgens amplitude mindre, og vasodilatasjon vil gjøre den høyere. Vaskulær tone vil også påvirke plassering og synlighet av viktige punkter på bølgen. Det er dessuten mulig at PPG-bølgen kan være med og avdekke okkult blødning, ved et særegent bølgemønster som oppstår hos hypovoleme pasienter. Manglende justeringsmuligheter for filtreringer og visningen av PPG-bølgen vil imidlertid kunne begrense nytteverdien i forhold til vurdering av vaskulær tone og hypovolemi. PPG-bølgen vil være nyttig til å identifisere arytmier hos pasienter, ettersom en komplett PPG-bølge syklus tilsvarer en komplett puls syklus.

# 1 INTRODUKSJON

## 1.1 Tema og bakgrunn

Arbeid innen det prehospitalt er en av yrkesmulighetene for en paramedisiner. Her er undersøkelses- og behandlingsmuligheter begrenset. Det er ofte vanskelig å stille en konkret diagnose, og behandlingen styres stort sett ut fra tegn og symptomer hos pasienten. (Haugen, 2019, s. 113)

Det første som må avklares i prehospitalt arbeid er alvorlighetsgraden ved et sykdoms- eller skadetilfelle. Dette avgjøres på bakgrunn av observasjoner og undersøkelser, samt samtale med pasienter om de kan svare for seg. En kritisk syk pasient er i behov av umiddelbar behandling. (National Association of Emergency Medical Technicians [NAEMT], 2021, s. 12) Enkelte kritiske tilstander kan være vanskelige å fange opp tidlig, og vi bør derfor søke å innhente mest mulig informasjon som kan avdekke kritiske / potensielt kritiske tilstander hos pasienten. Dersom pasienten ikke kan svare for seg, blir vi desto mer avhengig av observasjoner og undersøkelser.

Forskrift om nasjonal retningslinje for paramedisinutdanning (2020) uttrykker under kompetanseområdet helse, sykdom og skade at en paramedisiner skal ha bred kunnskap om sykdom, skader og ulykker, og medfølgende symptomer, tegn og fysiologisk respons. (§ 7b og c) Man skal beherske undersøkelse, behandling og monitorering av akutt syke eller skadde, og beherske relevant diagnostisk og medisinsk teknisk utstyr. (§ 8a og 8d)

Pulsoksymeteret på multimonitoren er et av hjelpemidlene som brukes til undersøkelse og overvåkning prehospitalt. Den angir saturasjon, men avtegner i tillegg også et plethysmogram (PPG-bølge) i kurvefeltet. (Nakos, u.å., s.120) Bølgen kan gi oss informasjon om pasientens sirkulasjon, og kan dessuten si noe om påliteligheten til oksygenmetningsmålingen. (Alian & Shelley, 2014, s. 395 og 398) Dette er en enkel, noninvasiv og mye brukt målemetode. Bølgeformen blir likevel sjelden tatt opp og analysert. (Alian & Shelley, 2014, s. 396; Elgendi, 2020, s. 49) Tatt i betraktning de begrensede undersøkelses- og behandlingsmulighetene prehospitalt, tenker jeg at det er desto viktigere å utnytte til fulle de mulighetene vi faktisk har til å innhente informasjon, herunder PPG-bølgen.

## 1.2 Mål og hensikt

Retningslinjene for paramedisinutdanningen uttrykker at vi skal ha kunnskap om prinsippene for kunnskapsbasert praksis, og kjenne til forsknings- og utviklingsarbeid innen fagområdet. Vi skal også kunne anvende ny kunnskap, så våre vurderinger, avgjørelser og handlinger er i tråd med kunnskapsbasert praksis. (Forskrift om nasjonal retningslinje for paramedisinutdanning, 2020, § 16a, 16c, 17a)

Kunnskapsbasert praksis omfatter både refleksjon over egen praksis og innhenting av kunnskap både fra forskning, erfaring og brukere, samt anvendelse den nye kunnskapen. Anvendelsen av kunnskapen vil preges av konteksten man står i. (Nortvedt et al., 2021, s. 16-17) Hovedfokus i denne oppgaven vil være innhenting av forskningsbasert kunnskap.

Min erfaring fra praksis er at registrering av oksygenmetning og puls er mye brukt prehospitalt. Hva som kan leses ut fra PPG-bølgen har jeg begrenset kunnskap om. Jeg ønsker å se på hvilken nytteverdi informasjonen fra PPG-bølgen har innen prehospitalt arbeid, og vil i den sammenheng gjøre en litteraturstudie knyttet til temaet. Målet er at man ved økt kunnskap om denne monitoreringsmetoden vil kunne forbedre pasientovervåkning, og -undersøkelse.

## 1.3 Avgrensning

Prehospitalt arbeid omfatter et bredt spekter, både i forhold til alder og pasienters tilstand. Mitt fokus i dette arbeidet vil være voksne, spontant pustende pasienter. Jeg vil dessuten legge hovedvekt på de mulighetene vi har med dagens utstyr og teknologi.

## 1.4 Problemstilling

Jeg har på bakgrunn av tematikken beskrevet ovenfor valgt følgende problemstilling:  
Hvordan kan multimonitoren PPG-bølge gi verdifull informasjon i prehospitalt arbeid?

## 2 TEORI

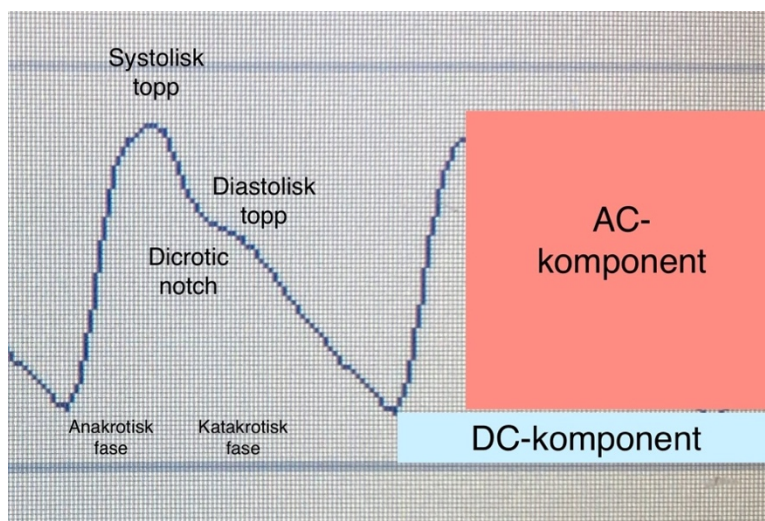
PPG-bølgen ble først beskrevet i 1938, og ble brukt før man oppdaget at oksygenmetning kan måles på denne måten. Oppdagelsen av saturasjonsmåling satte PPG-bølgen litt i skyggen, men i den senere tid er interessen for bølgen økende. Ny teknologi og økt kunnskap om kardiovaskulær fysiologi vil ytterligere kunne øke nytteverdien av PPG-bølgen. (Alian & Shelley, 2014, s. 395; Ehrenfeld & Cannesson, 2013, s. 165) For å forstå hvordan PPG-bølgen kan være nyttig er det nødvendig med noe bakgrunnskunnskap om teknologien og hva som faktisk måles. Dette vil bli kort beskrevet i det følgende. Jeg tar utgangspunkt i målinger gjort med pulsoksymeter festet på fingeren, da det er dette vi bruker i ambulansen.

### 2.1 PPG-bølgen og teknologien bak

Photoplethysmografi består enkelt forklart i at lys sendes fra en lyskilde, gjennom vevet, til en lysdetektor. En viss del av lyset vil alltid absorberes av vevet. Denne delen refereres ofte til som DC-komponenten, og tilsvarer bunnlinjen av PPG-bølgen. Idet puls-bølgen fra hjertets kontraksjoner når arteriolene i fingrene, og disse utvides, vil enda mer av lyset absorberes, ettersom lengden lyset må forsure økes. Variasjonene i lysabsorpsjon avtegnes som svingningene vi ser i PPG-bølgen. Denne variable delen av lysabsorpsjon betegnes som AC-komponenten av bølgen, og korresponderer med variasjon i blodvolum, forårsaket av pulsen (fig. 2.1). (Castaneda et al., 2018, s. 195; Ehrenfeld & Cannesson, 2013, s. 165-166; Elgendi 2020, s. 28 og 35)

PPG-bølgen deles i en anakrotisk fase, der puls-bølgen får PPG-bølgen til å stige, og en katakrotisk fase i etterkant av puls-bølgen, der PPG-bølgen synker igjen. Toppen av anakrotisk fase betegnes systolisk topp. Man finner i katakrotisk fase det som betegnes som dicrotic notch. Denne sammenfaller med lukning av aortaklaffen. Hos mennesker med friske arterier vil PPG-bølgen snu ved dicrotic notch, og stige litt igjen. Ettersom åreveggene med alderen blir stivere og compliance synker, vil dicrotic notch fremstå som et punkt der den synkende bølgen flater litt ut. Dette skjer på grunn av refleksjoner av trykk fra periferien. Puls-bølgen som har gått fra hjerte til nedre deler av kroppen reflekteres tilbake langs aorta, og når fingeren der pulsoksymeteret er. Man får da en ny liten topp eller avflatning på PPG-bølgen, før den igjen synker til bunnlinjen, og en ny pulssyklus starter. Punktet der den reflekterte bølgen øker amplituden på PPG-bølgen mest betegnes diastolisk topp. Dårligere

compliance vil gjøre avstanden mellom systolisk og diastolisk topp mindre. (Elgendi, 2012, s. 19-20; Elgendi, 2020, s. 107-114)



Figur 2.1: PPG-bølgen, 2023, egen illustrasjon. Bilde tatt av PPG-bølge vist på Corpuls 3, produsert av GS Elektromedizinische Geräte G. Stemple GmbH.

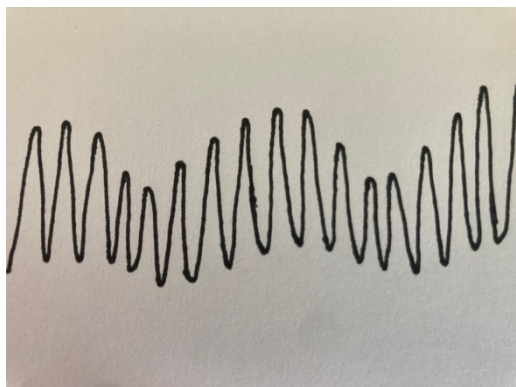
## 2.2 Fysiologi og patofysiologi

Ettersom PPG-bølgen avspeiler endringer i blodvolum vil registreringen påvirkes av flere faktorer. Både kroppens kardiovaskulære, respiratoriske og autonome system spiller inn. (Alian & Shelley, 2014, s. 397) Arteriolenes diameter justeres gjennom variert sympatisk påvirkning, med mål om å endre blodfordeling i kroppen, eller bidra til trykkregulering. Vasokonstriksjon kan for eksempel utløses av kroppens behov for varmekonservering, ettersom mindre blod til huden gir mindre varmetap, eller det kan være en kompensasjonsmekanisme for volumtap. (Sand et al., 2018, s. 346-347 og 583)

Blodårene i fingrene er særlig rike på alfaadrenoreseptorer, og vil dermed være sensitive for endringer i det sympatiske nervesystemet. Vasodilatasjon og -konstriksjon vil gi flere utslag på PPG-bølgen. Plassering av dicrotic notch vil endres. Ved vasodilatasjon vil den synke nedover på bølgen, og motsatt; ved vasokonstriksjon vil den flyttes oppover, nærmere systolisk topp. Amplituden vil bli lavere på grunn av vasokonstriksjon, da konstriksjonen gir mindre blodgjennomstrømning i arteriolene. Vasodilatasjon gir høyere amplitude på grunn av økt gjennomstrømning i arteriolene. (Ehrenfeld & Cannesson, 2013, s. 169-171; Shelley, 2007, s. 32)

Aktivering av det sympatiske nervesystemet gir økt hjertefrekvens og vasokonstriksjon, og motsatt; ved aktivering av det parasympatiske systemet vil man få lavere hjertefrekvens og vasodilatasjon. (Pollak et al., 2018, s. 1221-1224) Hjertets frekvens vil avspeiles i PPG-bølgens frekvens, ettersom det er registrering av et komplett pulsintervall i løpet av en komplett PPG-bølge. PPG-bølgen stemmer godt overens med funn på EKG, og er et utmerket alternativ til monitorering av hjertefrekvens, og eventuelle variasjoner i denne. (Elgendi, 2020, s. 110)

Både spontan og mekanisk ventilasjon gir fluktuasjon i DC- og AC-komponenten i PPG-bølgen. Dette har sammenheng med at trykkendringene i brystkassen virker inn på venøs tilbakestrømming og hjertets fyllingsgrad, hvilket igjen påvirker slagvolum. Endringer i venøst blods bevegelse gir endringene i DC-komponenten og endringene i slagvolum gir endringene i AC-komponenten. Hos mekanisk ventilerte pasienter har man sett at trykkendingene fra ventilasjonen gir en overdreven effekt, med ekstra store svingninger i PPG-bølgen. Monitorering av disse svingningene vil gi mulighet til å oppdage blodtap hos pasienten, og det pågår forskning for å finne analysemetoder til å kvantifisere svingningene. Man skal imidlertid være klar over at andre tilstander som gir økt trykk i thoraks, eksempelvis astma eller trykk-pneumothorax, kan gi lignende utslag. (Ehrenfeld & Cannesson, 2013, s. 171-175)



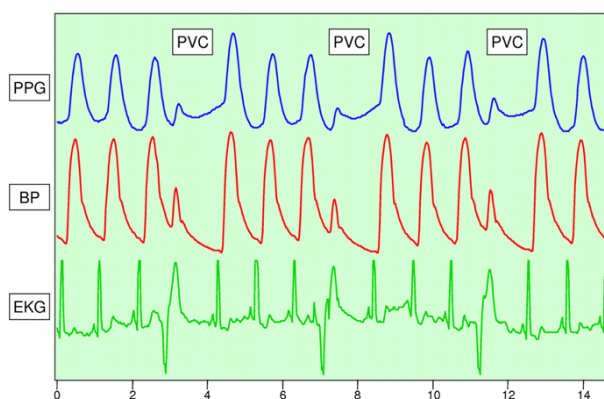
Figur 2.2: *Respirasjons-induserte endringer i PPG*, 2023, egen illustrasjon. Basert på forklaringer og illustrasjoner hos Alian og Shelley, (2014, s. 401-402) og Ehrenfeld og Cannesson. (2013, s. 171-175)

Uregelmessigheter i PPG-bølgen kan være det første tegnet på at pasienten har utviklet en arytmi. Det kan dreie seg om plutselige endringer i amplitude, eller endringer i intervallene mellom PPG-bølgene. (Ehrenfeld & Cannesson, 2013, s. 170; Pereira et al., 2020, s. 1-2)



Arytmier er en fellesbetegnelse for unormal hjerterytme, en tilstand som kan være viktig å fange opp. Selv om noen arytmier kan være ufarlige, kan andre gi alvorlige følger. Arytmier er den vanligste årsaken til hjertestans. Atrieflimmer er en vanlig arytmi. Forekomst øker med økende alder. Denne arytmien vil gi en uregelmessig hjerterytme, noe vi vil kunne se på PPG-bølgen. (Pollak et al., 2018, s. 3354 og 3388-3389; Ørn & Bach-Gansmo, 2016, s.182)

En annen arytmi; ventrikulære ekstrasystoler, oppstår oftest på grunn av iskemi i ventrikler. Tilfeldige enkelt-slag er vanlig, men med økende frekvens øker alvorret i tilstanden. (Pollak et al., 2018, s. 3402-3403) Hjertet vil ikke være normalt oppfylt ved en ventrikulær ekstrasystole, og volumet som pumpes ut vil dermed være mindre. Følgelig vil man få en lavere amplitude på tilsvarende PPG-bølge. «Pausen» som oppstår etter ekstrasystolen fører til at hjertet fylles ekstra opp, og volumet som pumpes ut ved neste hjerteslag vil være større. Dette kommer på PPG-bølgen til syne som et forlenget intervall mellom to bølger, og forhøyet amplitude på bølgen etter det forlengede intervallet. (Alian & Shelley, 2014, s. 398-399)



Figur 2.3: *PVC detectionUsing PPG*, u.å., av Shelley & Linder.

([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PVC\\_detectionUsing\\_PPG.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PVC_detectionUsing_PPG.png)).

CC BY-SA 3.0

### 2.3 Feilkilder og filtrering

PPG-bølgen er sensitiv for forstyrrelser, og kan for eksempel påvirkes av både lys- og temperaturforhold, bevegelser, skjelving hos pasienten og dårlig kontakt med huden. Dette kan gi feiltolkning av bølgen, for eksempel ved å fremstå som rytmeforstyrrelser. Bølgen vi ser på monitoren er derfor prosessert og filtrert, med sikte på å fjerne mest mulig av det som er forstyrrelser. (DeMeulenaere, 2007, s. 315-316; Elgendi, 2020, s. 49-50) PPG-bølgen er

dessuten autosentrert. Dersom man får en venøs opphopning vil DC-komponenten stige, hvilket kan føre til at den pulsatile delen av bølgen havner utenfor skjermens visningsområde. Dette korrigeres av autosentreringen. (Alian & Shelley, 2014, s. 398; Ehrenfeld & Cannesson, 2013, s. 165-166) De fleste monitorer har også en autogain funksjon, som forstørrer PPG-bølgen. Dette kan gjøre bølgen og de ulike punktene på den enklere å se, men samtidig blir det vanskelig å analysere amplituden, da endringer kan komme til å skjules av at den forstørres opp. (Shelley, 2007, s. 32)

## 3 METODE

Jeg har valgt å skrive en litteraturoversikt. Det innebærer at data hentes fra allerede eksisterende forskning, kunnskap og teori. (Dalland, 2020, s. 199) Følgende kapittel inneholder en oversikt over hvordan jeg har gått fram for å søke opp og velge ut aktuell litteratur, samt en metodediskusjon. Som en bakgrunn for min valgte metode blir teori rundt kunnskapsbasert praksis også kort beskrevet.

### 3.1 Kunnskapsbasert praksis og litteraturstudie som metodisk tilnærming

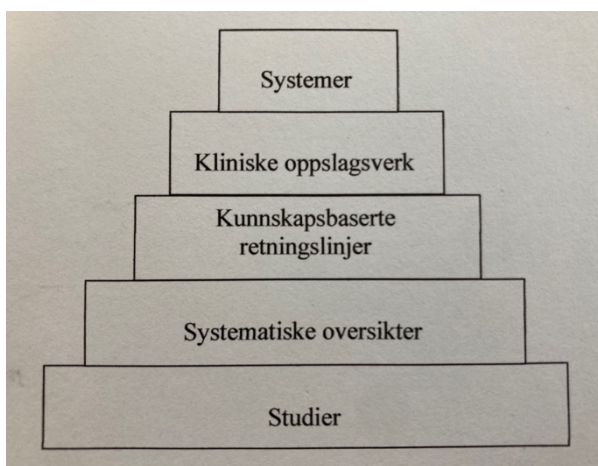
Det forventes at helsepersonell leverer tjenester av høy kvalitet, basert på pålitelig forskningsbasert kunnskap. Helsepersonelloven (1999) sier at helsepersonell skal gi faglig forsvarlig og omsorgsfull hjelp, (§ 4) og dette gjenspeiles i krav til kunnskap og ferdigheter hos paramedisinere. (Forskrift om nasjonal retningslinje for paramedisinutdanning, 2020, § 7 og 8)

Ettersom ny kunnskap stadig utvikles fordrer dette at vi holder oss oppdaterte. Kunnskapsbasert praksis, som kort forklart består i å anvende kunnskap fra forskning, erfaring og brukere, er et konsept utviklet for å gjøre dette mulig. Det hele vil preges av konteksten, for eksempel rammer man arbeider innenfor, eller ressurser tilgjengelig. (Nortvedt et al., 2021, s. 16-17) Eksempelvis er det kjent at pasienter som har tapt for mye blod trenger å få dette erstattet. (Haugen, 2019, s. 238; Pollak et al., 2018, s. 5319-5323 og 5367) Er man på et sykehus vil denne kunnskapen føre til at pasienten får tilført blod. Prehospitalt har man ikke fullblod tilgjengelig, og da vil denne kunnskapen i stedet føre til at pasienten transporteres hurtig til sykehus.

Utvikling av kunnskapsbasert praksis deles inn i flere trinn. Man starter med å formulere et spørsmål, på bakgrunn av refleksjon over egen praksis. (Nortvedt et al., 2021, s. 15 og 23) Man kan for eksempel spørre seg selv om, eller hvorfor et tiltak er bedre enn et annet. Eller som i denne oppgaven: kan hjelpemidler og metoder vi bruker utnyttes enda bedre? De neste to trinnene består i å søke etter, og kritisk vurdere forskningsbasert kunnskap. (Nortvedt et al., 2021, s. 23)

Litteraturstudie som metode består i at man søker systematisk etter fag- og forskningslitteratur ut fra problemstillingen man har valgt. Etter å ha gjort en kritisk vurdering og valgt ut aktuell litteratur, sammenholdes funnene skriftlig, slik at man får belyst

problemstillingen sin. (Grønseth & Jerpseth, 2019, s. 80) Det finnes mange ulike kunnskapskilder. Man kan orientere seg i dette landskapet ved å bruke kunnskapspyramiden. Her finner man i øvre del kliniske oppslagsverk og retningslinjer. Disse bygger på nivåene under, som representerer enkeltstudier og de systematiske oversiktene. Dette gjør at forskningen bli mer og mer oppsummert jo høyere opp i pyramiden man kommer. (Nortvedt et al., 2021, s. 48-49)



Figur 3.1: *Kunnskapspyramiden*, 2023, egen illustrasjon. Basert på bilde hos Nortvedt et al. (2021, s. 48)

Et prinsipp innen kunnskapsbasert praksis er at man leter etter kunnskap høyest mulig opp i kunnskapspyramiden. Likevel kan det noen ganger være nødvendig å søke i den type kilder man finner i de nederste trinnene av pyramiden, for eksempel når man arbeider med faglig fordypning. (Nortvedt et al., 2021, s. 48 og 65)

Det som betegnes «anvendt forskning» er sentralt innen kunnskapsbasert praksis, ettersom man leter etter forskning som kan forbedre praksis og fagutøvelse. Anvendt forskning er forskning rettet mot et bestemt mål eller hensikt, eksempelvis etterprøving av teorier som ligger til grunn for behandlingstiltak. Da det gjerne finnes svært mange enkeltstudier om et tema, og resultatene endatil kan være motstridende, er det viktig å ikke basere seg på en enkelt studie. Å jobbe kunnskapsbasert handler om å skaffe seg en oversikt, som kan gi et balansert bilde. De systematiske oversiktene fremheves i denne sammenhengen. Dette er publikasjoner som gjennom en systematisk og åpen fremgangsmåte har funnet, vurdert, og oppsummert flere studier om samme emne. Kunnskapspyramiden plasserer dem på nivået over enkeltstudiene. (Nortvedt et al., 2021, s. 18-19, 48-49 og 53)

De siste trinnene i kunnskapsbasert praksis handler om utøvelsen, der man anvender kunnskapen man har tilegnet seg, sammen med erfaringsbasert kunnskap og brukerens preferanser, og siden evaluerer egen praksis. Dette kan betegnes anvendelseskompetanse, og læres gjennom praksis. (Nortvedt, et al., 2021, s. 22-23)

### 3.2 Søkestrategi

Jeg har søkt etter vitenskapelige artikler i Oria, PubMed og Cinahl, som er anerkjente faglige databaser rettet mot helsefag, og har til hjelp i søkestrategien brukt et PICO skjema. Innledende søk ble utført med både norske og engelske ord, men da de norske ordene ikke gav treff ble endelig søk utført med kun engelske ord.

Tabell 3.1: PICO skjema

|                            |   |
|----------------------------|---|
| P (pasient / populasjon):  | patients prehospital                    |
| I (intervensjon / tiltak): | monitoring, PPG-wave/photoplethysmogram |
| Co (kontekst):             | ambulance, prehospital                  |

Som søkeloggen (vedlegg 1) viser ble det kun et treff ved bruk av flere ord i kombinasjon. Jeg valgte derfor å søke videre med færre ord, og fikk tre treff. Abstract ble lest på alle tre, to ble lest i fulltekst, og en valgt.

Først da jeg valgte å bruke trunkert versjon av både PPG-wave og photoplethysmogram fikk jeg en god økning i antall treff. Søket i Oria-basen inneholdt tre duplikater fra søket i PubMed. Fire nye abstract ble lest, og en artikkel i fulltekst. Ingen av disse passet til min problemstilling.

Det neste søket på PubMed gav ingen nye aktuelle treff, da samtlige som kunne være aktuelle var duplikater fra tidligere søk.

Søket i Cinahl gav flest treff. Flere var duplikater fra tidligere søk, men etter tretten nye leste abstract, ble fem artikler lest i fulltekst, og to valgt.

Artiklene som ble valgt bort i søkene ble utelatt av hovedsaklig to grunner: Noen av dem omhandlet målinger gjort med smartklokker eller smarttelefoner. Andre omhandlet i hovedsak ny teknologi, med utregninger basert på PPG- og eventuelt andre målinger. Jeg fant i disse artiklene lite om selve PPG-bølgen, slik vi ser den på monitoren vår.

For å få hensiktsmessige treff på systematiske oversikter bestemte jeg meg for å bruke kun et søkeord, og gikk da for en trunkert versjon av photoplethysmography. Dette er det mest brukte ordet for bølgen, selv om flere andre også brukes. PPG-bølge det mest brukte akronymet. (Elgendi, 2020, s. 29-34) Etter å ha lest seks abstract og to artikler i fulltekst ble en artikkel valgt. Den andre hadde fokus på smartklokker, og ble dermed valgt bort.

Kildehenvisninger i leste artikler ble også gjennomgått. Dette gav ingen artikler som var aktuelle å inkludere som valgte artikler, men jeg fant artikler med elementer som kunne trekkes inn i teoridelen, og diskusjonsdelen av oppgaven.

### 3.3 Kvalitetsvurdering og valg av artikler

Et inklusjonskriterie for artiklene var at de skulle være engelskspråklige. Geografisk opprinnelse for studiene anså jeg som mindre viktig, da det vil være de samme tingene man ønsker å monitorere / avdekke hos pasienten uavhengig av sted. Videre ville jeg at artiklene skulle være fagfellevurderte, fordi dette er en kvalitetssikring samt at det bidrar til å skille vitenskapelige artikler fra fagartikler. (Dalland, 2020, s. 145) Jeg ønsket, basert på utvikling innen teknologien, artikler utgitt siste 10 år. Det var også et krav for inklusjon at artikkelen skulle omhandle voksne pasienter. Artikler som omhandlet PPG-målinger gjort med smartklokker og smarttelefoner ble ekskludert.

Opprinnelig ønsket jeg også at artiklene skulle omhandle prehospitale pasienter. Selv om «prehospital» var inkludert som et av søkeordene, viste det seg vanskelig å finne artikler om denne pasientgruppen. Jeg gjorde derfor en vurdering i forhold til inkludering av studier fra laboratorier og inhospitalt. Min konklusjon ble at denne typen forskning kan benyttes for å belyse min problemstilling. Man må imidlertid ta hensyn til utfordringer som kan tilkomme i en prehospital setting, så som forstyrrelser i målingene på grunn av bevegelse. Som forutsetning for inklusjon satte jeg at det ble brukt pulsoksymeter-probe festet til fingeren, slik vi gjør prehospitalt.

Sjekklistene fra helsebiblioteket ble benyttet til hjelp i vurderingen av kvaliteten på artiklene. Tverrsnittstudier er foretrukket ved forskning på diagnostiske metoder. (Helsebiblioteket, 2020) Det er denne typen enkeltstudier som er inkludert i oppgaven. Alle de tre studiene skårer godt på sjekklisten for tverrsnittstudier. De to studiene som er gjort på pasienter innfrir også det som kalles gullstandard, som vil si at ny metode sammenlignes med vanlig brukt metode. (Helsebiblioteket, 2020) Alle studiene viser til offentlig godkjenning, og pasientdata er anonymisert. Personvern er et av de sentrale hensynene som må tas innen forskningsetikk. (Dalland, 2020, s. 169)

Artikkelen skrevet av Chen et al. (2010) er litt eldre enn det jeg i utgangspunktet ønsket. Når jeg likevel har valgt å inkludere en artikkel som er 13 år gammel, er dette fordi det var en studie gjort på prehospitalt pasienter. Valgte artikkel er en retrospektiv studie fra Texas, gjort på traumepasienter, transportert med luftambulansse. Denne har det bredeste pasientgrunnlaget av de valgte studiene, med et utgangspunkt på 344 pasienter. Det at denne studien er retrospektiv har gjort at man kunne se på dataene på ulike måter, og sammenlignet utkomme. Eksempelvis ble det forsøkt å endre definisjon for alvorlig blødning, og kriterier for kvaliteten på bølgeformen, for å se om dette endret resultatene.

Studien til Tusman et al. (2019) er utført på mekanisk ventilerte pasienter. Denne er inkludert fordi den går direkte på PPG-bølgens morfologi, slik vi ser den på multimonitoren. Så godt som samtlige av artiklene jeg fant under søkeprosessen omhandlet ikke multimonitoren PPG-bølge alene, men mulighetene for forbedret monitorering med ny teknologi. Eksempelvis kombinasjon av PPG-bølgens informasjon med andre målinger, eller deriverte grafer, som vil gjøre det mulig å plassere de ulike punktene på bølgen eksakt. Artikkelen er en observasjons-studie, gjort på 15 pasienter som gjennomgikk hjerte-operasjon. Målet var å se om en gitt klassifisering av PPG-bølgens kontur kunne identifisere endringer i systolisk arterielt trykk og vaskulær tone. Det er på disse pasientene til sammen gjort registreringer for 190 episoder med normo- hyper- og hypotensjon, og resultatene er ganske entydige.

Hickey et al. (2016) foretok en studie i Storbritannia, på tjue frivillige personer. Det ble undersøkt hvordan PPG-bølgens morfologi endres ved elevasjon og senkning av hånden der man måler PPG-signal. Både studiesubjektene, omgivelsene og hvordan forsøket ble gjennomført er godt beskrevet. En av personene ble ekskludert fra studien, pga. svake

signaler på målingene, og vansker med å identifisere punkter på bølgen. Funnene hos de 19 andre peker imidlertid alle i samme retning.

Den systematiske oversikten, skrevet av Almarshad et al. (2022) skårer også godt i forhold til helsebibliotekets sjekklister for denne typen artikler. De vises i artikkelen til at den baseres på PRISMA 2020 guidelines. Formål er klart formulert, og artikkelen inneholder en nøye beskrivelse av søkeprosess og utvelgelse av artikler. Beskrivelsen gir tillit til at aktuelle artikler er funnet under søket. Det gis en oversiktlig oppsummering av funnene i de inkluderte artiklene. Kritisk vurdering av de inkluderte artiklene er det som kommer mest tydelig fram, men det vises til at det er fagfelle-vurderte artikler. Det er en styrke at den bare er et år gammel, og dermed også omfatter den nyeste av forskning på området.

### 3.4 Metodediskusjon

Med kun fire artikler valgt ut til oppgaven blir datagrunnlaget begrenset, noe som kan være med og svekke tilliten til resultatene. Den systematiske oversikten vil imidlertid være en indirekte styrke i forhold til datagrunnlag, siden den er en oppsummering av forskning på området.

Ulikt fokus i artiklene gjør det vanskelig å direkte sammenligne alle resultater, og diskutere disse opp mot hverandre. Samtidig er det viktig å få belyst ulike endringer som kan komme på PPG-bølgen, og derfor ønskelig med denne bredden i artiklene. Det vil også uansett være enkelte aspekter fra de ulike studiene som kan diskuteres opp mot hverandre. For å belyse mitt tema ytterligere er dessuten elementer fra studier som ikke ble inkludert i oppgaven trukket inn i diskusjonsdelen. Dette vil også kunne bidra til mer bredde, og bedret sammenligningsgrunnlag.

Med bakgrunn i problemer med å finne studier utført prehospitalt ble også andre studier inkludert i oppgaven. Dette kan svekke tilliten til resultatene, ettersom man ikke nødvendigvis kan overføre funnene direkte til en prehospital setting.

Alle artikler som er benyttet i oppgaven er på engelsk. Jeg vurderer egne engelskkunnskaper til å være tilstrekkelige til å få en riktig forståelse for artiklenes innhold, men det vil likevel være en risiko for at feiltolkning kan skje. Jeg har dessuten begrenset kunnskap i forhold til noen av de statistiske metodene, samt teknologien som brukes i enkeltstudiene. Selv om



hovedfunnene forstås, kan det da være aspekter og nyanser ved funnene som jeg går glipp av.

Det er en styrke av tre av artiklene er av nyere dato. Særlig positivt er det at den systematiske oversikten nylig er skrevet. Ved dette får jeg en god oversikt over forskning som er gjort helt inntil nylig. Artikler frem til 2021 er inkludert i oversikten.

## 4 RESULTATER

Dette kapittelet oppsummerer aktuelle resultater fra artiklene jeg valgte til oppgaven. Oversiktsartikkelen til Almarshad et al. (2022) viser at PPG har bred anvendelsesmulighet, langt ut over saturasjonsmåling og pulsrate som den er mye brukt til i dag. Det vises til forskning på bruk både innen psykiatri, nevrologi, diabetesdiagnostisering og beregning av respirasjonsrate for å nevne noen. Felles for nevnte bruksområder er at vi ikke har disse mulighetene i ambulansen nå. Enten fordi forskningen fremdeles er i en tidlig fase, eller fordi det behøves teknologi som vi ikke har tilgjengelig på vår multimonitor. Mitt hovedfokus vil være funnene som vi kan nyttiggjøre oss av prehospitalt, og disse vil bli presentert i følgende underkapitler: «Blodtrykk og blodvolum» og «Hjerte- og karsykdommer». Hovedfunn og kort informasjon om artiklene presenteres i en litteraturmatrikse (vedlegg 2).

### 4.1 Blodtrykk og blodvolum

Den systematiske oversikten viser til en rekke artikler som ser på muligheten for å beregne blodtrykk ut fra PPG, både alene og i kombinasjon med andre målinger, så som for eksempel EKG. Blodtrykk beregnet ut fra PPG viser gode resultater, på høyde med blodtrykksmansjetter som vanligvis brukes. Det konkluderes med at teknologien for dette er i et tidlig stadium, men at man i nær framtid kan forvente at dette blir en mulighet. (Almarshad, et al., 2022, s. 8)

#### 4.1.1 Blodtrykk og vaskulær compliance i forhold til PPG-morfologi

Tusman et al. (2019) presenterer i sin studie en klassifisering ut fra PPG-bølgens morfologi, herunder amplitude og plassering av dicrotic notch, for å vurdere arterielt trykk og vaskulær tone. Totalt 190 episoder med normo- hyper- og hypotensjon ble valgt ut, og tolket manuelt ut fra klassifiserings-systemet, med mistolkning i kun 7 av tilfellene. Tre tilfeller av normalt trykk ble feilaktig vurdert til å være hypotensjon, og et tilfelle til å være hypertensjon. Tre tilfeller av hypertensjon ble feilaktig vurdert til å være normalt trykk. Monitorering med PPG-klassifiseringen viste altså både høy sensibilitet og spesifisitet. (s. 815-819)

PPG-klassifiseringen består av seks klasser fra alvorlig vasokonstriksjon til alvorlig vasodilatasjon. Ved hypertensive episoder økte systemisk vaskulær resistens ved vasokonstriksjon, og vaskulær compliance gikk ned. Dette slo på PPG-bølgen ut som reduksjon i amplitude, samt en plassering av dicrotic notch høyere opp på bølgen, sett i

forhold til amplituden. Ved hypotensive episoder sank vaskulær resistens ved vasodilatasjon og compliance gikk opp. PPG-bølgens amplitude ble høyere, og plassering av dicrotic notch var lengre nede på bølgen, sett i forhold til amplituden. Funnene på PPG var som forventet i forhold til klassifiseringssystemet, og klassene viste seg altså å stemme godt overens med målinger av arterielt trykk og beregning av vaskulær resistens og compliance. (Tusman et al., 2019, s. 817-820) Vurdering av arteriell compliance ut fra PPG-målinger nevnes også av Almarshad et al. (2022) som et av områdene det forskes på, men det vises til behov for videre studier. (s. 11)

Det konkluderes i Tusman et al.'s studie (2019) med at enkel visuell inspeksjon av PPG-bølgen kan avdekke hypo- / hypertensjon forårsaket av endringer i vaskulær tone. Samtidig kan ikke hyper- / hypotensjon utelukkes på bakgrunn av klassifiseringen, da noen av tilfellene ble mistolket. Ny teknologi, med kombinasjon av flere målinger kan gi enda bedre resultater. Blodtrykksmålinger i denne studien var innenfor 65-197 systolisk, og det er en liten gruppe pasienter som er med i studien. Det konkluderes med at flere studier er nødvendig for generalisering av resultater. Det må presiseres at endringer i blodtrykk hos pasientene i denne studien ikke skyldtes volumtap, men endring av vaskulær tone av andre årsaker. Blødning over eller lik 350 ml var et eksklusjonskriterie for studien. (s. 819-823)

Et lignende funn i forhold til vaskulær resistens og amplituder ble gjort av Hickey et al. (2016) PPG-registreringer ble gjort på høyre pekefinger i ulike høyder i forhold til hjertehøyde, samtidig med målinger på venstre pekefinger som ble holdt statisk i hjertehøyde. Ved målinger 50 cm under hjerte-høyde vil den arteriovenøse refleksen trigge arteriell konstriksjon, på bakgrunn av venene som utvides ved hemmet venøs tømning. Dette viste seg som en gjennomsnittlig senkning i PPG-bølgens amplitude på 68,3% i høyre hånd. Det gav også litt utslag i venstre hånd, som fremdeles var i hjerte-høyde, men ikke mer enn 17%. Lignende utslag, men da i form av økt amplitude, fikk man ved målinger 50 cm over hjertehøyde. (s. 729 og 732)

Chen et al. (2010) undersøkte om høyden på systolisk topp i PPG-bølgen kan knyttes til hvor mye blodoverføring en pasient med blødning vil trenge, men dette korrelerte bare svakt, og ble ansett som et ikke signifikant funn. (s. 457)

Endringer i forhold til dicrotic notch og diastolisk topp blir av Hickey et al. (2016) beskrevet som den mest tydelige endringen i PPG-bølgen. Disse viste tydelig ved målinger 50 cm

under hjertehøyde, mindre tydelige i hjertehøyde, og var bare så vidt synlig ved måling 50 cm over hjertehøyde. (s. 732)

#### 4.1.2 Blodtap og respirasjonsindusert endring av PPG

Studien til Chen et al. (2010) viser at respirasjonsinduserte endringer i PPG-bølgen også prehospitalt er assosiert med hypovolemi på grunn av blødning, slik det tidligere har vist seg å være i kontrollerte omgivelser. Eksakt plassering av PPG-bølgers start og topper ble identifisert ved hjelp av data algoritmer, og på denne måten ble endring over tid registrert. Endringene i PPG-bølgen visste seg å kunne være en selvstendig blødningsprediktor, men beregninger ut fra PPG-målingene alene gav imidlertid ikke svært gode resultater. Satt i sammenheng med andre vitale målinger ble resultatene bedre. (s. 455 og 457-459) Almarshad et al. (2022) fremholder behovet for kombinasjon med andre målinger som en av begrensningene ved PPG-målinger. Ofte er ikke PPG-måling alene nok. (s. 18)

Det ble undersøkt om prehospital væsketilførsel skjuler respirasjonsinduserte endringer i PPG-bølgen, slik at prediksjonsevnen forringes. Væsketilførsel så ikke ut til å redusere evnen til å identifisere blødningspasienter ut fra PPG-målinger. (Chen et al., 2010, s. 458)

Ulike variasjoner i forhold til utvalg ble forsøkt under Chen et al.'s studie. (2010) Blant annet ble mekanisk ventilerte pasienter utelatt. Det gav ingen signifikant endring i forhold til identifisering av blødningspasienter, og underbygger at respirasjonsinduserte endringer i PPG-bølgen har sammenheng med hypovolemi også hos spontant pustende. Dette var fra før av hovedsaklig dokumentert i forhold til mekanisk ventilerte. (s. 458-459)

Det var en overvekt av mindre syke i gruppen med god kvalitet på PPG-målingene. Kun 44% av pasientene fra databasen hadde god nok kvalitet på PPG-bølgen til å inkluderes ut fra opprinnelig krav til kvalitet. (Chen et al., 2010, s. 457 og 459)

#### 4.2 Hjerte- og karsykdommer

Almarshad et al. (2022) viser til at kardiologi er et av de primære områdene for PPG-bruk, både i forhold til screening, diagnostisering og monitorering. Interessen og forskningen rundt diagnostiseringsmuligheter har økt. Det nevnes for eksempel forskning i forhold til hjertesvikt og venetrombose, men flere studier og nye analyseringsteknikker trengs. (s.11)

PPG-bølgen er svært sensitiv for endringer i puls, og målinger fra en standard monitor blir omtalt som en fremragende indikator for arytmier. PPG-målinger for å avdekke atrieflimmer nevnes spesielt, ettersom EKG-undersøkelse og 24-timers EKG, som er vanlig brukte metoder, ikke fanger opp alle. Det er forsket på screening-metoder og PPG-bølgens effektivitet i forhold til å identifisere atrieflimmer, med gode resultater. De fleste episodene med atrieflimmer ble fanget opp. Fortsatt vil videre testing være nødvendig, samt forskning i forhold til PPG-registreringers evne til å skille atrieflimmer fra annen arytmi. (Almarshad et al., 2022, s. 14-15)

Forstyrrelser som gir dårlig kvalitet på PPG-bølgen trekkes av Almarshad et al. (2022) fram som en utfordring, og da særlig forstyrrelser knyttet til bevegelse. Behovet for visning av mer detaljert informasjon nevnes også. (s. 18)

## 5 DISKUSJON

Som studien til Almarshad et al. (2022) viser pågår det mye interessant forskning innen anvendelse av PPG. En del av det som nevnes er av mindre interesse i forhold til den prehospitale settingen, mens andre ting er høyaktuelt. Følgende kapittel vil ta for seg det jeg anser som mest sentralt i den prehospitale settingen.

### 5.1 Blodtrykk og volum

Blodtrykksmåling er en av de viktigste målingene vi gjør prehospitalt. (Haugen, 2019, s. 114) De lovende resultatene som Almarshad et al. (2022) viser til i forhold til beregning av blodtrykk ut fra PPG er interessante. (s. 8) Denne teknologien ennå ikke er tilgjengelig, og det fremkommer ikke klart om monitoren PPG-bølge har en rolle i vurderingen, eller om det kun dreier seg om utregninger fra målingene. Jeg vil derfor bare kort nevne at jeg anser blodtrykksmåling ut fra PPG som en styrke i forhold til monitorering. Blodtrykksmåling med mansjett kan være utfordrende dersom pasienten har mye klær på, eller har skader som forhindrer måling på armen. Ulike utfordringer ved ulike målemetoder gjør at det vil være en styrke å ha alternative målemetoder.

#### 5.1.1 Blodtrykk og vaskulær compliance i forhold til PPG-morfologi

Selv om dagens teknologi ikke tillater eksakt blodtrykksmåling beregnet ut fra PPG-målinger, viser forskningen at PPG-bølgen, slik vi ser den på monitoren vår i dag, kan bære med seg viktig informasjon om trykk. Særlig interessant synes jeg Tusman et al. (2019) sine funn er, ettersom de baserer seg på visuell inspeksjon av PPG-bølgen. Det er ikke selve blodtrykksendringen som gir endringene på bølgen, men mekanismen som utløser blodtrykksendringen: vasokonstriksjon / -dilatasjon. (s. 816-820)

En tilstand som kan være vanskelig å oppfatte tidlig, blant annet fordi den utvikles gradvis, er sjokkutvikling. Samtidig er dette en tilstand som krever hurtig erkjennelse og behandling, for ikke å få fatalt utfall. (Haugen, 2019, s. 71; Pollak et al., 2018, s. 6676-6689)

Distributivt sjokk er en følge av vasodilatasjon. (Haugen, 2019, s. 72) Sett i sammenheng med funnene hos Tusman et al. (2019, s. 817-820), samt teori rundt hvordan PPG-bølgen påvirkes ved vasodilatasjon, kan man anta at distributivt sjokk vil gi amplitude økning og en forskyvning av dicrotic notch nedover på bølgen. Hickey et al. (2016) sine funn knyttet til

vaskulær resistens og amplituder underbygger at vasodilatasjon vil gi amplitude økning. (s. 732)

Sjokkutvikling på grunn av volumtap derimot, forbindes med vasokonstriksjon. Kroppens evne til å kompensere ved hjelp av vasokonstriksjon er en av grunnene til at sjokkutviklingen kan være vanskelig å identifisere tidlig. Helt opp mot blodtap på 1500 ml kan blodtrykksendring være fraværende eller minimal. (Pollak et al., 2018, s. 5318-5321) Vasokonstriksjon førte hos Tusman et al. (2019) til amplitudereduksjon og forskyvning av dicrotic notch oppover på PPG-bølgen. (s. 817-820) Hickey et al. (2016) bekrefter funnene i forhold til amplitudereduksjon ved vasokonstriksjon. (s. 732) Selv om disse studiene ikke omhandler hypovoleme pasienter, er det vasokonstriksjonen som gir utslagene på PPG, og den vil være den samme i forbindelse med hypovolemi. Mekanismene som gjør at man i Tusman et al. (2019) sin studie avdekker hypertensjons-episoder vil være de samme som utløses ved volumtap. Ved volumtap vil vasokonstriksjon med følgende blodtrykksheving ikke gi hypertensjon, men bidra til normalisering av trykk. (Sand et al., 2018, s. 346-347) Dette viser at PPG-endringene på grunn av vasokonstriksjon vil kunne gjøre at man kan fange opp volumtap raskere enn ved blodtrykksmålinger. Det er også en styrke at dette er en kontinuerlig pågående måling.

En utfordring i forhold til overvåking ved hjelp av amplituder vil være autogain funksjonen, som forstørrer grafen. (Shelley, 2007, s. 32) Den vil kunne skjule endringer, og gjør at dette langt fra vil være en sikker metode for overvåking. Studien til Tusman et al. (2019) presiserer også at ikke alle tilfeller ble korrekt tolket. (s. 819-820) Prehospitalt har vi dessuten en ekstra utfordring med bevegelses-forstyrrelser på PPG-bølgen. Selv om det ikke er en sikker overvåkningsmetode, vil vurdering av PPG-bølgens amplitude kunne bidra i monitoreringen. Jeg har erfaring med at man, tross autogain funksjonen, kan observere varierende amplitude på våre monitører. Den kontinuerlige målingen gjør at man kan fange opp endring raskt, og gjøre andre målinger som kan bidra til en avklaring på situasjonen.

Andre målinger for avklaring er et viktig poeng. Vasokonstriksjon / -dilatasjon, med påfølgende endringer i PPG-bølgens amplitude, trenger ikke å henge sammen med blodtrykksendring og en eventuell sjokkutvikling. Det kan knyttes til for eksempel temperaturregulering (Sand et al., 2018, s. 583), eller målestedets høyde i forhold til hjertehøyde (Hickey et al., 2016, s.735). Som teorien viser kan endringer i amplitude skyldes

et hvert forhold som bidrar til nedsatt eller økt sirkulasjon ute i fingertuppen der målingen gjøres, ettersom det er volumvariasjon i årene som måles. Observasjon av PPG-bølgens amplitude kan i så måte si lite konkret om, eller eventuelt hva er galt. Men med kunnskap om ulike årsaker til endring i amplitude, kan man pekes i retning av undersøkelser og observasjoner som bør gjøres for å avklare.

Plassering av dicrotic notch i forhold til PPG-bølgens amplitude, samt endringene i forhold til synligheten av dicrotic notch og diastolisk topp, vil ikke på samme måte påvirkes av monitorens filtreringer. Dette kan dermed tenkes å være en sikrere måte å fange opp endringer i forhold til vasokonstriksjon / -dilatasjon. For eksakt plassering trengs førstederivat av grafen, slik Hickey et al. (2016, s. 729) bruker i sin studie, og da vil en forskyvning av plasseringen raskt kunne fanges opp. Dette har vi ikke tilgjengelig på våre monitører nå. Tusman et al.'s klassifiserings-system (2019) viser imidlertid til forhåndsdefinerte plasseringer av dicrotic notch, høyt eller lavt på PPG-bølgen, i forhold til amplituden. Disse plasseringene så tydelig forskjellige at de vil kunne detekteres visuelt. (s. 816) Også Hickey et al. (2016) sine funn i forhold til synlighet av dicrotic notch og diastolisk topp vil enkelt kunne oppdages ved visuell inspeksjon av bølgen. (s. 732)

Vi mangler metoder for å kalibrere PPG-bølgen med henhold til å kunne gjøre direkte sammenligninger fra person til person på for eksempel plassering av punkter på grafen. (Alian & Shelley, 2014, s. 397-398) Dette taler etter min mening imot å kunne bruke forhåndsdefinerte plasseringer av dicrotic notch til å vurdere vasokonstriksjon / -dilatasjon. Funnene fra studiene om dicrotic notch og diastolisk topp sin plassering og synlighet vil imidlertid være nyttig for fortløpende vurderinger på en og samme pasient. Dersom plassering av dicrotic notch endres så mye at det kan avdekkes ved visuell vurdering av PPG-bølgen, gir det en pekepinn på at det skjer endringer i forhold til vasokonstriksjon / -dilatasjon. En endring i forhold til hvor tydelig dicrotic notch og diastolisk topp avtegnes på PPG-bølgen vil bety det samme. Forstyrrelser på grunn av bevegelser kan vanskeliggjøre riktig tolkning av bølgen, og er en særlig utfordring prehospitalt.

Som ved amplitude-endring er det ikke denne informasjonen i seg selv som er verdifull, men sammenholdt med kunnskaper om årsaker til vasokonstriksjon / -dilatasjon kan man gjøre målrettede undersøkelser og observasjoner for å avdekke årsaker.



Almarshad et al. (2022) skriver at det er nødvendig med flere studier for anvendelse av PPG-målinger til vurdering av blant annet arteriell compliance. (s. 11) Hickey et al. (2016) og Tusman et al. (2019) viser også til behovet for flere studier. Det kan stilles spørsmål til overføringsverdi og generalisering av funnene ut fra blant annet populasjon. Begge studiene tar utgangspunkt i et lite antall deltakere. Samtidig har studiene en bredde til sammen. Hickey et al. (2016) hadde deltakere som var friske fra før, med blodtrykks-målinger innenfor det som regnes som normotensjon, (s. 728 og 730) mens det hos Tusman et al. (2019) var pasienter med ulike sykdommer. (s. 819 og 822) Funnene fra begge studiene peker dessuten i samme retning for alle deltakerne / pasientene, og dette styrker tilliten til resultatene. Funnene om hvordan vasodilatasjon / -konstriksjon påvirker PPG-bølgen stemmer også med det som er beskrevet i teorien tidligere. Det taler for at funnene har overføringsverdi til vår praksis i ambulansen.

Sett i sammenheng med fokus for min oppgave må det nevnes at Tusman et al. (2019) sin studie ble gjort på mekanisk ventilerte pasienter. Det er ikke gitt at funnene kan overføres til spontant ventilerende pasienter. Samtidig gjør Hickey et al. (2016) lignende funn i sin studie som er på spontant pustende personer. Også studien til Chen et al. (2010) synes å peke i retning av at funn på PPG-bølgen vil være tilsvarende hos spontant ventilerende som hos mekanisk ventilerte. Dette underbygger etter min mening at funnene fra Tusman et al. (2019) sin studie også kan gjelde for spontant ventilerende.

#### 5.1.2 Blodtap og respirasjonsindusert endring av PPG

For traumepasienters del er hypovolemisk sjokkutvikling den største dødstrusselen, men samtidig den som lettest kan behandles, dersom det fanges opp tidlig nok. Vi har ikke fullblod tilgjengelig i ambulansen i Norge, men rask erkjennelse av tilstanden gjør at pasienten raskest mulig bringes til sykehus for behandling, og sykehus kan forberedes i forhold til behov av blodtransfusjon. Prehospitalt kan medikamenter som Tranexamsyre være aktuelle for å bidra til å stanse blødning, samt volumbehandling med væske for å opprettholde tilstrekkelig trykk. Får sjokket utvikle seg lenge nok blir prosessen vanskelig å reversere, og det er derfor høyst viktig at tilstanden fanges opp tidligst mulig. (Bliksund grid, 2020; Chen et al., 2010, s. 455; Pollak et al., 2018, s. 5318-5322)

Fra teorien er det kjent at brystkassens trykkendringer som følge av respirasjon påvirker sirkulasjonen. Dette vil gi utslag på PPG-bølgen, og disse endringene blir ekstra uttalte ved

hypovolemi. Chen et al. (2010) viser at disse endringene i PPG-bølge kan være en prediktor i forhold til blødning, også i den prehospital settingen. (s. 459-460) Sett i sammenheng med fokus i min oppgave er det interessant å se at dette ser ut til å gjelde for spontant pustende også. Det er også et viktig poeng at væsketilførsel ikke ser ut til å endre diagnostisk verdi, ettersom væsketilførsel kan være et aktuelt tiltak prehospitalt.

Det problematiseres i studien til Chen et al. (2010) at det var de minst syke som hadde gode nok PPG-målinger til å inkluderes i studien. En av tingene det vises til er at det var prosentvis færre med stor blødning blant de inkluderte i studien, enn det var i den totale populasjonen i databasen. (s. 457 og 459) Min vurdering er at PPG-bølgens informasjon kan være særlig verdifull for denne gruppen, ettersom det tidlig i en sjokkutvikling kan være ingen eller minimale andre tegn og symptomer. (Pollak et al., 2018, s. 5321)

Chen et al. (2010) har i sin studie tilgjengelig teknologi som tillater eksakt plassering av punkter på PPG-bølgen, med beregninger ut fra dette. Denne muligheten mangler vi i ambulansen i Norge. Selv ikke med denne teknologien var informasjon fra PPG-bølgen en sikker blødningsprediktor. Sammenholdt med teori om hvilke endringer som sees på bølgen, kan det likevel tenkes mulig å fange opp endringene ved visuell observasjon av PPG-bølgen. En utfordring vil være visningshastigheten på kurven, som ikke er mulig å justere ned mer enn til 12,5 mm/s. (Nakos, u.å., s. 126) Da vil fortsatt hver bølge være så bred at det kan vanskeliggjøre visuell observasjon av det typiske fluktuasjons-mønsteret (fig 2.2), særlig innenfor visningsområdet på skjermen. En utskrift der man kan se flere bølger samtidig enn det som vises på skjermen, vil kanskje gjøre det enklere. En annen utfordring er autosentreringen nevnt i teoridelen, som vil kunne forstyrre fluktuasjons-mønsteret ved å sentrere PPG-bølgen i visningsfeltet.

Dagens løsninger og teknologi i ambulansen vanskeliggjør deteksjon av respirasjonsinduserte endringer i PPG-bølgen. Chen et al. (2010) viser dessuten til at selv om respirasjonsinduserte endringer alene kan være en prediktor for hypovolemi, bedres resultatene ved at de sammenholdes med andre vitalia. (s. 59) Behovet for kombinasjon med andre målinger identifiseres også hos Almarshad et al. (2022) som en begrensning ved PPG. (s. 18) Skulle man likevel observere fluktuasjoner i PPG-bølgen, vil det være verdifull informasjon, som bør føre til at man gjør undersøkelser og observasjoner for å finne

bakenforliggende årsak. Fra teorien er det kjent at også andre tilstander kan gi lignende utslag som hypovolemi.

## 5.2 Hjerte- og karsykdommer

Hjerte- og karsykdommer er blant de viktigste årsakene til sykdom, og den hyppigste årsaken til død i Norge. (Ørn & Bach-Gansmo, 2016, s. 163-164) Dette tatt i betraktning vil enhver mulighet til forbedret overvåkning og diagnostisering av pasienter i denne sykdomsgruppen være en velkommen nyvinning. Almarshad et al.'s artikkel (2022) viser at PPG-målinger kan få en utvidet bruk i forhold til dette i fremtiden. (s. 11)

Med dagens teknologi, trekkes deteksjon av arytmier fram i forhold til PPG-målinger, særlig atrieflimmer. (Almarshad et al. 2022, s. 14-15) Den største risikoen ved atrieflimmer er embolier på grunn av koageldannelse i de flimrende forkamrene, som igjen kan gi for eksempel slag eller hjerteinfarkt. (Pollak et al., 2018, s. 3388-3389; Ørn & Bach-Gansmo, 2016, s. 182) Det er viktig at tilstanden oppdages, så forebyggende behandling kan settes i gang. Ettersom denne arytmien vil gi en uregelmessig puls, vil den også vises ved at monitoren tall for puls stadig endrer seg. Etter min vurdering kan derfor selve PPG-bølgen her være av mindre viktighet. Samtidig skal man være klar over at pulstallet på monitoren er en gjennomsnittsberegning over flere sekunder, for å få et mer stabilt tall. (Nakos, u.å., s. 125) Dermed kan PPG-bølgen likevel være nyttig, ved at man der kan vurdere uregelmessigheter ut fra hvert enkelt slag.

PPG-målinger er ikke eneste måte å avdekke atrieflimmer på. EKG er en metode som vil kunne avdekke både atrieflimmer og andre arytmier, men langt fra alle pasienter vi transporterer overvåkes med EKG. Vurdering av puls hører med i vår primærundersøkelse av pasienter, og man vil da kunne avdekke en uregelmessig puls. Atrieflimmer er imidlertid noe som kan komme anfallsvis (Helsenorge, u.å.), og dermed ikke nødvendigvis oppdages uten kontinuerlig overvåkning. Overvåkning med pulsoksymeter er en enkel, erfaringsmessig mye brukt monitoreringsmetode. Monitoreringen vi gjør under transport kan identifisere flimmerepisoder som tilkommer etter at puls-sjekk er gjort, og kan dermed bidra til å fange opp tilstander som ellers kanskje ikke ville blitt oppdaget.

Deteksjon av ventrikulære ekstrasystoler nevnes ikke spesifikt hos Almarshad et al. (2022), men også denne vil gi tydelige endringer i PPG-bølgen, og kan være viktig å fange opp. Selv om enkelttilfeller vanligvis er helt ufarlige, kan disse ekstraslagene i verste fall føre til

ventrikkelflimmer. (Pollak et al., 2018, s. 3402-3403) Sett i sammenheng med monitorens gjennomsnittsberegning av puls, kan vurdering av selve PPG-bølgen være helt essensielt for å fange opp ventrikulære ekstrasystoler. Avhengig av hvor ofte de ekstra slagene kommer, vil de ikke nødvendigvis gi store utslag i forhold til et gjennomsnittstall for puls, men hvert ekstraslag vil vise tydelig på PPG-bølgen.

Utfordringer med PPG-bølgens sensitivitet for forstyrrelser som Almarshad et al. (2022, s. 18) trekker frem, nevnes også i andre artikler. Pereira et al. (2020) viser til forstyrrelser fra bevegelse som en klar utfordring med tanke på vurdering av PPG-bølgen, og skriver at disse forstyrrelsene kan mistolkes som arytmier. (s. 2-3 og 9) Med tanke på at vi ofte gjør våre målinger under transport, kan dette etter min mening utgjøre en ekstra utfordring. En mulighet for å minimere faren for feilvurderinger er å sammenholde med andre målinger. Ved å monitorere med EKG og PPG-bølge samtidig, kan man stort sett utelukke at arytmi-bilder skyldes bevegelser eller andre forstyrrelser, da det vil være ulike ting som forstyrrer ulike målinger. (Alian & Shelley, 2014; Ehrenfeld & Cannesson, 2013, s. 170) Slik kan EKG og PPG-bølge gjensidig forbedre hverandres pålitelighet.

## 6 KONKLUSJON

PPG-bølgen, slik den avtegnes på multimonitoren i bilene våre, kan være til stor nytte for å avdekke arytmier hos pasienter. Særlig effektiv vil den være brukt sammen med EKG, ettersom disse to parameterne vil kunne bekrefte eller avkrefte hverandres funn. For overvåkning av blodtrykk og -volum har PPG-bølgen begrenset nytte, blant annet på grunn av manglende justeringsmuligheter på monitoren. Økte justeringsmuligheter for visningshastighet, og mulighet til å slå av autogain og autosentrering vil kunne øke PPG-bølgens nytteverdi. Det kan likevel være mulig å observere endringer i morfologi, som bør peke ambulansarbeideren i retning av nøye overvåkning og videre undersøkelser.

Dette viser at observasjon av PPG-bølgen kan bidra til bedret monitorering av pasienter. Det er en styrke at målemetoden er kontinuerlig og lett tilgjengelig. PPG-bølgen bærer med seg verdifull informasjon som kan identifisere, eller peke i retning av kritiske og potensielt kritiske tilstander, som ellers kunne blitt oversett eller oppfanget først på et senere tidspunkt.

## REFERANSER

- Alian, A. A. & Shelley, K. H. (2014). Photoplethysmography. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*, 28(4), 395-406. <https://doi.org/10.1016/j.bpa.2014.08.006>
- Almarshad, M. A., Islam, M. S., Al-Ahmadi, S. & BaHamam, A. S. (2022). Diagnostic features and potential applications of PPG signal in healthcare: a systematic review. *Healthcare*, 10(3) 1-28. <https://doi.org/10.3390/healthcare10030547>
- Bliksund grid. (2020, 20. februar). *Blødningskontroll*. Bliksund grid. [https://bliksundweb.no/v2/procedure\\_manual/231/cards/999](https://bliksundweb.no/v2/procedure_manual/231/cards/999)
- Castaneda, D., Esparza, A., Ghamari, M., Soltanpur, C. & Nazeran, H. (2018). A review on wearable photoplethysmography sensors and their potential future applications in health care. *International Journal of Biosensors & Bioelectronics*, 4(4), 195-202. <https://doi.org/10.15406%2Fijbsbe.2018.04.00125>
- Chen, L., Reisner, A. T., Gribok, A. & Reifman, J. (2010). Is respiration-induced variation in the photoplethysmogram associated with major hypovolemia in patients with acute traumatic injuries? *Shock*, 34(5), 455-460. <https://doi.org/10.1097/SHK.0b013e3181dc07da>
- Dalland, O. (2020). *Metode og oppgaveskriving*. (7. utg.). Gyldendal Norsk Forlag AS.
- DeMeulenaere, S. (2007). Pulse oximetry: Uses and limitations. *The Journal for Nurse Practitioners*, 3(5), 312-317. <http://doi.org/10.1016/j.nurpra.2007.02.021>
- Ehrenfeld, J. M. & Cannesson, M. (Red.). (2013). *Monitoring Technologies in Acute Care Environments: A Comprehensive Guide to Patient Monitoring Technology*. Springer New York, NY.
- Elgendi, M. (2012). On the analysis of fingertip photoplethysmogram signals. *Current cardiology reviews*, 8(1), 14-25. <http://doi.org/10.2174/157340312801215782>
- Elgendi, M. (2020). *PPG Signal Analysis*. CRC Press.
- Forskrift om nasjonal retningslinje for paramedisinutdanning. (2020.). *Forskrift om*

- nasjonal retningslinje for paramedisinutdanning* (FOR-2020-01-31-99). Lovdata.  
<https://lovdata.no/forskrift/2020-01-31-99>
- Grønseth, R. & Jerpseth, H. (2019.) *Bacheloroppgaven i sykepleie: Praktiske råd i skriveprosessen*. Fagbokforlaget.
- Haugen, J. E. (Red.). (2019). *Akuttmedisin: Utenfor sykehus* (4. utg.). Gyldendal Norsk Forlag AS
- Helsebiblioteket. (2020, 14. november). *Forskningsmetode*. Kunnskapsbasert praksis.  
<https://www.helsebiblioteket.no/innhold/artikler/kunnskapsbasert-praksis/kunnskapsbasertpraksis.no#2sporsmalsformulering-23-forskningsmetode>
- Helsenorge. (u.å.). *Atrieflimmer*. Hentet 11. mai, 2023 fra  
<https://www.helsenorge.no/sykdom/hjerte-og-kar/atrieflimmer/>
- Helsepersonelloven. (1999). *Lov om helsepersonell m.v.* (LOV-1999-07-02-64). Lovdata.  
<https://lovdata.no/lov/1999-07-02-64>
- Hickey, M., Phillips, J. P. & Kyriacou, P. A. (2016). Investigation of peripheral Photoplethysmographic morphology changes induced during a hand-elevation study. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, 30(5), 727-736.  
<https://doi.org/10.1007/s10877-015-9761-0>
- Nakos. (u.å.). *Brukermanual*. Hentet 13. mars 2023 fra  
[https://www.nakos.no/pluginfile.php/106088/mod\\_resource/content/2/150410\\_GA\\_N\\_c3\\_v2.3\\_NOR\\_R.PDF](https://www.nakos.no/pluginfile.php/106088/mod_resource/content/2/150410_GA_N_c3_v2.3_NOR_R.PDF)
- National Association of Emergency Medical Technicians. (2021). *AMLS: Advanced Medical Life Support An assessment-based approach*. Jones and Bartlett Learning.
- Nortvedt, M. W., Jamtvedt, G., Graverholt, B. & Gundersen, M. W. (2021). *Jobb kunnskapsbasert!: En arbeidsbok*. (3. utg.). Cappelen Damm Akademisk.
- Pereira, T., Tran, N., Gadhomi, K., Pelter, M. M., Do, D. H., Lee, R. J., Colorado, R.,

- Meisel, K. & Hu, X. (2020). Photoplethysmography based atrial fibrillation detection: A review. *NPJ Digital Medicine* (3)3, 1-12.  
<https://doi.org/10.1038/s41746-019-0207-9>
- Pollak, A. N., Aehlert B. & Elling, B. (Red.). (2018). *Nancy Caroline's Emergency care in the streets* (8. utg.). Jones and Bartlett Learning, LCC.
- Sand, O., Sjaastad, Ø. V., Haug, E. & Bjålie, J. G. (2018). *Menneskekroppen: Fysiologi og Anatomi* (3. utg.). Gyldendal Akademisk.
- Shelley, K. H. (2007). Photoplethysmography: Beyond the calculation of arterial oxygen saturation and heart rate. *Anesthesia and analgesia*, 105(6), 31-36.  
<https://doi.org/10.1213/01.ane.0000269512.82836.c9>
- Shelley, K. & Linder, S. (u.å.). *PVC detectionUsing PGG*. [Illustrasjon]. Wikimedia Commons.  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PVC\\_detectionUsing\\_PGG.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PVC_detectionUsing_PGG.png)
- Tusman, G., Acosta, C. M., Pulletz, S., Böhm, S. H., Scandurra, A., Arca, J. M., Madorno, M. & Sipmann, F. S. (2019). Photoplethysmographic characterization of vascular tone mediated changes in arterial pressure: an observational study. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, 33(5), 815-824.  
<https://doi.org/10.1007/s10877-018-0235-z>
- Ørn, S. & Bach-Gansmo, E. (Red.). (2016). *Sykdom og behandling* (2.utg.). Gyldendal Norsk Forlag AS



## VEDLEGG

### Vedlegg 1. Søkelogg

| Søke-dato: | Database: | Søkeord og ordkombinasjoner:  | Avgrensinger:  | Antall treff: | Leste abstrakt: | Leste artikler: | Antall valgte artikler: |
|------------|-----------|---|--|---------------|-----------------|-----------------|-------------------------|
| 01.04.2023 | PubMed    | Patients prehospital AND monitoring AND PPG OR photoplethysmogram AND ambulance |  | 1             | 1               | 0               | 0                       |
| 01.04.2023 | PubMed    | Photoplethysmogram AND prehospital  |  | 3             | 3               | 2               | 1                       |
| 03.04.2023 | Oria      | (PPG-wave* ELLER Photoplethysmogr*) (prehospital)                               |  | 16            | 4               | 1               | 0                       |
| 03.04.2023 | PubMed    | ((PPG-wave*) OR (photoplethysmogr*)) AND (prehospital)                          | Siste 10 år  | 10            | 0               | 0               | 0                       |
| 05.04.2023 | Cinahl    | PPG-wave* OR photoplethysmogr* AND prehospital                                  | Peer-reviewed<br>Publiserings-tidspunkt: 2013 – 2023 | 27            | 13              | 5               | 2                       |
| 05.04.2023 | PubMed    | Photoplethysmogr*   | Systematic review                                    | 33            | 6               | 2               | 1                       |

## Vedlegg 2. Litteratormatrise

| Forfatter(e)<br>År<br>Tidsskrift<br>Land   | Artikkeltittel  | Hensikten med studien  | Metode og analyse                                       | Utvalg/<br>populasjon   | Hovedfunn/<br>resultater   |
|--|---|--|---|---|--|
| Liangyou Chen,<br>Andrew T.<br>Reisner, Andrei<br>Gribok, Jaques<br>Reifman<br><br>2010<br><br>Shock<br><br>USA  | Is respiration-induced variation in the photoplethysmogram associated with major hypovolemia in patients with acute traumatic injuries? | Undersøke om den respirasjonsinduserte endringen i PPG-bølgen har diagnostisk verdi prehospitalt, i forhold til pasienter med hypovolemi på grunn av blødning. | Tverrsnittstudie med gullstandard.<br><br>Retrospektiv. | 344 traumpasienter, transportert av luftambulansen til sykehus, august 2001-april 2004. Krav om: minst 45 sek. «ren» PPG-kurve, ingen 0-målinger på HF, RR og SpO <sub>2</sub> , minst en måling av systolisk og diastolisk BT, i løpet av første 25 min. av transport. | Det er mulig at tolkning av respirasjonsinduserte PPG-bølger kan bidra til bedre overvåkning hos prehospitalt pasienter, særlig om de sammenholdes med vitale parametre.       |
| Michelle Hickey,<br>Justin P. Phillips,<br>Panayiotis A.<br>Kyriacou<br><br>2016<br><br>Journal of<br>Clinical<br>Monitoring and<br>Computing<br><br>UK  | Investigation of peripheral photoplethysmographic morphology changes induced during a hand-elevation study                              | Forstå faktorer som påvirker PPG-bølgens morfologi.  | Tverrsnittstudie.                                       | 20 friske frivillige.<br><br>1 ekskludert, pga. dårlige PPG-bølge signaler.   | PPG-målested i forhold til hjertehøyde påvirker klart PPG-bølgen. Endringer skyldes kombinasjon av fysiske og fysiologiske effekter.   |
| Gerardo Tusman,<br>Cecilia M.<br>Acosta, Sven<br>Pulletz, Stephan<br>H. Böhm,<br>Adriana<br>Scandurra, Jorge<br>Martinez Arca,<br>Matias Madorno,<br>Fernando Suarez<br>Sipmann<br><br>2019<br><br>Journal of<br>Clinical<br>Monitoring and<br>Computing<br><br>Ukjent | Photoplethysmographic characterization of vascular tone mediated changes in arterial pressure: an observational study                   | Se på om klassifikasjons-system basert på PPG-bølge morfologi kan avsløre endringer i systolisk arterielt trykk.   | Tverrsnittstudie med gullstandard.                      | 15 pasienter som gjennomgikk koronar bypassoperasjon.<br><br>1 ekskludert pga. blodtap.<br><br>Eksklusjonskriterier:<br>-blodtap over 350ml.<br>-akutte operasjoner<br>-kjent arytmi<br>-hypotermi-utvikling  | Metoden ser ut for å ha både høy spesifisitet og sensibilitet. Av 190 episoder med normo-, hypo- eller hypertensjon ble bare 7 mistolket ved bruk av PPG-bølge klassifikasjon. |

|  |   |   |                                |   |  |
|--|---|---|--------------------------------|---|--|
| Malak Abdullah Almarshad, Md Saiful Islam, Saad Al-Ahmadi, Ahmed S. BaHammam | Diagnostic features and potential applications of PPG signal in healthcare: A systematic review | Oversikt over diagnostiske muligheter og klinisk bruk av PPG. | Systematisk oversiktsartikkel. | Gjennomgang av artikler fra 1981 og frem til artikkelen ble skrevet.<br><br>Krav om fagfelle-vurdering. | PPG har bred anvendelse til overvåkning, bla. av puls, oksygenmetning, mikrosirkulasjon, arytmier. Forskning pågår for utvidet bruk. |
| 2022   |   |   |                                |   |  |
| Healthcare   |   |   |                                |   |  |
| Ukjent   |   |   |                                |   |  |