

Saimaan ammattikorkeakoulu
Sosiaali- ja terveysala Lappeenranta
Ensihoidon koulutusohjelma

Petri Jeskanen ja Lari Linnamurto

Fotopletysmografin käyttö kriittisesti sairaan potilaan tunnistamisessa – Tutkimusmittarin kehittäminen ja tutkimusaineiston kerääminen päivystyspoliklinikalle saapuvilta potilailta

Opinnäytetyö 2011

Tiivistelmä

Petri Jeskanen ja Lari Linnamurto

Fotopletysmografin käyttö kriittisesti sairaan potilaan tunnistamisessa – Tutkimusmittarin kehittäminen ja tutkimusmateriaalin kerääminen päivystyspoliklinikalle saapuvilta potilailta, 50 sivua, 5 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu

Sosiaali- ja terveysala, Lappeenranta

Ensihoidon koulutusohjelma

Opinnäytetyö 2011

Ohjaajat: lehtori Simo Saikko, Saimaan ammattikorkeakoulu

LT Jouni Nurmi, erikoistuva lääkäri ATEK, Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri

Opinnäytetyön aiheena on fotopletysmografi. Tarkoituksena oli toteuttaa materiaalikeräys LT Nurmen tieteelliseen tutkimukseen fotopletysmografin käytettävyydestä kriittisesti sairaan potilaan tunnistamisessa sekä kehittää meitä opinnäytetyöntekijöitä kriittisesti sairaiden potilaiden tunnistamisessa. Tämä tavoite pyrittiin saavuttamaan kehittämällä luotettava tutkimuskaavake materiaalikeräykseen, raportoimalla materiaalikeräyksessä kerätyt tiedot eteenpäin sekä syventämällä omaa tietoa potilaan tilan arvioinnista, tilan arvioinnin suorittamisen apuvälineistä sekä fotopletysmografista.

Teoriatausta koottiin etsimällä tietoa sähköisistä tietokannoista ja manuaalisesti kirjoista, alan lehdistä ja internetistä. Lisäksi teoriatietoa saatiin Saimaan ammattikorkeakoulussa pidetyistä luennoista. Teoriataustaa haettaessa varmistettiin sen tieteellisyys, ja käytettyä teoriataustaa pyrittiin pitämään mahdollisimman tuoreena. Kirjallisen osuuden sekä suunnitteluvaiheen valmistuttua toteutettiin materiaalikeräys LT Nurmen tutkimusta varten Helsingin yliopistollisen keskussairaalan (HYKS) Meilahden sairaalan päivystyspoliklinikalla. Keräys toteutettiin 13.6.2011 klo 18.00 – 16.6.2011. klo 18.00, ja tutkimukseen osallistuivat kaikki päivystyspoliklinikalle tuona aikana hakeutuneet potilaat. Materiaalikeräyksen jälkeen kerätyt tiedot raportoitiin LT Nurmelle ja analysoitiin kehitetyn kaavakkeen käytettävyyttä sekä materiaalikeräyksen toteutuksen onnistumista.

Opinnäytetyössä käytettyjen lähteiden perusteella fotopletysmografiaa tutkitaan intensiivisesti ympäri maailmaa, ja tutkimuksissa saatujen tulosten perusteella fotopletysmografi on potentiaalinen kriittisesti sairaiden potilaiden monitorointiväline tulevaisuudessa. Materiaalin keräysajankohtana päivystyspoliklinikalle hakeutui 251 potilasta, ja heistä tutkimusmateriaalia kerättiin 216:lta. Alustavien tulosten perusteella materiaalin keräys toteutui sekä luotettavasti että riittävän laajasti johtopäätösten tekemiseksi. Erityisesti fotopletysmografiasta saadun perfuusioindeksin korrelaatio tärykalvo-sormilämpöeron kanssa antaa aiheita jatkotutkimuksille.

Avainsanat: fotopletysmografia, perfuusioindeksi, triage, kriittisesti sairas potilas, hoidon tarpeen arvio

Abstract

Petri Jeskanen and Lari Linnamurto

The use of the photoplethysmography in identifying critically ill patients –
Developing the research meter and collecting the research data from
emergency room patients, 50 pages, 5 appendices

Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta

Health Care and Social Services, Degree Programme in Emergency Nursing
Care

Bachelor's Thesis 2011

Instructors: Senior Lecturer Simo Saikko, Emergency Medicine Resident, Dr.
Jouni Nurmi

This bachelor's thesis is about photoplethysmography. The purpose was to put into effect data collection for Dr. Nurmi's scientific research about the usability of photoplethysmography for identifying critically ill patients in and to improve the knowledge about recognizing critically ill patients for the authors. This aim was implemented by developing a reliable research form for data collection and by reporting the data collection information, and by deepening the knowledge about patient assessment and the tools used in patient assessment, including photoplethysmography.

The theory background was collected by searching for information from electronic databases, books, field papers, and from the Internet. Some of the information was from lectures held in Saimaa University of Applied Sciences. While collecting the material it was important that the material was scientific and up-to-date. After the theory and planning was completed, data collection was accomplished for Dr. Nurmi's research in the emergency room (ER) of Helsinki's University Central Hospital's (HYKS) Meilahti Hospital. Data collection was put into action between June 13th, 2011 at 6pm and June 16th, 2011 at 6 pm. All patients entering the ER during that time period participated in this research. After the data collection was completed, the results were reported to Dr. Nurmi for a usability analysis of the research form and an analysis of the success of the data collection.

According to the sources used in this study, it seems that photoplethysmography is being intensively studied all over the world, and on the basis of the research, it seems that in the future photoplethysmography is a potential monitoring tool for recognizing critically ill patients. During data collection there were 251 patients in the ER and 216 of them took part in this study. Data collection was reliable and comprehensive enough for making conclusions. Especially the correlation between the photoplethysmographic perfusion index and eardrum-finger temperature difference gives reason for further research.

Keywords: Assessment of Need of the Treatment, Critically Ill Patient, Perfusion Index, Photoplethysmography

Sisältö

1. Johdanto	5
2. Käsitteet	6
2.1. Perfuusio.....	6
2.2. Perfuusioindeksi ja pulssivariaatioindeksi	6
2.3. Cardiac output	6
2.4. Hapentarjonta	7
2.5. Monitorointi	8
3. Kriittisesti sairaan potilaan tunnistaminen ja hoito.....	9
3.1. Kriittisesti sairas potilas	9
3.2. Ensiarvio, primary survey.....	9
3.3. Kriittisesti sairaan potilaan tunnistaminen monitorien avulla	11
3.3.1. Verenpaine	12
3.3.2. Hengitystaajuus	14
3.3.3. Pulssioksimetria.....	17
3.3.4. Pulssi.....	18
3.3.5. Loppu-uloshengityksen hiilidioksidi.....	19
3.3.6. Glasgow Coma Scale	20
3.3.7. AVPU.....	21
3.4. Early Warning Score.....	22
3.5. Mekaanisesti ja spontaanisti ventiloitu potilas.....	23
4. Fotopletysmografia	24
4.1. Toimintaperiaate	24
4.2. Aiemmat tutkimukset	25
5. Opinnäytetyön tavoitteet	27
6. Opinnäytetyön toteutus	27
6.1. Tutkimusmateriaalin keräyslomakkeen kehittäminen.....	29
6.2. Tutkimusmateriaalin keräys	30
6.3. Tutkimusmateriaalin keräystilanne.....	31
6.4. Tutkimusmateriaali.....	32
6.4. Potilasturvallisuus keräyksen aikana, eettiset kannat	36
7. Pohdinta.....	37
7.1. Tutkimusmateriaalin keräyksen toteuttaminen	37
7.2. Saatua palautte.....	39
8. Yhteenveto.....	41
Kuviot.....	42
Lähteet.....	43

Liitteet

- Liite 1 Tutkimuskaavake
- Liite 2 FPG-lista
- Liite 3 Kuva tutkimuslaitteistosta
- Liite 4 Kuva tutkimusmonitorista, Datex Ohmeda AS/3
- Liite 5 Kuva tutkimusohjelmistosta, Datex Ohmeda S/5 Collect version 4.0 © 2001-2003

1. Johdanto

Opinnäytetyömme käsittelee fotopletysmografian käyttöä kriittisesti sairaan potilaan tunnistamisessa. Opinnäytetyömme on osa suurempaa LT, anestesiologia, tehohoito, ensihoito sekä kivunhoito (ATEK) erikoistuva lääkäri, Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri Jouni Nurmen johtamaa tutkimusprojektia, jonka tarkoituksena on selvittää fotopletysmografian aaltomuodon käyttöaiheita kriittisesti sairaiden potilaiden tunnistamisessa sekä jatkohoidossa. Omana tehtävänämmä on luotettavan tutkimusmateriaalin kerääminen sekä tämän tiedon raportointi eteenpäin. Opinnäytetyöraporttimme koostuu fotopletysmografiaan ja kriittisesti sairaan potilaan tunnistamiseen perehdyttävästä teoriataustasta, tutkimusmittarin kehittämisen raportoinnista ja tutkimusaineiston keräyksen raportoinnista. Kyseinen aihepiiri herätti mielenkiintomme, koska aiempaa tutkimustietoa fotopletysmografian aaltomuodosta on maailmanlaajuisestikin hyvin vähän. Fotopletysmografiaa on tutkittu lähinnä leikkaussaliolosuhteissa hyvinkin kontrolloiduissa olosuhteissa. Näistä tutkimuksista on saatu merkittäviä tuloksia, ja seuraavaksi on aiheellista tutkia ja selvittää fotopletysmografian käyttömahdollisuuksia myös akuuttihoitoon puolella.

Fotopletysmografia on valoon perustuva mittaussuunnitelma, jolla havaitaan ja mitataan veritilavuuden paikallista vaihtelua. Aaltomuoto on riippuvainen niin sydämen minuuttitilavuudesta (CO), keuhkotuuletuksesta (ventilaatio) kuin mekaanisesta hengitysvaihtelusta. Luotettavan tutkimusmateriaalin keräämisessä tulee ottaa huomioon moninaisia ominaisuuksia sekä potilaasta että itse mittauslaitteesta. Tutkimusaineisto kerätään Helsingin yliopistollisen keskussairaalan (HYKS) Meilahden sairaalan päivystyspoliklinikalla.

Tutkimus on tärkeä, sillä kriittisesti sairaan potilaan tunnistaminen tällä hetkellä on non-invasiivisesti tehtynä vaikeaa. Uuden mittausmenetelmän löytäminen parantaisi sekä nopeuttaisi kriittisesti sairaan potilaan tunnistamista. Näin ollen se edistäisi oikeanlaisen hoidon aloittamista sekä parantaisi potilaan selviytymismahdollisuuksia.

2. Käsitteet

2.1. Perfuusio

Perfuusio sanana tarkoittaa läpivirtausta, valutusta tai läpi valumista (Kivelä ym. 2007, 544). Yleisimmin perfuusiolla tarkoitetaan tilannetta, jossa tietty neste virtaa tietyn elimen läpi (Kivelä ym. 2007, 544). Anatomiasa ja fysiologiassa perfuusiolla tarkoitetaan veren virtaamista elimen läpi l. verenkiertoa. Lisäselvennykseksi perfuusio-sanana eteen voidaan liittää tarkentava sana, mistä läpivirtauksesta on kyse, esim. kudospertuusio.

2.2. Perfuusioindeksi ja pulssivariaatioindeksi

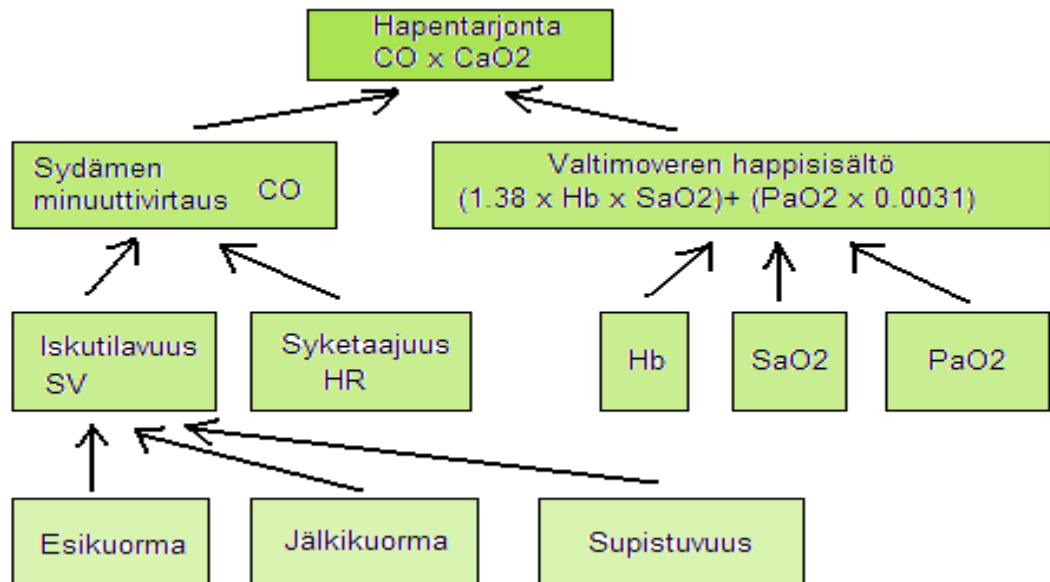
Perfuusioindeksi (PI) on suhteutettu numeerinen arvo, joka ilmoittaa oksimetrimitariin mittaustaikalta palaavan infrapunavalon voimakkuuden. Palaavan valon voimakkuus on riippuvainen mittauskohdan perfuusiosta. Perfuusioindeksi vaihtelee mittaustaikan ja fysiologisten tekijöiden aiheuttamien muutosten mukaan. Perfuusioindeksi ilmoitetaan prosenttiyksiköissä, ja se vaihtelee 0,02% (erittäin heikko pulssivoimakkuus) ja 20% (erittäin vahva pulssivoimakkuus) välillä. (Hager ym. 2003, 593.)

Perfuusioindeksistä on kehitetty monitorointikäyttöön menetelmä, joka huomioi myös hengitysliikkeistä johtuvan vaihtelun pletysmografiakäyrässä (Δ POP). Pulssivariaatioindeksi (PVI) on algoritmi, joka mahdollistaa automaattisen ja jatkuvan Δ POP:n monitoroinnin. (Cannesson ym. 2008, 201.)

2.3. Cardiac output

Cardiac output (CO) kuvastaa sydämen aorttaan pumppaamaa verimäärää minuutin aikana. Sydämen vasemmasta kammioista minuutin aikana ulosvirtaama verimäärä koostuu vasemman kammion kertaiskutilavuudesta (SV) sekä sydämen sykkeestä (HR). Aorttaan pumpattu veri kiertää koko verenkiertoelimistön läpi, joten CO on yksi tärkeimmistä tekijöistä verenkiertoelimistön toimintaa arvioitaessa. Aorttaan pumpattu verimäärä kiertää elimistön palaten oikeaan eteiseen. Verimäärää, joka palaa laskimoita pitkin oikeaan eteiseen minuutin aikana, kutsutaan laskimopaluuksi tai

esikuormaksi lähteistä riippuen. Elimistön yhtenäisen verenkiertojärjestelmän mukaisesti sekä sydämeä ulos pumpattavan verimäärän, CO, että sydämeen tulevan verimäärän laskimopaluun tulee olla pääsääntöisesti yhteneväiset. Hetkellisiä poikkeamia syntyy, kun kiertävä verivolyyymi varastoituu hetkellisesti sydämen kammioihin tai keuhkoverenkiertoon. (Guyton ym. 2006, 232 – 247.)



Kuvio 1. Sydämen minuuttivirtaus ja hapentarjonta (Väisänen 2009)

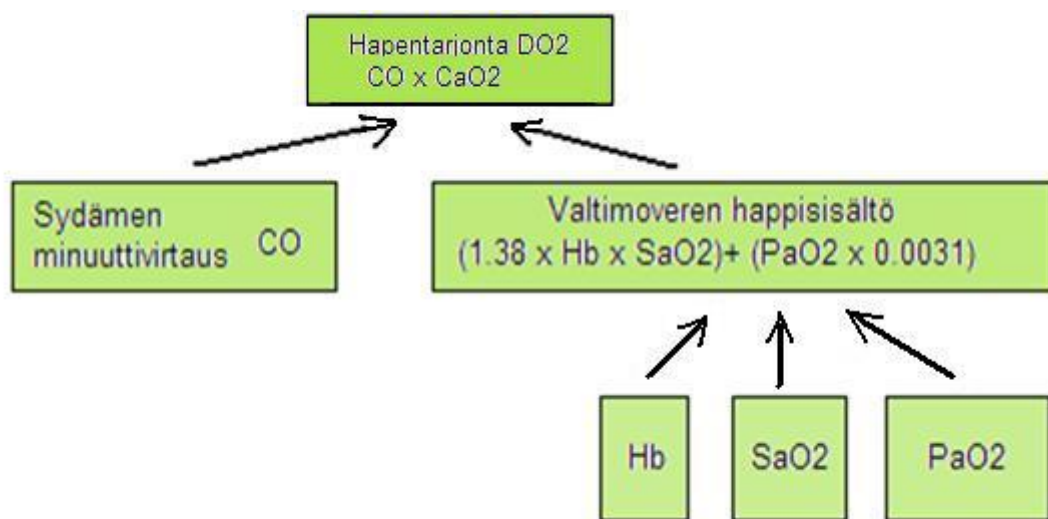
CO vaihtelee runsaasti riippuen elimistön eri tekijöistä (Kuvio 1). Metabolia, hermoston vireystila, henkilön ikä, koko sekä lukuisat muut yksilölliset syyt vaikuttavat suoraan kammioista ulosvirtaavaan verimäärään. Nuorella, terveellä miehellä cardiac output on noin 5,6 l/min. Nuorella, terveellä naisella cardiac output on noin 4,9 l/min. Cardiac output arvon suuren vaihtuvuuden vuoksi, CO suhteutetaan potilaan koon mukaan. Cardiac outputin muutetusta muodosta käytetään nimitystä Cardiac index (CI). Cardiac index kertoo vasemmasta kammiosta minuutissa virtaavan verivolyymin määrän suhteutettuna henkilön kokoon ($l/min/m^2$). Potilaan koko neliöinä lasketaan laskukaavojen mukaisesti potilaan pituudesta ja painosta. (AnaesthesiaUK 2011.)

2.4. Hapentarjonta

Hapentarjonnaksi kutsutaan elimistön kykyä siirtää happeutunutta verta kudoksille sydämen avulla. Hapentarjonta on riippuvainen sydämen minuuttivirtauksesta (CO) ja valtimoveren happisisällöstä (Kuvio 2).

Valtimoveren happisisältö taas on riippuvainen veren hemoglobiiniarvosta (Hb), hapen saturaotumisesta valtimoveressä (SaO2) ja vallitsevasta happiosapaineesta (PaO2). Luku 1,38 (ml/g) on kerroin täysin saturaotuneen hemoglobiinin sitomalle happimäärälle. Luku 0,0031 on hapen liukoisuuskerroin plasmaan. Numeeriseen muotoon happisisältö voidaan laskea kaavan 1. mukaan. (Väisänen 2009.)

$$DO_2 = (1,38 \times Hb \times SaO_2) + (PaO_2 \times 0,0031) \quad (1)$$



Kuvio 2. Hapentarjontaan vaikuttavat tekijät (Väisänen 2009)

2.5. Monitorointi

Sana monitori on johdettu latinan kielen sanasta mon ére, joka tarkoittaa tutkimista, havainnoimista ja tarkkailua erityisesti säätelyn ja valvonnan kannalta ajateltuna. Monitorointia käytetään poikkeamien havainnointiin sekä vastatoimien vaikutusten arvioimiseen. Eri tilanteiden ja tarpeiden mukaan monitorointia voidaan toteuttaa joko automaattisesti tai manuaalisesti, jatkuvasti tai intervalleittain, riippuen monitoroitavasta arvosta tai tapahtumasta. Monitorointi toteutetaan aina laitteilla toisin kuin käsillä tehtävät havainnointi ja tutkiminen. Monitoroinnin yhteydessä käytetään raja-arvoja poikkeamien havainnoimiseksi. Asetettujen raja-arvojen ylittyessä monitori hälyttää ylitettyä arvoa ja näin edesauttaa vastatoimien aloittamista sekä vaikutusten seuraamista. Kaiken kaikkiaan monitorointi käsitetään kokonaisuutena, johon

kuuluvat sekä tarkkarajainen seurattava asia että asetettujen rajojen ylittyessä tapahtuva hälytystapahtuma. (DeVita ym. 2010, 376.)

3. Kriittisesti sairaan potilaan tunnistaminen ja hoito

Kiireisillä päivystyspoliklinikoilla on tärkeää seuloa suuresta potilasmäärästä vaikeimmin sairaat, joiden varhainen tehokas hoito parantaa ennustetta. Luokittelun tarkoituksena on toisaalta löytää nopeita hoitotoimenpiteitä päivystyspoliklinikalla tarvitsevat potilaat ja toisaalta auttaa tunnistamaan kriittisesti sairaat potilaat, joiden tarkoituksenmukaisin hoitopaikka olisi teho-osasto. Näin vältettäisiin epätarkoituksenmukainen tavalliselle vuodeosastolle ottaminen ja siitä seuraava viivästynyt tehohoidon aloitus. Sekä päivystyspoliklinikalla että vuodeosastoilla olisi tarve lisätä riskipotilaiden seulonnan tarkkuutta ja herkkyyttä. Ihanteellinen menetelmä olisi nopea, helppo ja noninvasiivinen ja edellyttäisi vain vähän uusien taitojen ja tekniikoiden opettelua.

3.1. Kriittisesti sairas potilas

Akuuttihoidon tärkeimpiä tehtäviä on turvata potilaan peruselintoiminnot, jotka voidaan karkeasti määritellä seuraavasti: A (airway), B (breathing), C (circulation) ja D (disability). Jos jokin näistä osa-alueista on heikentynyt siten, että potilaan omat normaalit kompensatiomekanismit eivät pysty turvaamaan elintoimintoja, voidaan potilasta sanoa kriittisesti sairaaksi. (Lund 2005, 440.)

3.2. Ensiarvio, primary survey

Potilas kohdattaessa tulee aina muodostaa käsitys potilaan tilan vakavuudesta. Ripeällä ja systemaattisella tilanteen yleissilmäyksellä ja ensiarviolla arvioidaan potilaan peruselintoimintojen riittävyys sekä välittömien hoitotoimien tarve. (Hiltunen 2002, 583.)

Tajunta arvioidaan ensiarviossa karkeasti: onko potilas hereillä (tajuissaan) vai tajuton. Jos potilas ei kykene vastaamaan puhutteluun, häntä herätellään esimerkiksi voimakkaasti ravistelemalla, lisävammautumista välttämällä. Mikäli

potilas ei herää tai vastaavasti reagoi käsittelyyn, siirrytään hengityksen arvioon. (Alaspää & Holmström 2009, 64.)

A, airway, ilmatien avoimuus arvioidaan tunnustelemalla kämmenen selällä, tuntuuko hengityksen ilmavirta. Mikäli ilmavirtaa ei tunnu, hengitystiet avataan leukaa leukakulmista nostamalla tai päätä taaksepäin taivuttamalla (ei vammapotilailla). Ilmatie tulee puhdistaa eritteistä sekä tarvittaessa avoimuus tulee varmistaa oikean kokoisella nieluputkella. Oikean kokoisen nieluputken sietäminen kertoo nielun suojarefleksien puuttumisesta. Tällöin potilaalla on suuri aspiraatoriski. Hengityksen arviointiin siirrytään vasta, kun ilmatie on varmistettu. (Alaspää & Holmström 2009, 64.)

B, breathing, hengityksen riittävyys arvioidaan hengityksen syvyyden, hengitystiheyden, hengitysmekaniikan sekä potilaan puhekyvyn perusteella. Hengitystä arvioidaan rintakehän liikkeiden sekä tuntuvan ilmavirran perusteella. Jos hengitys ei ole normaalia, tuetaan hengitystä hengityspalkeella. (Alaspää & Holmström 2009, 64.)

C, circulation, verenkierron arvioon siirrytään heti, kun ilmatie ja hengitys on turvattu. Alustavassa verenkierron arviossa verenkierron riittävyttä arvioidaan rannesykkeen (arteria radialis) tuntumisella. Mikäli rannesyke ei tunnu, tunnustellaan sykettä kaulalta kaulavaltimosta (arteria carotis). Jollei sykettä saada tuntumaan kaulaltakaan ja potilas on lisäksi tajuton ja hengittämätön, aloitetaan elvytystoimet. Hereillä olevalta riittää rannevaltimon tunnustelu. Mikäli pulsaatio ei tunnu, aloitetaan tarkennetun tilanarvion tekeminen sekä matalien verenpaineiden hoitaminen. (Alaspää & Holmström 2009, 64.)

D, disability, tajunnantaso arvioidaan karkeasti ensimmäisen kerran jo potilas kohdattaessa. Hereillä olevalle potilaalle esitetään yksinkertaisia kysymyksiä, joiden vastausten perusteella arvioidaan potilaan tajunnantasoja sekä ajan ja paikan orientaatiota. Yleisimmin alentuneen tajunnan taustalla on joko aivovamma, hapenpuute, päihdyttävät aineet tai sairauten liittyvät syyt. (Alaspää & Holmström 2009, 64.)

E, exposure, paljastaminen käsittää sekä lisävammojen ehkäisemisen että jo syntyneiden vammojen selvittämisen paljastamalla potilas. Etenkin

vammautunut potilas kärsii hyvin nopeasti hypotermiasta, joten hallittu paljastaminen sekä potilaan lämpimänä pito ovat jo ensiarvion aikaisia hoitotoimenpiteitä. Tilanteen mukaisesti vaatteet joko riisutaan tai leikataan kokonaan tai osittain vammalöydösten havainnoimiseksi. Potilaan paljastaminen tulisi toteuttaa hallitusti kaikki vammat paljastaen sekä hypotermiaa ja lisävammautumista estäen. (Hiltunen 2002, 585.)

ABCDE-menetelmä toimii yksinkertaisena muistisääntönä ensiarvion toteuttamiselle sekä kertoo tarvittavien välittömien toimenpiteiden toteuttamisjärjestyksen. Ilmatien varmistaminen ja hengityksen tukeminen tarvittaessa maski-paljeventilaatiolla ovat aina kiireellisimmät tehtävät. Heikentyneen verenkierron (potilas on sokkinen eikä rannepulssi tunnu) tilanteessa etsitään mahdollinen ulkoinen verenvuoto ja tyrehdytetään vuoto kohoasennolla sekä paine- tai kiristysiteellä. Jo menetetyin verivolyymin korjaamiseksi aloitetaan nesteinfuusio suuren laskimokanyylin kautta ja asetetaan potilaan jalat ylös. Peruselintoimintojen häiriötilanteessa potilaalle aloitetaan hapen antaminen maskilla sekä avataan suoniyhteys tilan huononemisen ja lääkityksen tarpeen todennäköisyyden vuoksi. Välittömiin toimenpiteisiin kuuluvat myös omien resurssien riittävyyden arviointi sekä mahdollisen lisäavun kutsuminen. (Alaspää & Holmström 2009, 65.)

3.3. Kriittisesti sairaan potilaan tunnistaminen monitorien avulla

Potilaan tilan tunnistamiseksi käytetään ensiarvion lisäksi monitorointia. Monitoroinnin käyttö voidaan jakaa kahteen pääkäyttötarkoitukseen. Ensinnäkin monitoriseurannalla kartoitetaan potilaan terveydellinen tila, jonka perusteella aloitetaan tarvittavat välittömät hoitotoimenpiteet. Toisaalta jatkuvalla monitoroinnilla havaitaan yksittäisiä tapahtumia tai trendimuutoksia, joiden perusteella hoitoresursseja voidaan säätää ja kohdentaa potilaan tilan korjaamiseksi. Tutkimusten mukaan oletetaan, että lähes kaikissa äkkikuolemista sekä vakavissa potilaan peruselintoimintojen häiriöissä voidaan edeltävästi havaita ennusmerkkejä tulevasta elintoimintojen romahtamisesta. Esimerkiksi sydänpysähdyspotilaiden pitkä monitorointiväli (12h) voi osaltaan edistää potilaan tilan huononemista. (DeVita ym. 2010, 377.)

Identifying the hospitalised patient in crisis -konferenssin konsensuksen mukaan kriittisesti sairaan potilaan tunnistamiseksi tulisi aina monitoroida seuraavat elintoiminnot:

- syketaajuus
- verenpaine
- hengitystaajuus
- elimistön ydinlämpötila
- pulssioksimetria
- tajunnan taso

Jatkuvaa monitorointia käytetään lähinnä valvontayksiköissä ja teho-osastoilla osaksi laitteiston kustannusten vuoksi. Lisäksi jatkuva monitorointi vaatii useasti invasiivisia toimenpiteitä, eikä siten ole kaikissa hoitopaikoissa mahdollista suorittaa. Tutkimuksen mukaan ei ole voitu osoittaa, lisääkö jatkuva monitorointi hoitohenkilökunnan valppautta suorittaa potilaan tilan arviointia hoitotilanteessa. Oli monitorointi sitten jatkuvaa tai ajoittaista, selvää on, että potilaan tilan nopea tunnistaminen parantaa hänen ennustettaan selvästi. (DeVita ym. 2010, 377.)

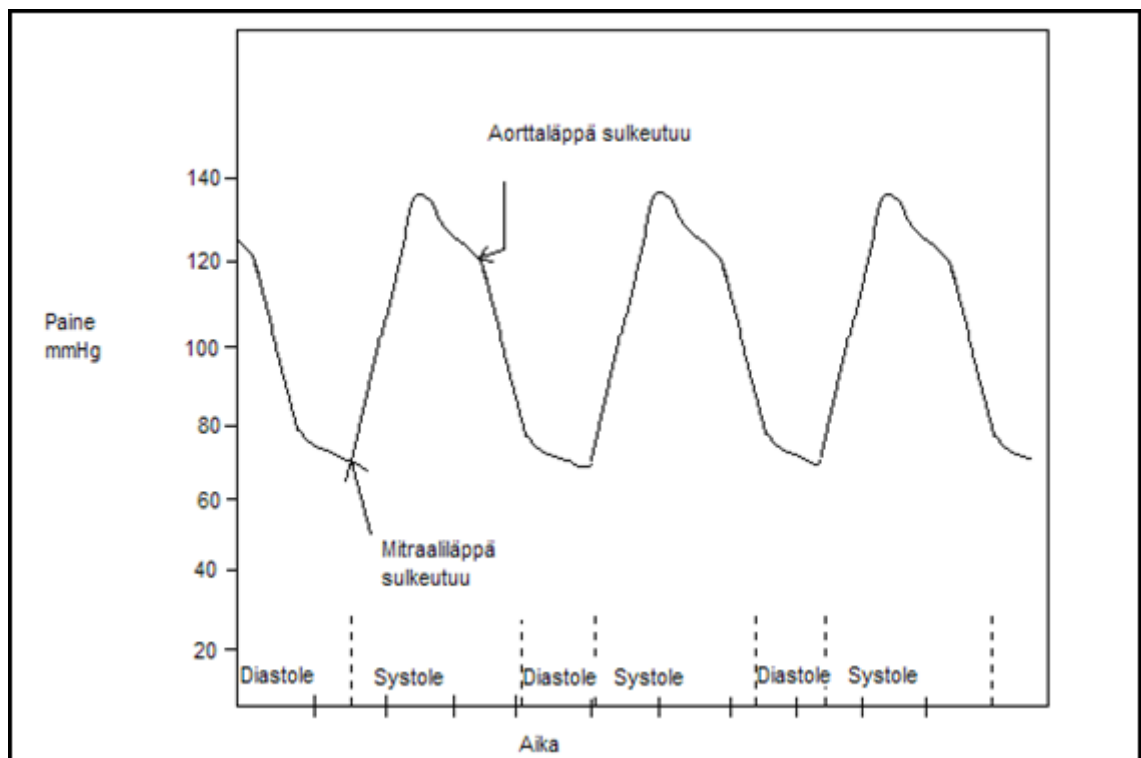
3.3.1. Verenpaine

Verisuonisto muodostaa umpinaisen järjestelmän, jossa veri kiertää sydämen pumppaustoiminnan avulla. Sydämen pumppaus aiheuttaa verelle sydämestä lähtiessään liike-energiaa. Yhdessä liike-energian ja verenkierron ääreisvastuksen kanssa muodostuu nestepaine eli verenpaine. Liike-energian ja verenpaineen on oltava riittäviä sekä virtausvastuksen että painovoiman vastustamiseen veren kierrättämiseksi elimistössä. (Hiltunen ym. 2004, 418.)

Yleisimmin verenpaineella tarkoitetaan sitä korkeaa painetta, joka on ison verenkierron suurissa valtimoissa sekä systolen aikana vasemmassa kammiossa (Kuvio 3). Suurten valtimoiden verenpaine on suurimmillaan vasemman kammion työntäessä niihin verta systolen aikana. Systolen aiheuttama paineaalto, joka on tunnettavissa pulssiaaltona valtimoista, kulkee valtimoita pitkin paljon nopeammin kuin veri. Juuri ennen uutta systolea suurissa valtimoissa olevaa pienintä verenpainetta kutsutaan diastoliseksi

verenpaineeksi. Lepotilassa mitatun aikuisen normaalin verenpaineen ylärajana pidetään 140/85 mmHg. (Hiltunen ym. 2004, 419.)

Sydämen mekaanisen supistumisen lisäksi verenpaineeseen vaikuttavat suuret valtimot. Suurten valtimoiden seinämissä on runsaasti kimmosyitä, jotka varastoivat energiaa systolen aikana venymällä kimmoisasti. Diastolen aikana valtimot luovuttavat varastoimansa energian supistumalla ja näin ollen ylläpitävät verenpainetta myös diastolen aikana. (Hiltunen ym. 2004, 418.)



Kuvio 3. Normoverenpaineisen aikuisen invasiivisesti mitattu valtimoverenpaineen aaltomuoto, sekä aaltomuodon osatekijät esitettynä valvontamonitorin näytöllä.

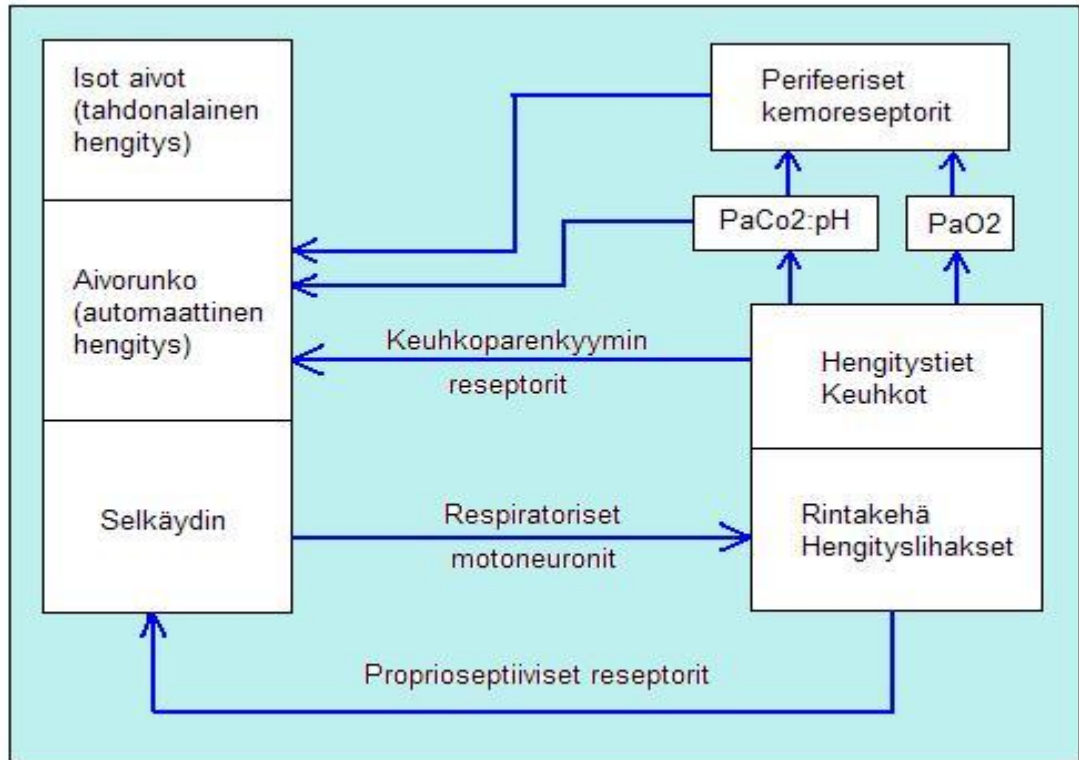
Verenkierron ja verenpaineen säätelyä ohjaa aivosillassa sijaitseva vasomotorinen keskus. Keskus saa informaatiota verenkierron tilasta hermojen ja kemiallisten signaalien välityksellä. Karotispoukaman ja aortankaaren seinämässä on baroreseptoreita, jotka mittaavat verenpaineen aiheuttamaa verisuonten seinämän venytystä. Muutokset venytyksessä rekisteröityvät vasomotorisessa keskuksessa aiheuttaen tarvittavan korjausvasteen verenkiertoelimistössä. Pienet valtimoverisuonet, arteriolit, toimivat myös autoreglaatiivisesti säädellen omaa verenvirtaustaan vallitsevien kemiallisten ja fysikaalisten olosuhteiden mukaan. Esimerkiksi suonien seinämän venytys tai

paikallinen hiilidioksidiarvon nousu saa suonet laajenemaan. Vastaavasti verenpaineen äkillinen lasku tai hiilidioksidiarvon putoaminen saa suonet supistumaan. (Hiltunen ym. 2005, 448 - 450)

3.3.2. Hengitystaajuus

Aikuisen normaali hengitystiheys (HT) vaihtelee levossa 12 - 20 /min. Hengitystiheyteen vaikuttavat mm. ikä, ruumiinrakenne, henkinen ja fyysinen kunto, kipu sekä sairaudet. Potilaan hengitystiheys pyritään laskemaan häiriöttömässä tilanteessa potilaan ollessa puhumattomana. Hengitystiheyttä lasketaan 30 sekunnin ajan, minkä jälkeen saatu tulos kerrotaan kahdella. Aikuisella poikkeava hengitystaajuus on yli 30 /min sekä alle 10 /min. Yli 30 /min hengittävä potilas kärsii yleensä hoitoa vaativasta peruselintoiminnon häiriöstä. Alle 10 /min hengittävä aikuinen kärsii hypoventilaatiosta, jonka pitkään jatkuessa elimistö alkaa kärsiä hypoksiasta sekä hiilidioksidin kertymisestä elimistöön. Elimistön muutoksiin herkästi reagoivan ominaisuutensa ansiosta hengitystaajuus on yksittäisistä elintoimintoja kuvaavista suureista paras kriittisen tilan indikaattori. Hengitystaajuutta laskettaessa tulee huomioida myös hengitysapulihasten käyttöaste sekä hengityksen syvyys. (Reitala 2002b, 193.)

Hengitystiheyden säätely on monimutkainen prosessi. Hengityksen avulla elimistö pyrkii pitämään elimistön happipitoisuuden, hiilidioksidimäärän ja happo-emästasapainon solujen toiminnalle sopivana. Tasapainon ylläpitämiseksi elimistö aistii hapen ja hiilidioksidin määrää jatkuvasti. Happipitoisuuden seuranta tapahtuu pääasiallisesti sekä kaulavaltimoiden keräsessä, glomus caroticumissa että aortankaareissa. Veren H⁺- ja CO₂-pitoisuutta elimistö aistii voimakkaimmin medullan ja ponsin ventraalipuolella. Näiden lisäksi happamuutta aistivia reseptoreja on myös suurten valtimoiden alueella. Hengityksen säätely on esitetty yksinkertaistettuna kuviossa 4. (Aittomäki & Salorinne 2001, 149.)



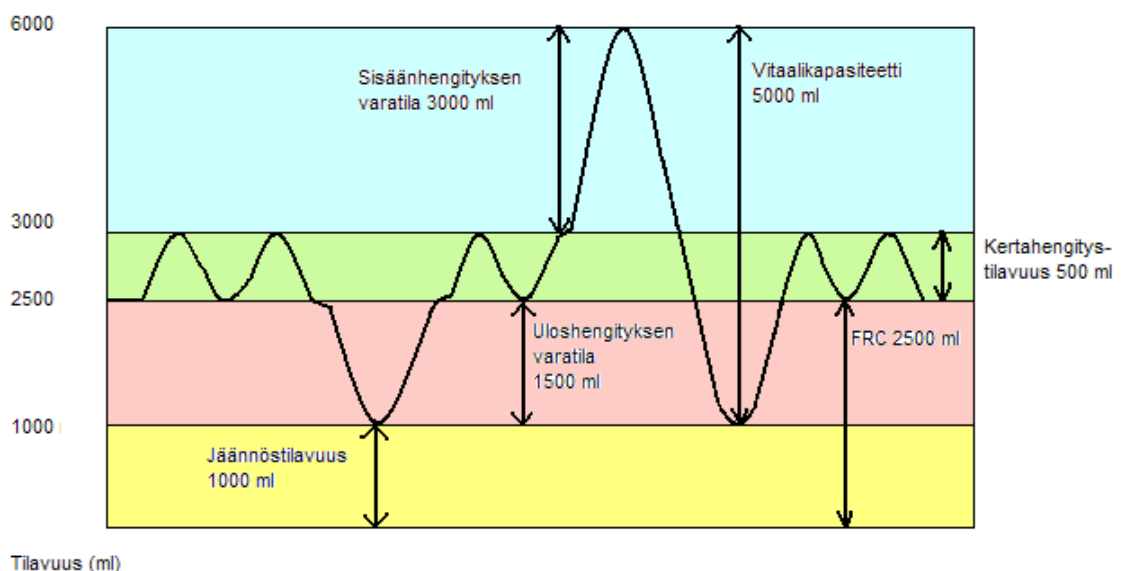
Kuvio 4. Hengityksen säätely yksinkertaistettuna kuviona (Aittomäki & Salorinne 2001, 150)

Sisään- ja uloshengityksen rytmiä säätelevät aivorungon ja ydinjatkoksen tumakkeet, joiden alapuolella sijaitsevat hengitysilhaksiin menevät neuronikeskukset. Sisään- ja uloshengityksen pysäytyskeskukset sijaitsevat ydinjatkeen yläpuolella. Tahdonalaisilla käskyillä voidaan säädellä hengityksen taajuutta ja syvyyttä tiettyyn pisteeseen asti. Lisäksi erilaiset ärsykkeet voivat muuttaa hengitysilikkeiden suuntaa ja toteutumista. Kemoreseptorien lisäksi elimistössä on monia muita hengityksen säätelymekanismeja. Erilaiset jänne-, venytys-, ärsytys- sekä J-reseptorit modifioivat hengitystä vallitsevan tilanteen mukaan. Kaikki erilaiset hengitykseen vaikuttavat tekijät muuntavat toimintaa yhtäaikaaisesti. Usein päästäänkin seuraamaan vain näiden kaikkien mekanismien yhteisvaikutusta. Erittäin tärkeää on seurata hapen, hiilidioksidin ja veren happamuuden vaikutuksia, koska niiden pysyminen sopivalla tasolla on elintärkeää ja koska niitä voidaan monitoroida ja säädellä tietyllä tasolla. (Aittomäki & Salorinne 2001, 150.)

Jokaisella sisäänhengityksellä aikuinen vetää keuhkoihin noin puoli litraa ilmaa (kertahengitysilma). Kertomalla hengitystaajuus ja kertahengitysilma keskenään

saadaan laskettua hengityksen minuuttitilavuus, joka on 6-7 l/min. Kaasujenvaihtoon osallistumatonta kertahengityksen tilavuutta sanotaan kuolleeksi tilaksi. Aikuisella kuolleen tilan tilavuus on noin 150 ml. (Hiltunen ym. 2004, 382.)

Normaalin kertahengitysilman (500 ml) lisäksi ihminen voi vetää keuhkoihinsa ilmaa vielä sisäänhengityksen varatilan verran. Terveellä nuorella miehellä sisäänhengityksen varatila on noin 3000 ml. Vastaavasti uloshengityksen varatila on se tilavuus, joka voidaan normaalin uloshengityksen jälkeen puhaltaa vielä aktiivisella ponnistuksella ulos (n. 1500 ml). Äärimmäisen uloshengityksenkin jälkeen keuhkoihin jää vielä jäännösilmatilan verran ilmaa (1000 ml). Kun yhdistetään uloshengityksen varatila sekä jäännösilmatila, saadaan toiminnallinen jäännösilmatila, funktionaalinen residuaalikapasiteetti (FRC) (Kivelä ym. 2007, 724). Kaasujen vaihtoa tapahtuu keuhkoissa siis häiriöttä jatkuvasti FRC:n tilavuuden verran. Keuhkojen vitaalikapasiteetti koostuu sisäänhengityksen varatilasta, kertahengitysilmaasta sekä uloshengityksen varatilasta (3000 ml + 500 ml + 1500 ml = 5000 ml). Keuhkojen kokonaiskapasiteetin laskemiseksi vitaalikapasiteettiin lisätään vielä keuhkoihin tehostetun uloshengityksen jälkeen jäävän jäännösilmatilan määrä (5000 ml + 1000 ml = 6000 ml) (kuvio 5). (Bjälle ym. 2005, 311.)

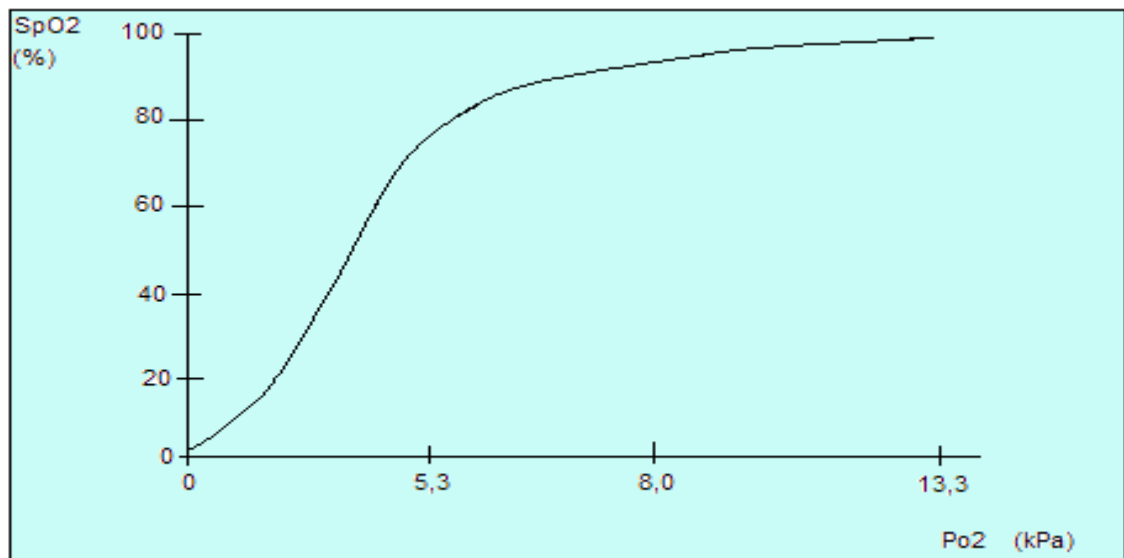


Kuvio 5. Keuhkojen keskimääräinen vitaalikapasiteetti terveellä nuorella miehellä (Bjälle ym. 2005, 311)

3.3.3. Pulssioksimetria

Pulssioksimetrian (SpO_2) käyttö on yleistynyt potilaan seurannassa varsin rutiiniksi menetelmäksi. Helppokäyttöisyys sekä luotettavuus, potilaan kokonaistilanne huomioiden, mahdollistavat potilaan happeutumisen ja pulssin reaaliaikaisen non-invasiivisen monitoroinnin. (Puolakka 2009, 115.)

Pulssioksimetrin toimintaperiaate perustuu valoa lähettäviin ja vastaanottaviin diodeihin. Hemoglobiinin happisaturaatiota mitataan kahden valon aallonpituuden (660 nm ja 940 nm) absorbanssien välisestä suhteesta. Hapettunut hemoglobiini sekä hapen luovuttanut hemoglobiini absorboivat valon aallonpituuksia eri tavalla. Pulssioksimetrilaitte huomioi ainoastaan pulssiaallon aikaisen nettoabsorbaation. Pulssiaallon aikaisella nettoabsorbaatiolla minimoidaan kudosten sekä laskimo- ja kapillaariverenkierron vaikutus mittaustulokseen. Pulssioksimetrin näyttämä arvo (SpO_2) on sisäisesti kalibroitu laboratorio-olosuhteissa vastaamaan valtimoveren happisaturaatioarvoa (SaO_2). Kuviossa 6 on esitetty hapen osapaineen (Po_2) ja happisaturaation (SpO_2) välinen suhde. (Puolakka 2009, 115.)



Kuvio 6. Hemoglobiinin sigmoidaalinen dissosiaatiokäyrä

Hemoglobiinin dissosiaatiokäyrästä nähdään, että korkeilla valtimoveren happiosapaineilla (PaO_2) happisaturaation (SaO_2) muutokset ovat verrattain pieniä suhteessa happiosapaineen muutokseen (Kuvio 6). Valtimoveren happiosapaineen laskeessa noin 8,0 kPa:n tasolle saavutetaan käyrän laskeva

osa, jolloin pienikin happiosapaineen muutos aiheuttaa selvän muutoksen happisaturaatiossa. Pulssioksimetria siis varoittaa uhkaavasta suistumisesta dissosiaatiokäyrän jyrkästi laskevalle osalle. (Puolakka 2009, 115.)

Terveellä ihmisellä normaali happikyllästeisyys on yli 96 % (Reitala 2002a, 362). Pulssioksimetri voi näyttää normaalia matalampaa arvoa virheellisesti. Mittauskohdan lika, kylmyys, liike tai huono kudospesuus, johtuen joko hypotensiosta tai verenkiertoa estävistä kireistä vaatteista, aiheuttavat heikon signaalin pulssioksimetriin. Heikon signaalin perusteella pulssioksimetri mittaa happisaturaation todellista matalammaksi (Puolakka 2009, 116). Vahvasta pulsaatiosta mitattu matala happisaturaatioarvo kertoo veren matalasta happikyllästeisyydestä. Matala saturaatioarvo johtuu joko heikentyneestä keuhkotuuletuksesta, häiriöstä kaasujen vaihdossa, matalasta hengityskaasun happiosapaineesta tai muusta hemoglobiiniin hapen tilalle sitoutuneesta kaasusta. Valtimoveren matala happiosapaine heikentää kudoksissa tapahtuvaa kaasujen diffuusiota ja näin ollen heikentää kudosten toimintaa. (Bjälle ym. 2005, 314.)

3.3.4. Pulssi

Ensiarviossa ilmatien arvioimisen ja hoitamisen jälkeen tartutaan potilasta kiinni ranteesta ja tunnustellaan rannevaltimosta (a. radialis) tuntuvaa sydämen sykettä (HR). Nopeimmin mitattavana ja usein myös herkipänä verenkierron tilan kuvaaja sydämen sykkeestä voidaan nopeasti muodostaa alustava käsitys potilaan verenkierron tilasta. Sykkeestä tunnustellaan nopeus, säännöllisyys sekä pulsaation voimakkuus. Pulsaation seuraamisessa tärkeämpää on seurata pulsaatiossa tapahtuvia muutoksia kuin hetkittäisiä absoluuttisia arvoja. Poikkeavista löydöksistä sykkeen epätasaisuus tarkoittaa akuuttia tai kroonista sydämen rytmihäiriötä tai lisälyöntisyyttä, kun taas heikosti tuntuva nopea, lankamainen pulssi kertoo uhkaavasta verenpaineen romahtamisesta sydämen lisätessä iskutaajuuttaan pumpatakseen verta madaltunutta jälkikuormaa vastaan. Näin sydän pyrkii ylläpitämään verenpainetta riittävän kudospesuusion ja -happeutumisen turvaamiseksi. Mikäli rannevaltimon syke ei tunnu, tunnustellaan sykettä keskeisestä valtimosta (a. carotis). Syynä rannevaltimon

sykkeen tuntemattomuuteen voi olla joko matala verenpaine tai yläraajan paikallinen verenkiertopoikkeavuus. (Reitala 2002b, 186.)

Aikuisen ihmisen sydän lyö minuutissa 60-80 kertaa levossa. Tätä nopeampaa sykettä kutsutaan takykardiaksi ja hitaampaa bradykardiaksi. Ruumiillisessa rasituksessa sydämen syke nousee riittävän kudospesuun aikaansaamiseksi. Kuvion 1 mukaan sydämen CO₂:ta voidaan parantaa kasvattamalla joko sydämen iskutilavuutta (SV) tai syketaajuutta (HR). Iskutilavuuden (SV) kasvattaminen on hyvin rajallista, joten elimistö kompensoi kasvanutta hapentarvetta lisäämällä sydämen syketaajuutta. Ensihoidossa normaalina aikuisen syketaajuutena voidaan pitää 50 - 100 lyöntiä/min. (Reitala 2002b, 186.)

Sydämen suorituskykyä arvioidaan tutkimalla millä nopeudella sydän saavuttaa maksimisykkeensä. Huonokuntoisella henkilöllä leposyke on yleensä korkea ja iskutilavuus matala. Rasituksessa tällainen sydän reagoi sykettä nostamalla ja maksimisyke saavutetaan nopeasti. Hyväkuntoisen henkilön leposyke on hyvinkin matala, mutta iskutilavuus on huonokuntoisen sykettä korkeampi. Rasituksessa hyväkuntoisen henkilön sydämen iskutilavuus kasvaa ensin ja syke seuraa hitaasti perässä, maksimisyke saavutetaan siis hitaammin. Näin ollen voidaan selvittää henkilön suorituskykyä mittaamalla aikaa, miten nopeasti sydän saavuttaa maksimisykkeensä rasituksessa. Henkilön maksimisykkeen laskemiseksi voidaan käyttää viitteellistä kaavaa $220 - \text{ikä vuosina} = \text{henkilön max. syke}$. (Hiltunen ym. 2004, 406.)

3.3.5. Loppu-uloshengityksen hiilidioksidi

Ventilaatiossa elimistöstä keuhkojen kautta poistuvaa hiilidioksidin määrää voidaan mitata verikaasuanalyysin tai loppu-uloshengityksen hiilidioksidiarvon mittauksen, kapnometrian (etCO₂) avulla. Valtimoverestä tai loppu-uloshengityksestä mitattu korkea hiilidioksidipitoisuus (PaCO₂) kertoo riittämättömästä keuhkojen tuuleuksesta ja matala arvo puolestaan yliventilaatiosta. Korkea veren hiilidioksidipitoisuus lisää veren happamuutta ja mm. nostaa kallonsisäistä painetta. Hyperkarbia, varsinkin pitkittyessään, voi olla potilaalle hengenvaarallinen tila. Tästä syystä ventilaation monitorointi on

hyvin tärkeää niin mekaanisesti ventiloituilla kuin esimerkiksi hengitysvajauksesta kärsivillä ihmisillä tai muilla potilasryhmillä, joiden kehittyvää tilaa voidaan seurata ”kriisimonitorilla”. (Puolakka 2009, 116.)

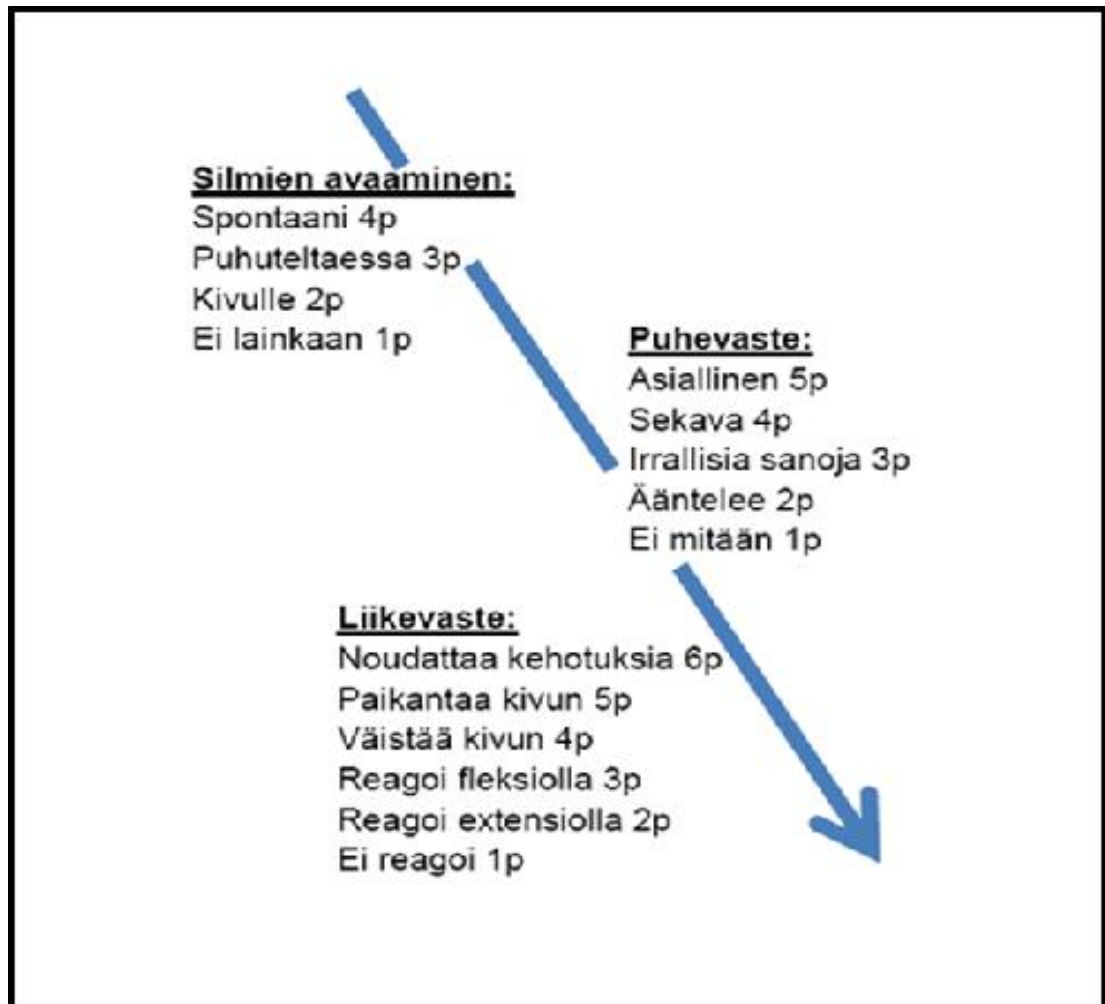
Äkillisesti lähes nollatasoon romahtava $etCO_2$ -arvo merkitsee käytännössä joko hengitysletkuston tukkeutumista tai irtoamista tai CO:n romahtamista. CO:n romahtamisen syynä voi olla esimerkiksi hypovolemia, jänniteilmarina, sydäntamponaatio tai keuhkoembolia. Matala CO ei riitä tuomaan kudoksissa muodostuvaa hiilidioksidia keuhkoihin ja näin ollen $etCO_2$ -arvo on matala riippumatta ventilaatiotaajuudesta. ”Kriisimonitorilla” voidaan välittömästi havaita potilaan tilan romahtaminen. Tästä syystä $etCO_2$:a tulisi aktiivisesti käyttää kaikilla intuboiduilla sekä vaihtoehtoisilla ilmasteilla varmistetuilla potilailla. (Puolakka 2009, 117.)

Kapnometrian toimintaperiaate perustuu hiilidioksidin fysikaaliseen ominaisuuteen absorboida infrapunavaloa 4,3 μ m:n aallonpituudella. Hiilidioksidin mittausta suoritetaan uloshengityskaasusta joko suoraan (main stream) tai sivuvirtauksesta erillisen liittimen ja mittausjohdon avulla (side stream). Kapnometria ilmoittaa monitorilla uloshengityshiilidioksidipitoisuuden joko prosenttiyksikkönä tai osapaineena (kPa). Uloshengityksestä mitattu hiilidioksidipitoisuus on yleensä valtimoverestä mitattua hiilidioksidiarvoa hieman matalampi. Tämä johtuu hyvin ventiloituneen keuhkorakkulan sekä kuolleen tilan keuhkorakkulan kaasujen sekoittumisesta uloshengitysvaiheessa. Kapnometriamonitoriin yhdistetty hiilidioksidikäyrä kertoo pelkän numeerisen arvon lisäksi hengityssyklin eri vaiheet. Hiilidioksidikäyrän muodosta sekä syklistä voidaan havainnoida niin ventilaation kuin perfuusionkin tilaa. Hiilidioksidikäyrän näyttävästä kapnometrasta käytetään termiä kapnografia. (Puolakka 2009, 116.)

3.3.6. Glasgow Coma Scale

Potilaan tajunnantason arvioimiseksi käytetään useita erilaisia menetelmiä. Yksi yleisesti käytetty menetelmä on Glasgow Coma Scale (GCS). Glasgow Coma Scale pisteyttää potilaan tajunnantason vaikuttavien eri tekijöitä ja siten arvioi standardoidusti potilaan tajuntaa (Kuvio 7). Tajuntaa arvioitaessa käytetään

yksiselitteisiä ja tarkkoja ilmaisuja epäselvyyksien välttämiseksi. Numeerisen GCS-arvon lisäksi, tajunnan tilaa on hyvä kuvata myös sanallisesti. Tämä helpottaa tajunnantason muutoksien havainnoimista. GCS mittaa potilaan visuaalista, verbaalista ja motorista vastetta ärsytykselle kuvion 7 mukaisesti. (Reitala 2002b, 195.)



Kuvio 7. Aikuisilla käytettävä Glasgow Coma Scale

Kuvio ei ole luotettava potilailla, joilla ei ole erityisistä kykyä noudattaa kehotuksia (esimerkiksi pienet lapset). Näillä potilasryhmillä käytetään muita arviointimenetelmiä. (Reitala 2002b, 197.)

3.3.7. AVPU

AVPU -pisteytys on Glasgow Coma Scalen tapainen pisteytystaulukko potilaan neurologisen tilan arvioimiseksi. AVPU-luokittelu ei ole yhtä käyttökelpoinen kuin GCS varhaisten neurologisten oireiden havaitsemisessa, mutta niillä

potilailla, joilla on vakavat neurologiset oireet, AVPU on varsin käyttökelpoinen luokittelumenetelmä yksinkertaisemman jaottelun takia (McNarry & Goldhill 2004, 36). Glasgow Coma Scalesta poiketen AVPU -pisteytystaulukossa on vain yksi arvioitava tekijä (reaktiokyky), jota arvioidaan neljällä erillisellä kriteerillä:

- **Alert, hereillä**, täysin hereillä oleva, joskaan ei välttämättä orientoitunut, potilas. Potilas avaa silmät spontaanisti ja reagoi äänelle.
- **Voice, reagoi äänelle**, potilas reagoi äänelle tai kehoitukselle. Reagointi voi olla puhetta, ääntelyä tai motorista toimintaa kuten silmien avaamista tai raajan liikuttamista.
- **Pain, reagoi kivulle**, potilas reagoi kipuärsykkeelle. Reaktio voi olla ääntelyä tai motorista toimintaa kipua tuotettaessa.
- **Unresponsive, reagoimaton**, potilas ei reagoi millään tavalla edellä mainittuihin toimintoihin. Potilasta voidaan pitää tajuttomana.

Joissakin taulukkoversioissa sana "Alert" voidaan jakaa vielä erikseen omiin alaosiinsa lopputuloksen tarkentamiseksi. Esimerkiksi hereillä oleva potilas voidaan todeta täysin hereillä olevaksi vasta, jos tämä muistaa nimensä ja on orientoitunut aikaan, paikkaan ja tapahtumaan. Ensihoidossa potilaan tilan arviointi olisi hyvä aloittaa AVPU –pisteytyksellä, ja mikäli tulos on alle "A", tulisi lisäarvioon käyttää tarkempaa GCS –pisteytystä. (Kelly ym. 2004, 110.)

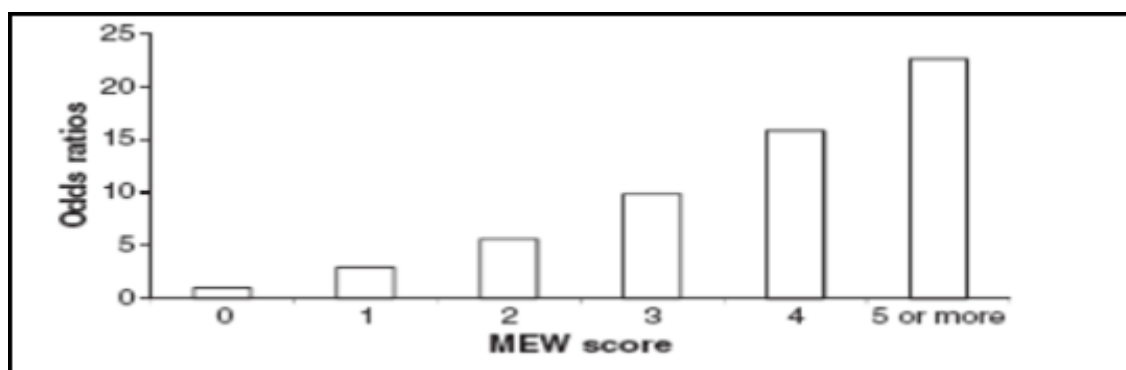
3.4. Early Warning Score

Early warning scorea (EWS) käytetään apuvälineenä potilaan tilan tunnistamisessa. EWS on yksinkertainen taulukkomuotoinen apuväline, joka perustuu monitoroitujen vitaalielintoimintojen muutosten tarkkailuun. Tarkkailtavia suureita ovat esimerkiksi hengitystaajuus, kehon lämpötila, verenpaine, syketaajuus ja yksinkertainen neurologinen status. Joskus mittauksessa huomioidaan myös diureesi ja happisaturaatio. Jokainen yksittäinen parametri sijoittuu taulukossa omaan vertailuarvoonsa, ja niiden summa määrää lopullisen EWS- pisteytyksen taulukossa (Kuvio 8). Lopullista EWS-pisteytystä voidaan käyttää apuna verrattaessa potilaan tilaa terveen ihmisen tilaan. Lisäksi EWS- pisteytyksen kokonaispistemuuksia voidaan

käyttää apuna esimerkiksi potilaan jatkohoidon suunnittelussa. (Groarke ym. 2008, 803.)

	3	2	1	0	1	2	3
Systolic blood pressure (mmHg)	< 70	71–80	81–100	101–199		≥ 200	
Heart rate (bpm)		< 40	41–50	51–100	101–110	111–129	≥ 130
Respiratory rate (bpm)		< 9		9–14	15–20	21–29	≥ 30
Temperature (°C)		< 35		35–38.4		≥ 38.5	
AVPU score				Alert	Reacting to voice	Reacting to pain	Unresponsive

Kuvio 8. EWS- pisteytystaulukko (Cei ym. 2009, 592)



Kuvio 9. Kuolleisuuden suhde MEWS-pisteytykseen (Cei ym. 2009, 593)

3.5. Mekaanisesti ja spontaanisti ventiloitu potilas

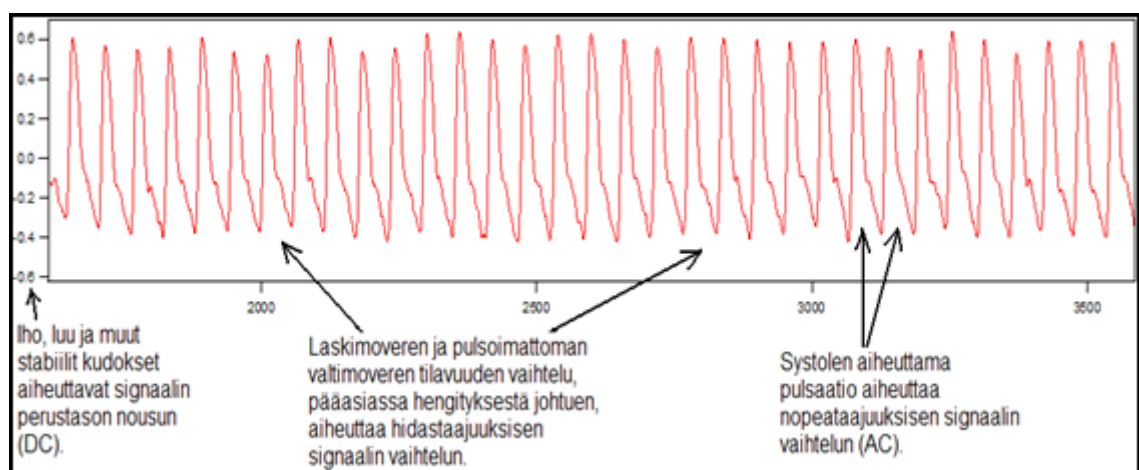
Mekaaninen ventilaatio aiheuttaa muutoksia potilaan hengitystiepaineesiin ja sen kautta myös fotopletysmografiakäyrään. Toisin kuin spontaanisti hengittävillä potilailla, mekaanisesti hengittävillä potilailla sisäänhengityspaine on keuhkoissa positiivinen. Hengityskoneessa kertahengitystilavuudet ovat myös tarkasti standartoituja verrattuna spontaanihengitykseen. Yhdysvalloissa on tehty lupaavia tutkimuksia fotopletysmografian käytöstä mekaanisesti ventiloitujen potilaiden hoidossa. Spontaanisti hengittävien potilaiden kohdalla tutkimustietoa ei toistaiseksi juurikaan ole. Opinnäytetyömme tarkoitus onkin tuottaa tietoa tutkimukseen, jossa selvitetään fotopletysmografian käyttömahdollisuuksia spontaanisti hengittävillä potilailla. (Cannesson & Desebbe 2008, 772.)

4. Fotopletysmografia

Fotopletysmografia (FPG) on optinen mittaustekniikka, jolla voidaan havainnoida verivolyymin muutoksia kudoksen kapillaarisuonistossa (Allen 2007, 1). Tavallisin mittauspaikka on sormi tai korvalehti. Yleisimmin tekniikkaa käytetään pulssioksimetreissa, joissa kahdella eri aallonpituudella voidaan erottaa valtimoveren happisaturaatio. Viime vuosina on yhä enemmän kiinnostuttu FPG:n muista käyttömahdollisuuksista akuuttihoitossa ja anestesiassa. (Shelley 2007, 32.)

4.1. Toimintaperiaate

Fotopletysmografian rekisteröinti ja monitorointi perustuvat takaisinheijastuneen valon aallonpituuden vaihteluihin valtimoveressä eri hengitys- ja sydämentoimintavaiheiden välillä. Mittauslaite lähettää tietyllä aallonpituudella valoa mitattavaan kudokseen. Kudoksesta heijastuu takaisin valoa, jonka aallonpituus muuttuu kudoksen ominaisuuksien mukaan. Mittari mittaa takaisinheijastuneen valon aallonpituuden ja muuttaa lähetetyn ja heijastuneen aallonpituuden erotuksen tiettyjen laskukaavojen mukaan visuaaliseksi tiedoksi, joka voidaan nähdä monitorilla (Kuvio 10). Käyttämällä oikeaa aallonpituutta voidaan laite optimoida mittaamaan veren pulsaation aiheuttamia eroja visuaalisessa käyrässä. (Shelley 2007, 31.)



Kuvio 10. Fotopletysmografian muodostavat komponentit kerätystä tutkimusmateriaalista koottuna

Perifeerisen valtimoveren määrään arterioleissa tietyllä hetkellä vaikuttaa kaksi tekijää. Toinen on sydämen vasemman kammion systolen aikana luoma

pulssiaalto (AC), joka saa aikaan painevaihtelun valtimoissa. Tämä painevaihtelu venyttää valtimoiden seiniä ja saa tätä kautta aikaan veren jatkuvan virtauksen. Suurempi osuus signaalista on selvästi vakaampaa (DC), ja siinä nähdään hengityksen tahdissa esiintyvä laskimoveren tilavuuden vaihtelusta johtuva aaltoilu sekä hitaampana autonomisen hermoston ja muiden tekijöiden vaikutuksesta tapahtuva vaihtelu veritilavuudessa (Allen 2007, 1). FPG-signaalin pulsoivan komponentin osuus pulsoimattomasta (AC/DC) kuvastaa perifeeristä perfuusiota, ja suhdetta nimitetään perfuusioindeksiksi (Cannesson & Desebbe 2008, 775). Laskimoveren tilavuuden vaihtelu johtuu hengitysliikkeiden aiheuttamasta painevaihtelusta rintaontelossa. Rintaontelon painevaihtelu hengitysjakson aikana vaikuttaa sydämen laskimopaluuseen ja sitä kautta vasemman kammion eteenpäin pumppaaman veren määrään. Keuhkojen ja sydämen luomat pulsaatiovaihtelut voidaan nähdä perifeeristen arterioliin hetkittäisen vereytymisen vaihteluina. Kuten edellä mainitaan, voidaan kudoksen vereytymistä tietyllä hetkellä mitata valon aallonpituusvaihteluja hyväksikäyttämällä. Näin voidaan kaksi mitattavaa asiaa koota yhdeksi kokonaisuudeksi, joka nähdään monitorilla fotoplethysmografiakäyränä. (Shelley 2007, 31.)

Vaikka mittausmenetelmä on jo kohtalaisen pitkään käytetty, ei signaalin ja sen aallonmuodon syntyyn johtavia tekijöitä edelleenkaan tarkasti tunneta. Pulsoivan komponentin aaltomuoto muistuttaa osin valtimopainekäyrää, mutta koska FPG:ssä valon absorptio riippuu veren tilavuuden eikä paineen muutoksista, eivät aaltomuodot ole täysin yhtenevät. Aallon korkeuden vaihtelu mekaanisesti ventioidun potilaan hengityssyklin eri vaiheissa kuvastaa iskuutilavuuden vaihtelua pulssipaineen vaihtelun tapaan ja näin ollen ennustaa potilaan vastetta nestehoidolle. (Cannesson & Desebbe 2008, 772.)

4.2. Aiemmat tutkimukset

Vuonna 2007 julkaistuissa tutkimuksissa Photoplethysmography and its application in clinical physiological measurement sekä Photoplethysmography: beyond the calculation of arterial oxygen saturation and heart rate sekä Allen että Shelley tutkivat FPG:n toimintaperiaatetta sekä FPG:n käytettävyyttä potilaan tilan arvioissa. Molemmat toteavat, että vaikka FPG on ollut jo pitkään

tiedossa ja tarvittava laitteisto on ollut olemassa, on FPG:n käyttö ollut suhteellisen vähäistä. Tutkimuksissa mainitaan, kuinka helppo ja edullinen tapa FPG on arvioitaessa potilaan verenkierron tilaa. Lisäksi tutkimuksissa korostetaan FPG-tekniikan suomia mahdollisuuksia potilaan tilan tunnistamisessa. Allenin ja Shelley'n mukaan FPG:n käyttö lisääntyisi, mikäli aiheesta saataisiin lisää laadukasta tieteellistä näyttöä. Myös rekisteröintilaitteistojen lisäkehittäminen edesauttaa FPG:n käytettävyyttä ja hyödynnettävyyttä. (Shelley 2007; Allen 2007.)

Delerme ym. tutkivat vuonna 2007 julkaistussa tutkimuksessaan, Variations in pulse oximetry plethysmographic waveform amplitude induced by passive leg raising in spontaneously breathing volunteers, kuinka selällään makaavan potilaan spontaani jalan nostaminen vaikuttaa pletysmografian aaltomuodon vaihteluun (Δ POP). Tutkimustulosten mukaan jalan nosto ja sen aiheuttama äkillinen muutos verenkierrossa madaltaa käyrän amplitudin korkeutta. (Delerme ym. 2007.)

Vuonna 2002 julkaistussa tutkimuksessa, Use of a peripheral perfusion index derived from the pulse oximetry signal as a noninvasive indicator of perfusion, Lima ym. tutkivat perifeerisen saturaatiomittarin mittaaman perfuusiaindeksin vaihtelun merkitystä perifeeriseen perfuusioon. Tutkimuksessa havaittiin, että perfuusiaindeksi korreloi vahvasti periferia- ja ydinlämpötilan eron kanssa. Siten perfuusiaindeksiä voidaan pitää perifeerisen perfuusion mittarina. (Lima ym. 2002.)

5. Opinnäytetyön tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteet ovat seuraavat:

- Kehittää sekä toteuttaa luotettava mittari tutkimustyötä varten.
- Toteuttaa luotettava tiedonkeräysjakso.
- Tuottaa tietoa fotopletysmografista.
- Kehittää omaa ammatillisuuttamme sekä tietämystämme fotopletysmografiasta sekä kriittisesti sairaiden potilaiden tunnistamisesta ja hoidosta.

Luotettavuuden saavuttamiseksi huomioon on otettava lukuisia muuttujia niin potilaasta, mittaajasta sekä itse mittaustilanteesta. Tällaisia ovat esimerkiksi potilaan ikä, paino, pituus, ihon kunto, mittaajan motivaatio, toimintatapa, mittaustilanteen kiireellisyys. Erilaisten muuttujien huomioon ottaminen sekä vaikutusten selvittäminen vaikuttavat tutkimustyön luotettavuuteen sekä onnistumiseen. Tutkimusmateriaalin tulee olla riittävän laaja kattavan tutkimuksen tekemiseksi. Työn konkreettisen toteuttamisen kannalta mittarin tulee olla myös yksinkertainen, yksiselitteinen sekä helppo täyttää.

6. Opinnäytetyön toteutus

Tämän toiminnallisen opinnäytetyön tarkoituksena on luoda mittari sekä toteuttaa luotettava tutkimusmateriaalin keräystilanne HUS:ssa erikoistuvan, lääketieteen tohtori Jouni Nurmen tieteellistä tutkimusta varten. Tieteellisen tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, onko FPG:lla saatavista suureista, erityisesti perfuusioindeksistä, hyötyä päivystyspoliklinikalla tapahtuvassa potilasluokittelussa, triagessa. Tutkimusasetelmaltaan LT Nurmen tieteellinen tutkimus on prospektiivinen, havainnoiva kohorttitutkimus, jossa potilaat luokitellaan päätetapahtuman kohtaamisen perusteella ryhmiin ja tämän jälkeen FPG-suureita verrataan ryhmien välillä.

Tutkimusmateriaalin keräys suoritetaan HYKSin Meilahden päivystyspoliklinikalla kattavan ja määrällisesti riittävän potilasmateriaalin saavuttamiseksi. Perfuusioindeksin jakaumasta päivystyspoliikkapotilailla ei

ole ennestään tietoa, joten tarkan voimalaskelman tekeminen ei ole mahdollista. Erilaisten elintoimintojen pisteytysjärjestelmien ennustearvoa päivystyspoliklinikalla vastaavassa asetelmassa selvittäneissä julkaistuissa tutkimuksissa potilasmäärät ovat olleet 225 (Groarke ym. 2008), 299 (Heitz ym. 2010), 309 (Armagan ym. 2008) ja 790 (Burch ym. 2008). Oman arviomme, LT Nurmen arvion sekä aiempien tutkimusten perusteella 300 potilasta on riittävä otoskoko. Aiheen tutkimattomuuden takia tutkimusmateriaaliin on sisällytettävä myös terveitä potilaita vertailuryhmän saavuttamiseksi. Kattavan tutkimusmateriaalin keräämiseksi mittaus on järkevintä toteuttaa tietyllä aikajaksolla kaikista potilaista. Tällöin ei-kriittisesti sairaista potilaista saadaan tietoa niin sanotusta normaalitilanteesta, ja heistä voidaan muodostaa vertailuryhmä. Opinnäytetyönä luotava mittari on siis kvantitatiivinen. Sairaimmilta potilailta saadaan mahdollisia sairauden takia muuttuneita arvoja, joita voidaan jälkikäteen verrata vertailuryhmään ja tutkia, onko havaittavissa eroteltavaa muutosta.

Luotettavuuden lisäämiseksi sekä yhdenmukaisten tulosten saavuttamiseksi sovimme LT Jouni Nurmen kanssa, että suoritamme itse arvojen mittauksen. Suorittaessamme mittauksen itse saamme karsittua mittauksien vaihtelut pois ja standardoitua mittauksien tilanteen. Tutkimukseen kerättävät parametrit mitataan potilaasta mahdollisimman pian triage-hoitajan potilasluokittelun jälkeen, kuitenkin niin, että potilaan varsinainen hoito tai tutkiminen ei viivästy parametrien taltioinnin takia. Mittarin sekä tutkimusmateriaalin keräystilanteen luomisessa on otettava huomioon, että kaikkien mitattavien arvojen tulee olla numeerisesti mitattavia relevantin vertailukyvyn saavuttamiseksi.

Opinnäytetyön idea syntyi tammikuussa 2010, jolloin LT Jouni Nurmi esitteli tieteellistä tutkimustaan sekä kysyi mahdollisuuttamme osallistua työn toteuttamiseen tutkimusassistentteina. Toukokuussa 2010 olimme tehneet opinnäytetyön suunnitteluvaiheen sekä laatineet jatkoa varten yleiset toimintasuunnitelmat. Suunnitelman mukaisesti syksyllä 2010 laadimme mittarin tutkimukselle sekä haimme opinnäytetyötä koskevat luvat. Lisäksi syksyn 2010 aikana suunnittelimme tarkemmin itse toteutusvaihetta, materiaalin keruuta. Tutkimusmateriaalin keräysajankohdaksi toteutui kevät 2011. Alkuperäisen

suunnitelman mukaan tarkoituksena oli, että keräysvaihe olisi toteutettu alkukevästä 2011. Tällöin olisimme voineet sisällyttää Nurmen tieteellisen tutkimuksen tuloksia opinnäytetyöhömmme. Tutkimusmateriaalin keräysjakson myöhästyminen johtui lupaprosessien valmistumisesta sekä toteutuksen suunnitelmien venymisestä. Syksyn 2011 aikana teimme raportin työstämme. Opinnäytetyömme esittelimme Viittä vaille valmis – seminaarissa 12.10.2011.

6.1. Tutkimusmateriaalin keräyslomakkeen kehittäminen

Tutkimuslomakkeen (Liite 1) tekeminen aloitettiin pohtimalla, mitä mitattavia vitaaliarvoja sekä mitä muita tarpeellisia tietoja potilaasta tulee tietää keräystapahtuman ajalta. Potilaiden erottamiseksi toisistaan lomakkeeseen laitettiin nimi ja henkilöturvastunnus sekä mahdollisesti tuntemattomalle potilaalle tuloaika sekä sarake tuntematon, henkilötietojen myöhemmin selvittämiseksi sekä potilasjärjestyksen sekaantumisen välttämiseksi. Lomakkeeseen laitettiin sarake juoksevalle numeroinnille tutkimuksen kulun reaaliaikaiseksi seuraamiseksi sekä myöhemmin tapahtuvalle tutkimisajankohdalle. Juoksevalla numeroinnilla parannetaan myös tutkimusajan potilasturvallisuutta, koska henkilötietoja ei tarvitse käsitellä enää tutkimusvaiheessa. Juoksevan numeroinnin ylläpitämiseksi lomakkeeseen tarvittiin sarake henkilöille, joita ei tavoitettu tutkimukseen. Tutkimuksesta poisjäännin syyksi luokiteltiin potilaan hoitaminen, potilaan tavoittamattomuus esim. pieni vaiva hoidettu nopeasti, laitteistovika, tutkijasta johtuva syy sekä sarake muu, johon merkittiin, jos henkilö oli tullut väärään sairaalaan.

Aiempien tutkimusten sekä ihmisen anatomian ja fysiologian perusteella mitattaviksi vitaaliarvoiksi valittiin SpO₂, hengitystaajuus, verenpaine, korva- ja perifeerinen lämpö, sydämen syketaajuus, kapillaaritäyttö kynsikokeesta sekä tajunta AVPU-menetelmällä. AVPU-menetelmän käyttö valikoitui ensihoidossa yleisemmin käytettävän GCS:n tilalle, koska AVPU-menetelmä on yhteensopiva MEWS-pisteytyksen kanssa.

Vitaaliarvojen lisäksi mittaustilanteesta tuli tietää mittausasento. Seisovalla ihmisellä perifeerinen verenkierto on hermoston sekä hydrostaattisen paineen vaikutuksesta suurempaa kuin makaavalla ihmisellä. Asennon ylöskirjaamisella

saadaan eroteltua mahdollisesta sairaudesta ja asennosta riippuvat poikkeamat mitattavissa arvoissa. Perifeerisen verenkierron supistumisen sekä näin ollen heikkenevän aaltomuodon syynä voi olla myös jo sairaalan ulkopuolisen ensihoidon aikana aloitettu lääkitys. Mahdollisen lääkitsemisen varalle lomakkeeseen laitettiin valmiit sarakkeet HUSin alueen ensihoidossa käytössä oleville vasoaktiivisille lääkkeille. Lisäksi lääkitys kohtaan lisättiin sarake muu, mikä, muualta tulevia potilaita sekä muita odottamattomia tapahtumia varten. Tähän muu -sarakkeeseen merkittiin esimerkiksi ilmatien turvaaminen intubaatiolla sekä C-PAP-hoito. Vasoaktiivisten lääkkeiden i.v. annostelun sekä lääkkeiden farmakologisten ominaisuuksien takia lääkkeet ovat sekä nopea- että lyhytvaikutteisia. Tästä syystä lääkkeiden seurantataulukoon valittiin seuraavat kohdat:

- infuusio menossa
- infuusio lopetettu < 15 min
- lääkebolus annettu < 15 min sitten.

Toinen tavoite lomakkeen kehittämisessä tarvittavien vitaaliarvojen keräämisen lisäksi oli sen helppokäyttöisyys ja selkeys. Luonteeltaan kiireisen päivystyspoliklinikan tilanteet muuttuvat nopeasti, joten lomakkeeseen kerättävän tiedon tuli olla yksinkertaisessa, mutta vaivattomasti myöhemmin luettavassa muodossa. Selkeällä ja sarakkein jaotellulla lomakkeella karsittiin pois kerääjien henkilökohtaisia eroja sekä epätietoisuutta lomakkeen täyttämisestä. Lomakkeen selkeyttämiseksi henkilötiedot, vitaalitiedot sekä lääkitystiedot eriytettiin toisistaan rajauksilla sekä väreillä. FPG- tutkimuslomake tehtiin Microsoft Excel taulukko-ohjelmalla koko tutkimusmateriaalin keskinäisen yhteensopivuuden takaamiseksi sekä analysoinnin helpottamiseksi.

6.2. Tutkimusmateriaalin keräys

Tutkimuksen keräysvaihe toteutettiin 13.6.2011 klo 18.00 – 16.6.2011. klo 18.00 Helsingin yliopistollisen keskussairaalan, Meilahden sairaalan päivystyspoliklinikalla. Kyseinen ajankohta valittiin toteutettavaksi aikataulullisesti sopivimpana keväällä 2011 pidetyssä tutkimuspalaverissa. Noin kuukautta ennen varsinaista keräysajankohtaa tutkimusmateriaalin keräyksessä

käytettävä laitteisto varattiin sekä päivystyspoliklinikan henkilökunta briifattiin tulevasta tutkimuksesta. Näillä alkuvalmisteluilla varmistettiin keräysvaiheen sujuva käynnistyminen. Ainoaksi valmistelutehtäväksi keräyksen aloituspäivälle jäi kerääjien perehdyttäminen päivystyspoliklinikan tiloihin sekä keräyksessä käytettävään laitteistoon.

Kaikki tutkimusmateriaalin keräyksessä käytetyt laitteet saatiin käyttöön Meilahden sairaalasta. Tutkimusmateriaalin keräyksessä käytettiin Datex Ohmeda AS/3 –monitoria (Liite 4). Kyseisen monitorin valintaan vaikuttivat sekä sen käytön yleisyys potilasseurannassa Suomessa että laitteiston saatavuus. Monitoriin kytkettiin verenpainemittausmansetti, perifeerisen lämmön mittausanturi sekä saturaatioanturi, joka rekisteröi sekä happisaturaatio- että fotopletysmografiakäyrän. Monitorilla kerätyt tiedot tallennettiin Datex Ohmeda S/5 Collect version 4.0 © 2001-2003 ohjelman avulla monitoriin liitettyyn IBM:n kannettavaan tietokoneeseen (Liite 5). Korvalämpömittarina käytettiin Braunin Welch Allyn Type 6021 Thermoscan –lämpömittaria. Kyseinen korvamittari valikoitui tutkimuskäyttöön, koska se on Meilahden sairaalan päivystyspoliklinikalla ainoa korvalämmön mittauksessa käytettävä laite.

Datex Ohmedan keräysohjelma rekisteröi mitatusta aaltomuodosta perfuusiaindeksin ja happisaturaation numeerisia arvoja kymmenen sekunnin välein ja tallensi nämä tallennuksen välimuistiin trendeinä. Potilaan aaltomuodon keräämisen jälkeen saadut tiedot tallennettiin kannettavalle tietokoneelle tehtyyn PPléth-kansioon pot.nrotrends ja pot.nrowaves -muodossa esimerkiksi 001waves ja 001trends. Joka potilaskontaktin jälkeen suoritettu tallennus esti kerättyjen arvojen sekaantumisen eri potilaiden kesken. Potilasnumerona käytettiin potilaiden saapumisjärjestyksestä muodostuvaa järjestysnumeroa.

6.3. Tutkimusmateriaalin keräystilanne

Potilaan saapuessa Meilahden sairaalan päivystyspoliklinikalle toimistos sihteeri sisäänkirjaa potilaan. Sisäänkirjauksen jälkeen triage-hoitaja tutkii potilaan ja arvioi potilaan hoidon tarpeen. Hoidon tarpeen arvion perusteella triage-hoitaja ohjaa potilaan erikoisaloittain jaetuista huoneista sopivimpaan. Mikäli triagessa

käytettävät kriteerit eivät täyty, potilas ohjataan joko kotiin tai toiseen sairaalaan.

Sisäänkirjattuaan potilaan osastosihteeri tulostaa potilastiedot triage-hoitajalle. Potilastietotulosteeseen kuuluvat potilastarrat, joissa on potilaan koko nimi sekä henkilöturvatus. Tulostuksen jälkeen osastosihteeri kiinnittää potilastietotarran FPG-keräyslistaan (Liite 2) potilaiden sisääntulojärjestyksessä. Triage-hoitajan suorittaman hoidon tarpeen arvioinnin jälkeen FPG-listaan merkitään potilashuone, jonne potilas sijoittuu. Kun potilaalta on kerätty tutkimusmateriaali, FPG-listaan merkitään potilas suoritetuksi. Tällä järjestelyllä kerääjät saavat selville tulleet potilaat sekä heidän sijoittumisensa osastolle sekä pysyvät tilanteen tasalla jo suoritetuista tallennuksista. Lisäksi kyseinen toimintatapa aiheuttaa mahdollisimman vähän lisätyötä sekä häiriötä päivystyspoliklinikan henkilökunnan työnteolle.

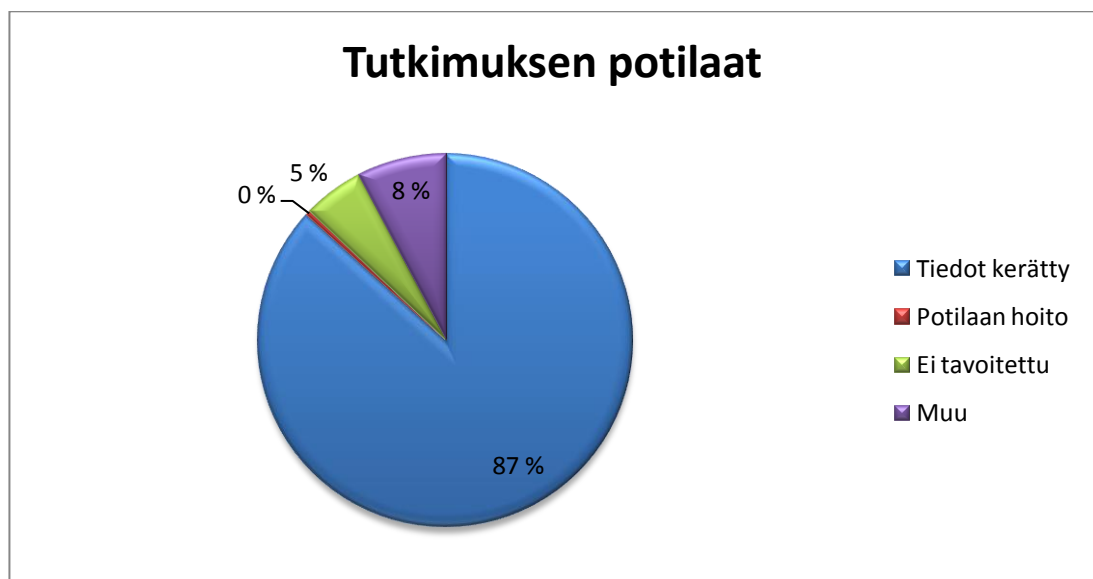
Mittaus pyritään suorittamaan mahdollisimman nopeasti potilaan sisäänkirjaamisen jälkeen. Mittaus tehdään potilaiden saapumisjärjestyksessä joko päivystyspoliklinikan aulassa tai potilashuoneissa. Mittauksessa potilaan vasemman käden etusormeen asetetaan happisaturaatiomittarin anturi ja keskisormeen lämpötilamittarin anturi. Happisaturaatiomittarin anturia sormeen laitettaessa tehdään potilaalle kynsikoe kapillaaritäytön selvittämiseksi. Anturit laitetaan kaikille potilaille samalla tavoin tulosten luotettavuuden parantamiseksi. Tietokoneelle tallennetaan kustakin potilaasta yhden minuutin mittainen pletysmografiakäyrä. Lisäksi potilailta mitataan ydinlämpö tärykalvolta korvalämpömittarilla ja verenpaine noninvasiivisesti käsivarresta. Potilaan asento (istuva/puoli-istuva/maaten) mittaustilanteessa merkitään tutkimuskaavakkeeseen. Myös potilaan mahdollisesti saamat verenkierron tilaan merkittävästi vaikuttavat lääkitykset (kronotroopit, inotroopit) merkitään tutkimuskaavakkeeseen

6.4. Tutkimusmateriaali

Tutkimukseen valikoituvat potilaat, jotka mistä tahansa syystä hakeutuvat Meilahden sairaalan päivystyspoliklinikalle 13.6.2011 klo 18.00 – 16.6.2011. klo 18.00. Lisäksi tutkimukseen pääsemisen kriteerinä on yli 18 vuoden ikä

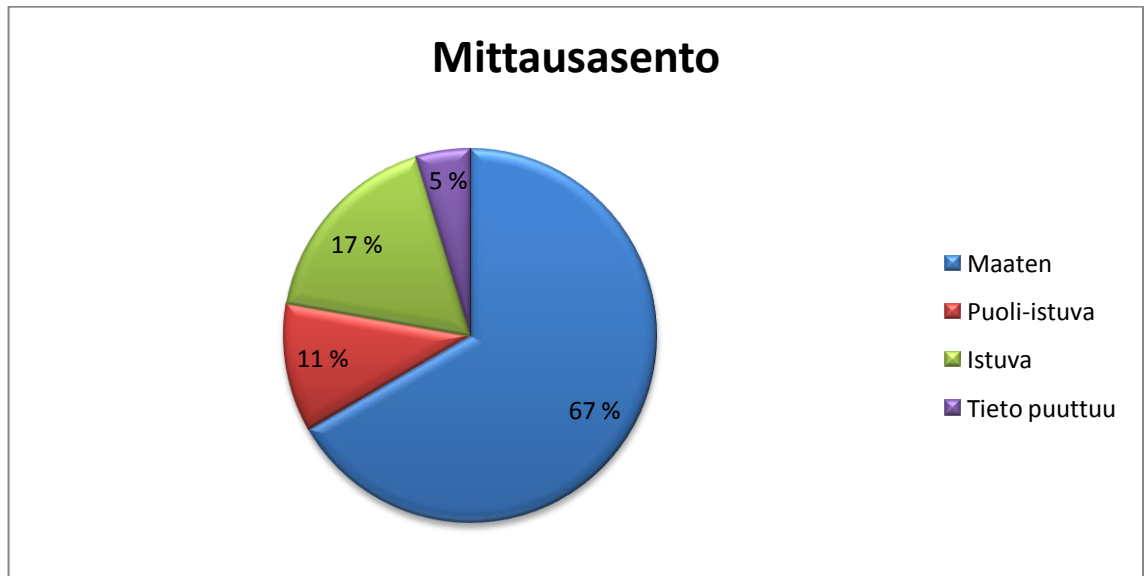
päivystyspoliklinikalle saapumispäivänä. Poissulkevana kriteerinä tutkimuksessa on potilaan fyysinen este luotettavan mittauksen suorittamiselle. Esimerkiksi tilanteissa, joissa potilaan käden vammat estävät luotettavan mittauksen, rajataan potilas tutkimuksen ulkopuolelle.

Keräysajanjaksona Meilahden päivystyspoliklinikalle hakeutui yhteensä 251 potilasta. Heistä 216:lta (86 %) saimme kerättyä tiedot tutkimusta varten. Tietojen kerääminen estyi 35 potilaalta (14 %). Tietojen keräämisen estymisen syinä olivat potilaan hoitaminen 1 (0,40 %), potilaan tavoittamattomuus 13 (5 %) sekä muu syy 19 (8 %). Potilaiden tavoittamattomuuden aiheutti se, että mittaaja oli suorittamassa mittauksia potilashuoneissa ja tänä aikana päivystyspoliklinikalle hakeutui verrattain vähäoireinen potilas. Mittaajan poissa ollessa potilaan kokemaa vaivaa hoidettiin ja hänet kotiutettiin, ennen kuin mittaaja ehti keräämään tietoja hänestä. Muu syy –luokkaan kategorisoituivat ne henkilöt, jotka hakeutuivat päivystyspoliklinikalle keräysajanjaksona, mutta jotka käännytettiin pois ennen sisäänkirjaamista. Henkilöiden käännyttäminen johtui joko potilaan päivystyksellistä hoitoa vaatimattomasta vaivasta tai potilaan kuulumisesta toisen sairaalan vastuualueeseen. Kuviossa 11 on esitetty keräysajanjaksona Meilahden sairaalan päivystyspoliklinikalle hakeutuneiden potilaiden määrät.



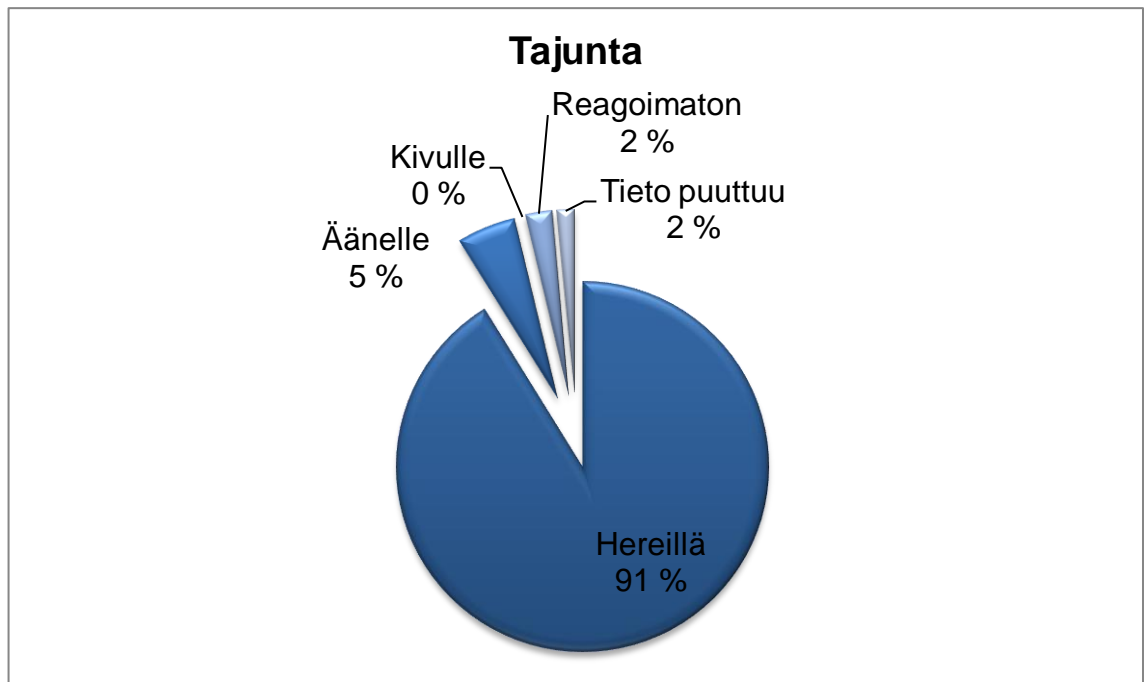
Kuvio 11. Päivystyspoliklinikalle keräysajankohtana hakeutuneet potilaat

Päivystyspoliklinikalle hoitoon otetuista potilaista tiedot saatiin kerättyä kaikista 251 potilaasta. Potilaiden asentoa mittauksien aikana seurattiin, koska asento vaikuttaa FPG:aan. Eniten mittauksia, 144 potilasta (67 %) suoritettiin maaten olevilla potilailla. Puoli-istuvassa asennossa oli 24 potilasta (11 %) ja istuvassa asennossa 38 potilasta (17 %). 10 potilaalta (5 %) asento-kohtaa ei ollut merkitty kaavakkeeseen. Potilaiden mittausasentojen jakautuminen mittauksien aikana on esitetty kuviossa 12.



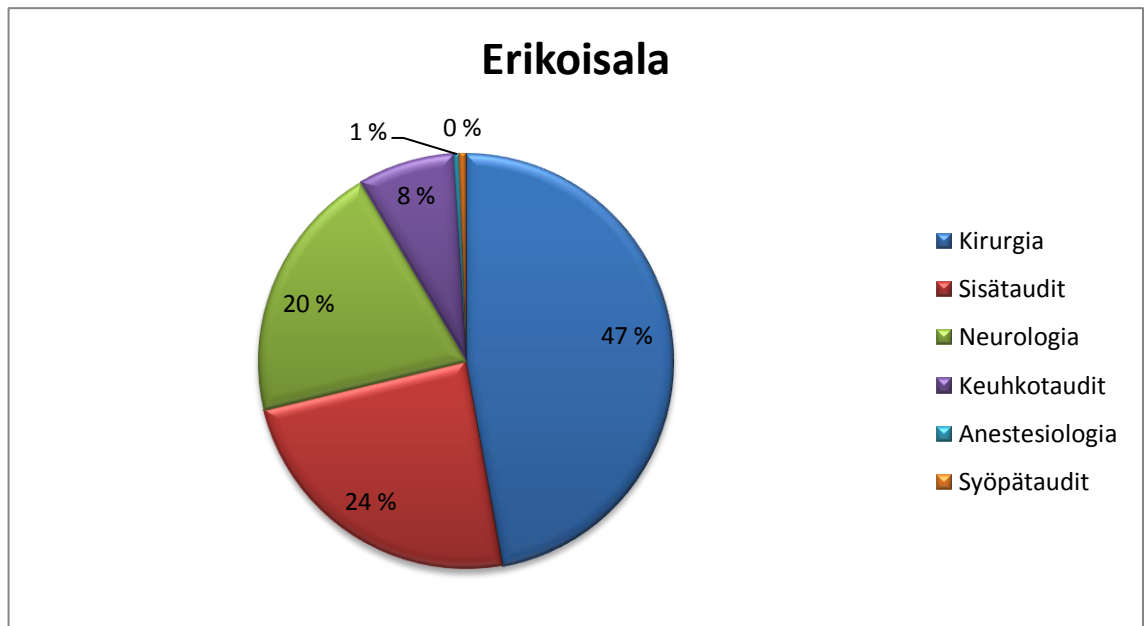
Kuvio 12. Potilaiden mittausasennot mittauksien aikana

Potilaiden tajuntaa mittauksen aikana seurattiin, koska tajunta on yksi osatekijä MEWS-taulukoinnissa ja näin ollen myös yksi osatekijä arvioitaessa potilaan sairauden vakavuutta sekä hoidon tarvetta. AVPU-taulukoinnilla tehdyn tajunnan arvion mukaan hereillä oli mittauksien aikana 197 potilasta (91 %). Äänistimulaatiolle reagoi 11 potilasta (5 %) ja pelkälle kipustimulaatiolle 0 (0 %). Täysin reagoimattomia potilaita oli viisi (n. 2 %). Kolme (n. 2 %) potilaan kaavakkeeseen tajunnantilaa ei ollut merkitty. Kuviossa 13. on esitetty tajunnantasojen jakaantuminen niiden potilaiden välillä, joilta tutkimusmateriaalia kerättiin.



Kuvio 13. Tutkimukseen osallistuneiden potilaiden tajunnantasojen keskinäiset suhteet

Tutkimuspotilaiden, joilta tiedot mitattiin, jatkohoitoon ohjautumista seurattiin LT Nurmen tieteellisen tutkimuksen takia. Tutkimusmateriaalia kerättiin 100:lta (47 %) kirurgiselta potilaalta. Sisätautipotilailta tietoja kerättiin 51 potilaalta (24 %) ja neurologisilta potilailta 43 (20 %). Keuhkotautipotilaita oli 16 (8 %) ja anestesiologisia yksi (0,5 %) potilas. Lisäksi tutkimusmateriaalia kerättiin yhdeltä syöpäpotilaalta (0,5 %). Potilaat jaettiin erikoisaloittain pääasiallisen syyn tai oireen takia. Kuviossa 14 on esitetty potilaiden jakautuminen erikoisaloille.



Kuvio 14. Potilaiden jakautuminen erikoisaloille pääasiallisen erikoisalan perusteella

6.4. Potilasturvallisuus keräyksen aikana, eettiset kannat

Tutkimustyöhömmme liittyvät luvat sekä yhteistyösopimukset hoidimme LT Jouni Nurmen kanssa yhteistyössä. Erityishuomiota eettisiin kysymyksiin toi se aspekti, että kyseiseen tutkimukseen osallistuvat potilaat saattoivat olla kriittisesti sairaita. Tutkimustyön ei tulisi haitata potilaan saamaa hoitoa. Lisäksi kriittisesti sairaita potilaat saattoivat olla tutkimushetkellä kyvyttömiä antamaan omaa suostumustaan tutkimukseen. Kuitenkin he olivat tutkimuksen kannalta tärkeä osa kokonaisuutta ja myös heidän parametrinsa tuli saada mitattua. Tämä muodosti ongelman eettisesti ajateltuna.

Tutkimukselle haettiin tutkimuslupa Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirin (HUS) ohjeistuksen mukaan. Koska tutkimus kuuluu ensihoitolääketieteen alaan, siihen tarvittiin myös HUSin operatiivisen eettisen toimikunnan lupa tehdä tutkimus ilman potilaiden antamaa kirjallista suostumista. Eettisen toimikunnan lupaa haettiin, ja perusteltiin, että tutkimuksessa potilaille ei tehty invasiivisia toimenpiteitä, potilaille ei aiheutettu kipua eikä potilaille tehty sellaisia toimenpiteitä, joita päivystyspoliklinikalla ei ilman tutkimusta tehtäisi. Näiden perusteluiden pohjalta HUSin eettinen toimikunta antoi 26.1.2011 luvan toteuttaa tutkimuksen ilman yksittäisen potilaan antamaa suostumusta.

Tutkimuksessa noudatettiin lakia lääketieteellisestä tutkimuksesta sekä Helsingin julistuksen periaatteita. Tutkimustyössä emme käsitelleet potilaan henkilökohtaisia yksityistietoja ja tutkimusmateriaalin keräys toteutettiin hyviä tutkimustapoja noudattaen. Hoidon tarpeen, jatkuvuuden ja vaikutusten arvioimiseksi potilaiden jatkohoitopaikkojen sekä jatkohoitodiagnoosien tulee olla selvitettävissä. Näiden tietojen saamiseksi potilaiden henkilötiedot merkittiin FPG-tutkimuskaavakkeeseen. Tutkimuskaavakkeesta kerätyt tiedot tallennettiin Excel-taulukoiksi, joihin potilaat merkittiin järjestysnumeroina. Paperiset tutkimuskaavakkeet tuhottiin. Tutkimukseen kerätyt tiedot käsiteltiin luottamuksellisesti ja tutkimusrekisteri luotiin tunnistettomana, jolloin henkilötietolain tarkoittamaa rekisteriä ei syntynyt.

7. Pohdinta

7.1. Tutkimusmateriaalin keräyksen toteuttaminen

Meilahden päivystyspoliklinikalle saapuvien potilaiden vaihtelevuus toi mittaushenkilöstölle haasteita. Potilaiden saapuminen epätasaiseen tahtiin ja monia eri reittejä (itsenäisesti tulleet/ambulanssilla tulleet/osastoilta siirretyt) aiheutti helposti sekaannusta yritettäessä pitää mittausjärjestys ja aikataulu suunnitelman mukaisena. Myös päivystyspoliklinikan sokkeloinen ja melko laaja rakenne sekä potilaiden nopea siirtyminen jatkohoitoon toivat omat lisähaasteensa työskentelyyn. Kaikesta huolimatta toimintasuunnitelmasta pystyttiin pitämään kiinni hyvin. Kaikki saapuneet potilaat saatiin mitattua tunnin kuluessa sisäänkirjaamisesta myös ruuhka-aipeiden aikana. Potilaiden statuksen vaikutus mittaukseen oli vähäinen, eikä mittauksesta jouduttu luopumaan potilaan hoidon takia kuin yhdessä tapauksessa (Kuvio 11).

Mittauksessa käytetty monitori-tietokone-yhdistelmä oli fyysisiltä käyttöominaisuuksiltaan tutkimustilanteeseen sopimaton (Liite 3). Vaikeasti liikuteltava suurikokoinen monitori, liitettynä kannettavaan tietokoneeseen, oli hankala kuljetettava osaston käytävillä, etenkin ruuhka-aipeiden aikaan. Lisäksi laitteisto oli osaksi vanhanaikaista, mikä aiheutti lisäongelmia lähinnä huonojen akkujen takia. Esimerkiksi monitorin akku tyhjentyi nopeasti ilman jatkuvaa latausta. Tämän vuoksi monitori täytyi kiinnittää verkkovirtaan lähes jokaisen

potilaan kohdalla, jolloin itse mittaustilanne pidentyi ajallisesti ylimääräisten työvaiheiden vuoksi. Kaiken kaikkiaan laitteisto toimi kuitenkin ikäänsä nähden hyvin ja ongelmista selvittiin ilman, että itse tutkimus olisi niistä kärsinyt.

Ohjelmistoltaan tutkimuslaitteet (monitori ja tietokone) olivat tutkimukseen sopivia. Monitorin keräämä data siirtyi pääosin vaivatta tietokoneen ohjelmiston käsiteltäväksi, jolloin mittaajien ei tarvinnut juurikaan huolehtia laitteiston teknisestä toimivuudesta. Tietokoneohjelma jumiutui kolmen vuorokauden yhtäjaksoisen mittauksen aikana neljä kertaa. Ohjelman jumiutuminen aiheutti muutaman minuutin katkoksen materiaalikeräykseen. Kuitenkin pitemmiltä katkoksilta vältyttiin ohjelman helpon ja nopean uudelleenkäynnistämisen vuoksi. Lisäksi olimme varautuneet tietokoneohjelmiston kaatumiseen etukäteen, joten osasimme toimia oikein tietokoneyhteyden katketessa. Tämä ennalta varautuminen nopeutti keräystoiminnan jatkamista sekä esti tiedonkeruujakson katkeamisen. Yhtään potilasta ei jäänyt tutkimuksen ulkopuolelle laitteistosta johtuvista syistä (Kuvio 11).

Tutkimuksen keräysosion aikataulu oli tiivis. Mittaajilla oli vain vähän aikaa käytettävänä mittauslaitteiston ja –ohjelmiston toimintojen opetteluun. Mittaajat saapuivat Meilahden päivystyspoliklinikalle 13.6.2011 kello 16.00. Kello 17.00 tarvittavat laitteet oli kerätty kokoon ja aloitettiin perehdytys. Perehdytys kesti kaikkiaan noin tunnin. Perehdytys tuntuikin aluksi hieman suppealta ottaen huomioon tutkimustilanteen helpon haavoittuvuuden mittauslaitteiston toimimattomuuden vuoksi. Ensimmäisen tunnin ajan molemmat mittaajat suorittivat keräystä yhteistyössä. Tällä varmistettiin molempien mittaajien tutustuminen keräyksessä käytettäviin laitteisiin päiväsaikaan ja samalla ensimmäisen vuoronvaihdon sujuvuus. Yhteisellä aloittamisella luotiin lisäksi yhtenäinen mittaustapa, jolla vähensimme keräyksen aikaisia tuloksiin vaikuttavia mittauspoikkeamia.

Kolmen vuorokauden yhtäjaksoinen työskentely oli sekä fyysisesti että henkisesti haastavaa. Kahdentoista tunnin työskentelyä seurasi kahdentoista tunnin lepotauko, jolloin mittaajalla oli aikaa ladata omia akkujaan seuraavaa vuoroa varten. Potilaiden saapuminen ryppäissä tiettyihin kellonaikoihin teki työstä entistäkin uuvuttavampaa. Myös vuorojen jako toi omat haasteensa

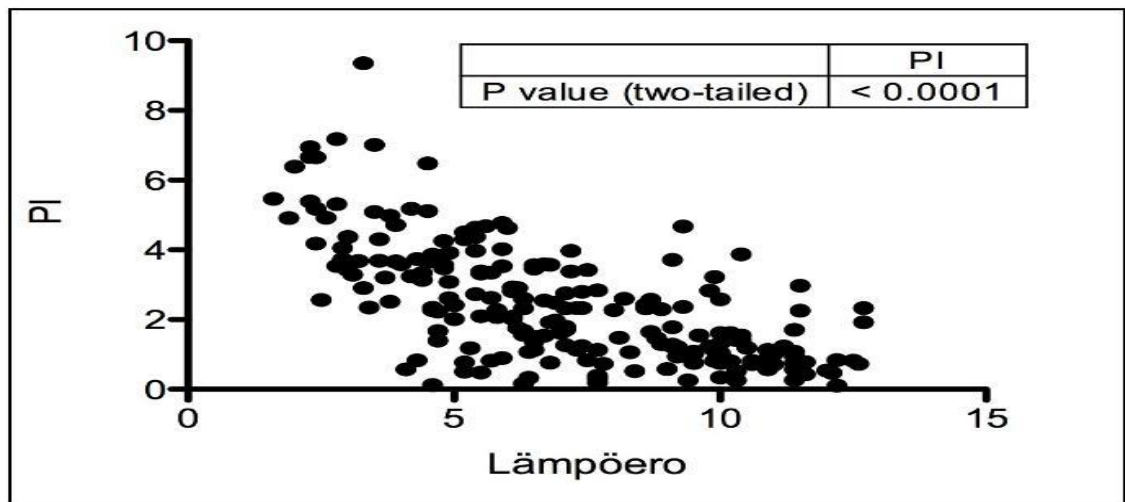
molempien mittaajien työskentelyyn. Yöaikaan potilaita tuli vähemmän, mutta mittaajan täytyi kuitenkin valvoa tilannetta taukoamatta. Päivävuorossa taas yönsä sai nukkua rauhassa, mutta potilaita riitti mitattavaksi sitäkin enemmän. Oikein jaksotetut tauot toivat helpotusta rankkoihin vuoroihin. Työn uuvuttavuudesta huolimatta laatu tai mittaustulosten luotettavuus ei saatujen tuloksien perusteella kärsinyt missään vaiheessa. Kaikki potilaat mitattiin samalla tavalla alusta loppuun asti. Yhtään potilasta ei jäänyt tutkimuksen ulkopuolelle henkilöstöstä johtuvista syistä (Kuvio 11).

Pieniä teknisiä hidasteita lukuun ottamatta mittaus sujui suunnitelmien mukaan. Jakson aikana saimme kerättyä luotettavaa dataa potilaiden pletysmografiakäyristä ja vitaalielintoiminnoista. Tutkimusta varten laadittu kaavake toimi odotetusti ongelmitta.

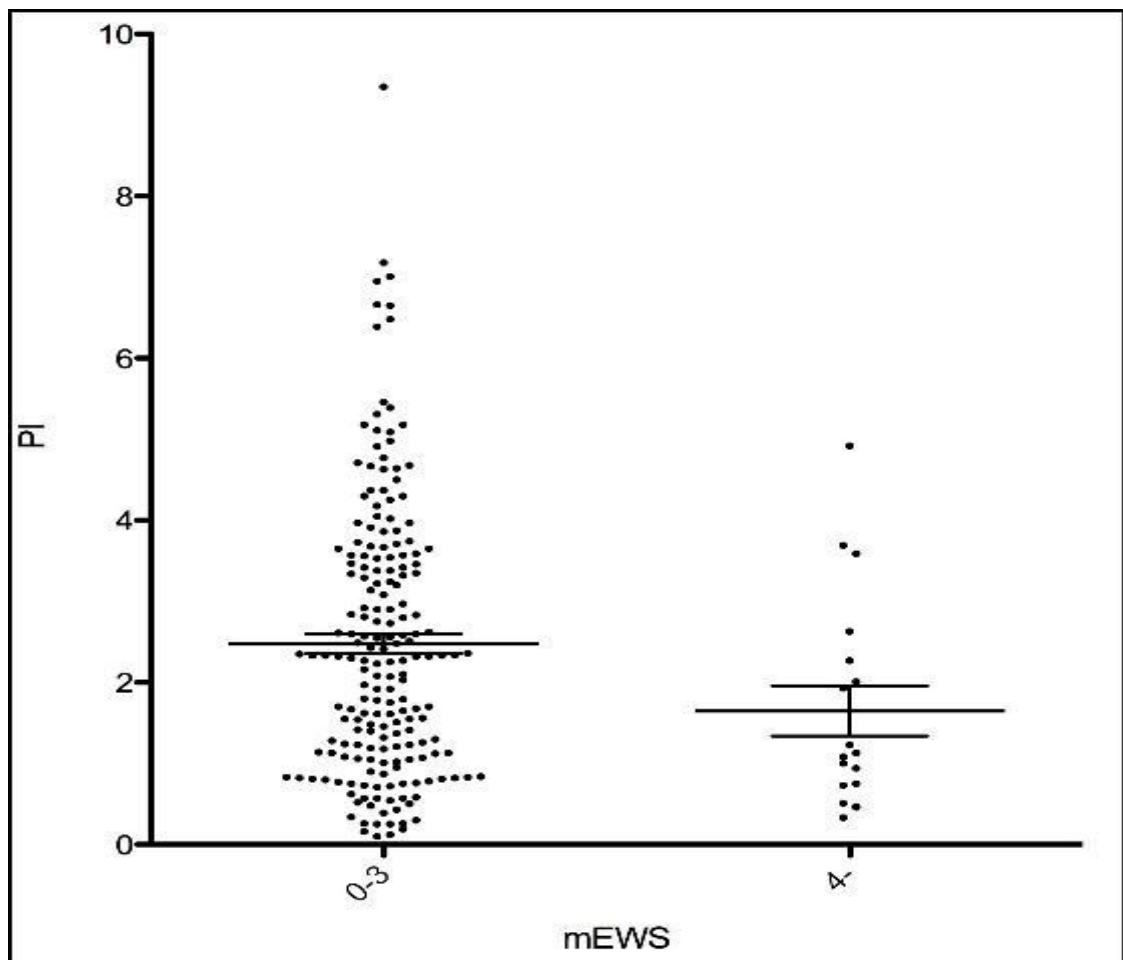
7.2. Saatu palaute

Minuutin mittausjakso osoittautui tuloksia analysoitaessa hieman liian lyhyeksi. Monen potilaan kohdalla käyrään oli mittaushetkellä tullut jokin häiriö, eikä häiriötöntä osuutta potilaan käyrästä näin ollen saatu.

Alustavien analyysien mukaan perfuusiaindeksi korreloi vahvasti tärykalvo-sormilämpöeron kanssa (Kuvio 15). Lisäksi perinteisen vitaalielintoimintoihin perustuvan pisteytyksen (MEWS) mukaan vaikeammin sairailta potilailla perfuusiaindeksi on selvästi madaltunut (Kuvio 16).



Kuvio 15. Tutkimuspotilaista mitattujen korva-sormilämpöerojen ja perfuusioiden välinen suhde



Kuvio 16. Tutkimuspotilaista tallennettujen perfuusioiden ja potilaiden vitaaliarvoista yhteen laskettujen MEWS-pisteiden verrannollisuus

8. Yhteenveto

Fotopletysmografian keräämiseen tarvittava välineistö on ollut jo pitkään olemassa. Normaaliin happisaturaatiomittariin liitettävä ohjelmisto mahdollistaa FPG-käyrän seuraamisen ja analysoimisen. Silti FPG-käyrän ja sen ominaisuuksien käyttöaiheiden tutkiminen potilaan tilan tunnistamisessa on ollut verrattain vähäistä. Onnekkaina pääsimme osallistumaan merkittävään tutkimustyöhön, jonka tarkoituksena on edistää tämän laitteen kehitystyötä sekä tehdä lisäselvityksiä sen käytettävyydestä potilaiden luokittelussa. Tutkimusmateriaalin kerääminen ja tutkimustyöhön osallistuminen kartutti merkittävästi tietämystämme erilaisista keinoista arvioida potilaan tilan muutoksia. Työ lisäsi myös tietämystämme tieteellisen tutkimuksen tekemisestä ja sen eri vaiheista. Fotopletysmografia ja sen osa-alueet, etenkin perfuusiaindeksin käyttömahdollisuudet, ovat loistavia jatkotutkimusaiheita haasteellisesta ja palkitsevasta tutkimustyöstä kiinnostuneille.

Kuviot

Kuvio 1. Sydämen minuuttitulavuus ja hapentarjonta, s. 7

Kuvio 2. Hapentarjontaan vaikuttavat tekijät, s.8

Kuvio 3. Normoverenpaineisen aikuisen invasiivisesti mitattu valtimoverenpaineen aaltomuoto, sekä aaltomuodon osatekijät esitettynä valvontamonitorin näytöllä, s. 13

Kuvio 4. Hengityksen säätely esitetty yksinkertaistettuna kaaviona, s. 15

Kuvio 5. Keuhkojen keskimääräinen vitaalikapasiteetti terveellä nuorella miehellä, s.16

Kuvio 6. Hemoglobiinin sigmoidaalinen dissosiaatiokäyrä, s. 17

Kuvio 7. Aikuisilla käytettävä Glasgow Coma scale, s. 21

Kuvio 8. EWS- pisteytystaulukko, s. 23

Kuvio 9. Todennäköisyys kuolemanriskiin verrattaessa 0 EWS-pisteeseen, s. 23

Kuvio 10. Fotopletysmografian muodostavat komponentit, s. 25

Kuvio 11. Päivystyspoliklinikalle hakeutuneiden potilaiden sijoittuminen tutkimukseen, s. 34

Kuvio 12. Potilaiden mittausasennot mittauksien aikana, s. 34

Kuvio 13. Tutkimukseen osallistuneiden ja tietoja kerättyjen potilaiden tajunnantasojen keskinäiset suhteet, s. 35

Kuvio 14. Potilaiden jakautuminen erikoisaloittain pääasiallisen erikoisalan perusteella, s. 36

Kuvio 15. Tutkimuspotilaista mitattujen korva-sormilämpöerojen sekä perfuusioindeksien välinen suhde, s. 41

Kuvio 16. Tutkimuspotilaista tallennettujen perfuusioindeksien sekä potilaiden vitaaliarvoista yhteen laskettujen MEWS-pisteiden verrannollisuus, s. 41

Lähteet

Aittomäki, J., & Salorinne, Y. 2001. Anestesiologinen fysiologia. Teoksessa Alahuhta, S., Kanto, J., Rosenberg, P. & Takala, J.(toim.), Anestesiologia ja tehohoito. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy, 146 - 226.

Alaspää, A. & Holmström, P. 2009. Potilaan tutkiminen. Teoksessa Holmström, P., Kuisma, M. & Porthan, K. (toim.) Ensihoito. Helsinki: Tammi, 63 - 102.

Allen, J. 2007. Photoplethysmography and its application in clinical physiological measurement. *Physiological Measurement* 28 (3), 1 - 39.

AnaesthesiaUK 2011. Cardiac output – definition.
<http://www.frca.co.uk/article.aspx?articleid=249> (Luettu: 24.8.2011)

Armagan, E., Yilmaz, Y., Olmez, O. F., Simsek, G. & Gul, C. B. 2008. Predictive value of the modified Early Warning Score in a Turkish emergency department. *European Journal Of Emergency Medicine* 2008 (15), 338 - 340.

Bjålie, J. G., Haug, E., Sand, O., Sjaastad, Ø. V. & Toverud, K. C. 2005. Hengityselimistö. Teoksessa Bjålie, J. G., Haug, E., Sand, O., Sjaastad, Ø. V. & Toverud, K. C. Ihminen fysiologia ja anatomia. Porvoo: WSOY, 299 - 320.

Burch, V. C., Tarr, G. & Morroni, C. 2008. Modified early warning score predicts the need for hospital admission and inhospital mortality. *Emergency Medicine Journal* 25 (10), 674 – 681.

Cannesson, M & Desebbe, O. 2008. Using ventilation-induced plethysmographic variations to optimize patient fluid status. *Current Opinion In Anaesthesiology* 2008 (21), 772 - 778.

Cannesson, M., Desebbe, O., Rosameli, P., Delannoy, B., Robin, J., Bastien, O. & Lehot, J.-J. 2008. Pleth variability index to monitor the respiratory variations in the pulse oximeter plethysmographic waveform amplitude and predict fluid responsiveness in the operating theatre. *British Journal of Anaesthesia* 101 (2), 200 - 206.

Cei, M., Bartolomei, C. & Mumoli, N. 2009. In-hospital mortality and morbidity of elderly medical patients can be predicted at admission by the Modified Early Warning Score: a prospective study. *Int J Clin Pract* 63 (4), 591 - 595.

Delerme, S., Renault, R., Manach, Y. L., Lvovschi, V., Bendahou, B. R. & Ray, P. 2007. Variations in pulse oximetry plethysmographic waveform amplitude induced by passive leg raising in spontaneously breathing volunteers. *The American journal of emergency medicine* 25 (6), 637 - 642.

DeVita, M. A., Smith, G. B., Adam, S. K., Adams-Pizarro, I., Buist, M., Bellomo, R., Bonello, R., Cerchiari, E., Farlow, B., Goldsmith, D., Haskell, H., Hillman, K., Howell, M., Hravnak, M., Hunt, E. A., Hvarfner, A., Kellet, J., Lighthall, G. K., Lippert, A., Lippert, F. K., Mahroof, R., Myers, J. S., Rosen, M., Reynolds, S., Rotondi, A., Rubulotta, F. & Winters, B. 2010. "Identifying the hospitalised patient in crisis"—A consensus conference on the afferent limb of Rapid Response Systems. *Resuscitation* 2010 (81), 375 - 382.

- Groarke, J. D., Gallger, J., Stack, J., Aftab, A., Dwyer, C., McGovern, R. & Courtney, G. 2008. Use of an admission early warning score to predict patient morbidity and mortality and treatment success. *Emerg Med J* 2008 (25), 803 - 806.
- Guyton, A. C., Hall, J. E. & Belfus, L. (toim.) 2006. *Textbook of Medical Physiology*. 11. painos. Philadelphia, Pennsylvania: Elsevier Saunders. 232 – 247.
- Hager, H., Reddy, D. & Kurz A. 2003. Perfusion Index – A Valuable Tool to Assess Changes in Peripheral Perfusion Caused by Sevoflurane. *Anesthesiology* 2003 (99), 593.
- Heitz, C R., Gaillard, J. P., Blumstein, H., Case, D., Messick, C. & Miller, C. D. 2010. Performance of the maximum modified early warning score to predict the need for higher care utilization among admitted emergency department patients. *J Hosp Med* 5 (1), 46 - 52.
- Hiltunen, E., Holmberg, P., Kaikkonen, M., Lindblom-Ylänne, S., Nienstedt, W. & Tähkiö, R. (toim.) 2004. *Galenos*. 4.-5. painos. Porvoo: WSOY. 382 – 423.
- Hiltunen, E., Holmberg, P., Kaikkonen, M., Lindblom-Ylänne, S., Nienstedt, W. & Tähkiö, R. (toim.) 2005. *Galenos*. 6. uudistettu painos. Porvoo: WSOY. 448 - 450
- Hiltunen, T. 2002. Vammapotilaan kohtaaminen. Teoksessa Castrén, M., Kinnunen, A., Paakkonen, H., Pousi, J., Seppälä, J. & Väisänen, O. *Ensihoidon perusteet*. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy, 581 - 598.
- Kelly, C.A, Upex, A. & Bateman, D.N. 2004. Comparison of consciousness level assessment in the poisoned patient using the alert/verbal/painful/unresponsive scale and the Glasgow Coma Scale. *Annals of Emergency medicine* 44 (2), 108 - 120.
- Kivelä, T., Haarala, R., Jansson, M., Kontula, K., Maamies, S., Saano, V., Sariola, H., Teppo, L., Wahlberg, P. & Nienstedt, W. (toim.) 2007. *Lääketieteen termit*. 5. painos. Porvoo: WS Bookwell.
- Lima, A. P., Beelen, P. & Bakker, J. 2002. Use of a peripheral perfusion index derived from the pulse oximetry signal as a noninvasive indicator of perfusion. *Crit Care Med* 30 (6), 1210 – 1213.
- Lund, V. 2005. Akuutisti kriittisesti sairaan leikkauspotilaan preoperatiivinen optimointi – mikä on riittävää?
http://www.finnanest.fi/files/oper_lund.pdf (Luettu 17.5.2010)
- McNarry, A. F. & Goldhill, D. R. 2003. Simple bedside assessment of level of consciousness: comparison of two simple assesment scales with the Glasgow Coma scale. *Anaesthesia* 2004 (59), 34 - 37.
- Puolakka, J. 2009. Ensihoidon toimenpiteet ja potilaan tilan seuranta. Teoksessa Holmström, P., Kuisma, M. & Porthan, K. (toim.) *Ensihoito*. Helsinki: Tammi, 114 - 148.
- Reitala, J. 2002a. Hengitysvaikeus. Teoksessa Castrén, M., Kinnunen, A., Paakkonen, H., Pousi, J., Seppälä, J. & Väisänen, O. *Ensihoidon perusteet*. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy, 353 - 380.

Reitala, J. 2002b. Potilaan kohtaaminen ja tilan arviointi. Teoksessa Castrén, M., Kinnunen, A., Paakkonen, H., Pousi, J., Seppälä, J. & Väisänen, O. Ensihoidon perusteet. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy, 173 - 198.

Shelley, K. 2007. Photoplethysmography: Beyond the Calculation of Arterial Oxygen Saturation and Heart Rate. *Anesth Analg* 105 (6), 31 - 36.

Väisänen, O. 2009. LT, anesthesiologian erikoislääkäri, ensihoitolääketieteen ja lääkärikouluttajan erityispätevyys, yliopettaja, lääketieteellinen johtaja, Arcada. Traumatologian luento. Saimaan ammattikorkeakoulu 11.12.2009.

FPG-TUTKIMUSKAAVAKE

1. Nimi: _____	6. Tutkimusnumero _____
2. Sotu: _____	7. Syy poisjääntiin:
3. Tuntematon <input type="checkbox"/>	7.1. Potilaan hoitaminen <input type="checkbox"/>
4. Saapumispäivämäärä: _____	7.2. Ei tavoitettu potilasta <input type="checkbox"/>
5. Saapumiskellonaika: _____	7.3. Laitteistovika <input type="checkbox"/>
	7.4. Tutkijasta johtuva <input type="checkbox"/>
	7.5. Muu <input type="checkbox"/>

8. Asento:
8.1. Maaten <input type="checkbox"/> 8.2. Puoli-istuva <input type="checkbox"/> 8.3. Istuva <input type="checkbox"/>

9. Lämpö:
9.1. Korva _____ 9.2. Sormi _____

10. Kapillaaritäyttö:
10.1. alle 2 sekuntia <input type="checkbox"/> 10.2. yli 2 sekuntia <input type="checkbox"/>

11. Vitaalit:	11.5. Tajunta
11.1. RR 1. _____ / _____ 2. _____	11.5.1. Hereillä <input type="checkbox"/>
11.2. Pulssi _____	11.5.2. Herää äänelle <input type="checkbox"/>
11.3. SpO2 _____	11.5.3. Herää kivulle <input type="checkbox"/>
11.4. HT _____	11.5.4. Ei heräteltävissä <input type="checkbox"/>

12. Lääkitys:	
12.1. Adrenaliini _____	1. Infuusio menossa
12.2. Noradrenaliini _____	2. Infuusio lopetettu < 15 min
12.3. Dopamiini _____	3. Bolus annettu < 15 min
12.4. Dobutamiini _____	
12.5. Nitro _____	
12.6. Efedriini _____	
12.7. Muu, mikä? _____	



