

Saimaan ammattikorkeakoulu  
Sosiaali- ja terveysala, Lappeenranta  
Ensihoidon koulutusohjelma

Tuomas Harjula  
Tuukka Toivonen

## **Ultraäänen käyttökoulutuksen järjestäminen Eksoten ensihoidon kenttäjohtajille**

Opinnäytetyö 2015

## **Tiivistelmä**

Tuomas Harjula & Tuukka Toivonen

Ultraäänien käyttökoulutuksen järjestäminen Eksoten ensihoidon kenttäjohtajille,  
52 sivua, 3 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu

Sosiaali- ja terveysala, Lappeenranta

Ensihoidon koulutusohjelma

Opinnäytetyö 2015

Ohjaajat: lehtori Simo Saikko, Saimaan ammattikorkeakoulu, ensihoidon  
kenttäjohtaja Kimmo Kiljunen, Etelä-Karjalan sosiaali- ja terveystieteiden

Tässä toiminnallisessa opinnäytetyössä tarkoituksena oli suunnitella, koota ja järjestää ultraäänien käyttökoulutus ensihoidon kenttäjohtajille Etelä-Karjalan sosiaali- ja terveystieteiden alueella. Koulutuksen tavoitteena oli opettaa kohderyhmälle ultraäänien toimintaperiaate, ultraäänilaitteen peruskäyttö sekä sydämen ja keuhkojen sovellettu ultraäänitutkimus PAUSE-protokollaa mukailien. Koulutuksen jälkeen kohderyhmällä tuli olla perustaidot ultraäänien hyödyntämiseen päivittäistyössään sekä valmius kouluttaa vastaava osaamistaso oman työpaikkansa henkilöstölle.

Opinnäytetyön teoriapohja koottiin perehtymällä ultraäänien käyttöön ensihoidossa ulkomailla ja Suomessa. Teoriapohja rakennettiin tutkimustiedon lisäksi ultraääntä päivittäin työssään käyttävien asiantuntijoiden vapailla haastatteluilla. Koulutuspaketti koottiin kerättyä tietoa sekä asiantuntijalääkäriin, anesthesiologian ja tehohoidon erikoislääkäri Susanne Ångerman-Haasmaa, ammattitaitoa hyödyntäen, ja valmis koulutus järjestettiin syksyllä 2014 Lappeenrannassa.

Saadut oppimistulokset olivat pääosin samansuuntaisia aiempien aihetta käsitelleiden tutkimusten kanssa, ja kohderyhmä koki annettujen oppimistavoitteiden täyttyneen. Valmis koulutuspaketti luovutettiin koulutuksen jälkeen Eksoten ensihoidon käyttöön, ja ensihoidon kenttäjohtajat jatkavat henkilöstönsä kouluttamista työn pohjalta.

Jatkotutkimuksissa olisi aiheellista selvittää ultraäänien käytön yleistymistä ensihoidossa kansainvälisesti ja Suomessa, seurata ultraäänien käyttöä Etelä-Karjalan alueen ensihoidossa ja syventää jo koulutetun henkilöstön osaamista uusilla tutkimusikkunoilla tai –aiheilla. Perusteltua olisi myös tutkia opinnäytetyön pohjalta koulutetun henkilöstön osaamisen säilymistä.

Asiasanat: ultraääni, koulutus, ensihoito

## **Abstract**

Tuomas Harjula & Tuukka Toivonen

Entry-level Ultrasound Training for EMS Supervisors in the South Karelia, 52 pages, 3 appendices

Saimaa University of Applied Sciences

The Unit of Healthcare and Social Services, Lappeenranta

Degree Programme in Paramedic Nursing

Bachelor's Thesis 2015

Instructors: Mr Simo Saikko, lecturer, Saimaa University of Applied Sciences, Mr Kimmo Kiljunen, EMS Supervisor, South Karelia Social and Health Care District

The objective of this practical thesis was to plan, compose and organize an entry-level ultrasound training for EMS supervisors in South Karelia. The aim was to teach the basics of ultrasound functionality, use in medicine, practicality in out-of-hospital care and how to perform the PAUSE-protocol. After the training the audience should possess the necessary skills to utilize ultrasound examinations at work and to teach the same basic level of knowledge to other paramedics.

The theory to this thesis was collected by familiarizing the authors with the use of ultrasound in emergency medical services. Along with knowledge gathered from mostly English language literature and research, the authors consulted Finnish medical experts who use ultrasound in their work. Using this theoretical background and the practical advice of anaesthetist Susanne Ångerman-Haasmaa (M.D., HEMS physician), the authors collated a one-day training course which was held in Lappeenranta, Finland in the autumn of 2014.

Evidence gathered from the training course followed mainly along the lines of prior research into the subject. The target audience found that the training goals had been achieved and are now utilizing the training course composed in this thesis to educate other paramedics in South Karelia.

Keywords: ultrasound, training, EMS, paramedic

## Sisältö

1 Johdanto .....	5
2 Opinnäytetyön tarkoitus, tavoitteet ja tutkimuskysymykset .....	6
3 Ultraääni.....	7
3.1 Ultraäänitutkimus ja käyttöindikaatiot ensihoidossa.....	7
3.2 Äänen fysikaaliset ominaisuudet ja kuvantamisen toimintaperiaate .....	7
3.3 Ultraäänikuvan muodostuminen ja erotuskyky .....	8
3.4 Kuvavirheet .....	10
4 Ultraäänikuvantaminen lääketieteessä .....	10
4.1 Anturityypit.....	11
4.2 Anturin valinta ensihoidossa.....	12
4.3 Kuvausmoodit.....	12
4.4 Ultraäänikuvantamisen vahvuudet ja heikkoudet .....	13
5 Ultraäänikuvantaminen ensihoidossa .....	14
5.1 Käyttöindikaatiot .....	14
5.2 Tutkimusprotokollat .....	16
5.3 Eri tilanteiden tunnistaminen .....	19
5.3.1 Verenvuodot .....	19
5.3.2 Ilmarinta .....	20
5.3.3 Ultraäänitutkimuksen vaikutus vammapotilaan hoitolinjaan.....	21
5.3.4 Ultraäänitutkimus monipotilas- ja suuronnettomuustilanteissa.....	22
5.4 Sydämen pumppaustoiminta .....	23
5.5 Muut tärkeiden elintoimintojen tutkimukset.....	24
5.6 Ultraäänitutkimuksen käyttökelpoisuus.....	26
5.7 Ajankäyttö.....	27
6 Ultraäänen käytön kouluttaminen ensihoitajille .....	30
6.1 Koulutuksen tehokkuus tutkimusten valossa .....	30
6.2 Osaamisen säilyminen .....	32
6.3 Taitotason ylläpitäminen.....	33
7 Opinnäytetyön toteuttaminen .....	33
7.1 Yhteistyötahot.....	34
7.2 Kohderyhmä .....	34
7.3 Aikataulu.....	35
7.4 Koulutuksen toteutus .....	35
7.4.1 Ultraäänen teorian opettaminen.....	38
7.4.2 Keuhkojen ja sydämen anatomian ja fysiologian kertaus.....	39
7.4.3 Ultraäänilaitteen käytön opettaminen.....	41
7.4.4 Tutkimusikkunoiden valinta ja niiden opettaminen .....	41
7.4.5 Osaamisen varmistaminen .....	43
8 Yhteenvedo ja pohdinta .....	45
Kuvat.....	49
Lähteet.....	50

### Liitteet

- Liite 1 Ennakkopaketti
- Liite 2 Vastausmoniste
- Liite 3 Vastausavain

# 1 Johdanto

Tämän toiminnallisen opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella ja järjestää ensihoitokäyttöön suunnatun ultraäänilaitteen kompakti käyttökoulutus Etelä-Karjalan sosiaali- ja terveystieteiden (Eksote) ensihoidon kenttäjohtajille. Ultraäänen käyttö kuuluu suomalaisessa ensihoidossa pääasiassa lääkäriyksiköille, mutta ulkomailla on tutkittu myös ensihoitajien suorittamaa ultraäänitutkimusta (Chin, Chan, Mortazavi, Anderson, Kahn, Summers & Fox 2013, 142). Opinnäytetyö on ajankohtainen, koska kiinnostus ultraäänen käyttöön ensihoidossa on maailmanlaajuisesti kasvussa, mutta kotimaisia tutkimuksia ja käyttökokemuksia aiheesta on toistaiseksi hyvin rajallisesti. Työ on tarkoitettu lähtökohtaisesti ensihoidon ja lääketieteen ammattilaisille, joten kaikkia käytettyjä termejä ei selitetä.

Koulutuksen kohderyhmän muodostavat Eksoten ensihoidon kenttäjohtajat. Järjestettävän koulutuksen tarkoituksena on luoda kenttäjohtajille valmiudet kannettavan ultraäänilaitteen käyttöön operatiivisessa toiminnassa. Valmis koulutuspaketti luovutetaan koulutuksen jälkeen Eksoten ensihoidolle, sen pohjalta kenttäjohtajat osaavat tehdä rajatun ultraäänitutkimuksen tekemiseen kentällä sekä heillä on mahdollisuus kouluttaa muuta henkilöstöä laitteen käyttöön.

Opinnäytetyöhanke toteutetaan yhteistyössä Saimaan ammattikorkeakoulun, Eksoten ensihoidon sekä ensihoitolääkäri Susanne Ångerman-Haasmaan (HUS ATEK, FinnHEMS 10) kanssa. Opinnäytetyöraportin alussa käsitellään ultraäänen teoriaa, kolmannessa ja neljännessä luvussa on koottuna käyttökoulutuksen vaatima teoriapohja suppean kirjallisuuskatsauksen ja avoimien asiantuntijahaastatteluiden pohjalta. Luvusta viisi eteenpäin käsitellään varsinaista toteuttamista, jonka jälkeen työ loppuu yhteenvetoon ja tekijöiden omaan pohdintaan.

## **2 Opinnäytetyön tarkoitus, tavoitteet ja tutkimustehtävät**

Opinnäytetyön tarkoituksena on kerätä tietoa ultraäänen käytöstä ensihoidossa Suomessa ja maailmalla sekä saadun tiedon pohjalta suunnitella ja toteuttaa ultraäänen käyttökoulutus Eksoten ensihoidon kenttäjohtajille. Itse koulutuspaketti liitteineen jää Eksoten käyttöön, ja sen pohjalta ensihoidon kenttäjohtajat vastaavat henkilöstön jatkokoulutuksesta.

Ultraäänilaitteet ovat kehittyneet ja pienentyneet viime vuosina ja tutkimusten mukaan ultraäänen käyttöön ei tarvita lääkärin koulutusta, kun kysymyksenasettelu pidetään yksinkertaisena (Ångerman-Haasmaa 2014). Opinnäytetyön tavoitteena onkin perehdyttää Eksoten ensihoidon kenttäjohtajat ultraäänen käyttöön niin hyvin, että ultraäänilaitte voidaan ottaa käyttöön myös operatiivisessa toiminnassa.

Teoriaosiossa asioita käsitellään laajemmin kuin varsinainen koulutus edellyttää, sillä sen katsotaan olevan olennainen ja hyödyllinen myös mahdollisia jatkokoulutuksia ja –tutkimuksia suunniteltaessa sekä toimivan tiivistelmänä asiasta kiinnostuneille.

### **Opinnäytetyön tutkimustehtävät**

1. Selvittää ensihoidossa työskentelevien asiantuntijoiden (ensihoitolääkärit ja kenttäjohtajat) näkemyksiä ultraäänen käyttöindikaatioista ensihoidossa
2. Määritellä ultraäänen peruskäyttökoulutukseen soveltuva sisältö asiantuntijalausuntojen pohjalta
3. Suunnitella Eksoten ensihoidon kenttäjohtajille ultraäänen käytön perusteista kattava koulutuspaketti yhteistyössä asiantuntijalääkäriin kanssa
4. Toteuttaa koulutus Eksoten ensihoidon kenttäjohtajille

### **3 Ultraääni**

Ihmiskorvan kuuloalue on 16 Hz - 20 000Hz. Ultraääni on ääntä, jonka taajuus on ihmiskorvan kuuloalueen yläpuolella (yli 20kHz). (Lehto, Havukainen, Leskinen & Luoma 2005, 211.) Lääketieteessä käytetään yleisimmin 1-15MHz:n taajuuksia (Lehto et al. 2005, 221-222). Ultraäänitutkimuksessa kudoksiin heijastetaan ultraääntä ja mittaamalla sen takaisinheijastumista pystytään erottamaan eri kudoksia toisistaan. Ultraäänen johtuminen ilmassa ja luukudoksessa on heikkoa, mikä voi vaikeuttaa kuvantamisen toteutusta. (Holmström 2013, 174-176.)

#### **3.1 Ultraäänitutkimus ja käyttöindikaatiot ensihoidossa**

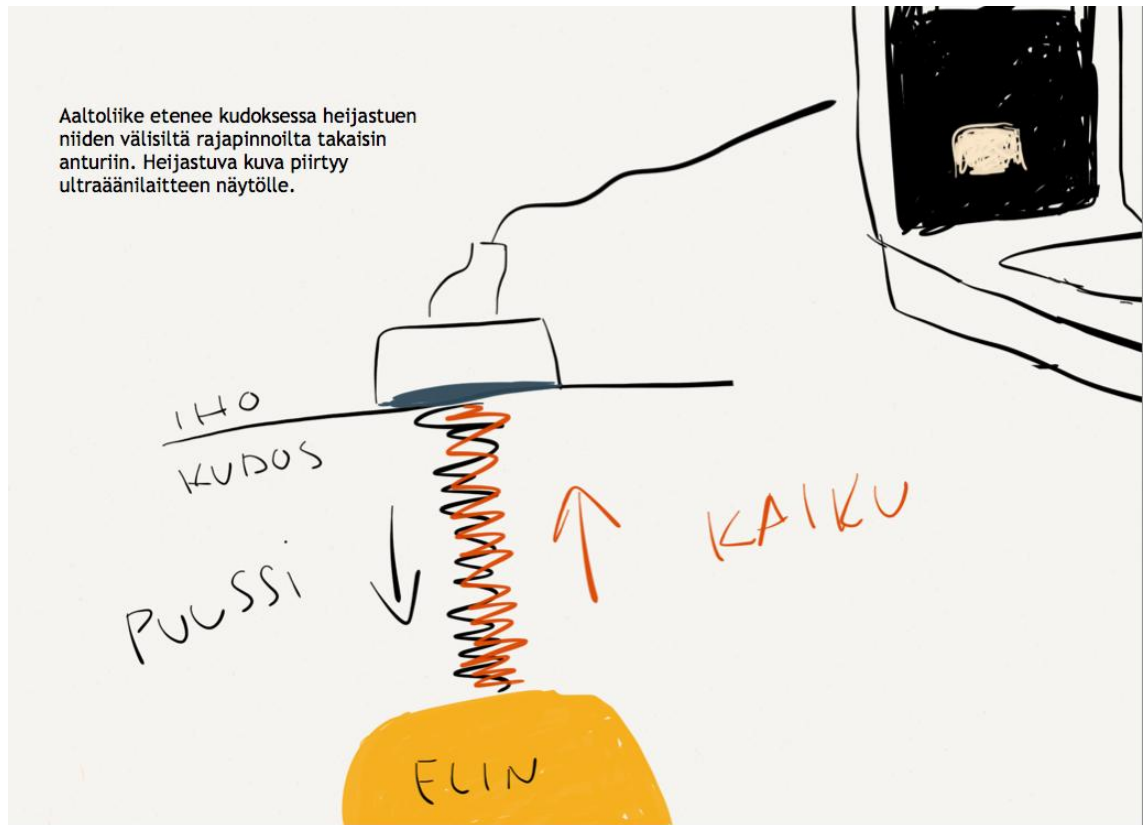
Laajan ultraäänitutkimuksen tekeminen vaatii suurta radiologista osaamista. Ensihoidossa käytetäänkin kohdennettuja, usein protokollaan perustuvia ultraäänitutkimuksia, joiden avulla voidaan tutkia mm. sydämen liikettä ja suuria verisuonia, ruumiinonteloiden vapaata nestettä, keuhkoja sekä obstetrisia tilanteita. Varsinaisten tutkimusten lisäksi ultraäänellä voidaan varmistaa myös tiettyjen toimenpiteiden, kuten suonen kanyloinnin ja intubaation, onnistuminen. (Holmström 2013, 182-183.) Ultraäänen käyttöä ensihoidossa käsitellään tarkemmin luvussa 5.

#### **3.2 Äänen fysikaaliset ominaisuudet ja kuvantamisen toimintaperiaate**

Ääni on mekaanista aaltoliikettä, joka voi edetä vain väliaineessa. Ääni etenee kaasuissa ja nesteissä pitkittäisenä aaltoliikkeenä, mutta kiinteässä aineessa aaltoliike voi olla myös poikittaista. Äänilähteen synnyttämä värähtely aiheuttaa aaltoliikkeen, mikä johtaa ilmanpaineen vaihteluihin, jotka ihminen aistii äänenä. Äänen taajuus (f) ilmoitetaan hertseinä (Hz), ja se kertoo värähtelyjen lukumäärän sekunnissa. Ihminen pystyy äänihuuliensa avulla tuottamaan ääntä, joka on taajuudeltaan noin 85 – 1100Hz. (Lehto et al. 2005, 192-193.)

Kun ultraäänilaitteen anturissa sijaitsevaan pietsosähköisiin kiteisiin johdetaan sähkövirtaa, ne alkavat värähdellä mekaanisesti tietyllä taajuudella. Anturi voidaan asettaa joko potilaan iholle tai viedä ruumiinonteloon, kuten ruokatorveen. Ihokontaktissa anturi synnyttää paineaallon, joka etenee

syvemmälle kudoksiin. Mekaanisena painevaihteluna etenevä ultraääni heijastuu eri kudosten välisiltä rajapinnoilta takaisin anturille, joka rekisteröi takaisinheijastuvan paineaallon. Heijastuva kuva piirtyy ultraäänilaitteen näytölle. (Jurvelin 2005a, 21-23; Jurvelin 2005b 51-58; Saarakkala 2013a.) Kuvassa 3.1 on esitetty ultraäänen toimintaperiaate yksinkertaisella kuvalla.



Kuva 3.1 Ultraäänen toimintaperiaate

Käytännössä ultraäänilaitte toimii pulssi-kaikutekniikalla, eli se lähettää kerralla useita ultraäänipulsseja, joissa on eri taajuus. Kyseistä tekniikkaa käytettäessä uutta pulssia ei voida lähettää, ennen kuin edellinen on vastaanotettu. (Jurvelin 2005b, 52-53.)

### 3.3 Ultraäänikuvan muodostuminen ja erotuskyky

Eri tekijät vaikuttavat ultraäänilaitteen näytölle muodostuvaan kuvaan. Osa ultraäänipulsseista läpäisee kudoksen, osa heijastuu kohtisuorasti takaisin rajapinnasta (kaiku) ja osa siroaa eli muuttaa suuntaansa. Kudoksen kuvantumiseen vaikuttavat myös kudosten koko ja pinnan tasaisuus. (Jurvelin 2005a, 21-24.)

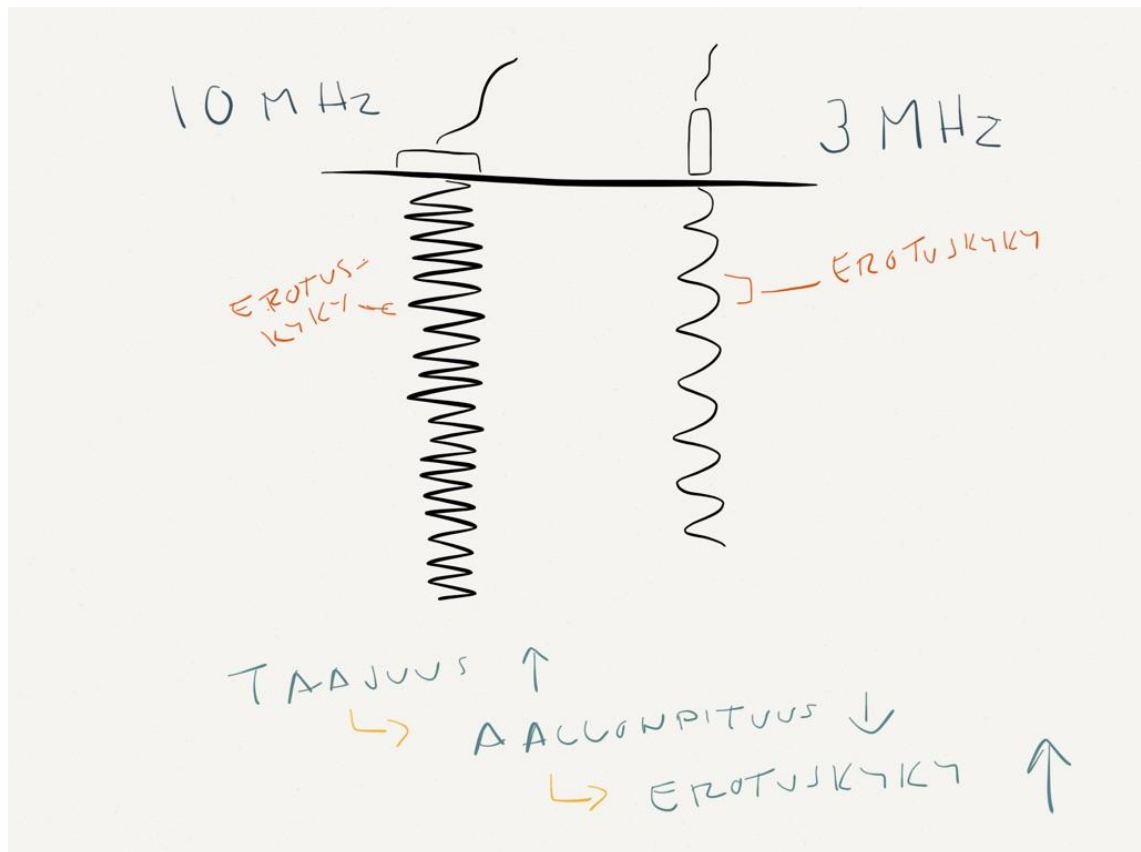


Eri kudoksilla on erisuuruinen akustinen impedanssi ( $Z$ ), joten ne heijastuvat eri tavoin. Aaltovastus eli akustinen impedanssi määritellään seuraavasti:  $Z = v\rho$ , jossa  $v$  = ultraäänen etenemisnopeus väliaineessa ja  $\rho$  = väliaineen tiheys. Jos aineiden akustisten impedanssien ero on suuri, heijastuminenkin on suurta. (Jurvelin 2005a, 22-23.)

Ultraäänen eksponentiaalinen vaimeneminen johtuu sironnasta sekä absorptiosta, kun energia muuttuu lämmöksi. Vaimenemiseen vaikuttaa erityisesti ultraäänen taajuus. (Saarakkala 2013a.)

Ultraäänen erotuskyvyllä tarkoitetaan pienintä etäisyyttä, jolla kaksi kohdetta voidaan nähdä erillisinä. Erotuskykyyn vaikuttaa erityisesti ultraäänen taajuus. Korkea taajuus merkitsee parempaa erotuskykyä, mutta nopeampaa vaimenemista, mikä rajoittaa sen käyttöä syvällä olevien kohteiden tutkimiseen. Usein kuvaustaajuuden suhteen päädytään kompromissiin tunkeutuvuuden ja erotuskyvyn välillä. (Saarakkala 2013a.)

Ultraääntä käytettäessä puhutaan aksiaalisesta eli syvyiserotuskyvystä sekä lateraalista eli sivusuuntaisesta erotuskyvystä. Aksiaalinen erotuskyky määräytyy ultraäänipulssin muodon ja ajallisen pituuden mukaan. Taajuutta kasvattamalla erotuskyky paranee: 2,5MHz:n taajuudella erotuskyky voi olla 0,6mm, kun taas 14MHz:n taajuudella voidaan päästä jopa 0,1mm:n erotuskykyyn. Lateraaliseen erotuskykyyn vaikuttavat anturin läpimitta ja laitteen fokuointiominaisuudet. Yleensä lateraalinen erotuskyky on aksiaalista heikompi. (Jurvelin 2005b, 51-54.) Kuva 3.2 havainnollistaa karkeasti taajuuden ja erotuskyvyn välistä suhdetta.



Kuva 3.2 Taajuuden vaikutus erotuskykyyn

### 3.4 Kuvavirheet

Ultraäänen kulku kudoksessa on monimutkainen prosessi, joten kuvavirheet ovat väistämättömiä. Kuvan tulkittavuuteen vaikuttavat negatiivisesti mm. kuvattavan pinnan epätasaisuus, vinous tai kaarevuus, valekaiut ja –kuvat, moninkertainen heijastelu jne. On mahdollista eliminoida osa virheistä esim. anturia liikuttamalla, mutta virheilmiöt on syytä tuntea parhaiden kliinisten tulosten saamiseksi. (Jurvelin 2005b, 57-58.) Kuvavirheitä voidaan myös hyödyntää tutkimusta tehtäessä (Ångerman-Haasmaa 2014).

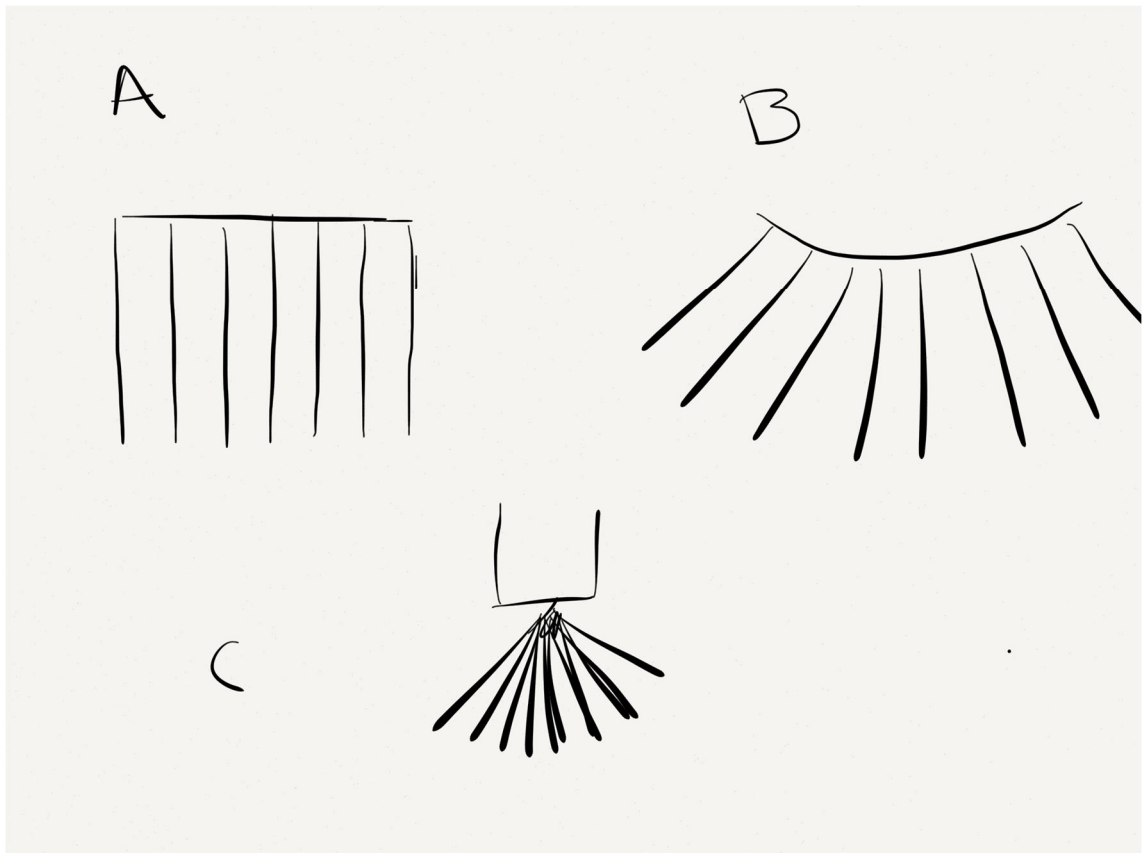
## 4 Ultraäänikuvantaminen lääketieteessä

Ultraäänitutkimus on lääketieteellisesti käyttökelpoinen: se antaa anturin osoittamasta kohdasta reaaliaikaisen läpileikkauskuvan, jonka avulla on mahdollista erottaa eri kudosten rajat. Samalla voidaan tutkia myös kudosten muotoa ja kokoa sekä mahdollisia ylimääräisiä nestekertymiä (veri, askitesneste

jne.). Myös sikiön vointia voidaan seurata ultraäänien avulla. Potilaan kannalta tutkimus on miellyttävä - se on noninvasiivinen ja kivuton eikä aiheuta säderasitusta. Ultraäänitutkimuksella voidaan havainnoida mm. liikettä, virtausta tai toimenpiteessä käytettävän instrumentin kulkua. (Holmström 2013, 174-176, 182-183.)

#### 4.1 Anturityypit

Lääketieteessä käytetään kolmenlaisia ultraääniantureita: lineaari-, sektori- sekä vaiheantureita. Lineaarinen anturi (kuva 4.1 A) antaa tarkasteltavasta kohteesta suorakulmaisen kuvan ja soveltuu esimerkiksi vatsan alueen tutkimuksiin. Sektorianturin (kuva 4.1 B) lähettämän ultraäänipulssin muoto on viuhkamainen ja tuloksena on kuva lineaarisesta anturia laajemmalla alueelta. Myös vaiheanturilla (kuva 4.1 C) saadaan viuhkamainen kuva. Sen ultraäänielementti on pienikokoinen, joten se soveltuu esimerkiksi thoraxin sisällä olevien kudosten kuvantamiseen, kun anturi asetetaan kylkiluiden väliin. (Saarakkala 2013b.)



Kuva 4.1. Anturityypit

## 4.2 Anturin valinta ensihoidossa

Ensihoidossa ja kliinisessä työssä yleensäkin jaottelu eri antureiden välillä on melko karkea. Pääasiassa lineaarianturilla tutkitaan pinnallisia rakenteita (pleura, verisuonet), sektorianturilla vatsaa ja vaiheanturilla sydäntä. (Ångerman-Haasmaa 2014.) Pinnallisia rakenteita tutkittaessa käytetään korkeita taajuuksia ja syvien rakenteiden tutkimisessa tarvitaan matalaa taajuutta ultraäänen vaimenemisen vuoksi (Saarakkala 2013b).

Tässä opinnäytetyössä pääasiallisena laitteena toimii GE Healthcaren valmistama Vscan Dual Probe. Se koostuu lineaarianturista (ns. pinta-anturi, 3,4-8MHz) sekä sektorianturista (1,7-3,8MHz) (GE Vscan Dual Probe 2014). Lisäksi koulutustilaisuudessa käytössä olivat Sonosite S-MSK ja Sonosite NanoMaxx.

## 4.3 Kuvausmoodit

**B-moodikuvaus** on ultraäänikuvantamisen yleisin muoto, joka antaa tarkastelun kohteena olevasta kudoksesta reaaliaikaisen harmaasävyisen läpileikkauksen. Tiheät kudokset näkyvät vaaleana ja nesteet näkyvät lähes mustana. On huomioitava, että esim. luukudos heijastaa kaiken ultraäänen takaisin, joten sen taakse jää katvealue ja ultraäänellä voidaan täten kuvantaa vain luun pinta. (Saarakkala 2013a.)

**M-moodilla** eli liikekuvauksella voidaan tarkastella rajapintojen liikettä hieman pidemmällä aikavälillä. Se soveltuu esimerkiksi sydämen kaikututkimukseen. (Saarakkala 2013a.) Ensihoidossa M-moodia voidaan käyttää mm. ilmarinnan poissulkuun (Ångerman-Haasmaa 2014).

**Dopplerkuvauksella** voidaan tarkastella esimerkiksi veren virtausta. Halutun kohteen virtausnopeudesta ja syvyydestä riippuen voidaan käyttää joko jatkuvaa tai pulssidoppleria. Myös värien käyttö on mahdollista, jolloin virtaus näkyy, sen suunnasta anturiin nähden riippuen, joko punaisena tai sinisenä. Tällöin dopplermoodi on yhdistetty B-moodin antamaan kuvaan. (Saarakkala 2013a.) Dopplerkuvaus on erityisen hyödyllinen, kun tunnistetaan verisuonirakenteita, ja sitä voidaan käyttää apuna esimerkiksi vaikean kanyloinnin yhteydessä (Ångerman-Haasmaa 2014).

#### 4.4 Ultraäänikuvantamisen vahvuudet ja heikkoudet

Ultraäänikuvantamisen ehdottomiin vahvuuksiin voidaan lukea sen liikuteltavuus ja toistettavuus sekä turvallisuus (Lyon, Walton, Bhalla & Shiver 2011, 486). Kannettavat ultraäänilaitteet ovat pienen kokonsa takia helposti vietävissä potilaan luo ja soveltuvat siksi ensihoitoon erityisen hyvin. Ultraäänitutkimuksen on todettu olevan perinteistä stetoskoopilla suoritettavaa auskultaatiota luotettavampi esimerkiksi ilmarinnan diagnosoimiseksi, jos toimintaympäristössä on taustamelua tai tärinää. Ensihoidossa ultraääni on ainoa käytettävissä oleva kuvantamismenetelmä, ja ilmarintaa epäiltäessä sen herkkyyden on todettu joissain tutkimuksissa olevan samaa luokkaa tietokonetomografian kanssa ja röntgenkuvausta parempi. (Lyon, Shiver & Walton 2012, 1577.)

Nykytekniikalla on myös mahdollista tallentaa tutkimuslöydökset laitteen muistiin (Labovitz, Noble, Bierig, Goldstein, Jones, Kort, Porter, Spencer, Tayal & Wei 2010, 1229). Saatuja kuvia ja videoita voidaan tarkastella myöhemmin ja siten seurata hoidon vastetta sekä arvioida potilaan tilaa uudelleen. Kuvia on mahdollista käyttää myös diagnoosin ja osaamisen varmentamisessa sekä koulutusmateriaalina. (Heegaard, Hildebrandt, Spear, Chason, Nelson & Ho 2010, 628-629.) Tulevaisuudessa lienee mahdollista toteuttaa ns. telesonografiaa ja lähettää ultraäänellä saatu kuva tai video suoraan päivystävälle ensihoitolääkärille, samaan tapaan kuin nykyisin EKG-nauhat (Sorsa 2014; Ångerman-Haasmaa 2014).

On olemassa tutkimusnäyttöä siitä, että ultraäänen käyttö sydämen mekaanisen toiminnan toteamiseksi elvytystilanteessa saattaa olla potilaan kliinisen kuvan ja hemodynaamisten mittausarvojen tarkkailua tehokkaampi. Samassa tutkimuksissa todettiin myös, että ultraäänellä on mahdollista löytää elottomuudelle hoidettavissa oleva syy. (Breitkreutz, Walcher, & Seeger 2007, 150.)

Ultraäänen huonot puolet liittyvät pääosin sen käyttäjään. Ultraääntä on käytettävä riittävän usein ja tutkimuksen tekoa on harjoitettava mahdollisimman paljon, jotta turvallinen päätöksenteko kliinisessä tilanteessa on ylipäättään mahdollista ja johtaa oikeaan hoitolinjaan. (Ångerman-Haasmaa 2014.) On myös

huomattava, että patologisen tilan erottaminen ja tunnistaminen yksittäisestä, etukäteen koulutusta varten valitusta hyvälaatuisesta ultraäänikuvasta ei välttämättä tarkoita, sitä että kokematon ultraäänen käyttäjä päätyy itse tekemässään tutkimuksessa samaan diagnoosiin (Chin et al. 2013, 147).

Ensihoidossa joudutaan ajoittain tilanteisiin ja paikkoihin, joissa ultraäänitutkimuksen suorittaminen on haastavaa. Tutkimista voivat haitata mm. suorittajan tai potilaan asento ja mahdollinen immobilisaatio sekä traumapotilailla käytettävät tukemisvälineet. (Hoyer, Vogl, Schiemann, Haug, Stolpe & Michalski 2010, 257.) Ambulanssin hoitotila on ahdas ja vaikeuttaa tutkimista, helikopterista puhumattakaan. Myös suorittajan kätisyys voi hankaloittaa ultraäänen käyttöä. (Sorsa 2014.)

Potilaan fyysiset ominaisuudet voivat myös vaikeuttaa ultraäänitutkimusta etenkin häiritsemällä kuvanmuodostusta. Subkutaaniemfyseema ja obeseetti vaikeuttavat luotettavan näkymän saamista ja siten diagnostiikkaa. (Brun, Bessereau, Chenaitia, Pradel, Deniel, Garbaye, Melaine, Bylicki & Lablanche 2014, 169.)

Ultraäänilaitteita on monenlaisia ja esimerkiksi pimeys tai liiallinen kirkkaus voivat häiritä kuvan tulkintaa. Ennen laitteen hankintaa tulee huomioida mm. hinta, käyttäjien osaaminen, kuvanlaatu ja muut tekniset ominaisuudet ja jossain määrin myös koko. (Labovitz et al 2010, 1228-1229.)

## **5 Ultraäänikuvantaminen ensihoidossa**

Käytettäessä ultraääntä sairaalan ulkopuolella on painotettava tutkimuksia, jotka tukevat diagnoosin tekemistä tai muuttavat potilaalle valittavaa hoitolinjaa. Tutkimuksia voidaan tehdä lukemattomia erilaisia, mutta ensihoidon olosuhteet ja aikakriittisyys huomioiden tutkimuskohteet ja -kysymykset on syytä pitää yksinkertaisina. (Ångerman-Haasmaa 2014.)

### **5.1 Käyttöindikaatiot**

Mahdollisiin ultraäänen käyttöindikaatioihin ensihoidossa lukeutuvat muun muassa

- sydämen pulssitoiminnan määrittäminen
- sydämen tamponaation ja ilmarinnan diagnosointi
- kehonsisäisten nestekertymien määrittäminen
- sikiön elonmerkkien tarkkailu
- invasiivisten toimenpiteiden suorittaminen, esim. syvän suonen kanylointi tai perikardiosenteesi
- syvien laskimotukosten paikantaminen
- keuhkoembolian diagnosointi
- traumapotilailla sovellettavat tutkimusprotokollat kuten PAUSE ja FAST, jotka yhdistävät useamman erillisen tai eri aluetta tarkkailevan tutkimuksen traumapotilaan tilanarvioksi.

(Nurmi 2014.)

Ultraääntä voidaan siis hyödyntää kattavasti ensihoidon pääasiallisten kohderyhmien eli kirurgisten, vammautuneiden, sisätautisten, pediatrien (Hoyer et al. 2010, 254) sekä obstetristen (Mahomed, Nyomi, Mlambo, Jacobus & Kasule 1992, Hoyerin et al. 2010, 254 mukaan) potilaiden hoidossa.

Käyttöindikaatioiden runsaan määrän vuoksi on ensihoidon tehtäväkentällä tarpeellista vertailla tehtävien vaativuutta ja niihin käytettävää aikaa tutkimuksista saatuun hyötyyn (Ångerman-Haasmaa 2014). Tämän vuoksi ensi- ja akuuttihoitossa on perusteltua keskittyä tavoiteorientoituneisiin, kohdennettuihin ultraäänitutkimuksiin esimerkiksi etsittäessä syitä elottomuudelle tai hemodynamiikan romahdukselle (Price, Uddin & Quinn 2007, 211-214). Tutkimuksen tekijän tulee olla tietoinen ultraäänitutkimusten rajoituksista ja käyttää näitä tutkimuksia vain työdiagnoosin tukemiseksi, joten negatiivistenkaan löydösten perusteella ei tule sulkea pois mahdollisia tautitiloja tai vammoja (Hoyer et al. 2010, 256-258). Negatiivisia tutkimuslöydöksiä voidaan kuitenkin hyödyntää invasiivisten toimenpiteiden, kuten neulatorakosenteesin tai pleuradreenin asettamisen, tarpeen poissulkuun tai viivyttämiseen kliinisen tutkimuksen ollessa tähän riittämätön (Lyon et al. 2012, 487). Vaikka asiaa on tutkittu kohtuullisen paljon, ei esimerkiksi vatsaontelon sisäisen vuodon havaitseminen kentällä välttämättä vaikuta potilaan hoitoon (Heegaard et al.

2010, 624-629; Walcher, Weinlich, Conrad, Schweigkofler, Breitzkreutz, Kirschning & Marzi 2005, 238-242).

Toimenpiteiden tukena ultraääntä voidaan käyttää tarpeen mukaan. Ensihoidossa on kuitenkin tarkkaan arvioitava, onko tarkoituksenmukaista suorittaa toimenpide kentällä, vai voiko se odottaa sairaalaan. (Ångerman-Haasmaa 2014.) Toimenpiteissä, joiden onnistuminen on helposti tarkastettavissa ultraäänellä, kuten intubaatioputken (Chun, Kirkpatrick, Sirois, Sargasy, Melton, Hamilton & Dulchavsky 2004, 366-369) tai nenämahaletkun paikan määrittämisessä (Chenaitia, Brun, Querrelou, Leyral, Bessereau, Aimé, Bouaziz, Georges & Louis 2012, 451), on aiheellista arvioida, saavutetaanko ultraääntä hyödyntämällä sen tarkempaa tulosta kuin perinteisillä tavoilla todentaa ko. toimenpiteen onnistuminen (Nurmi 2014).

## 5.2 Tutkimusprotokollat

Ennalta suunnitellut ja harjoitellut tutkimusprotokollat ovat usein hyödyllisiä, koska useasta kuvantamisikkunasta tarkastellen saadaan kattavampi ja tarkempi kuva mahdollisesta löydöksestä (Labovitz et al. 2010, 1225-1229). Seuraavissa kappaleissa on esitelty muutama näistä protokollista, joissa huomattavaa on tutkimuskysymysten asettelun samansuuntaisuus.

**PAUSE eli Prehospital Assessment with Ultrasound for Emergencies** on potilaan tutkimisessa käytetty protokolla, jossa tarkastellaan ilmarinnan olemassaoloa, sydänpussin effuusiota (nestekertymä) ja sydämen pumppaustoimintaa. Kyllä/ei -tyyppiset kysymykset helpottavat diagnostiikkaa, nopeuttavat tutkimuksen suorittamista ja antavat selkeitä viitteitä potilaan vaatimasta hoitolinjasta. PAUSE-protokolla on tarkoitettu kliinistä kuvaa ja perustutkimuksia täydentäväksi, kun potilaalla epäillään mahdollisesti jo sairaalan ulkopuolella hoidettavissa olevia trauma- tai sairaustiloja. (Chin et al. 2013, 142-148.) Tämän opinnäytetyön koulutusosio mukailee PAUSE-protokollaa.

**FAST eli Focused Assesment with Sonography for Trauma –protokolla** on yleinen ja nopea ultraäänitutkimus, joka tarkastelee vatsaontelon vapaan nesteen määrää esimerkiksi rintakehän tai vatsan alueelle vammautuneella



potilaalla. Laajennetussa (extended) eFAST- protokollassa tarkastellaan FAST-protokollassa käytettyjen tutkimusikkunoiden lisäksi keuhkoja ja sydäntä. (Brun et al. 2014, 166-170.)

FAST-tutkimuksen on erillisissä tutkimuksissa todettu saavuttaneen 81,3%:n herkkyuden ja 100%:n tarkkuuden sisäiselle vuodolle helikopterikuljetuksen aikana (Polk, Fallon & Kovach 2001, Nelson & Chason 2008, 255 mukaan) ja 100%:n herkkyuden ja tarkkuuden perikardiaaliselle nesteelle (Heegaard, Plummer & Dries 2004, Nelson & Chason 2008, 255 mukaan). Walcher et al. totesivat herkkyuden olevan 93% ja tarkkuuden 99%, kun koko FAST-tutkimus suoritettiin potilaalle, jolta etsittiin peritoneaalista nestekertymää (Walcher et al. 2005). Koulutetun ja asiaan perehtyneen tutkijan suorittamana on saavutettu 38 potilaan otannassa 90%:n herkkyys ja 96%:n tarkkuus peritoneaalille vuodolle, ilmarinnalle ja perikardiaaliselle nesteelle (Busch 2006, Nelsonin ja Chasonin 2008, 255 mukaan).

Useimmiten FAST-tutkimuksen epäonnistumiseen johtaneen tekijän on todettu olevan saatujen kuvien huono laatu, joka estää diagnostiikan tai kokonaan jostakin ikkunasta puuttuvat kuvat. Eräässä tutkimuksessa näin kävi jopa 48 %:ssa tapauksista. Yleisimmäksi syyksi kuvien huonolle laadulle tai puuttumiselle mainittiin riittämätön aika tutkimuksen suorittamiseen. (Melanson, McCarthy & Stromski 2001, Nelsonin ja Chasonin 2008, 255 mukaan.)

**FOCUS-protokolla (Focused Cardiac Ultrasound)** on FAST-protokollaan joskus sisällytetty yksinkertaistettu sydänkuvantamismalli. Se on nimensä mukaisesti sydämen kohdennettu ultraäänitutkimus. Yhdysvalloissa kehitetty ja käytetty protokolla on tarkoitettu päivystysyksiköiden ja erikoissairaanhoidon käyttöön, mutta soveltuvien osin se voi olla myös ensihoidossa hyödynnettävissä. FOCUS keskittyy kokonaisvaltaisen sydäntutkimuksen sijaan tarkennettuihin tutkimuskysymyksiin, kuten muut edellä mainitut protokollat. FOCUS-protokollassa tarkastellaan perikardiaalista nestekertymää, kammioiden koon suhdetta toisiinsa, sydämen mekaanista ja fysiologista toimintaa sekä potilaan suonensisäistä nestetäyttöä. Näitä tutkitaan useista eri tutkimuksista ja kuvantamisikkunoista saadun tiedon pohjalta, joten tutkimuksen helpottamiseksi ja nopeuttamiseksi FOCUS-protokollasta on poimittu kentällä suoritettavaan

FASTiin ainoastaan sydämen mekaanisen toiminnan ja perikardiaalisen effuusion tarkastelu miekkalisäkkeen alaisesta (ns. subxifoidaalista) ikkunasta. (Labovitz et al. 2010, 1225-1229.)

**PREP-protokolla (Polytrauma Rapid Echo-evaluation Program)**, joka muistuttaa läheisesti FAST-protokollaa, on käytössä FASTin sijaan joissakin ensihoitopalveluissa. PREP-protokollassa tutkitaan viidestä eri tutkimusikkunasta rintakehää, sydäntä, sydänpussia sekä vatsa-aorttaa. Sekä FASTin että PREPin suorittamisen tavoiteaika on alle kolme minuuttia. (Ketelaars, Hoogerwerf & Scheffer 2013, 811-817.)

**FEER-protokolla (Focused Echocardiographic Evaluation in Resuscitation)** on lääketieteen tohtorien Raoul Breikreutzin, Felix Walcherin ja Florian H. Seegerin kehittämä ehdotus yksinkertaistetun FOCUS-tyyppisen ultraäänellä suoritettun sydäntutkimuksen integroimisesta hoitoelvytysprotokollaan. Tavoitteena on PEA- ja pseudo-PEA -potilaiden erotusdiagnostiikan ja syynmukaisen hoidon sisällyttäminen hoitoelvytyskaavaan. Ultraäänellä käytöllä pyritään myös ensihoidon resurssien vapauttamiseen ennusteettomista ja huonon ennusteen tehtävistä muihin tehtäviin tarkoituksenmukaisessa ajassa. Artikkelin mukaan FEER suoritettaisiin PEA- ja asystolepotilaille viiden painallussyklin jälkeen rytmintarkastustauolla ja toistettaisiin tarvittaessa viiden painallussyklin välein, kunnes ultraäänitutkimus onnistuu. (Breikreutz et al. 2007, 150-161.)

**FATE-protokolla (Focus Assessed Transthoracic Echo)**, jonka tanskalaiset tehohoitolääkärit ovat kehittäneet, on tarkoitettu sydämen ja keuhkojen toiminnan tarkasteluun. FATE on hyvin samansuuntainen jo mainittujen tutkimusprotokollien kanssa. FATE-protokollan mukainen tutkimus tarkastelee rintakehää neljästä ultraääni-ikkunasta tutkimuskysymyksinään selkeiden patologisten muutosten poissulku, sydämen seinämien paksuuden, kammioiden kokojen sekä supistuvuuden tarkastelu ja keuhkojen normaalin toiminnan varmistaminen pleuralehtiä visualisoimalla. (Jensen, Sloth, Larsen & Schmidt 2004, 700-707.)

### 5.3 Eri tilanteiden tunnistaminen

Ultraääni on sovellettavissa moneen eri käyttökohteeseen (ks. luku 5.1). On muistettava, että ultraääntä on suositeltavinta käyttää vain diagnoosin tukena, unohtamatta kliinistä arviota ja riittävää anamneesin tekoa (Ångerman-Haasmaa 2014).

#### 5.3.1 Verenvuodot

Myöhään diagnosoidut sisäiset verenvuodot ovat suurin ehkäistävissä oleva kuoleman aiheuttaja traumapotilaiden hoidossa (MacKenzie, Rivara, Jurkovich, Nathens, Frey & Egleston 2006, Brunin et al. 2014, 166 mukaan). Vammautumisen yhteydessä peritoneaalisen tai perikardiaalisen verenvuodon toteaminen on ultraääntä hyödyntäen huomattavasti luotettavampaa kuin kliinisen kuvan ja hemodynaamisten mittausten perusteella (Walcher et al. 2005, 241). Näiden tilojen tarkastelu ultraäänellä on perusteltua, koska jopa vakavasti vammautunut potilas voi primaaritutkimuksessa vaikuttaa kliinisesti stabiililta, eivätkä hänen vitaaliparametrinsa välttämättä paljasta kärsityn vamman laatua (Blaivas, Sierzenski & Theodoro 2002, Jørgensenin, Jensenin & Dirksin 2010, 249 mukaan).

Koska kehittyvä nestekertymä ei välttämättä näy ultraäänitutkimuksessakaan välittömästi trauman jälkeen, on perusteltua toistaa tehty tutkimus esimerkiksi 15 minuutin välein epäiltäessä sisäistä vuotoa (Walcher et al. 2005, 241). Ultraäänitutkimuksen suorittamisesta aikaisessa vaiheessa trauman jälkeen ja sen toistamisen hyödyllisyydestä kuljetuksen aikana on tutkimusnäyttöä. Eräässä rajatussa tutkimuksessa potilaalla tehtiin löydös sisäisestä verenvuodosta kahdessa potilastapauksessa (n=21) kuljetuksen aikana, vaikka kentällä ennen kuljetusta tehty tutkimus ei antanut viitteitä vuodoista. (Brun et al. 2014, 168.)

Sisäisiä vuotoja ultraäänellä arvioitaessa on pidettävä mielessä teknologian aiheuttamat rajoitteet diagnoosin saavuttamiselle. Tällaisina rajoina pidetään 250 millilitraa peritoneaalista nestettä ja 100 millilitraa pleuraeffuusiota. Tutkimuksia tehdessä on siis muistettava pienten ja alkavien vuotojen mahdollisuus, sillä vuodot eivät välttämättä näy välittömästi trauman jälkeen aluetta kuvantaessa. (Brun et al. 2014, 167-170.)

Peritoneaalisen verenvuodon diagnosoimisen on todettu potilaan kliinisen kuvan ja hemodynaamisten mittausten perusteella olevan haasteellista jopa koulutetuille ammattilaisille. Eräässä tutkimuksessa diagnosointi onnistui näillä parametreillä 52%:n tarkkuudella ja 93%:n herkkyydellä ultraäänitutkimuksen tulosten ollessa 99%:n ja 93%:n vastaavassa järjestyksessä. Tässä tutkimuksessa kentällä suoritettu ultraäänitutkimus muutti 42 potilaan (n=202) ensihoidollista hoitolinjaa, pääasiassa vuodon kontrolloimisella nestetäyttöä vähentäen, kun massiiviset pään alueen vammat oli poissuljettu. Ultraäänen voidaan siis todeta vaikuttaneen ao. tutkimuksessa hoitolinjaan 21%:lla tutkimuksen aikana tavatuista potilaista. Ultraäänitutkimus vaikutti 61 potilaalla (30%) tilannejohtajan tekemiin linjauksiin. Todettaessa vuoto kentällä käytettyä aikaa pyrittiin lyhentämään ja puolestaan poissuljetun vuodon tapauksessa esimerkiksi potilaan irrotusta ei ollut tarvetta kiirehtiä, joten se kyettiin tekemään harkitusti ja riskit minimoiden. (Walcher et al. 2005, 238-241.)

### **5.3.2 Ilmarinta**

Ilma- tai veririnnan diagnosoiminen auskultoimalla lävistävissä torakaalialueen vammoissa on herkkyydeltään n. 58% (Chen, Markmann, Kauder & Schwab 1997, Chinin et al. 2013, 143 mukaan), kun taas ultraäänen käyttöön koulutettu ensihoitolääkäri kykenee jopa yli 98 prosentin tarkkuuteen diagnoosissaan ultraääntä hyödyntämällä (Ball, Kirkpatrick & Feliciano 2009 ja Barillari & Fioretti 2010 sekä Mandavia, Hoffner, Mahaney & Henderson 2001, Chinin et al. 2013, 143 mukaan). Diagnosoitaessa ilmarintaa ultraäänen on todettu olevan herkkyydeltään parempi kuin thorax-röntgen ja suurin piirtein yhtä luotettava kuin tietokonetomografia, herkkyydeltään siis 95-100% (Blaivas, Lyon & Duggal 2005 ja Lichtenstein & Menu 1995 sekä Lichtenstein, Mezière, Lascols, Biderman, Courret & Gepner 2005, Lyonin et al. 2012, 486 mukaan).

Hollantilaisen lääkärihelikopterin tekemässä tutkimuksessa paineilmarinnan ultraäänitutkimuksen herkkyydeksi saatiin 39% ja tarkkuudeksi 97%. Tässä tutkimuksessa huomionarvoista on väärin negatiivisten suuri määrä (n=15/59). Näistä 15 tapauksesta myös sairaalassa otettu rintakehän röntgen antoi 12 potilaalle väärän negatiivisen. Väärin negatiivisten tutkimustulosten suurta määrää perusteltiin hyvälaatuisen kuvan saavuttamisen hankaluudella ensihoito-

olosuhteissa. Tällaisiksi hoito-olosuhteiden erikoispiirteiksi mainittiin muun muassa potilaan hankala asento, huono valaistus, kiire, kannettavien ultraäänilaitteiden näyttöjen pienuus ja laitteiden huonompi kuvanlaatu hoitolaitoksissa käytettäviin ultraäänilaitteisiin verrattuna. Näiden lisäksi huomionarvoista on ilmarinnan kehittymisen mahdollisuus myös ultraäänitutkimuksen jälkeen sekä se, että hyvinkin pienet, ultraäänellä hankalasti havaittavat, tietokonetomografiassa löydetyt ilmataskut laskettiin tutkimuksessa ilmarinnaksi. (Ketelaars et al. 2013, 812-815.) Jälleen on huomioitava, ettei yksin ultraäänellä tehtyyn tutkimukseen tule luottaa hoitolinjan valinnassa, ja on aiheellista muistuttaa tutkimusten toistamisen tärkeydestä.

### **5.3.3 Ultraäänitutkimuksen vaikutus vammaan hoitolinjaan**

Toistaiseksi ei ole juurikaan tutkimusnäyttöä siitä, että ensihoidossa tehdyt ultraäänitutkimukset parantaisivat traumapotilaiden ennustetta, mutta ultraäänitutkimusten on todettu vaikuttavan erityisesti potilaan lopullisen hoitopaikan valintaan. Useimmiten ultraääntä voidaan käyttää potilaan henkeä uhkaavien tilojen poissulkuun ja täten toimittaa potilas matalamman tason hoitolaitokseen. (Jørgensen et al 2010, 252.) Kaupunkiolosuhteissa, korkean tason hoitolaitoksen ollessa lähietäisyydellä, tästä ei välttämättä ole yhtä suurta etua kuin maalla, missä hoitolaitoksilla ei välttämättä ole yhtä kattavaa kokemusta vaativien traumatilojen hoidosta ja potilaan vastaanottamisen valmisteluun jää enemmän aikaa. Potilas voidaan ultraäänilöydösten perusteella myös ohjata suoraan korkeamman tason hoitolaitokseen. (Walcher et al. 2005, 241.)

Vatsansisäisen vuodon toteaminen ja tiedon välittäminen vastaanottavaan sairaalaan ennakoilmoituksessa helpottaa myös vastaanottavan poliklinikan työtä, koska he voivat varautua mahdollisesti tarvittavaan laparotomiaan ja informoida vastaanottavaa henkilöstöään tarpeen mukaan (Walcher et al. 2005, 238-241). Tämä on perusteltua, koska Clarke et al. (2002) ovat todenneet jokaisen 3 minuutin viiveen päivystyksessä lisäävän kuolleisuutta peritoneaalisilla vuotopotilailla noin prosentilla (Walcherin et al. 2005, 241 mukaan).

Tilannejohdon päätöksenteon tuesta on olemassa näyttöä myös muissa tutkimuksissa (Hoyer et al. 2010, 254-259). Lopullisen hoitopaikan valintaan ultraäänitutkimus vaikutti saksalaisessa Walcherin et al. (2005) tutkimuksessa 44 potilaalle (22%). Toisessa, Hollannissa toteutetussa tutkimuksessa vastaavien potilaiden hoidossa ultraäänitutkimus vaikutti 21%:iin tapauksista tilanteen johtamiseen ja vain 4%:lla lopullisen hoitopaikan muutokseen. Tämän perusteella voidaan todeta, että mahdolliset hyödyt ja haitat ovat riippuvaisia olemassa olevasta ensihoito-organisaatiosta ja kuljetusohjeista. (Ketelaars et al. 2013, 815.) Edellä mainitusta johtuen vaikuttavuutta on haasteellista arvioida Suomessa, koska ultraäänen käytöstä kotimaisissa olosuhteissa ei ole olemassa vastaavaa tutkimusaineistoa.

#### **5.3.4 Ultraäänitutkimus monipotilas- ja suuronnettomuustilanteissa**

Ultraäänen käyttöä potilaiden luokittelun tukena suurissa monipotilastilanteissa on tutkittu muutamissa luonnon ja ihmisen aiheuttamissa katastrofeissa ympäri maailmaa. Maanjäristykset, mutavyöryt ja sodat ovat osoittaneet ultraäänen olevan hyvä tuki tällaisissa tapauksissa, kunhan laitteita ja tutkijoita on käytettävissä riittävästi, jotta ultraäänitutkimuksesta ei muodostu potilasluokittelun pullonkaulaa. Tällaisissa ääriolosuhteissa tutkitaan usein potilaita samoin indikaatioin kuin päivittäisessä ensihoidossa potilasvolyymien ollessa kuitenkin huomattavasti suurempi.

Tällaisen massiivisen monipotilastriagen yhteydessä ultraäänitutkimuksilla saavutetuiksi hyödyiksi voidaan todeta mm. potilaan leikkaustarpeen nopea määrittäminen, munuaistoiminnan tarkastelu, nestehoidon tarpeen määrittäminen ja kenttäjohtamisen päätöksenteon tukeminen. Varmaa näyttöä ultraäänellä suoritettujen traumatutkimusten hyödyistä tai haitasta potilasluokittelun aikana ei voida määrittellä, koska asiaa on tutkittu toistaiseksi liian vähän ja tutkimustulokset ovat hyvin heterogeenisiä. (Nelson & Chason 2008, 253-259.) Joka tapauksessa tämänkaltaiset tilanteet ylittävät tälle työlle määritellyn laajuuden.

## 5.4 Sydämen pumppaustoiminta

Sydämen pulssitoiminnan diagnosointi ultraäänen avulla on käytännöllinen tapa elottoman potilaan primaariselviytymisennusteen määrittämiseksi. Sydänpysähdyspotilaalla todettu pulssiton rytmi, PEA, jossa sydämessä on sähköistä, muttei mekaanista toimintaa, ennustaa potilaalle 8%:n mahdollisuutta primaariselviytymiseen. (Breitkreutz, Price & Steiger 2010, Rudolphin, Sørensenin, Svanen, Hesselfeldtin & Steinmetzin 2014, 23-26 mukaan.) Joidenkin tutkimusten mukaan tämä viittaa jopa 100%:n kuolleisuuteen (Blaivas & Fox 2001 ja Salen, Melniker & Chooljian 2005, Nelsonin ja Chasonin 2008, 255 mukaan). Havaittu hemodynamiikan ylläpitoon riittämätön mekaaninen pumppaustoiminta, niin sanottu pseudo-PEA, nostaa tämän ennusteen noin 55 prosenttiin (Breitkreutz et al. 2010, Rudolphin et al. 2014, 23-26 mukaan).

Aiemmassa tutkimuksessaan pulssittoman rytmin ja niin kutsutun pseudo-PEAn erotusdiagnostiikasta ultraäänellä Breitkreutz et al. totesivat 30 epäiltyä PEA-potilasta (n=77). Näistä 19 potilaan varsinaisena rytminä oli pseudo-PEA ja yhdellätoista täysin pulssiton rytmi. Potilaista, joiden rytmi oli pseudo-PEA, kolmetoista yhdeksästätoista saatiin primaariselviytyjiä hoitamalla ultraäänellä todettuja sydänpysähdysten syitä, kun puolestaan 11:sta täysin pulssittoman rytmin omaaviksi diagnosoiduista kaikki kuolivat. Elvytyksen aikaisiin hoitolinjoihin ultraäänikuvantaminen vaikutti 30 potilaasta 24:lle. (Breitkreutz et al. 2007, 154-155.)

Mainittujen huonon ennusteen potilaiden erottelu potilasmateriaalista kentällä vapauttaisi ensihoidon resursseja muihin tehtäviin ja vähentäisi resurssien hukkaamista hoitoennusteettomiin tehtäviin (Chin et al. 2013, 146). Sydämen mekaanisen toiminnan määrittämisestä johtuva elvytyksen päättäminen tuloksettomana antaa myös ensihoidolle selkeän syyn elvytyksen lopettamiseen, jolloin asian käsittely mahdollisten sivullisten ja perheenjäsenten kanssa saattaa helpottua (Ketelaars et al. 2013, 814). Ensimmäisenä mainitussa tutkimuksessa sydämen mekaanisen toiminnan tutkiminen ultraäänellä elvytyspotilailta johti hoitolinjan tarkastamiseen ja muutti ensihoidon toimintaa 89%:ssa tapauksista.

Huomattavaa on, että sydämen ultraäänitutkimus on erään tutkimuksen mukaan suoritettavissa elvytyspotilaalle huonontamatta annetun hoitoelvytyksen laatua suorittamalla ultraäänitutkimus rytmintarkastustauoilla (<10s). Tutkimuksen mukaan tulevaisuudessa saattaa olla aiheellista myös tarkastella entistä enemmän ultraäänen käyttöä reversiibelien sydänpysähdyksen syiden löytämiseksi, jotta primaarirytmiltään PEA-elvytyspotilaiden selviytymismahdollisuuksiin kyettäisiin vaikuttamaan ensihoidossa entistä enemmän. On kuitenkin varmistettava, ettei annetun elvytyksen laatu kärsi tulevaisuudessakaan. (Breitkreutz et al. 2010, Rudolphin et al. 2014, 23-28 mukaan.)

Ultraäänen hyödyllisyyttä arvioitaessa on toistaiseksi otettava huomioon, ettei sen käytöstä ole vielä riittävän kattavaa tutkimusaineistoa. Vaikka viitteitä hyödyllisyydestä muun muassa elvytyksessä on, ei riittävän laajaa aineistoa ultraäänen hyödyllisen vaikutuksen kiistattomaksi todistamiseksi elvytyspotilaidenkaan selviytymiseen saada välttämättä koskaan. American College of Emergency Physicians pitää ultraäänilaitetta kuitenkin ensihoidolle oleellisena hoitovälineenä, koska tarkennetut ultraäänitutkimukset antavat potilaan tilasta välitöntä tietoa vastaten diagnostisiin kysymyksiin ja ohjaten potilaan tilanarviota, diagnosointia ja hoitoa. (Breitkreutz et al. 2007, 159.)

## **5.5 Muut tärkeiden elintoimintojen tutkimukset**

Riittäväällä koulutuksella ja toistomäärällä ultraäänen avulla on mahdollista tauti- ja traumatilojen poissulun lisäksi myös diagnosoida sydänpysähdykseen johtaneita, mahdollisesti hoidettavissa olevia tiloja. Tällaisia potilaan tilan akuuttiin huononemiseen johtavia syitä voivat olla esimerkiksi sydämen tamponaatio, kardiogeeninen sokki, sepelvaltimoahtautaman aiheuttama sydänlihaksen hapenpuute, keuhkoembolia ja hypovolemia. (Price et al. 2010, 211.) Lisäksi ultraäänellä kyetään tutkimaan myös mahdollisia sydämen sisälle muodostuneita hyytymiä, sydänläppien ja -seinämien toimintaa ja jopa epäiltyä aortan dissekatiota tai aneurysmaa. Potilaan suonensisäistä nestevolyyymiä voidaan puolestaan arvioida vasemman kammion kokoa, täyttöä ja toimintaa, sekä alaonttolaskimon kokoa tutkimalla. (Labovitz et al. 2010, 1227-1228; Moore, Rose, Tayal, Sullivan, Arrowood & Kline 2002, 191.)



Edellä mainittujen indikaatioiden lisäksi ultraäänellä voidaan tarvittaessa tutkia myös sisäelinten, kuten maksan, munuaisten, suoliston, pernan ja haiman kokoa ja toimintaa, kun etsitään vammaa tai jonkin oireen syytä (Hoyer et al. 2010, 256-258). Näistä tutkimuksista valtaosa on teknisesti niin haastavia, että ne edellyttävät korkeatasoista ymmärrystä ultraäänen sekä sydän- ja verenkiertoelimistön toiminnasta ja anatomiasta, eivätkä ne täten ole aiheellisia indikaatioita ultraäänen perusteita opetettaessa (Price et al. 2010, 211-214; Labovitz et al. 2010, 1228). Tutkimusten perusteella voidaan sanoa sydämen seinämän paikallisen toiminnan määrittelyyn olevan haastavaa jopa kokeneelle ultraäänitutkimusten tekijälle, joten yksinkertaisissa tutkimuskysymyksissä pitäytymistä voitaneen suositella myös lääkäritasoisille tutkimusten suorittajille. Esimerkiksi ejektiofraktion arvioiminen asteikolla hyvä/heikentynyt/huono saattaa olla ensihoidossa perustellumpaa kuin sydänlihaskvaurion tarkka paikantaminen seinämän toimintaa tarkastelemalla. (Hoyer et al. 2010, 256-257.)

Kokenut ultraäänitutkimusten tekijä voi käyttää ultraääntä jopa kallonsisäisen paineen muutosten tarkastelemiseen arvioimalla näköhermoon kohdistuvaa painetta silmän läpi (Hightower, Chin & Heiner 2012, 19-22). Tämän on todettu voivan mahdollisesti vahingoittaa silmän rakennetta tietyillä ultraäänen taajuuksilla, eikä sitä tästä syystä suositella opetettavaksi ultraäänen peruskäytön yhteydessä (Ångerman-Haasmaa 2014).

Schlachetzki, Herzberg, Hölscher, Ertl, Zimmermann, Ittner, Pels, Bogdahn ja Boy (2012) ovat tutkineet edellä mainittua sivuten transkraniaalisen doppler-tutkimuksen käyttöä ensihoidon potilailla, joiden kliininen kuva viittaa akuuttiin aivoinfarktiin. Tutkimuksen aikana 10:llä kovaltaan tutkimukseen sopivalla potilaalla 102:sta (9,8%) todettiin keskimmäisen aivovaltimon tukkeumaa transkraniaalisessa doppler-kuvantamisessa. Transkraniaalisella doppler-kuvantamisella todettiin ao. diagnoosin saavuttamiseen 90%:n herkkyys ja 98%:n tarkkuus. Kuvantamistutkimuksen suorittajat kokivat subjektiivisesti tutkimusmenetelmän säästäneen käytettyä aikaa ja/tai lisänneen luottamusta omaan diagnoosiinsa 41:ssä 113 suoritetusta tutkimuksesta (36%). Mikäli tulevaisuudessa kyetään määrittämään ultraäänellä aivoinfarktin primaarisyy

suonitukokseksi jo kentällä, aika infarktista liuotushoidon aloitukseen saattaa lyhentyä merkittävästi. (Schlachetzki et al. 2012, 266-269.)

## **5.6 Ultraäänitutkimuksen käyttökelpoisuus**

Tutkimusnäyttöön perustuen ultraäänen voidaan todeta oikein käytettynä olevan tehokas työväline kliinisen tutkimuksen tueksi. Eräässä hollantilaisen lääkärihelikopteripalvelun toteuttamassa tutkimuksessa ultraäänen käytön todettiin vaikuttaneen 281 potilaasta 21%:n (n=60) hoitoon. Yleisimpiä vaikutuksia olivat jo luvussa 4.1 mainitut kuljetuskohteen valinta (n=10, 4%) ja elvytyksen lopettaminen (n=9, 3%), sekä näiden lisäksi invasiivisista toimenpiteistä, kuten dreenin asettamisesta pidättäytyminen (n=10, 4%) ja suonensisäisten nesteiden annostelun muuttaminen (n=6, 2%). Samassa tutkimuksessa on maininta myös ultraäänen mahdollisesta toimimattomuudesta kun tarkasteltavalla alueella on ylimääräistä kudosta tai tyyppillisestä poikkeavia rakenteita, tyyppiesimerkkejä ensihoidossa tästä ovat obeesit potilaat. (Ketelaars et al. 2013, 811-817.) Potilaan tilan (massiiviset traumat) tai olemuksen (sairaalloinen ylipaino) estäessä ultraäänitutkimuksen saattaa olla aiheellista olettaa tutkimustuloksen olevan positiivinen, kunnes toisin todistetaan, koska kliinisen kuvan on todettu olevan huono mittari muun muassa varhaisen peritoneaalisen verenvuodon havaitsemiseksi (ks. 5.3.1) (Walcher et al. 2005, 239-241).

Ultraäänitutkimuksen on eräässä tutkimuksessa todettu parantaneen potilaalle tehdyn diagnoosin tarkkuutta 67 prosentissa potilastapauksista, huonontaneen sitä 8 prosentissa ja diagnoosin pysyneen samana 25 prosentissa tapauksista. Kyseisessä tutkimuksessa ultraäänitutkimus tehtiin potilaille, joilla epäiltiin pleura-, peritoneaali- tai perikardiaalinekertymää, syvää laskimotukosta tai valtimoverenkierron häiriöitä. (Lapostolle, Petrovic & Lenoir 2006, Rudolphin et al. 2014, 26 mukaan.)

Vastaavia lukuja ultraäänitutkimuksen hyödyllisyydestä ensihoidossa on saatu mm. saksalaisessa tutkimuksessa ultraäänen käytöstä monimuotoisten sisätautisten potilaiden tautitilojen diagnosoimiseen kentällä. Näitä tautitiloja olivat mm. akuutti vatsa, sydänpysähdys, keuhkoödeema/ sydämen

vajaatoiminta ja keuhkoembolia. Ensihoitolääkäreiden suorittamana ultraääntä käytettiin 144 potilaan tutkimisessa (n=971, 14,8%), 130 tapauksessa sen avulla saatiin kerättyä uutta tietoa (90,3%), eikä koko kolmen vuoden tutkimuksen aikana todettu yhtään väärää positiivista tulosta. On pidettävä mielessä, että tutkimusten suorittajat olivat tässä tutkimuksessa kokeneita ultraäänen käyttäjiä, mutta silti tulokset antavat viitteitä ultraäänitutkimusten tarpeellisuudesta ensihoidossa ja todistavat sen hyödyllisyyttä oikein käytettynä. (Hoyer et al. 2010, 254-259.)

Ultraäänen hyödyntämistä ensihoidon tehtäväkentällä äärioloissa ovat tutkineet mm. Blaivas, Kuhn, Reynolds & Brannam (2005). Heidän tutkimuksensa Amazonin viidakossa tarkasteli alkuperäisasukkailla vaihtelevin indikaatioin tehtyjen ultraäänitutkimusten (n=25) aiheuttamia toimenpiteitä ja diagnoosin mahdollisella tarkentamisella saavutettuja hyötyjä. Tulokseksi saatiin ultraäänen vaikuttaneen suuresti diagnoosiin seitsemässä tapauksessa (20 %), sillä vältettiin potilaalle mahdollisesti korkeariskisten hoitotoimenpiteiden suorittaminen tai suorittamatta jättäminen, varmennettiin tehtyä diagnoosia 17:ssä tapauksessa (68%) ja huononnettiin diagnoosin varmuutta 2:ssä tapauksessa (8%). (Blaivas et al. 2005, Rudolphin et al. 2014, 26 mukaan.)

## **5.7 Ajankäyttö**

Kuten luvussa 5.1 mainitaan, on ennen ultraäänitutkimuksen aloittamista ensihoidossa asianmukaista harkita ultraäänen käytön tuomaa hyötyä ja verrata sitä mahdollisesti aiheutuvaan haittaan. Yksi tärkeimmistä harkittavista haitoista on ultraäänitutkimukseen käytetty aika. Tätä muuttujaa voidaan ensihoidossa hallita tekemällä tarvittavat ultraäänitutkimukset potilaan kuljetuksen aikana. On tutkittu, ettei kuljetuksen aikana suoritettavan eFAST-tutkimuksen laadussa tai kestossa ole juurikaan vaihtelua verrattuna kohteessa tehtyyn (Brun et al. 2014, 170). Tätä tukevat myös tutkimukset, joissa on todettu, ettei normaalin FAST-protokollan mukaisen tutkimuksen tarkkuus kärsi suorituksen tekemisestä kuljetuksen aikana (Heegaard et al. 2010, 628) ja että peritoneaalisen verenvuodon tutkiminen ultraäänellä on myös mahdollista siirron aikana (Walcher et al. 2005, 239-241).

Kuljetuksen aikana voidaan ultraäänestä puhua jopa auskultointia parempana tutkimusmenetelmänä ilmarinnan diagnosointiin, koska ultraääni ei häiriinny ulkoisista äänistä toisin kuin auskultoinnissa käytetty stetoskooppi (Lyon et al. 2012, 1577). Mikäli ulkoiset äänet häiritsevät auskultointia ja kapnografia ei ole käytettävissä, voidaan ultraäänellä tarkastaa tarvittaessa myös esimerkiksi intubaatioputken oikea sijainti ja syvyys (Chun et al. 2004, 366).

Esimerkkeinä ultraäänitutkimuksen vaatimasta ajasta mainittakoon tutkimuksessa kahden tunnin PAUSE-koulutuksella saavutetut ajat: 100% koulutetuista löysi pleuralinjan alle viidessä sekunnissa, sydämen paikallistamiseen 80% (16/20) tarvitsi <10 sekuntia, 15% (3/20) tarvitsi 10-25 sekuntia ja yhdellä koulutetulla näkymän löytymiseen kului 90 sekuntia. 95% (19/20) tutkimukseen osallistuneista olisi siis saanut riittävän näkyvyyden sydämeen alle 25 sekunnissa määrittääkseen, toimiiko sydän ja onko perikardiumissa ylimääräistä nestettä. (Chin et al. 2013, 144-146.) Breitzkreutzin et al. (2007, 156) mukaan kokenut lääkäri saa kuvan keuhkon pinnasta alle viidessä sekunnissa ja nopean käyttökoulutuksen saanut lääkäri noin viidessä sekunnissa, joten voidaan tutkimusaineistoon vedoten todeta, ettei hyvin koulutettu ensihoitaja tarvitse välttämättä enempää aikaa tutkimusten tekemiseen kuin kuvantamiseen kattavammin perehtynyt lääketieteen ammattilainen.

Neesse et al. (2012) havaitsivat tutkimuksessaan yhteyden lisääntyneen ajankäytön ja kuvan huonon laadun välillä. Tutkimuksessa tarkasteltiin sydäntä ja keuhkoja yhteensä viidestä eri ikkunasta. Hyvä kuva kohteesta saavutettiin keskimäärin alle minuutissa, keskiverto 1,8 minuutissa, ja huonon kuvan saavuttamiseen käytettiin aikaa noin 3,4 minuuttia. (Neesse, Jerrentrup & Hoffmann 2012, Rudolphin et al. 2014, 26 mukaan.) Tämä liittyy haasteellisiin kuvantamisolosuhteisiin ja -kohteisiin. Edellä mainittua sivuten kuvan laadun ja potilaan painon välillä on myös todettu olevan yhteys, saavutetun kuvanlaadun laskiessa sitä mukaa kun potilaan paino nousee (Ketelaars et al. 2013, 812-813). Keskimäärin ultraäänitutkimukseen käytettiin ensin mainitussa tutkimuksessa aikaa kaksi minuuttia maksimiajan ollessa linjattuna viideksi minuutiksi, jonka

jälkeen tutkimuksesta luovuttiin tuloksettomana. (Neesse et al. 2012, Rudolphin et al. 2014, 28 mukaan.)

Muissa tutkimuksissa keskimääräiseksi tutkimusajaksi on saatu 6 minuuttia FAST-protokollaan yhdistettyyn sydän-, keuhko- ja aorttatutkimukseen (Lapostolle et al. 2006, Rudolph et al. 2014, 26 mukaan) ja 1 minuutti sydämen tutkimiseen (Prosen, Križmarić, Zvaršnik & Grmec 2010, Rudolphin et al. 2014, 26 mukaan). PREP-protokollaan kului keskimäärin 2,77 minuuttia vaihteluvälin ollessa 0-10 minuuttia ja keskimääräisen ajan laskiessa toistojen lisääntyessä (Ketelaars et al. 2013, 812-813). Periatoneaalisen verenvuodon diagnosoimiseen kesti alle 2,5 minuuttia (Walcher et al. 2005, 241) ja transkraniaaliseen dopplerkuvantamiseen kului keskimäärin 5,6 minuuttia (Schlachetzki et al. 2012, 266).

Tutkimukseen käytetty aika riippuu tietenkin tehdyistä tutkimuksista ja mahdollisuuksien mukaan aikaa on mahdollista säästää suorittamalla ultraäänitutkimus kuljetuksen aikana, kuten jo aiemmin tässä luvussa on mainittu. Breikreutz et. al. (2007, 150-159) ovat suunnittelemassaan, vanhaan hoitoelvytyskaavioon perustuvassa, FEER-tutkimuksen sisältävässä hoitoelvytysprotokollassa todenneet, että oikein toteutettuna ultraäänen käyttö sydämen mekaanisen pumppaustoiminnan toteamiseen elvytyksen aikana ei häiritse elvytystä, ei lisää tarpeettomasti painelutaukojen pituutta ja saattaa jopa tehdä hoitoelvytysykleistä tasalaatuisempia rytmittämällä toimintaa.

Kattavamman kokonaiskuvan muodostamisen ja jokaisen potilaan saaman hoidon tasalaatuistamisen lisäksi (ks. 5.2) tutkimusprotokollien käyttö ultraäänitutkimuksissa helpottaa myös tehtyjen tutkimusten vertailua tutkimustarkoituksiin. Ensihoitajien kentällä tekemään FAST-tutkimukseen käytetty aika on erään tutkimuksen mukaan keskimäärin 156 sekuntia (n. 2,6 minuuttia) mediaaniajan ollessa 138 sekuntia. Protokollan suorittamiseen kuluneen ajan vaihteluväli tässä tutkimuksessa oli 76 - 357 sekuntia. (Heegaard et al. 2010, 627-628.) Ottaen huomioon luvun alussa mainittu mahdollisuus suorittaa ultraäänitutkimukset kuljetuksen aikana, eivät ultraäänitutkimukset välttämättä lisää potilaan ensihoitoon käytettyä aikaa. Toisaalta vaikka tutkimuksiin käytetty aika marginaalisesti kasvaisi, on viitteitä siitä että

ultraäänitutkimuksella saatu hyöty on usein haittoja suurempi (Hoyer et al. 2010, 257; Walcher et al. 2005, 239-240).

Tutkimuksiin käytettyä aikaa saattaa kentällä lisätä myös tarve vaihtaa ultraäänilaitteen anturia kesken tutkimuksen. Tämä on aiheellista esimerkiksi tutkittaessa potilaalta sydämen toimintaa ja ilmarintaa. Koska tutkimuksia ei voida suorittaa samalla anturilla (ks. 4.1), on ultraäänilaitetta hankittaessa kiinnitettävä huomiota anturin vaihtamisen helppouteen tai yhdistelmäanturien mahdollisuuteen. (Ångerman-Haasmaa 2014.)

## **6 Ultraäänen käytön kouluttaminen ensihoitajille**

Ultraäänilaitteiston käytön ja sen lääketieteellisen hyödyntämisen perusteet on mahdollista opettaa riittävän kattavasti ensihoitajatasoisen koulutuksen omaaville työntekijöille, joilla ei ole aiempaa kokemusta ultraäänen käytöstä. Jo kahden tunnin mittaisella koulutuksella on mahdollista saada jopa >90%:n tarkkuus patologisille löydöksille, kun tutkimuskysymykset pidetään yksinkertaisina ja käytetyt ultraäänikuvat ovat hyvänlaatuisia. Koulutus on tällöin räätälöitävä kohdeyleisölle opettamalla esimerkiksi ensihoitajille luvussa 5.1 mainittujen käyttöindikaatioiden mukaisia tutkimus- ja toimintamalleja. Tätä tukee protokollien opettaminen ja perusasioissa pitäytyminen, koska protokollin perustuva osaaminen on yksinkertaista varmentaa. Koulutuksessa ryhmäkoot on syytä pitää pieninä, jotta jokaisen osanottajan oppiminen pystytään varmentamaan. (Chin et al. 2013, 142-148.)

### **6.1 Koulutuksen tehokkuus tutkimusten valossa**

On tutkittu, että ensihoitajien ja tehohoitoon erikoistuneiden sairaanhoitajien, joilla ei ole aiempaa kokemusta ultraäänen käytöstä, on 25 minuutin teoriaa ja käytäntöä yhdistävällä koulutuksella mahdollista saavuttaa 96,9%:n herkkyys ja 93,8%:n tarkkuus ilmarinnan diagnosoimiseen käytetyn lung sliding -merkin löytämiseen ultraäänilaitteella kontrolloidusti ventiloidulta kohteelta. Näihin lukuihin päästiin tutkimusympäristön ollessa kontrolloitu, elottomia ihmisruumiita tutkimuskohteina käyttäen ja yhteistutkimusmäärän ollessa n=48, joista 46 diagnosoitiin oikein (95,8%). (Lyon et al. 2012, 487.)

Eräässä saksalaisessa tutkimuksessa on todettu ultraääneen perehtymättömien ensihoitajien ja lääkäreiden kykenevän tunnistamaan peritoneaalisen verenvuodon traumapotilaalla yhden päivän koulutuksella, jos tutkimuskysymykset ovat muotoa onko vuotoa vai ei, ja unohdetaan sisäelin-, suolisto- ja suolilievevaurioiden tarkempi diagnosointi. Tämä tukee jo aiemmin mainittua tarvetta pitää tutkimuskysymykset riittävän yksinkertaisina koulutettaessa aiheeseen aiemmin perehtymättömiä henkilöitä. (Walcher et al. 2005, 239-242.)

Heegardin et al. mukaan kuuden tunnin koulutuksella on mahdollista opettaa ensihoitajille tarvittaessa riittävä taito ja tuntuma ultraäänen käyttöön, kun toimintaa valvoo ultraääneen perehtynyt lääkäri. FAST-protokolla sekä aortan aneurysman diagnosointi on mahdollista suorittaa tämänmittaisen koulutuksen jälkeen riittävällä tarkkuudella. Kyseisessä tutkimuksessa koulutuksen päätteeksi osallistuneet ensihoitajat saavuttivat 100%:n samanmielisyyden koulutuksen valvojen kanssa ultraäänellä tehtyjen tutkimusten löydöksistä. Huomattavaa a.o. tutkimuksessa on kuitenkin osanottajien vapaaehtoisuus, mistä syystä tutkimukseen on saattanut valikoitua korkeammin ultraäänen käyttöön motivoituneita ja uuteen teknologiaan helpommin orientoituvia ensihoitajia. (Heegaard et al. 2010, 629-634.)

Breitkreutz et al. tutkivat PEA:n ja pseudo-PEA:n erotusdiagnoosiikkaa käsitelleessä tutkimuksessaan, voiko ensihoito- ja tehohoitolääkäreille opettaa kahdeksassa tunnissa sydämen mekaanisen toiminnan tarkastamisen ultraäänellä hoitoelvytyksen yhteydessä. Tutkimuksen mukaan transtorakaalisiin ultraäänitutkimuksiin perehtymätön käyttäjä kykenee löytämään sydämen kylkiluiden alaisesta kuvantamisikkunasta alle 30 sekunnissa ja pitämään näkymän yli 3 sekuntia jopa ensimmäisellä yrityskerralla. Kuvan löytämiseen käytetty aika lyhenee toistojen myötä. Tutkimuksen aikana kohdehenkilöt kykenivät myös erottelemaan 5 sekunnin mittaisista ultraäänikuvista yksinkertaisesti diagnosoitavissa olevia tiloja kuten perikardiaalinestekertymän, kammioiden vajaatoiminnan, sydänpysähdyksen, PEA:n, hypovolemian ja normaalin pumppaustoiminnan. Saatuihin tutkimustuloksiin on kuitenkin suhtauduttava varauksella ensihoitajia koulutettaessa, koska

ensihoidohenkilöstön pohjakoulutustaso eroaa em. tutkimukseen osallistuneiden koulutuksesta. Myös Breitreutzin et al. mukaan on perusteltua kaventaa tutkimuskysymykset kyllä/ei-muotoon, esimerkiksi onko sydämessä mekaanista pumppaustoimintaa vai ei. (Breitreutz et al. 2007, 150-157.)

Koulutuksessa on huomioitava, että ultraäänikuvantaminen ja saatujen kuvien ymmärtäminen ovat erilliset taidot ja molempiin puoliin on kohdennettava riittävästi koulutusaikaa ja -materiaalia. Koulutuksen jälkeiseen osaamisen varmistamiseen on sisällytettävä osiot sekä kliinisen kuvantamistaidosta että teoreettisesta saatujen kuvien ymmärtämisestä. (Chin et al. 2013, 143-144.) Nykytiedoilla on haasteellista määrittää optimaalista koulutuksen kestoa ja tarkkuutta ultraääneen aiemmin perehtymättömiä ammattilaisia koulutettaessa, mutta olemassa olevien tutkimusten perusteella lyhyelläkin koulutuksella on mahdollista saada kelvollisia tuloksia (Nelson & Chason 2008, 254).

## **6.2 Osaamisen säilyminen**

Yksinkertaisen toimenpiteen, kuten paineilmarinnan diagnosoinnin tietyin parametrein, opettamisen jälkeen saavutetun osaamistason on todettu eräässä tutkimuksessa säilyvän ainakin kuusi kuukautta koulutustapahtumasta ilman lisäkoulutusta. Omaehtoisella harjoittelulla diagnoosin saavuttamisen nopeutta ja tarkkuutta on mahdollista parantaa. (Oveland, Lossius, Aagaard, Connolly, Sloth & Knudsen 2013, 71-77.)

Ilmarinnan diagnosoinnin osaamisen niin kutsutun lung sliding –merkin avulla on vain 25 minuutin mittaisen, ihmismalleilla toteutetun koulutuksen jälkeen todettu säilyvän ilman merkittävää tarkkuuden alenemaa jopa 9 kuukautta koulutuksesta. Herkkyys (100%) ja tarkkuus (100%) ovat tutkimuksen jälkimmäisessä testausosiossa jopa parempia kuin välittömästi koulutusta seuranneessa kokeessa. Alkuperäisen tutkimuksen 8:sta ensi- ja sairaanhoitajasta 7 otti osaa myös jälkimmäiseen kokeeseen. Tutkimusmäärä oli jälkimmäisessä kokeessa olleen n=46, ja kaikissa saavutettiin oikea tulos ilman jatko- tai kertauskoulutusta. Tutkimushenkilöt kertoivat käyttäneensä tutkimusmenetelmää työssään frekvenssillä <1 tutkimus/kuukausi. (Lyon et al. 2012, 487.) Tämä tukee luvuissa 5.1 ja 5.2 mainittua selkeiden ja yksinkertaisten tutkimuskysymysten asettelua



sekä koulutuksen kohdentamista koulutettavan yleisön erityistarpeiden mukaan. Tätä tukee myös Chinin et al. (2013, 146) suorittamassa tutkimuksessa havaitsema 100%:n tarkkuus sydämen mekaanisen toiminnan määrittämisessä kahden tunnin PAUSE-koulutuksen jälkeen.

### **6.3 Taitotason ylläpitäminen**

Ultraäänitutkimusten hyödyllisyys on hyvin pitkälti käyttäjän kokemuksesta ja harjoituksen määrästä riippuvaista (Brun et al. 2014, 169), joten kliinisen kokemuksen hankkiminen koulutusta täydentämään on äärimmäisen tärkeää. Tutkijan on myös osattava, kokemuksesta riippumatta, suhtautua varauksella ultraäänen perusteella ensihoidossa tekemiinsä johtopäätöksiin (Ångerman-Haasmaa 2014). Ultraäänitutkimuksien tekemisessä saavutetun taitotason ylläpitämiseksi on suotavaa saada >30 toistoa vuodessa (Breitkreutz et al. 2009, 292). Tällainen määrä toistoja ei välttämättä toteutuisi, vaikka ensihoitajalla olisikin ultraäänilaitte käytössä päivittäisessä työssään (Ångerman-Haasmaa 2014).

On viitteitä, että toistomäärien lisääntyessä myös asiaan hyvin perehtyneen ja kattavasti koulutetun henkilöstön tutkimuksiin käyttämä aika lyhenee toistojen lisääntyessä (Hoyer et al. 2010, 256). Tästä syystä työyksikön on suositeltavaa järjestää klinisiä päätöksiä ultraäänen pohjalta tekeville työntekijöilleen mahdollisuus kertauskoulutukseen ja vähintään testata työntekijöiden ammattitaito ja suorituskyky ultraäänen kanssa esimerkiksi vuoden välein. Näin ensihoitaja voi luottaa omiin taitoihinsa ja ottaa täyden vastuun ultraäänitutkimuksiensa suorittamisesta, löydöksistä ja niiden hyödyntämisestä potilaan hoidossa. Perusteltua on järjestää kaikki koulutukset yhteistyössä mahdollisimman kattavasti varustellun kuvantamisyksikön kanssa. (Labovitz et al. 2010, 1228-1229; Breitkreutz et al. 2007, 154-159.)

## **7 Opinnäytetyön toteuttaminen**

Opinnäytetyön toiminnallinen osuus, eli ultraäänikoulutustilaisuus järjestettiin 10.11.2014. Tässä luvussa avataan vaihe vaiheelta, kuinka itse koulutustilaisuus rakentui. Opetusmateriaalien valmistuttua järjestettiin varsinaiseen koulutukseen

valmistava koulutuspäivä kuudelle vapaaehtoiselle Saimaan ammattikorkeakoulun 4. vuoden ensihoitajaopiskelijalle 5.11.2014. Tämän koulutuksen tarkoitus oli selkeyttää opinnäytetyön tekijöille päivän aikataulua, viimeistellä opetuspakettia saadun palautteen pohjalta ja tarkastella koulutuksen tavoitteiden täyttymistä. Ennakoiva koulutus järjestettiin pääosin samalla laitteistolla ja koulutusmateriaalilla kuin varsinainen tilaisuus. Vierailevaa työelämän edustajaa alustavassa koulutuksessa ei ollut.

## **7.1 Yhteistyötahot**

Opinnäytetyö toteutettiin yhteistyössä Eksoten ensihoidon kanssa. Organisaation puolelta opinnäytetyön työelämäyhteyshenkilönä toimi ensihoidon kenttäjohtaja Kimmo Kiljunen. Koulutustilojen ja -välineistön hankinnassa avusti Eksoten ensihoitopäällikkö Jan-Erik Palviainen. Koulutuksen sisällön suunnittelussa hyödynnettiin dosentti Jouni Nurmen (HUS ATEK, Helsingin yliopisto, FinnHEMS10), HEMS-ensihoitaja Marko Sorsan (FinnHEMS 30), sekä erikoislääkäri Susanne Ångerman-Haasmaan (HUS ATEK, FinnHEMS 10) ammatillista kokemusta ja näkemystä. Ultraäänen peruskäytön opinnäytetyön tekijöille koulutti erikoisl. Ångerman-Haasmaa. Saimaan ammattikorkeakoulusta opinnäytetyön ohjasi lehtori Simo Saikko. Koulutustilaisuus järjestettiin Armilan sairaalan koulutustilassa Lappeenrannassa. Koulutuksessa käytetyt ultraäänilaitteet olivat lainassa seuraavasti: Vscan Dual Probe Etelä-Karjalan sosiaali- ja terveystieteiltä, Sonosite NanoMaxx Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiriltä ja Sonosite S-MSK Saimaan ammattikorkeakoululta.

## **7.2 Kohderyhmä**

Ultraäänen käyttökoulutuksen pääasiallinen kohderyhmä koostui Eksoten ensihoidon kenttäjohtajista. Koulutukseen osallistujat määritti ja kutsui työelämän yhteyshenkilö Kimmo Kiljunen. Koulutuksen jälkeen kohderyhmän katsottiin omaavan riittävät taidot opettaa ultraäänen peruskäyttö ensihoidon työntekijöille omassa työvuorossaan. Varsinaiseen koulutustilaisuuteen osallistui viisi ensihoidon kenttäjohtajaa, heidän joukossaan työelämän yhteyshenkilö Kiljunen. Heidän lisäksi Eksoten ensihoidon vastuulääkäri oli määrää osallistua, mutta

hänen estyttyään kuudenneksi osanottajaksi valikoitui jo läsnä ollut ensihoidon lehtori Simo Saikko.

### **7.3 Aikataulu**

Opinnäytetyön suunnittelu ja teoriapohjan rakentaminen ajoittuivat talveksi ja kevääksi 2013–2014. Tutkimuslupaa haettiin Eksotelta 5.5.2014 ja lupa myönnettiin 18.5.2014 (kirjaamon Dnro 478/13.01.02/2014). Teoriapohjaa rakennettaessa tietoa haettiin kirjallisten lähteiden lisäksi vapaamuotoisilla keskusteluilla ultraääntä työssään hyödyntävien asiantuntijoiden kanssa (ks. 7.1). Näiden pohjalta räätälöitiin seuraavassa luvussa esiteltävä koulutuspaketti ultraäänen perusteista syksyn 2014 aikana. Valmis koulutus järjestettiin Eksoten kenttäjohtajille 10.11.2014, ja sitä ennen järjestettiin valmistava koulutus 5.11.2014. Koulutuksen aikana kerätyn vapaan palautteen pohjalta lopulliseen muotoonsa korjattu koulutuspaketti luovutettiin Eksoten ensihoidon käyttöön 18.11.2014 ja lopullinen opinnäytetyöraportti valmistui joulukuussa 2014.

### **7.4 Koulutuksen toteutus**

Ennen koulutuksen järjestämistä huolehdittiin tarvittavien välineiden ja tilojen saatavuudesta. Tilaksi määriteltiin sopivan minkä tahansa luokka-, luento- tai koulutustilan, jossa on riittävästi pinta-alaa kahden erillisen koulutusrastin järjestämiseksi sekä mahdollisuus teoriaopetukseen teknisin apuvälinein. Opinnäytetyöhön liittyneen koulutustilaisuuden pitopaikaksi valittiin Eksoten ensihoidon kouluttajien käyttöön järjestämä Armilan sairaalan kokoustila, koska sen katsottiin täyttävän edellä mainitut kriteerit. Tilan lisäksi koulutuksen järjestämiseen tarvittiin teoriamateriaalien ohella videotykki tai muu vastaava elektroninen apuväline, tietokone, vähintään kaksi ultraäänilaitetta soveltuvien anturein (1/rasti), ultraäänigeeliä ja talouspaperia geelin poistamiseen pinnoilta sekä vastauslomakkeita, kyniä ja kouluttajille vastausavain. Videotykki ja tietokone olivat valmiina koulutustilassa, ultraäänilaitteet ja -geeli saatiin käyttöön työyksiköistä. Kaiken teknisen laitteiston toiminta tarkastettiin ennen koulutuksen aloittamista.

Koulutukseen sopivan osallistujamäärän katsottiin olevan korkeintaan 2-3 henkilöä koulutettua ohjaajaa kohti. Tutkittuun tietoon perustuen näin voidaan

varmistaa mahdollisimman laadukas koulutus (Chin et al. 2013, 142-149). Kahta ohjaajaa pidettiin riittävänä koulutuksen järjestämiseksi (1/rasti). Ohjaajat toimivat koulutuksen aikana itse lähtökohtaisesti kohdehenkilöinä opetettuaan ensin rastin sisällön. Koska ihmisten vaihtelevat ruumiinrakenteet vaikuttavat ultraäänikuvantamiseen (ks. 4.4), useamman kohdehenkilön hyödyntäminen koulutuksen aikana katsottiin perustelluksi tilanteen niin salliessa. Opinnäytetyöprosessin aikana havaitut anatomiset poikkeavuudet kouluttajien välillä nähtiin hyödyllisinä opetuksen kannalta, joten jokainen koulutettava tarkasteli molempia kouluttajia kaikista koulutetuista anatomisista ikkunoista. Myös koulutukseen osallistuneita henkilöitä käytettiin heidän suostumuksellaan kohdehenkilöinä koulutuksen aikana.

Koulutustilaisuudessa käytetyt ultraäänilaitteet erosivat hieman ominaisuuksiltaan, joten oli pidettävä huolta siitä että jokainen osallistuja pääsi tekemään opetetut tutkimukset molempien valmistajien laitteilla. Saimaan ammattikorkeakoululta lainattu Sonosite S-MSK oli kouluttajien käytössä teoriakoulutuksessa, koska siitä saatu kuva kyettiin heijastamaan videotykin kautta kaikkien nähtäväksi. Hands-on-training -osiossa käytettiin Eksoten GE Vscan Dual Probea sekä HUSin Sonosite NanoMaxxia. Osallistujat jaettiin kahdelle rastille, joissa molemmissa opetettiin sama asia. Tämän jälkeen koulutettavat tekivät opetuksen pohjalta tutkimuksen itse, ja kaikkien suoritettua tutkimuksen vaihdettiin rastipaikkoja, millä varmistettiin edellä mainitusti osaaminen molempien valmistajien laitteilla. Sonosite NanoMaxxin suuremman näytön ja siitä johtuvan paremman erotuskyvyn vuoksi perusteiden opettaminen koettiin sillä helpommaksi, mutta kenttäjohtajien käytössä tulee olemaan GE Vscan Dual Probe, joten tutkimusten opettaminen molemmilla laitteilla oli perusteltua. Kyseisen laitteen käytännöllisyyttä kentällä tukee pienemmän koon lisäksi myös tarvittavien anturien löytyminen ilman anturin vaihtamisen tarvetta.

Noin viikkoa ennen koulutuksen järjestämistä osallistujille lähetettiin sähköpostitse koulutukseen valmistava ennakkoteoriapaketti tutustuttavaksi (Liite 1). Itse koulutus suunniteltiin järjestettäväksi taukoineen noin seitsemässä tunnissa seuraavalla jaottelulla:

- Koulutuksen aloitus, ultraäänen teoria ja ultraäänilaitteen käyttö, 50 minuuttia
- Anatomian ja fysiologian kertaus, 10 minuuttia
- PAUSE –protokolla käytännössä, 20 minuuttia
- Hands-on-training ryhmissä, keuhkot, 1 tunti
- Hands-on-training ryhmissä, sydän, 1,5 tuntia
- Osaamisen varmistaminen, palaute ja loppusanat, 1 tunti.

Taukojen pitämisestä sovittiin koulutukseen valikoituneen ryhmän kanssa ja aikataulu sovitettiin heidän tarpeitaan vastaavaksi. Suunniteltua aikataulua pidettiin suuntaa antavana ja koulutuksessa valmistauduttiin joustamaan koulutettavan ryhmän vaatimin tavoin. Perustelluksi katsottiin koulutettavien haasteellisimmiksi ja tarpeellisimmiksi kokemien asioiden painottamista koulutuksen aikana, koska tarkoitus oli antaa heidän työnsä tarpeita mahdollisimman hyvin vastaava koulutus. Erikoisl. Ångerman-Haasmaa oli läsnä varsinaisessa koulutustilaisuudessa tarjoamassa omaa kokemustaan ja näkemystään ultraäänen käytöstä ensihoidon kentällä. Koulutettavien ja el Ångerman-Haasmaan lisäksi läsnä oli myös opinnäytetyötä ohjaava opettaja Simo Saikko, jolle opetettiin ultraäänen peruskäyttö tilaisuuden aikana samoin perustein kuin osallistuneille kenttäjohtajille.

Koulutustilaisuuden aikana osallistujille opetettiin ultraäänen peruskäytön ohessa PAUSE-protokolla (ks. 5.2) ja sen hyödyntäminen kentällä. PAUSE-protokollan tutkimuskysymykset ovat seuraavat:

- Onko potilaalla ilmarinta?
- Onko sydämessä mekaanista toimintaa?
- Onko sydänpussissa nestettä?

Näihin kysymyksiin saadaan vastaukset tarkastelemalla kehoa kahdesta ultraääni-ikkunasta kahdella eri anturilla. Protokollan käytännön toteutukseen palataan myöhemmin luvussa 7.4.4.

### 7.4.1 Ultraäänen teorian opettaminen

Koulutukseen osallistuneilla henkilöillä ei ollut juuri lainkaan kokemusta ultraäänitutkimusten tekemisestä, joten ultraääneen liittyvien perusasioiden kouluttaminen koettiin tarpeelliseksi. Ultraäänen teoriakoulutus aloitettiin fysiikan kertaamisella ja peruskäsitteillä, kuten taajuus, aallonpituus ja akustinen impedanssi. Teoriaosuudessa käsiteltiin myös ultraäänen toiminta käytännössä sekä kuvanmuodostuksen ja –tulkinnan pääperiaatteita. Ultraäänikuvan tulkintaa koulutettaessa havainnollistettiin mm. eri kudosten näkymistä erisävyisinä. Myös kuvavirheistä ja niiden vaikutuksesta kuvan tulkintaan keskusteltiin. Erityisen tärkeiksi koettiin havainnollistavat, yksinkertaistetut kuvat aallonpituudesta ja sen vaikutuksesta erotuskykyyn sekä ultraäänikuvan muodostumisen periaatteesta.

Teoriaosuuden jälkeen siirryttiin käytännönläheisempiin asioihin, kuten ultraääniantureihin. Koulutuksessa käsiteltiin kolme yleisintä anturityyppiä: lineaari-, sektori- ja vaiheanturit. Anturien skannaamien sektorien muotoa havainnollistettiin yksinkertaisella kaavakuvalla. Samassa yhteydessä käsiteltiin myös eri anturien soveltuvuutta eri anatomisten alueiden kuvantamiseen sekä käytettävän taajuuden vaikutusta erotuskykyyn ja syvyyteen.

Ultraäänimoodeja käsiteltiin kolme: B-moodi, M-moodi sekä dopplerkuvaus (ks. 4.3). Pääasiassa koulutuksessa painotettiin B-moodia, sillä se on käytetyin ja helpoiten ymmärrettävissä. B-moodi antaa tutkittavasta kohteesta reaaliaikaisen, mustavalkoisen läpileikkauskuvan (Saarakkala 2013). GE Vscan Dual Probessa ei ole M-moodia (GE Vscan Dual Probe 2014), joten M-moodi käsiteltiin lähinnä ylimääräisenä kuriositeettina ilmarinnan diagnostiikassa. Sen käyttö havainnollistettiin Sonosite NanoMaxxilla el Ångerman-Haasmaan avustuksella. Dopplerkuvauksen perusteet ja mahdolliset käyttökohteet koulutettiin pintapuolisesti. Kaikista moodeista esitettiin kuvat.

Ultraäänilaitteen säädöistä käsiteltiin syvyyssäätö sekä kirkaussäätö (gain). Ne havainnollistettiin videotykin ja Sonosite S-MSK:n avulla ja samalla kerrottiin niiden olevan käytännöllisiä säätöjä kuvan näkyvyyden ja tulkittavuuden parantamiseksi.

## 7.4.2 Keuhkojen ja sydämen anatomian ja fysiologian kertaus

Koulutustilaisuuden aikana osallistujille opetettiin ultraäänen teorian ja ultraäänilaitteen peruskäytön lisäksi PAUSE-protokollan mukaiset ultraäänitutkimukset. Tutkimuksissa tarkastellaan ultraäänellä keuhkojen ja sydämen toimintaa, joten osallistujille kerrattiin ennen varsinaisten toimenpiteiden kouluttamista tarkasteltavien alueiden anatomiset ominaisuudet. Kertaamalla tarvittavien anatomisten alueiden perusfysiologia varmistettiin jokaisen koulutukseen osallistujan tietotason ajantasaisuus ja tasalaatuisuus. Anatomian kertauksen ohessa kerrattiin myös ultraäänitutkimuksilla etsittävien patologisten muutosten ominaisuudet edellä mainitusta syystä.

**Keuhkot** sijaitsevat suljetussa tilassa rintakehän (thorax) sisällä, thorax-ontelossa. Rintakehän muodostavat selkärangan rintanikamat, kylkiluut, kylkiväli- (interkostaali-)lihakset ja rintalasta. Keuhkot muodostuvat kahdesta osasta (pulmo, pulmones), joiden välissä sijaitsee välikarsina, mediastinum. Keuhkojen kärjet (apex pulmonis) ulottuvat solisluiden yläpuolelle ja pohjat rajoittuvat palleaan, joka erottaa rinta- ja vatsaontelot toisistaan.

Tutkittaessa ilmarintaa ultraäänellä on ymmärrettävä erityisesti keuhkopussin (pleura) rakenne. Keuhkoja ympäröi kaksilehtinen ”pussi”, jonka sisempi eli viskeraalinen lehti on tiukasti kiinni keuhkon ulkopinnassa ja ulompi eli parietaalinen lehti puolestaan kiinnittyy yhtä lailla tiukasti rintakehän sisäseinämään. Pleuralehtien välisessä kapeassa ontelossa on pieni määrä nestettä, joka voitelee lehtiä poistaen kitkaa ja mahdollistaen näin keuhkojen sulavan liikkeen niiden venyessä hengityksen tahdissa. (Bjälje, Haug, Sand, Sjaastad & Toverud 2010, 306.) Ilmarinta (pneumothorax) ja paineilmarinta (tensiopneumothorax) ovat tiloja, joissa pleuralehtien väliin kertyy ilmaa, joka erottaa pleuralehtiä toisistaan. Paineilmarinnessa ilma ei pääse pakenemaan lehtien välistä, jolloin ontelon paine kasvaa aina ilman vuotaessa pussiin (sisäänhengitys, inspirium). Avoimessa ilmarinnassa mekaniikka on periaatteessa sama kuin perinteisessä ilmarinnassa, mutta ilmavuoto tulee pussiin suoraan kehon ulkopuolelta esimerkiksi haavan kautta, josta on suora yhteys keuhkopussiin. Veririnnassa vuoto on ilman sijasta verta, mutta periaate on sama. (Peräjoki, Taskinen & Hiltunen 2013, 526-527.) Ilma- ja veririnnan

diagnostiikassa on otettava huomioon potilaan asento ja painovoiman vaikutus vuotoon. Ilma pakenee ylös, veri puolestaan alas ja tästä syystä tärkeää on tutkia oikeaa aluetta keuhkossa. (Ångerman-Haasmaa 2014.)

**Sydän** sijaitsee rintakehän välikarsinassa (mediastinum), rintalastan (sternum) takana, keuhkojen (pulmones) välissä ja pallean (diaphragma) yläpuolella. Sydämen tyviosa (basis) sijaitsee ylhäällä ja kärki (apex) osoittaa normaalissa anatomisessa rakenteessa alas vasemmalle. Sydämen kammiot sijaitsevat kärjen alueella, eteiset puolestaan tyviosassa. Suuret verisuonet, jotka kuljettavat verta sydämeen ja sieltä pois, kiinnittyvät tyviosaan. Sydäntä ympäröi samankaltainen ”pussi” kuin keuhkoja, perikardium. Myös perikardium on kaksilehtinen: viskeraalinen, eli sisempi lehti kiinnittyy sydämeen ja parietaalinen, eli ulompi lehti rajoittaa sydämen liiallista venymistä sallien kuitenkin sydämen pumppaustoiminnan. Kuten pleuralehtien, myös perikardiumlehtien välissä on ohut nestekerros vähentämässä kitkaa.

Sydänlihaksen paksuus vaihtelee sydämen eri osissa. Lihas on paksumpaa niissä osissa, jotka supistuvat kovemmin. Ohuinta seinämä on siis eteisissä ja paksuinta vasemman kammion alueella. Vasemman ja oikean puolen välissä on yhtenäinen väliseinä ja sidekudoslevy erottaa eteiset ja kammiot toisistaan. Sidekudoslevyn läpi veri liikkuu virtausta säätelevien läppien kautta. Läppien vuoksi veri liikkuu terveessä sydämessä vain yhteen suuntaan. (Bjälje et al. 2010, 223-225.) Sydämen osien ja niiden normaalin rakenteen ymmärtäminen helpottaa sydämen eri osien erottelemista ultraäänikuvasta sekä on avainasemassa mahdollisten patologisten löydösten havainnoinnissa. Normaali pumppaustoiminta sydämessä on synkronista ja helposti tunnistettavissa liikkuvasta kuvasta. (Ångerman-Haasmaa 2014.)

Perikardiumissa on normaalisti vain vähän nestettä, ja koska perikardiumin parietaalinen lehti ei juuri jousta sydämen kokoa säätelevän tehtävänsä vuoksi, sydänpussiin syystä tai toisesta kertyvä neste painaa sydänlihasta, jolloin sydämen täyttö vaikeutuu ja pumppaustoiminta heikkenee. Jo 150ml:n nestekertymä voi aiheuttaa vakavia oireita ilmaantuessaan nopeasti. (Ångerman-Haasmaa & Aaltonen 2013, 432.)



### 7.4.3 Ultraäänilaitteen käytön opettaminen

Pääasiallinen opetettava laite oli GE Vscan Dual Probe, joka saatiin lainaan Eksoten ensihoidolta. Sen käytöstä opetettiin käynnistäminen, anturin ja esiasetusten valinta sekä syvyys- ja kirkkaussäädöt. Kyseisessä laitteessa on mahdollisuus kuvien ja videon tallentamiseen (GE Vscan Dual Probe 2014), mutta niiden käyttöä ei sisällytetty koulutukseen.

Koulutettavilla ei ollut juurikaan kokemusta ultraäänilaitteen käytöstä, joten ultraäänitutkimuksen tekemisen perusteet käytiin läpi. Anturin valinta oli opetettaviksi valituissa tutkimusikkunoissa selkeää ja yksinkertaista. Erityisen tärkeäksi asiaksi koettiin anturin hidas liikuttaminen ja suunta suhteessa näyttöön ja merkkivaloon. Tätäkin havainnollistettiin yksinkertaisella kuvalla ja käytännön esimerkein. Syvyys- ja kirkkaussäätöjen merkitystä jokainen koulutettava kokeili erikseen.

### 7.4.4 Tutkimusikkunoiden valinta ja niiden opettaminen

Koulutusta suunniteltiin läheisessä yhteistyössä erikoisl. Susanne Ångerman-Haasmaan, lehtori Simo Saikon sekä kenttäjohtaja Kimmo Kiljusen kanssa. Koska ultraäänitutkimus oli uusi asia sekä kouluttajille että koulutettaville, päätettiin koulutus pitää yksinkertaisena myös käytännön opetuksen osalta. Pääasiallisia tutkimusikkunoita valittiin PAUSE-protokollaa mukailleen kaksi: miekkalisäkkeen alainen (subxifoidaalinen) ikkuna, josta tarkasteltiin sydäntä, sekä anteriorinen transtorakaalinen ikkuna, josta tarkasteltiin pleuralinjaa. Edellä mainittujen tutkimusikkunoiden valikoitumiseen vaikutti myös se, että ne ovat helposti koulutettavissa ja nopeita suorittaa. Näillä tutkimuksilla voidaan saada yksinkertaisesti tietoa, jolla saattaa olla aidosti vaikutusta potilaan hoitoon. Ennakkomateriaalissa (liite 1) käsiteltiin samoja tutkimusikkunoita, joten koulutukseen osallistujilla oli jonkinlainen käsitys termeistä ja ultraäänellä saatavista näkymistä.

**Keuhkojen ultraäänitutkimus** anteriorisesta transtorakaalisesta ikkunasta opetettiin ensin. Oppimistavoitteena oli pleuralinjan löytäminen lineaarianturilla ns. bat sign -merkkiä hyväksikäyttäen ja mahdollisen ilmarinnan diagnosointi.

Ensin ohjeistettiin ja näytettiin kuva anturin oikeasta sijoittamisesta tutkittavan henkilön rintakehälle.

Seuraavaksi keskusteltiin siitä, mitä kyseisestä ikkunasta saadusta ultraäänikuvasta tulee etsiä ja löytää. Pääkohtina mainittiin kylkiluut, pleuralinja ja keuhkopussin lehtien liike toisiinsa nähden ja sen aiheuttamat tyypilliset löydökset, kuten pleuraliuku (sliding lung sign, SLS) sekä komeetanpyrstöartefaktat (comet tails). Tämän jälkeen näytettiin kaksi kuvaa ns. bat sign -merkistä. Kuvista ensimmäisessä näkyy kaksi kylkiluuta sekä pleuralinja ja keuhkokudosta, toinen on sama kuva, johon on merkitty em. alueet eri värein. Tämän jälkeen käsiteltiin ilmarinnan löydökset kyseisessä ultraäänitutkimuksessa.

Jokainen koulutettava suoritti kyseisen keuhkojen ultraäänitutkimuksen useaan kertaan ja eri laitteilla (GE Vscan, Sonosite NanoMaxx ja S-MSK). Tutkimuksen kohteena olleita henkilöitä vaihdeltiin anatomisten erojen havainnollistamiseksi. Myös laitteiden syvyys- ja kirkkaussäädöt tulivat tutuiksi ja koulutettavat huomasivat konkreettisesti niiden vaikutuksen kuvan tulkittavuuteen. Pääasiallisena tavoitteena oli saada pleuralinjasta ja kylkiluista ns. pitkän akselin näkymä (long axis view), jossa lineaarianturi on potilaan selkärangan suuntaisesti ja poikittain kylkiluihin nähden. Koulutuksessa havaittiin erikoisl. Ångerman-Haasmaan vihjeestä, että sliding lung sign ja komeetanpyrstöartefaktat näkyvät joskus paremmin, kun anturia käännetään 90° eli poikittain selkärankaa nähden. Näin saadaan ns. lyhyen akselin näkymä (short axis view), jossa pleuralinjaa tarkastellaan kylkiluiden suuntaisesti niiden välistä. Keuhkojen tutkimisosiossa käytiin läpi myös M-moodi Sonosite NanoMaxx -laitteella sekä ilmarinnan diagnostiikka ko. moodia käyttäen.

**Sydämen ultraäänitutkimus** subxifoidaalista eli miekkalisäkkeen alaisesta ikkunasta opetettiin seuraavaksi. Ultraäänilaitteen peruskäyttö oli tässä vaiheessa hallussa ja koulutettavat osasivat itse valita laitteen valikosta sydänasetuksen ja oikean anturin, tässä tapauksessa sydänanturin (vaiheanturi). Kuvassa esitettiin potilaan ja anturin asento sydäntä tutkittaessa. Samalla käytiin läpi rakenteet, jotka voidaan löytää kyseisestä ultraääni-ikkunasta.

Myös patologiset tilat, kuten liikkumaton sydän (cardiac standstill) ja perikardiaalinen ja huomattava sydämen oikean puolen kuormitus keuhkoembolian merkinä, opetettiin. Patologisten tilojen yhteydessä käytettiin videoita ja kuvia.

Oppimistavoitteena oli sydämen löytäminen. Samoin kuin keuhkojen tutkimisen yhteydessä, jokainen koulutettava teki tutkimuksen moneen kertaan ja eri laitteella. Tutkittava henkilö vaihtui useammin, sillä ruumiinrakenteeltaan erilaisilla henkilöillä sydämen löytäminen todettiin haastavammaksi kuin keuhkojen. Laitteiden säädöillä havaittiin olevan vaikutusta sydämen löytämiseen, ja rauhalliset anturin liikkeet korostuivat. Erikoislääkäri Ångerman-Haasmaa antoi hyviä käytännön neuvoja tutkimuksen suorittamiseen, esimerkkinä sydämen etsiminen parasternaalisesta (rintalastan viereisestä) ikkunasta, mikäli subxiphoidaalinen näkymä on vaikea saada.

#### **7.4.5 Osaamisen varmistaminen**

Ultraäänitutkimusten tekeminen ja tutkimuksessa saatujen kuvien tulkitseminen ovat kaksi erillistä taitoa (ks. luku 6). Tästä syystä koulutuksen viimeisessä osiossa osallistujilta varmistettiin sekä kliinisen että teoreettisen osaamisen taidot.

Teoreettinen osio koostui kymmenestä kuvasta tai videoleikkeestä, joiden perusteella osanottajat vastasivat erilliselle vastausmonisteelle (Liite 2), mitä anatomista aluetta kuva tai video esittää, sekä onko löydös normaali vai patologinen. Vastausten alle oli varattu lyhyt vapaan tekstin osio, johon vastaajat perustelivat lyhyesti vastauksensa, jotta vastausten voitiin varmistaa perustuvan tietoon. Koska erityisesti kuvista ei aina voi kertoa kaikkea tietoa, jota liikkuva kuva varsinaisessa tutkimuksessa tarjoaisi, vastaajia ohjeistettiin kertomaan vastauksissaan, mitä näytteestä voi kertoa, ja muodostamaan vastauksensa tämän tiedon pohjalta. Kaikki kysymykset olivat koulutuksen aikana käsitellyistä aiheista ja kuva- sekä videonäytteet olivat koulutuksessa opituista ikkunoista kuvattuja. Vastaukset pisteytettiin antamalla oikeasta vastauksesta yksi piste ja väärästä nolla. Oikeaksi laskettiin vain vastaus, jossa selkeästi esitettiin vastaus

molempiin kysymyksiin: onko kyseessä keuhko vai sydän ja onko löydös patologinen vai normaali.

Valmistavassa koulutuksessa neljännen vuoden ensihoitajaopiskelijoista yksi sai 8/10, kolme 9/10 ja kaksi 10/10 pistettä. Tällöin teoriaosion oikea vastausprosentti alustavan koulutuksen joukossa oli pyöristettynä 92% (91,666...), mediaani 9/10 ja vaihteluväli 8-10/10. Varsinaisessa koulutuksessa kuudesta osanottajasta yksi sai 4/10, yksi 8/10, kolme 9/10 ja yksi 10/10. Tällöin oikea vastausprosentti varsinaisessa koulutuksessa oli pyöristettynä 82% (81,666...), mediaani oli 9/10 ja vaihteluväli 4-10/10.

Teoriaosaamisen varmistamisen jälkeen vastaukset tarkastettiin toisen ohjaajan toimesta, toisen kertoessa yhteenvetoa ultraäänen käytöstä ensihoidossa ja siitä tehtyjen tutkimusten tuloksista koulutettavien tiedon syventämiseksi. Vastausten tarkastuksen aikana käytiin läpi myös niin sanottuina ”bonus-tehtävinä” kaksi osaamisen varmistamisen tyylistä videokatkelmaa, joiden tarkoituksena oli palvella koulutettavien oppimista. Kyseiset videot esittivät subxifoidaalisesti kuvattua sydäntä paineluelvytyksen aikana sekä sydäntä potilaan kärsiessä massiivisesta keuhkoemboliasta. Ensimmäisessä tarkoituksena oli havainnoida hyvin asymmetrinen, epänormaali pumppaustoiminta, jälkimmäisessä koulutettavat saivat kuvan siitä miltä keuhkoembolian vuoksi laajentunut ja supistusjäykkä oikea kammio näyttää. Nämä videot käytiin suusanallisesti ryhmänä läpi eikä vastauksia pisteytetty. Kun kaikki vastaukset oli tarkastettu, koko osaamisen varmistamisen teoriaosio käytiin kootusti läpi ryhmän kanssa, jotta osanottajille saatiin annetuista näytteistä oikea tieto, eikä koulutettaville jäisi epäselvyyksiä käsitellyistä aiheista. Vastausten tarkastamiseen oli koottu valmis vastausavain (liite 3), jonka pohjalta myös loppuyhteenveto käsiteltiin.

Teoriaosion jälkeen varmistettiin vielä koulutettujen käytännön osaaminen. Jokaisen osanottajan tuli löytää koulutuksessa opittujen kuvantamisikkunoiden kautta tavoiteltu long axis -kuva pleuralinjasta anteriorisesti Sonosite S-MSK:lla ja subxifoidaalinen kuva sydäimestä Vscan Dual Probella. Alustavassa koulutuksessa suorittajat toimivat pareittain toisiaan tutkien ja selostivat ohjaajalle toimintansa sekä kertoivat kuvalöydöksensä. Varsinaisessa koulutuksessa ohjaajat toimivat kuvantamisen kohdehenkilöinä ja suorittajat

selostivat toisilleen toimintansa ja löydöksensä. Ohjaajat ja erikoisl. Ångerman-Haasmaa tarkastivat saavutettujen kuvien ja löydösten oikeellisuuden sekä paikkansapitävyyden. Käytännön osiossa ei otettu aikaa, ja tehtävän ainoa tavoite oli saavuttaa haluttu ikkuna rauhallisesti toimien, ilman ohjausta. Molemmissa koulutuksissa jokainen osanottaja löysi etsityt kuvat ja osasi selostaa löydöksensä sivusta seuraavalle.

Mahdollisiin vastausten virhelähteisiin, yhteenvetoon koulutuksen tuloksista ja jatkotutkimusaiheisiin palataan luvussa 8.

#### **7.4.6 Palaute**

Palaute kerättiin suullisesti molempien koulutustilaisuuksien lopuksi. Lopun vapaa keskustelu aiheesta oli pääasiallisesti molemmissa tilaisuuksissa positiivissävytteistä. Koulutettavat kokivat koulutuksen hyödylliseksi, kattavasti käsitellyksi, käytännönläheiseksi ja työelämälähtöiseksi. Varsinaiseen koulutustilaisuuteen osallistuneet kenttäjohtajat kokivat saaneensa riittävän pätevyyden ja käytännön tuntuman ultraäänilaitteen käyttöön kouluttaakseen aihetta omassa vuorossaan eteenpäin. Kenttäjohtajat toivoivat mahdollisimman pikaista koulutuspaketin viimeistelyä, jotta he saisivat koulutukset käyntiin työpaikallaan. Tämän lisäksi he toivoivat koulutuksen suunnittelussa käytettyjä tutkimuksia itselleen luettavaksi, jotta saisivat syvennettyä omaa osaamistaan.

Rakentavana palautteena molemmissa koulutustilaisuuksissa saatiin pieniä muutoksia varsinaiseen koulutuspakettiin, joka säilyi kuitenkin pääpiirteissään samanlaisena luovutettuun versioon asti. Koulutettaville jaettavasta ennakkomateriaalista (liite 1) on valmista opinnäytetyöraporttia varten karsittu saadun palautteen pohjalta tutkimustietoa pois, ja siinä on säilytetty ainoastaan perustietoutta lisäävät asiat, jotka helpottavat asian omaksumista koulutustilaisuudessa.

### **8 Yhteenveto ja pohdinta**

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä koulutuspaketti, jonka avulla voidaan opettaa ultraäänilaitteen peruskäyttö ensihoitohenkilöstölle. Ottaen huomioon tällaisen

henkilöstön suppeamman pohjakoulutuksen verrattuna välineistöä yleensä käyttävien lääketieteen osaajien vastaavaan, oli koulutus räätälöitävä alusta saakka kohdehenkilöstön tarpeisiin. Perusasioista liikkeelle lähtenyt koulutus vaati suunnittelijoilta pitkäjänteistä tutkimustyötä, aiheeseen perehtymistä ja peruskäytön omaehtoista opettelua. Koulutuksen jälkeen kerätyn palautteen (ks. 7.4.6) pohjalta voidaan sanoa opinnäytetyön tavoitteiden täyttyneen kiitettävästi. Koulutettu henkilöstö koki saaneensa perustason osaamista vastaavaan tuntuman ultraäänen toimintaperiaatteesta, peruskäytöstä sekä sydämen ja keuhkojen sovelletusta ultraäänitutkimuksesta. Tämän lisäksi he kokivat saaneensa tarvittavat valmiudet käyttää ultraääntä omassa kenttätyössään, kouluttaa sen käyttöä työympäristössään ja perusteet, joiden pohjalta kehittää omaa osaamistaan jatkossa.

Opinnäytetyöprosessin aikana järjestetty alustava, opiskelijoille suunnattu koulutus sai vastaavaa palautetta omalta kohderyhmältään. Osa koulutukseen osallistuneista koki ultraäänen teoriaosion raskaaksi, mutta osion muokkaamista ei koettu aiheelliseksi, jotta kaikki koulutuksen kannalta oleellinen informaatio saataisiin sisällytettyä valmiiseen pakettiin.

Tulokset osaamisen varmistamisosiossa olivat linjassa vastaavissa tutkimuksissa aiemmin saatujen tulosten kanssa. Alustavassa koulutuksessa alalle opiskelevien vapaaehtoisten saama oikea vastausprosentti teoriaosiossa (92%) ja onnistuminen 100% kliinisen osaamisen testissä antaa viitteitä, että ultraäänen peruskäyttö on mahdollista opettaa myös ensihoitajille, joilla ei vielä ole kattavaa työkokemusta tai erityisen laajaa näkemystä alasta, kunhan tutkimuskysymykset ja koulutuksen tavoitteet pidetään selkeinä. Samanlaisen kokonaisuuden kouluttaminen varsinaiselle, kattavamman ensihoidon kokemuksen omaavalle, kohderyhmälle antoi vastaavansuuntaiset tulokset (82% ja 100%), mikä vahvistaa osaltaan näkemystä, että ultraäänilaitteista voidaan tulevaisuudessa realistisesti odottaa tutkimusvälinettä myös ensihoitoon. Opiskelijoiden parempaan keskiarvoon teoriakokeessa voi vaikuttaa esimerkiksi se, että he ovat opiskelleet koulutusta edeltäen neljättä vuotta tiiviiseen tahtiin ja uuden tiedon omaksuminen voi siten olla helpompaa verrattuna jo pitkään työelämässä olleisiin kenttäjohtajiin.

Osaamisen varmistamisen teoriaosioon otettiin osallistujaksi myös asiantuntijalääkäri Ångerman-Haasmaa, jotta kyettiin varmistumaan osiossa käytettyjen kuvien ja leikkeiden tulkittavuudesta. Hän sai 10/10 pistettä näkemättä materiaalia ennakkoon, joten voidaan olettaa annettujen case-tilanteiden olleen tulkittavissa. Ångerman-Haasmaan pisteytystä ei sisällytetty vastauksiin, vaan käytettiin ainoastaan laadunvarmistustarkoituksessa.

Mahdollisina virhelähteinä osaamisen varmistamisen teoriaosassa voidaan pitää varsinaisen koulutuksen osalta yhden poikkeavan alhaisen (4/10) pistemäärän syynä mahdollisuutta, ettei tehtävänanto ollut riittävän selkeä. Kyseinen vastaaja ei ollut vastannut kaikissa kysymyksissä kohtiin ”normaali vai patologinen”, vaikka vapaan tekstin osiossa olikin perustellut oikean vastauksen. Mikäli ei pitäydytä täysin annetussa pisteytysohjeesta ja näistä avoimista oikeista vastauksista annetaan piste, sai tämä vastaaja avoimen osion tulkinnasta riippuen 6-8/10 pistettä. Tämä nosti myös jälkimmäisen koulutusryhmän pisteitä runsaasti, koska oli ainoa trendistä poikkeava vastaus. Juuri tällaisten epäselvyyksien välttämiseksi pisteytys tosin pidettiin tiukkana, koska vastaavia epäselvyyksiä oli muun muassa suttuisten ja korjattujen vastausten vuoksi muissakin vastausmonisteissa ja nämä olisivat saattaneet vaikuttaa lopulliseen pisteytykseen molemmissa koulutusryhmissä.

Kaksi koulutetuista oli ollut aiemmin läsnä opinnäytetyöprosessiin liittyneessä asiantuntijahaastattelussa ja koulutuskatsauksessa tekijöiden ja Ångerman-Haasmaan kanssa kolme kuukautta ennen varsinaista koulutusta. Heidän pisteensä teoriaosiossa olivat 9/10 ja 10/10. Aiemman tietämyksen aiheesta voidaan katsoa auttaneen heitä nykyisessä osaamisen varmistamisessa ja vääristäneen tuloksia.

Koska koulutettavia oli vain 6 molemmissa ryhmissä (n=12), ei koulutuksessa saaduista pisteistä voida vetää kuin viitteellisiä johtopäätöksiä, koska näin pienillä n-määrillä yksikin poikkeava tulos vaikuttaa kokonaisuuteen. Rohkaisevaa kuitenkin on, että jokainen koulutettu osanottaja osasi koulutuksen jälkeen osaamisen varmistamisen käytännön osiossa käyttää ultraäänilaitetta ja löytää koulutuksen opetustavoitteiden mukaiset kuvantamisikkunat.

Koulutustilaisuuden lopuksi kerättiin suullinen palaute. Kyseistä menetelmää voitaneen pitää epäluotettavana verrattuna kirjallisesti kerättyyn palautteeseen. Myös palautteen keruun ajankohdalla saattaa olla vaikutusta sen laatuun. Myöhemmin kerätty palaute olisi saattanut olla kattavampi, kun osallistujat olisivat saaneet pohtia oppimiaan asioita hieman kauemmin. Osallistujille painotettiin, että myös mahdollisesti myöhemmin ilmenevää palautetta on suotavaa välittää kouluttajille.

Vaikka koulutustilaisuudessa saavutetut oppimistulokset olivat rohkaisevia ja hyviä, korostettiin osallistujille myös harjoittelun tärkeyttä käytön sujuvoittamiseksi ja taidon ylläpitämiseksi. Varmistettaessa käytännön osaamista tilanne oli rauhallinen eikä suorituksen aikana otettu aikaa, joten tulokset eivät ainakaan ilman harjoittelua ole suoraan verrattavissa operatiiviseen toimintaan. Harjoittelun kohteena olevilla henkilöillä ei ollut patologisia löydöksiä. Aidossa potilastilanteessa ultraäänien käyttäjän täytyy pystyä turvalliseen ja luotettavaan päätöksentekoon löydöksensä pohjalta ja oikean tutkimusikkunan täytyy esimerkiksi elvytystilanteessa löytyä sekunneissa.

Opinnäytetyö on toteutettu eettisten periaatteiden mukaisesti ja hyviä tutkimuskäytäntöjä noudattaen. Osallistujat olivat vapaaehtoisia, ja koska ultraäänitutkimus oli tutkittavalle käytännössä kivuton ja vaaraton (ks. 4.1), ei kenellekään osallistujalle aiheutettu merkittävää riskiä tai haittaa. Osaamisen varmistamisen teoriaosioon sai halutessaan vastata nimettömästi, nimeä vastauslomakkeessa pyydettiin ainoastaan, jotta halukkaat saavat tarvittaessa tietää, kuinka ovat menestyneet. Kenenkään tuloksia ei ilman hänen omaa suostumustaan tuotu julkiseksi ja kaikkea työhön liittyvää sensitiivistä materiaalia on käsitelty turvallisesti. Tekijät säilyttävät saadut tulokset mahdollisia jatkotutkimuksia varten, mutta kuitenkin niin, ettei ulkopuolisilla ole niihin mahdollista päästä käsiksi. Potilastietoja, viranomaisohjeita tai muuta lain mukaan salassa pidettävää materiaalia ei opinnäytetyöprosessin aikana käsitelty.

Mahdollisia jatkotutkimusaiheita voivat olla muun muassa koulutuksen edistäminen tuomalla mukaan uusia tutkimusikkunoita tai –aiheita (esimerkiksi FAST-protokolla), osaamisen ylläpidon ja säilymisen tutkiminen prosessin aikana



koulutetuilla henkilöillä (6.2), ultraäänen käytön yleistyminen ensihoidossa, uusien kansainvälisten tutkimusten kirjallisuuskatsaus tai Etelä-Karjalan alueen ensihoidon ultraäänen käytön seuranta.

Valmis tuotos, ennakkopaketti ja koulutuspaketti liitteineen, on luovutettu Eksoten ensihoidon käyttöön ja kenttäjohtajat jatkavat oman henkilöstönsä jatkokouluttamista. Nähtäväksi jää, millä tavalla ja kuinka pysyvästi ultraääni integroidaan osaksi ensihoidon kenttätöitä Etelä-Karjalan alueella.

## **Kuvat**

Kuva 3.1 Ultraäänen toimintaperiaate, s. 8

Kuva 3.2 Taajuuden vaikutus erotuskykyyn, s. 10

Kuva 4.1 Anturityypit, s. 11

## Lähteet

- Bjålie, J.G., Haug, E., Sand, O., Sjaastad, Ø.V. & Toverud, K.C. 2010. Ihminen – Fysiologia ja anatomia. 1.-7. painos. Helsinki. WSOY.
- Breitkreutz, R., Walcher, M. & Seeger, F.H. 2007. Focused Echocardiographic Evaluation in Resuscitation Management: Concept of an Advanced Life Support-Conformed Algorithm. *Critical Care Medicine* 35(5), S150-S161.
- Brun, P.-M., Bessereau, J., Chenaitia, H., Pradel, A.-L., Deniel, C., Garbaye, G., Melaine, R., Bylicki, O. & Lablanche, C. 2014. Stay and Play eFAST or Scoop and Run eFAST? That is the Question!. *American Journal of Emergency Medicine* 32(2), 166-170.
- Chenaitia, H., Brun, P.-M., Querellou, E., Leyral, J., Bessereau, J., Aimé, C., Bouaziz, R., Georges, A. & Louis, F. 2012. Ultrasound to Confirm Gastric Tube Placement in Prehospital Management. *Resuscitation* 83(4), 447-451.
- Chin, E.J., Chan, C.H., Mortazavi, R., Anderson, C.L., Kahn, C.A., Summers S. & Fox, J.C. 2013. A Pilot Study Examining the Viability of a Prehospital Assessment with Ultrasound for Emergencies (PAUSE) Protocol. *The Journal of Emergency Medicine* 44(1), 142-149.
- Chun, R., Kirkpatrick, A.W., Sirois, M., Sargasyn, A.E., Melton, S., Hamilton, D.R. & Dulchavsky, S. 2004. Where's the Tube? Evaluation of Hand-held Ultrasound in Confirming Endotracheal Tube Placement. *Prehospital and Disaster Medicine*. 19(4), 366-369.
- GE Vscan Dual Probe. 2014. Tekniset ominaisuudet. MedKit Finland Oy. <http://www.medkit.fi/etusivun-uutuudet/ge-vscaan-dual-probe-ultrasound.html>. Luettu 20.10.2014.
- Heegaard, W., Hildebrandt, D., Spear, D., Chason, K., Nelson, B. & Ho, J. 2010. Prehospital Ultrasound by Paramedics: Results of Field Trial. *Academic Emergency Medicine* 17(6), 624-630.
- Hightower, S., Chin, E.J. & Heiner, J.D. 2012. Detection of Increased Intracranial Pressure by Ultrasound. *Journal of Special Operations Medicine* 12(3), 19-22.
- Holmström, P. 2013. Kuvantaminen. Teoksessa Kuisma, M., Holmström, P., Nurmi, J., Porthan, K. & Taskinen, T. (toim.) *Ensihoito*. Helsinki: Sanoma Pro, 171-183.
- Hoyer, H., Vogl, S., Schiemann, U., Haug, A., Stolpe, E. & Michalski, T. 2010. Prehospital Ultrasound in Emergency Medicine: Incidence, Feasibility, Indications and Diagnoses. *European Journal of Emergency Medicine* 17(5), 254-259.

Jensen, M.B., Sloth, E., Larsen, K.M. & Schmidt, M.B. 2004. Transthoracic Echocardiography for Cardiopulmonary Monitoring in Intensive Care. *European Journal of Anesthesiology* 21(9), 700-707.

Jurvelin, J. 2005a. Aineen ja energian vuorovaikutusmekanismit. Teoksessa Soimakallio, S., Kivisaari, L., Manninen, H., Svedström, E. & Tervonen, O. (toim.) *Radiologia*. Helsinki: WSOY, 15-24.

Jurvelin, J. 2005b. Ultraäänikuvaus. Teoksessa Soimakallio, S., Kivisaari, L., Manninen, H., Svedström, E. & Tervonen, O. (toim.) *Radiologia*. Helsinki: WSOY, 51-58.

Jørgensen, H., Jensen, C.H. & Dirks, J. 2010. Does Prehospital Ultrasound Improve Treatment of the Trauma Patient? A systematic review. *European Journal of Emergency Medicine* 17(5), 249-253.

Ketelaars, R., Hoogerwerf, N. & Scheffer, G.J. 2013. Prehospital Chest Ultrasound by a Dutch Helicopter Emergency Medical Service. *The Journal of Emergency Medicine* 44(4), 811-817.

Labovitz, A.J., Noble, V.E., Bierig, M., Goldstein, S.A., Jones, R., Kort, S., Porter, T.R., Spencer, K.T., Tayal, V.S. & Wei, K. 2010. Focused Cardiac Ultrasound in the Emergent Setting: A Consensus Statement of the American Society of Echocardiography and American College of Emergency Physicians. *Journal of the American Society of Echocardiography* 23(12), 1225-1230.

Lehto, H., Havukainen, R., Leskinen, J. & Luoma, T. 2005. Ääni. Fysiikka 2-3. 1.-4. painos. Helsinki: Tammi.

Lyon, M., Walton, P., Bhalla, V. & Shiver, S.A. 2011. Ultrasound Detection of the Sliding Lung Sign by Prehospital Critical Care Providers. *American Journal of Emergency Medicine* 30(3), 485-488.

Lyon, M., Shiver, S.A. & Walton, P. 2012. M-Mode Ultrasound for the Detection of Pneumothorax during Helicopter Transport. *The American Journal of Emergency Medicine* 30(8), 1577 – 1580.

Moore, C.L., Rose, G.A., Tayal, V.S., Sullivan, M., Arrowood, J.A. & Kline, J.A. 2002. Determination of Left Ventricular Function by Emergency Physician Echocardiography of Hypotensive Patients. *Academic Emergency Medicine* 9(3), 186-193.

Nelson, B.P. & Chason, K. 2008. Use of Ultrasound by Emergency Medical Services: A Review. *International Journal of Emergency Medicine* 1(4), 253-259.

Nurmi, J. 2014. Kokeellisen ensihoitolääketieteen dosentti, Helsingin yliopisto. Anestesiologian ja tehohoidon erikoislääkäri, HUS ATEK, lääkärihelikopteri FinnHEMS 10. Asiantuntijahaastattelu. Lappeenranta.

Oveland, N.P., Lossius, H.M., Aagaard, L., Connolly, J., Sloth, E. & Knudsen, L. 2013. Animal Laboratory Training Improves Lung Ultrasound Proficiency and Speed. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine* 21(5), 77-71.

Peräjoki, K., Taskinen, T. & Hiltunen, T. 2013. Vammapotilaan tutkiminen ja hoito. Teoksessa Kuisma, M., Holmström, P., Nurmi, J., Porthan, K. & Taskinen, T. (toim.) *Ensihoito*. Helsinki: Sanoma Pro, 526-527.

Price, S., Uddin, S. & Quinn, T. 2010. Echocardiography in Cardiac Arrest. *Current Opinion in Critical Care* 16(3), 211-215.

Rudolph, S.S., Sørensen, M.K., Svane, C., Hesselfeldt, R. & Steinmetz, J. 2014. Effect of Prehospital Ultrasound on Clinical Outcomes of Non-Trauma patients – A Systematic Review. *Resuscitation* 85(1), 21-30.

Saarakkala, S. 2013a. Ultraäänikuvantamisen perusteet. Teoksessa Pölönen, P., Ala-Kokko, T., Helveranta, K., Jäntti, H. & Kokko, A. (toim.) *Akuuttihoidon laitteet*. Helsinki: Duodecim. Verkko-versio (<http://www.terveysportti.fi>). Luettu 15.4.2014.

Saarakkala, S. 2013b. Ultraäänianturityypit. Teoksessa Pölönen, P., Ala-Kokko, T., Helveranta, K., Jäntti, H. & Kokko, A. (toim.) *Akuuttihoidon laitteet*. Helsinki: Duodecim. Verkko-versio (<http://www.terveysportti.fi>). Luettu 16.4.2014.

Schlachetzki, F., Herzberg, M., Hölscher, T., Ertl, M., Zimmermann, M., Ittner, K.P., Pels, H., Bogdahn, U. & Boy, S. 2012. Transcranial Ultrasound from Diagnosis to Early Stroke Management – Part 2: Prehospital Neurosonography in Patients with Acute Stroke – The Regensburg Stroke Mobile Project. *Cerebrovascular diseases* 33(3), 262-271.

Sorsa, M. 2014. Ensihoitaja AMK, HEMS Crew Member, lääkärihelikopteri FinnHEMS 30. Asiantuntijahaastattelu. Pirkkala.

Walcher, F., Weinlich, F., Conrad, G., Schweigkofler, U., Breitzkreutz, R., Kirschning, T. & Marzi, I. 2005. Prehospital Ultrasound Imaging Improves Management of Abdominal Trauma. *The British Journal of Surgery* 93(2), 238-242.

Ångerman-Haasmaa, S. & Aaltonen, J. 2013. Sokki. Teoksessa Kuisma, M., Holmström, P., Nurmi, J., Porthan, K. & Taskinen, T. (toim.) *Ensihoito*. Helsinki: Sanoma Pro, 432.

Ångerman-Haasmaa, S. 2014. LL, anesthesiologian ja tehohoidon erikoislääkäri, HUS ATEK, lääkärihelikopteri FinnHEMS 10. Asiantuntijahaastattelu. Vantaa.

Saatekirje

Syksy 2014



Laatijat: Tuomas Harjula & Tuukka Toivonen

Saimaan ammattikorkeakoulu, Lappeenranta

Ensihoidon koulutusohjelma

Hyvä osallistuja

Olet osallistumassa ultraäänen käyttökoulutukseen ensihoidon kenttäjohtajille. Koulutus järjestetään maanantaina 10.11.2014 Armilan sairaalan luokkatiloissa. Koulutuksen aikana käydään läpi soveltuvien osien ultraäänitutkimusten teoriaa, ultraäänilaitteen käytön perusteet, sekä valikoituja tutkimusikkunoita, joiden on katsottu olevan mahdollisesti hyödynnettävissä ensihoidon tehtäväkentällä. Koulutustilaisuuden tarkoituksena on antaa sinulle riittävä näkemys ultraäänen käytöstä ensihoidossa, jotta voit mahdollisuuksien mukaan hyödyntää ultraääntä päivittäisessä työssäsi ja kouluttaa perusteet myös vuorosi muille ensihoitajille.

Ennen koulutusta pyydämme, että perehdyt ensin liitteenä olevaan teoriapakettiin ja sen jälkeen alle linkitettyihin opetusvideoihin. Kun kaikki osallistujat ovat perehtyneet alustavasti materiaaliin, itse koulutustapahtuma saadaan sujuvammaksi.

[Cardiac echocardiography - Parasternal long axis](#)

(Halutessasi perehtyä tarkemmin tämän näkymän hyödyntämiseen sairaalahoidossa: [Parasternal long axis osa 2](#))

[Cardiac echocardiography - Subxiphoid view](#)

Kiitoksia osallistumisestasi, nähdään koulutustilaisuudessa!

**Nimi:** \_\_\_\_\_

Liite 2  
1(3)

**Case 1:**

- Sydän                       Keuhkot  
 Normaali löydös         Patologinen

Perustelut: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Case 2:**

- Sydän                       Keuhkot  
 Normaali löydös         Patologinen

Perustelut: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Case 3:**

- Sydän                       Keuhkot  
 Normaali löydös         Patologinen

Perustelut: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Case 4:**

- Sydän                       Keuhkot  
 Normaali löydös         Patologinen

Perustelut: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Case 5:**

- Sydän                       Keuhkot  
 Normaali löydös         Patologinen

Perustelut: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Case 6:**

- Sydän                       Keuhkot  
 Normaali löydös         Patologinen

Perustelut: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Case 7:**

- Sydän                       Keuhkot  
 Normaali löydös         Patologinen

Perustelut: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Case 8:**

- Sydän                       Keuhkot  
 Normaali löydös         Patologinen

Perustelut: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Case 9:**

- Sydän
- Keuhkot
- Normaali löydös
- Patologinen

Perustelut: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Case 10:**

- Sydän
- Keuhkot
- Normaali löydös
- Patologinen

Perustelut: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



**Case 1:**

- Sydän                       Keuhkot
- Normaali löydös         Patologinen

Perustelut: Sliding lung sign tarjoutuu selkeästi. Normaali löydös.

**Case 2:**

- Sydän                       Keuhkot
- Normaali löydös         Patologinen

Perustelut: Kuvan perusteella normaali löydös. Ei perikardiaalieuhiota, seinämät normaalit. Liike ei määriteltävissä.

**Case 3:**

- Sydän                       Keuhkot
- Normaali löydös         Patologinen

Perustelut: M-moodissa stratosphere-/barcode -kuvio. Keuhkon liike ei havaittavissa.

**Case 4:**

- Sydän                       Keuhkot
- Normaali löydös         Patologinen

Perustelut: Massiivinen perikardiaalieuhiota. Tamponaatio. Sydämen liike epänormaalia.

**Case 5:**

- Sydän                                      ■ Keuhkot
- Normaali löydös                      ■ Patologinen

Perustelut: Lung sliding ei havaittavissa. Potilaalla pneumothorax.

**Case 6:**

- Sydän                                       Keuhkot
- Normaali löydös                       Patologinen

Perustelut: Kuvan perusteella normaali löydös. Ei perikardiaaliefuusiota, seinämät normaalit. Liike ei määriteltävissä.

**Case 7:**

- Sydän                                      ■ Keuhkot
- Normaali löydös                       Patologinen

Perustelut: M-moodi. Keuhkojen liike havaittavissa. Seashore sign/ waves on a beach.

**Case 8:**

- Sydän                                      ■ Keuhkot
- Normaali löydös                      ■ Patologinen

Perustelut: Lung sliding ei havaittavissa. Potilaalla pneumothorax.

**Case 9:**

- Sydän                                      □ Keuhkot
- Normaali löydös                      ■ Patologinen

Perustelut: Massiivinen perikardiaalieffuusio. Tamponaatio. Swinging heart.

**Case 10:**

- Sydän                                      ■ Keuhkot
- Normaali löydös                      □ Patologinen

Perustelut: Comet tail –artefaktat tarjoutuvat. Normaali keuhkojen liike.

**Bonus 1:**

- Sydän                                      □ Keuhkot
- Normaali löydös                      ■ Patologinen

Perustelut: Epänormaalinen näköinen pumppaustoiminta, sydän painuu kasaan. Paineluelvytys.

**Bonus 2:**

- Sydän                                      □ Keuhkot
- Normaali löydös                      ■ Patologinen

Perustelut: Oikean kammion pumppaustoiminta epänormaalista. Kammio ylikuormittunut, mistä johtuen seinämät jäykät. Potilaalla akuutti keuhkoembolia.