

Suomalainen Arto  
Turunen Roni

## Paineluevityksen laatu Pohjois-Karjalan pelastuslaitoksella

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Sairaanhoitaja YAMK  
Sosiaali- ja terveysalan kehittämi-  
nen ja johtaminen  
Ensihoitopalveluiden johtaminen  
Opinnäytetyö  
13.05.2015

Tekijä(t) Otsikko  Sivumäärä Aika	Arto Suomalainen, Turunen Roni Paineluelvytyksen laatu Pohjois-Karjalan pelastuslaitoksella 114 sivua + 8 liitettä 13.05.2015
Tutkinto	Sairaanhoidtaja YAMK
Koulutusohjelma	Sosiaali- ja terveysalan kehittäminen ja johtaminen
Suuntautumismvaihtoehto	Ensihoitopalveluiden johtaminen
Ohjaaja	Lehtori Antti Niemi
<p>Opinnäytetyömme tarkoituksena oli tutkia paineluelvytyksen laatua Pohjois-Karjalassa. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, vastaako Pohjois-Karjalan pelastuslaitoksen henkilökunnan suorittaman paineluelvytyksen laatu voimassa olevia hoitosuosituksia. Osaongelmina tutkimme lisäksi painelutaajuuden ja syvyyden vaikutusta toisiinsa, elvytystapahtumien välisiä eroja (N=29) sekä elvytyksen laadun heikkenemistä suhteessa aikaan nähden (N=17).</p> <p>Toteutimme opinnäytetyömme Itä-Suomessa, Pohjois-Karjalan pelastuslaitoksen toiminta-alueella. Keräsimme tutkimusaineiston vuoden 2014 tammikuun sekä heinäkuun 2014 välisenä aikana Zoll X-Series -defibrillaattoreista (N=10) kahdeksan paloaseman alueelta. Tutkimusaineiston saimme Zoll X-Series -defibrillaattorin elvytyspäitsimien yhteydessä olevan kiihdytysanturin laitteeseen tallentamasta datasta. Elvyttäjillä oli käytössä audiovisuaalinen painelupalaute elvytysten aikana.</p> <p>Tutkimuksessamme selvitimme paineluelvytyksen laatua seuraavien tekijöiden osalta: painelusyvyys, painelutaajuus, CCF:n, painelutauot sekä paineluvapautuskihtyvyys.</p> <p>Tutkimusaineiston analysoimme kvantitatiivisin menetelmin IBM® SPSS® Statistics 22.0.0.0 – ohjelmalla. Analysoinnissa käytimme ristiintaulukointia, Khiin neliö -testiä, Pearsonin tulomomenttikorrelaatiokerrointa sekä varianssianalyysi ANOVA:a.</p> <p>Tutkimustulokset osoittivat, että keskimääräinen painelusyvyys oli 4,81 cm, painelutaajuuden ollessa 115 /min. Tulokset osoittivat myös, ettei paineluelvytyksen laatu vastannut painelusyvyyden osalta voimassa olevia hoitosuosituksia. Elvytysten tauot olivat ensimmäisen minuutin osalta noin 24 sekuntia, mikä ei vastaa nykyisiä hoitosuosituksia. Ainoastaan 14 prosenttia paineluista täytti hoitosuositusyvyyden ja -taajuuden kriteerit. Liian nopea painelutaajuus heikensi hoitosuositusyvyyden saavuttamista. Elvytystapahtumien välillä oli tilastollisesti erittäin merkitseviä eroja kaikissa muuttujissa, pois lukien painelutauoissa (p=0,006). 17 minuutin elvytyksien (n=26) aikana tilastollisesti erittäin merkitsevät erot olivat muuttujissa CCF ja painelutauot. Muiden muuttujien osalta tilastollista eroa ei ollut.</p> <p>Tutkimus havainnollisti pelastuslaitokselle työntekijöiden toiminnassa olevat kehittämiskohdeet ja pelastuslaitos voi tulevaisuudessa kohdistaa lisäkoulutusta elvytyksen laadun kehittämiseen. Tutkimus voidaan toistaa lisäkoulutuksen jälkeen.</p>	
Avainsanat	Paineluelvytyks, ensihoitopalvelu, pelastuslaitos, CCF, painelusyvyys, painelutaajuus, paineluvapautuskihtyvyys

Author(s) Title	Arto Suomalainen , Turunen Roni The Quality of Cardiopulmonary Resuscitation in North Karelia Fire and Rescue Department
Number of Pages Date	13.05.2015 114 pages + 8 appendices
Degree	Master of Health Care
Degree Programme	Master's Degree in Development and Leadership in Health Care and Social Services
Specialisation option	Leadership of Emergency Care Services
Instructor	Lecturer Antti Niemi
<p>The purpose of our study was to evaluate the quality of cardiopulmonary resuscitation in North Karelia district area in Eastern Finland. The study was made in the area of North Karelia Fire and Rescue Department. The primary aim of this study was to analyse what kind of cardiopulmonary resuscitation the health care providers gave to the patients and is it equivalent to the American Heart Association Guidelines and the Finnish Current Care Guidelines. Secondary aims were to analyse the association between compression rate and compression depth, differences between resuscitation events and furthermore to analyse the quality of cardiopulmonary resuscitation as the resuscitation proceeded.</p> <p>29 incidents of out-of-hospital cardiac arrest between January 2014 and July 2014 were analysed based on data recorded from 10 Zoll X-Series defibrillators in North Karelia. Audiovisual feedback was used in every resuscitation event. We analysed all the incidents but only 26 events were included in the study.</p> <p>In our study we emphasized the quality of cardiopulmonary resuscitation using the following variables: compression depth, compression rate, chest compression fraction, compression pauses and mean release velocity.</p> <p>The resuscitation data was analysed using quantitative analysis. We used IBM® SPSS® Statistics 22.0.0.0 computer program which includes Chi-squared test, Pearson's Product-Moment Correlation Coefficient and One-Way ANOVA.</p> <p>The results showed that the mean compression depth was 4.81 centimeter and the mean compression rate was 115 /min and the mean chest compression fraction was 81 percent. We found that compression depth did not correspond to the Finnish Current Care Guidelines. Also the mean compression pauses were 24 seconds during the first minute. Only 14 percent of compressions were acceptable and equivalent to the guidelines. Too fast compression rate effected to the compression depth. This was expected. We also found that there were several statistically significant differences between resuscitation events in almost every variable, excluding compression pauses. Comparing the first 17 minutes of cardiopulmonary resuscitation there were statistically significant differences only in chest compression fraction and compression pauses.</p> <p>Our study indicate that there is a lot to improve in the quality of cardiopulmonary resuscitation in North Karelia.</p>	
Keywords	Cardiopulmonary resuscitation, Emergency medical service, Fire and Rescue Department, Chest Compression Fraction (CCF), Compression depth, Compression rate, CCRV, Chest compression release velocity

## Sisällys

1	Paineluevlytys: Älä nojaa, paina syvemmälle ja pysy tahdissa!	1
2	Tutkimuksen teoreettiset ja käsitteelliset lähtökohdat	4
2.1	Verenkiertojärjestelmä ja sydän	4
2.2	Paineluevlytys sydänpysähdyksen hoitokeinona	11
2.3	Laatu terveydenhuollossa	13
3	Systemaattinen kirjallisuushaku	25
4	Aikaisemmat tutkimukset	28
5	Opinnäytetyön tarkoitus, tavoite ja tutkimustehtävät	33
6	Tutkimuksen toteutus ja menetelmälliset lähtökohdat	34
7	Tutkimusympäristön kuvaus	39
8	Aineisto ja aineiston keruu	40
9	Mittarin validiteetti ja reliabiliteetti	42
10	Aineiston analysointi	44
11	Tulokset	50
11.1	Paineluevlytyksen syvyys	50
11.2	Paineluevlytyksen taajuus	51
11.3	CCF	52
11.4	Painelussyvyyden ja painelutaajuuden korrelaatio	53
11.5	Yksisuuntainen varianssianalyysi ANOVA	59
11.5.1	Elvytystapahtumien väliset erot 17 minuutin ajanjaksolla	59
11.5.2	Elvytyksen laadun vaihtelut 17 minuutin ajanjaksolla	74
12	Pohdinta	90
12.1	Tutkimuksen eettiset näkökulmat	90
12.2	Tutkimuksen luotettavuus	93
12.3	Tulosten pohdinta	96
13	Johtopäätökset ja jatkotutkimushaasteet	102

Liitteet:

Liite 1. Systemaattisen kirjallisuushaun hakutermit

Liite 2. Aikaisemmat tutkimukset

Liite 3. Aikaisempien tutkimusten vertailu

Liite 4. Tutkimuslupahakemus

Liite 5. Ohjeistus ensihoitoyksiköiden autokohtaisiin kansioihin

Liite 6. Ohjeistus pelastuslaitoksen Moodle-oppimisympäristöön

Liite 7. Lääkintälaitteen sertifikaatit (2013)

Liite 8. Elvytystapahtumien kuvaajat

## **1 Paineluelvytys: Älä nojaa, paina syvemmälle ja pysy tahdissa!**

Maailmanlaajuisesti vuosittain yli 135 miljoonaa ihmistä kuolee sydänsairauksiin ja sydänsairauksien esiintyvyys on kasvamassa. Sairaalan ulkopuolella tapahtuvien sydänpysähdysten esiintyvyys vaihtelee välillä 20–140 sydänpysähdystä 100 000 ihmistä kohden vuodessa ja selviytyvyys sydänpysähdyksestä vaihtelee 2–11 prosentin välillä. Amerikan sydänjärjestön, AHA:n (American Heart Association 2013) mukaan Yhdysvalloissa 500 000 lasten ja aikuisten sydänpysähdyksen joukosta vain alle 15 prosenttia selviää. Suomessa sydänperäiseen äkkikuolemaan kuolleiden lukumäärä on vuodessa noin 3000 (Jäntti 2010). Elvytyksiä on määrällisesti noin 50 / 100 000 asukasta kohti vuodessa. (Jäntti 2011). Sairaalan ulkopuolisesta sydänpysähdyksestä selviäminen on Fredrikssonin ym. (2003) mukaan vaihdellut 2–49 % välillä, Helsingissä ja New Yorkissa potilaiden selviytyminen tutkimuksen mukaan on Utstein -arvolla verrattuna 32.5 % vs. 5,3–7.3 %. Utstein -arvo kertoo elävänä kotiutettujen määrän jaettuna silminnäkijän havaitsemiin sydänpysähdyksiin verrattuna. Elvytyshoidossa paineluelvytys ja defibrillaatio ovat tärkeimmät sydämenpysähdyksen saaneen potilaan pelastavat hoitokeinot.

Saimme toimeksiannon työnantajaltamme, Pohjois-Karjalan pelastuslaitokselta, tutkia paineluelvytyksen laatua. Opinnäytetyömme tarkoitus oli tarkoitus tutkia Pohjois-Karjalan pelastuslaitoksen pelastus- ja ensihoitohenkilöstön toteuttaman paineluelvytyksen laatua Zoll X-Series defibrillaattoreiden avulla ja verrata sitä voimassa oleviin hoitosuosituksiin. Zoll -defibrillaattorit mahdollistivat elvytystapahtumien tietojen keräämisen ja mahdollistavat näin datan keräämisen paineluelvytyksen laadusta määrättyjen parametrien avulla. Tutkimusaineistosta tutkittiin vain paineluelvytyksen laatuun vaikuttavat muuttujat, joita defibrillaattorin kiihdytysanturi mittasi ja joita tunnetuissa kansainvälisissä tutkimuksissa oli käytetty. Vaikka laadukkaaseen paineluelvytykseen kuuluu tutkimusten mukaan myös ventilaatio, ei tässä tutkimuksessa sen vaikutusta tutkittu, vaan ainoastaan kiihdytysanturin mittaamia muuttujia.

Tutkimuksen teoreettinen viitekehys muodostui ihmisen verenkiertojärjestelmän anatomia ja fysiologiasta, terveydenhuollon laadusta yleisesti, ensihoidon laadusta sekä paineluelvytyksen laadusta. Aikaisempi tutkimusaineisto koottiin systemaattisen kirjallisuushaun avulla.

Paineluelvytyksessä defibrilaattori tallensi sisäiseen muistiinsa elvytystapahtuman parametreja. Laittevalmistajan toimittamalla Zoll RescueNet Code Review Standard Edition 5.60 -tietokoneohjelmalla dataa tarkasteltiin aluksi visuaalisesti. Tämän jälkeen data siirrettiin RescueNet -tietokoneohjelmasta Microsoft Excel taulukkolaskentaohjelmaan, jossa data pelkistettiin. Pelkistämisen jälkeen data siirrettiin IBM® SPSS® Statistics 22.0.0.0 -tietokoneohjelmaan tilastotieteellistä analysointia varten. Tutkimusaineisto analysoitiin ristiintaulukoinnin, Khiin neliö -testin, Pearsonin tulomomenttikorrelaatioker-toimen sekä varianssianalyysi ANOVA:n avulla.

Ensihoitajien merkitys potilaan hoitoketjussa on tärkeää laadukkaan paineluelvytyksen toteutumisen kannalta. Amerikan sydänjärjestön AHA:n (2014) mukaan potilaan selviytyminen perustuu viisilenkkiseen ketjuun, jonka vaiheet ovat: sydänpysähdyksen välitön tunnistaminen ja auttajaketjun aktivointi, maallikon suorittama peruselvytys, viivytyksetön defibrillaatio, hoitoelvytys sekä post-resuskitaatiohoito.

Paineluelvytyksestä on annettu sekä kansallisia että kansainvälisiä hoitosuosituksia. Yhdysvalloissa oleva American Heart Association (AHA) sydänjärjestö, edistää elvytyksen sekä sydänsairauksien tutkimusta ja antaa kansallisia hoitosuosituksia tehtyjen tutkimusten perusteella. Euroopassa European Resuscitation Council (ERC) laatii eurooppalaiset elvytysohjeet viiden vuoden välein ja nämä elvytys-suositukset noudattavat viimeisintä tieteellistä konsensusta (Resuscitation 2010: 1219). Viimeksi ERC:n elvytysohjeet ovat Kampmeierin ym. (2014) mukaan päivittyneet vuonna 2010, jolloin vähimmäispainelussyvyys-suositus vaihtui 40 millimetristä 50 millimetriin. Meaneyn (2013: 3) mukaan viimeisessä AHA:n elvytys-suosituksessa vuodelta 2010 vähimmäispainelussyvyys oli 50 millimetriä. Suomessa käypähoitosuosituksia laaditaan lääkäriseura Duodecimin sekä erikoislääkäriyhdistysten toimesta ja nämä hoitosuosituksia pohjautuvat tutkittuihin kansallisiin hoitosuosituksiin. (Käypähoito 2014).

Monet tutkijat kuten Abella ym. (2005) ja Wolfe ym. (2013) ovat tutkimuksissaan huomanneet, että oikean painelutaajuuden ja painelussyvyden saavuttaminen on vaikeaa ammattilaisillekin.

Työnantajamme sai tämän opinnäytetyön ansiosta tietoa maakunnan alueella tapahtuneiden paineluelvytysten laadusta. Vaikka paineluelvytyksen laatua ja vaikuttavuutta on tutkittu paljon sekä kansainvälisesti että kansallisesti, oli tutkimusaihe tärkeä, koska Poh-

jois-Karjalan alueelta ei ole aikaisempaa tutkimustietoa paineluelvytyksestä. Tutkimustulosten perusteella pelastuslaitoksella voidaan tulevaisuudessa kehittää elvytyskoulutusta, parantaa hoidon laatua ja näin lisätä potilasturvallisuutta.



## 2 Tutkimuksen teoreettiset ja käsitteelliset lähtökohdat

### 2.1 Verenkiertojärjestelmä ja sydän

Sydän koostuu neljästä lokerosta, jotka ovat pareittain: oikea ja vasen eteinen sekä oikea ja vasen kammio. Nämä toimivat ”pumppuina” samaan tahtiin niin, että kammiot täyttyvät verestä diastolen aikana ja tyhjentyvät systolen aikana. Oikean kammin painekuormitus on pienempi, jonka vuoksi vasen puoli sydäimestä on lihaksikkaampi. Laskimopaluusta veri virtaa neljän läpän läpi ennen kuin saavuttaa aortan. Läppien tehtävä on estää verenvirtaus takaisinpäin. Trikuspidaaliläppä on oikean eteisen ja kammin välillä, pulmonaaliläppä on oikean kammin ja keuhkovaltimon välillä. Mitraaliläppä erottaa vasemman eteisen ja kammin ja aorttaläppä erottaa aortan vasemmasta kammiosta. (Pitkänen – Vanninen 2014: 166)

Myokardiumin eli sydänlihaksen energian kulutus ihmisen ollessa levossa on noin 5 % perusaineenvaihdunnan käyttämästä energiasta. Myokardium kuluttaa happea 27 millilitraa jokainen minuutti, joten se on 12 % koko kehon tarvitsemasta hapesta. Sydänlihaksen verenvirtaus on 5 % sydämen minuuttivirtauksesta. (Pitkänen – Vanninen 2014: 166)

Sydämen pumppaustoimintaan liittyy neljä vaihetta, jotka ovat preload eli esitäyttö, afterload eli jälkikuorma, myokardiumin supistumisvireys ja sydämen lyöntitiheys. Sydämen pumppaustoiminta alkaa sähköisen impulssin syntyessä sinussolmukkeeseen, josta se etenee eteisiin aiheuttaen supistumisen. Veri virtaa kammioiden osittain eteisten supistuksen ansiosta, mutta myös sähköärsyksen edetessä eteis-kammiosolmukkeeseen. Sähköärsyksen matka jatkuu eteenpäin Hisin-kimpun kautta muihin haarautuviin säikeisiin. Kammiot supistuvat alkaen väliseinästä ja kärjestä edeten kohti ulosvirtauskanavaa. Eteis-kammio­läpät sulkeutuvat paineen noustessa kammioiden, jolloin veri ei kulkeudu takaisin eteisiin, vaan aortta- ja keuhkovaltimoläpät avautuvat ja veri pääsee kammioiden eteenpäin. Systolen alussa kammiopaineet nousevat mikä vaikuttaa myös valtimopaineita kohottavasti, jolloin veren virtaus on suurimmillaan. Kammioiden paine laskee aortan ja keuhkovaltimopaineiden alapuolelle systolen lopussa, jolloin relaksaatio alkaa ja aortta sekä keuhkovaltimoläpät sulkeutuvat. Kammioiden sisäinen paine laskee relaksaation aikaan, joka aiheuttaa veren imuvaikutuksen. Toimintakierto alkaa tämän jälkeen alusta. (Pitkänen – Vanninen 2014: 167)

Sydäntä kiertää oikea ja vasen sepelvaltimorunko. Sepelvaltimot alkavat aortan tyvi-osasta ja ne kulkevat sydämen pinnalla. Sepelvaltimoiden haarat kulkevat sydämen pinnalta sydänlihaksen sisäpinnalle eli endokardiumiin. Endokardiumissa sepelvaltimoverenkierto on hankalampaa ja vaurioherkempää, osasyynä siihen on kammioissa vallitseva kova paine. Vasemmasta sepelvaltimosta haarautuu kaksi päärunkoa, vasen etummainen laskeva ja vasen kiertävä sepelvaltimo. Oikea sepelvaltimo on kolmas sepelvaltimo. (Pitkänen – Vanninen 2014: 172)

Keuhkoverenkiertoon johtavat valtimot ovat lyhyempiä, väljempiä ja ohutseinäisempiä kuin systeemiverenkierron valtimot. Keuhkovaltimoissa virtausvastus ja vallitseva paine ovat alhaisemmat kuin systeemiverenkierrossa, mutta verimäärä on sama. Näin myös sydämen oikea puolisko on ohutseinäisempi sekä litteämpi, jolloin sen soveltuvuus on parempi tilavuustyöhön, kun taas vasen kammio joutuu painetyöhön. Kammiot toimivat vaikuttaen kaiken aikaa toistensa toimintaan. Jos tasapaino järkkyy toisen kuormittuessa ja laajentuessa, voi toisen diastollinen myötäävyys heiketä. Vuorovaikutuksen merkitys on myös kammioiden sarjakytkennässä, koska vastus keuhkoverisuonissa on pieni, määrää diastollinen paine vasemmassa kammiossa osan kokonaisvastuksesta pienessä verenkierrossa. Vajaatoimintaisessa sydämessä oikean kammion systolinen kuormitus nousee vasemman kammion diastolisen paineen kasvaessa. (Kettunen – Hassinen – Peuhkurinen – Kupari 2008: 41. Pitkänen – Vanninen 2014: 173.)

Sydämen oikeasta kammioista veri pumpataan läpi keuhkojen sydämen vasemmalle puolelle, tätä kutsutaan keuhkovaltimovereksi eli sekoittuneeksi laskimovereksi, joka sisältää lähes kaiken elimistöstä palanneen veren. Tämän jälkeen veri kulkeutuu keuhkoihin ja hapetuu sekä luovuttaa hiilidioksidin. (Pitkänen – Vanninen 2014: 166)

Ihmisen verenkierto jaetaan kahteen kiertoon, jotka ovat suuri verenkierto eli ääreisverenkierto sekä pieni verenkierto eli keuhkoverenkierto. Ääreisverenkierto alkaa aortasta ja keuhkoverenkierto keuhkovaltimosta. Valtimoiden seinämät ovat elastisia ja niiden pinta-ala kasvaa systolen aikana, jolloin elastisuuden ansiosta veri kulkeutuu eteenpäin valtimoissa. Verenpaine laskee veren kulkeuduttua yhä pienempiin valtimoihin ja lopulta arterioleihin, joissa virtausvastus kasvaa jyrkästi ja verenvirtaus hidastuu. Kapillaarisuonten poikkipinta-ala on valtava, jolloin virtausvastus ja -nopeus ovat alhaisia. Verenvirtaus arterioleista kulkee mikroverenkiertoon, jossa tapahtuu nesteiden ja partikkeleiden siirtyminen kudospainepaineeseen. Tämän jälkeen mikroverenkierrosta imeytyy venuleihin sekoittunut laskimoveri, joka jatkaa matkaa verenpaineen, lihasten supistumisen ja

sisäänhengityksen aiheuttaman negatiivisen paineen avulla takaisin sydämeen. Veren palautuessa sydämen oikeaan kammioon, oikea kammiopumppaa sen keuhkoverenkiertoon, jossa veri kiertää keuhkorakkuloiden pinnalla hiussuonissa hapettuen ja luovuttaen hiilidioksidia. Tämän jälkeen veri jatkaa keuhkolaskimoita myöten sydämen vasempaan eteiseen. (Pitkänen – Vanninen 2014: 175 – 176. Kettunen 2008: 21.)

### Sydänpysähdys

Sydämenpysähdys tarkoittaa verta elimistössä pumppaavan elimen eli sydämen mekaanisen pumppaustoiminnan äkillistä pysähtymistä. Elimistössä alkaa tällöin tapahtua peruuttamattomia muutoksia, mikäli sydäntä ei saada käynnistettyä ajoissa. Sydänpysähdys varmistetaan yrittämällä herättää potilasta, näin varmistetaan reagoimattomuus. Kliinistä diagnoosia sydänpysähdyksestä tukevat hengityksen pysähtyminen eli hengitysliikkeiden puuttuminen sekä sykkeen palpoimattomuus suurista valtimoista. (Väyrynen - Kuisma 2013: 258.)

Hartikaisen ym. (2008: 613) mukaan sydänperäisessä kuolemassa ihminen menehtyy luonnollisesti, se tapahtuu odottamatta ja syynä on sydämen pysähdys. Äkkikuoleman osuus on 50 % kaikista sydänperäisistä kuolemista. Sudden cardiac death (SCD) eli sydänperäinen äkkikuolema ja sudden cardiac arrest (SCA) eli äkillinen sydämen pysähdys eivät tarkoita samaa asiaa. Sydänperäisen äkkikuoleman taustalla voi olla muutakin kuin rytmihäiriö. Äkillinen sydänpysähdys ei aina suoraan johda ihmisen menehtymiseen, mutta hän voi menehtyä myöhemmin tuntien, päivien tai pidemmän ajan jälkeen sydänpysähdyksestä aiheutuneiden elinvaurioiden takia. Usein sydänperäisen äkkikuoleman taustalla on rytmihäiriö. Koster ym. (2010) toteavat, SCA:n Euroopan mitta-kaavassa koskettavan joka vuosi 350 000–700 000 ihmistä, riippuen siitä kuinka SCA on määritelty.

Potilaan selviytymisketjun kannalta on erityisen tärkeää tunnistaa sydänpysähdys mahdollisimman ajoissa ja aloittaa peruselvytys viivyttämättä. Sydänpysähdyksen tunnistaminen ajoissa aktivoi kiireellisen ensihoitopalvelun. Euroopan elvytysneuvoston antamassa suosituksessa on tutkimusten avulla osoitettu rintakipupotilaan tunnistamisen parantavan potilaan selviytymistä 21–33 % oireiden alkamisesta. Potilaan primaariselviytymiseen vaikuttaa elottomuuden nähneiden ihmisten välittömästi aloittama peruselvytys sekä mahdollisimman aikainen defibrillaatio. Ajoissa aloitettu peruselvytys ja aikainen

defibrillaatio 3–5 minuutin kuluessa sydämen pysähtymisestä parantavat potilaan selviytymistä 49–75 prosenttia. Tutkimusten mukaan jokainen minuutti ennen defibrillaatiota heikentää potilaan selviytymistä 10–12 prosenttia. Elvytystutkimuksissa erilaisten ensihoitopalveluiden osalta on selviytymisprosentti parhaimmillaankin ollut noin 20 prosentin luokkaa kokonaisaineistoa tutkittaessa ja 40 % kammiovärinäpotilaiden osalta, mutta monesti prosenttiosuudet jäivät kokonaisaineistoa tutkittaessa alle 5 prosentin ja kammiovärinäpotilaiden osalta alle 10 %:iin. (Koster ym. 2010: 2; Kuisma – Väyrynen 2013: 268. Yang ym. 2014.)

### Sydänpysähdyksen ja äkkikuoleman epidemiologia

Hartikainen ym. (2008: 614) ja Koster ym. (2010: 1278) toteavat sydänperäisen äkkikuoleman olevan länsimaissa yleisin kuolinsyy. Sydänpysähdykset aiheuttavat enemmän kuolemia kuin esimerkiksi rintasyöpä, aivohalvaus tai liikenneonnettomuudet. Maassamme menehtyy sydänperäisen syyn takia vuosittain 15 000 henkilöä joka vuosi. Äkkikuoleman osuus on 50 % kaikista sydänperäisistä kuolemista. Sydänperäisen äkkikuoleman esiintyvyys on maassamme 0,1–0,2 % vuodessa.

Sydänperäiset äkkikuolemat esiintyvät kahdessa ikähuipussa. Syntymän ja 6 kk:n välisessä iässä äkkikuoleman syynä on kätkytkuolema. Sydänperäisen äkkikuoleman ilmaantuvuus esiintyy niin, että toinen ikähuippu sijoittuu 45. ja 75. ikävuoden välille. Näissä yleensä taustalla on sepelvaltimotauti. Miesten osuus on suurempi kuin naisten sydänperäisissä äkkikuolemissa. Äkkikuolemat esiintyvät useimmin aamulla 1-2 tuntia heräämisen jälkeen. Syynä tähän pidetään katekoliamiinierityksen lisääntymistä, joka liittyy heräämiseen. Toinen ajankohta, jolloin äkkikuoleman riski on jälleen suurempi, on 6-10 tuntia heräämisestä. Suurin riskiryhmä ovat ne, jotka ovat jo kerran elvytetty äkillisestä sydänpysähdyksestä. Tämä ryhmä on kuitenkin vain murto-osa kaikista potilaista, jotka ovat menehtyneet äkillisesti. (Hartikainen – Mäkijärvi – Huikuri 2008: 614 – 615.)

### Sydänpysähdyksen ja äkkikuoleman patofysiologia ja tapahtumat elimistössä

Vaikka valtaosalla sydänperäisen äkkikuoleman kohdanneista potilaista on ollut sydänvika, vain 5–12 %:lla ei ole ollut aikaisempaa sydänsairautta. Useimmissa tapauksissa sydänvian syy on ollut rakenteellinen, kuten esimerkiksi sydäninfarktin synnyttämä arpi sydänlihaksessa, mutta se voi olla toiminnallinen, kuten esimerkiksi pitkän QT-oireyhtymän sairastavilla potilailla. Substraatti eli sydänvian aiheuttama pohjarakenne aiheuttaa

rytmihäiriön. Yleensä kyseessä on sydänlihaksen arpikudos, mikä aiheuttaa yhdensuuntaisen johtumishäiriön, joka taas voi aiheuttaa kammiotakykardian. Substraatti voi olla myös yksittäinen pesäke, joka vaikuttaa sydämen toimintaan rytmittämällä sydäntä ja aiheuttaen näin rytmihäiriön. Substraatti tarvitsee usein rytmihäiriön synnyttämiseen jonkin altistavan tekijän, kuten esimerkiksi elektrofysiologiset ominaisuudet, jolloin vakaa substraatti muuttuu epävakaaksi ja aiheuttaa rytmihäiriön. Yleensä substraatin ja altistavan tekijän lisäksi tarvitaan vielä laukaiseva tekijä. Laukaisevana tekijänä voi olla useimmiten kammioperäinen lisälyönti, bradykardia (hidaslyöntisyys) sekä eteisperäinen rytmihäiriö. Ilman substraatin ja altistavan tekijän mukanaoloa pelkkä kammiolisälyönti on vaaraton, mutta yhdessä nämä kolme tekijää voivat altistaa henkeä uhkaavaan rytmihäiriöön. (Hartikainen – Mäkijärvi – Huikuri 2008: 615 – 616.)

Sydämen pumppaustoiminnan loputtua kudoksiin johtava verenvirtaus heikkenee voimakkaasti. Verenvirtaus voi kuitenkin pumppaustoiminnan loputtua jatkua noin viiden minuutin ajan, koska verisuonistossa vallitsee vielä painetila, joka johtuu valtimoiden ja laskimoiden paine-erosta. Paine-eron tasaannuttua virtaus loppuu ja tällöin suurin osa verestä on siirtynyt laskimopuolelle. Sydämen oikea kammiot joutuu ylivenyttymään, jolloin vasemman kammion täytyminen estyy. Vaikka tässä tilanteessa sydän saataisiinkin defibrilloitua, ei sähköisen toiminnan palautuminen enää johda vasemman kammion supistumiseen, koska siellä ei tapahdu riittävää esivenytystä. (Nurmi – Castrén 2014: 1142.) Kammioiden välillä on vuorovaikutus, jonka vuoksi oikean kammion venyntyminen hankaloittaa vasemman kammion täyttymistä. (Pitkänen – Vanninen 2014: 170)

Verenvirtauksen loputtua solut eivät saa happea ja aivokudoksen solujen vaurioitumien alkaa. Spontaanin verenkierron palautuessa kuitenkin syntyy lopulta merkittävin aivokudoksen soluvaurio. Reperfuusion aikana vapaiden happiradikaalien ryöppy vaurioittaa solukkoa, jolloin solujen antioksidatiiviset suojauskeinot ovat vähäiset. Iskemian ja reperfuusion vaikutukset näkyvät myös muissakin elimistön osissa. Sydänpysähdyksestä yleensä seuraa uusiutuva toimintahäiriö sydämeen ja johtaa sepsistä muistuttavaan inflammatiovasteeseen. (Nurmi – Castrén 2014: 1143.)

## Sydänpysähdyksen aiheuttavat rytmihäiriöt

Kammiotakykardia eli ventricular tachycardia (VT) on hengenvaarallinen tiheälyöntinen rytmihäiriö, joka on syntyisin sydämen kammionpuoleiselta alueelta. Tämä rytmihäiriö on 63 %:lla yleisin äkkikuolemaan johtava sydämen rytmihäiriö. Kammiotakykardia voi hoitamattomana johtaa sydämen rytmin muuttumiseen kammiovärinäksi. Monitoroidun potilaan mennessä elottomaksi, on hoitomuotona välitön defibrillaatio kolmesti. Elottomana löydetyllä potilaalla on primaari-rytmi yleensä elvyttäjien saapuessa paikalle muuttunut kammiotakykardiasta kammiovärinäksi. Kammiotakykardia voi olla lyhyt tai pitkäkestoinen. Kammiotakykardiaa aiheuttavat sydänsairaudet kuten sydäninfarkti, iskemia, kardiomyopatia tai myokardiitti. Kammiotakykardia luokitellaan terveen sekä sairaan sydämen kammiotakykardiaksi. (Hartikainen 2008: 181; Kuisma – Väyrynen 2013: 261; Toivonen 2008: 599 – 600; Yli-Mäyry 2008: 443.)

Terveen sydämen kammiotakykardia jaetaan oikean kammion idiopaattiseen kammiotakykardiaan sekä vasemman kammion faskikulaariseen kammiotakykardiaan. Oikean kammion idiopaattinen kammiotakykardia on usein hyvänlaatuista ja oireet ovat hetkellinen huimaus tai tajuttomuus. Vasemman kammion faskikulaarinen kammiotakykardia aiheuttaa elektrokardiografiaan oikean haarakatkoksen ja vasemman etu- tai takahaarakkeen katkoksen kammioheilahduksen muodon. Faskikulaarinen kammiotakykardia syntyy vasemmassa kammiossa sijaitsevasta johtoradasta, sen vasemmasta tai oikeasta takahaarakkeesta. (Toivonen 2008: 608; Yli-Mäyry 2008: 444 - 445.)

Kammiotakykardian syntymekanismeja ovat automatismi, joka on seurausta spontaanin depolarisaation herkistymisestä, jota tavataan usein sydäninfarktin sairastaneilla 2–3 vuorokauden kuluttua sydäninfarktista. Jälkidepolarisaatio aiheuttaa myös kammiotakykardiaa, joka käynnistyy aktiopotentialin loppuvaiheessa. Jälkidepolarisaatio liittyy pitkään QT-aikaan sekä kammioiden poikkeavaan repolarisaatioon. Kiertoaktivaation aiheuttaa hidastunut johtuminen, toiminnallisesti tai anatomisesti rajautunut kiertorata, jolloin depolarisaatio johtuu kiertoaktivaationa sydänlihaksessa. Kiertoaktivaatio syntyy näin sydäninfarktin jälkeen, jolloin infarktiarven sidekudosjuosteiden väliset lihassäikeet muodostavat rajautuneen kiertoradan. Kammiotakykardia muodostaa elektrokardiografiaa tutkittaessa leveäkompleksisen ja taajuudeltaan suuren rytmin. Elottomalla potilaalla taajuuden ollessa noin 180 - 240/min. (Toivonen 2008: 608; Yli-Mäyry 2008: 444 - 445.)

Kammiotakykardia jaetaan morphologisesti monomorfiin eli yhdenmuotoisiin sekä polymorfiin eli monimuotoisiin, rytmihäiriön QRS-heilahduksen muodon mukaan. Nopeampi QRS-heilahdukseltaan yhdenmuotoinen monomorfinen takykardia on muodoltaan leveäkompleksinen, kestoltaan yli 140 millisekuntia ja taajuudeltaan 120 – 240 /min säännöllinen takykardia. Monomorfinen kammiotakykardia muodostuu paikallisesti infarktiarven alueella aiheutuvasta kiertoaktivaatiosta. Hitaampi polymorfinen kammiotakykardia eli monimuotoinen kammiotakykardia muodostuu usein sydänlihaksessa vallitsevan iskemian vaikutuksesta laajemmilla alueilla ja aiheuttaa QRS-heilahduksen muotoon vaihteluita. QRS-heilahduksen muoto vaihtelee sydämen lyöntien tai muutaman lyönnin välein. Polymorfista kammiotakykardiaa esiintyy myös komplisoituneessa sydäninfarktissa, myokardiitissa sekä sydämen vajaatoiminnan loppuvaiheessa. Hidasta 70 – 100 /min kammiotakykardiaa nimitetään luontaiseksi kammiorytmiksi eli Accelerated Idioventricular Rhythm (AIVR). AIVR esiintyy sydäninfarktin reperfuusiovaiheen, myokardiitin eli sydänlihastulehduksen sekä dilatoivan eli laajentavan kardiomyopatian yhteydessä. AIVR on morfologisesti tarkasteltuna kammiotakykardian muotoinen, taajuudeltaan 60 - 120/min, hyvälaatuinen rytmi. (Toivonen 2008: 601 - 605 ; Yli-Mäyry 2008: 450.)

Kammiovärinä on usein seurausta pitkäkestoisesta kammiotakykardiasta. Kammiotakykardia on ehtinyt muuttumaan kammiovärinäksi. Kammiovärinäessä sydänlihaksen sähköinen toiminta on täysin kaoottista. Sähköimpulssi ei johdu tasaisena rintamana, vaan on järjestäytymätöntä. Kammiovärinä voidaan jakaa kolmeen eri vaiheeseen: sähköiseen, verenkierrolliseen ja aineenvaihdunnalliseen vaiheeseen. Aluksi kammiovärinä on karkeajakoinen ja korkea-amplitudinen, joka myöhemmin alkaa madaltua hienojakoisemmaksi ja muuttuu lopuksi asystoliaksi. Kammiovärinä on syynä 7 prosentissa sydänperäisistä äkkikuolemista. (Kuisma – Väyrynen 2013: 259; Hartikainen 2008: 181.)

Kammiovärinän ensimmäisenä vaiheena olevassa sähköisessä eli elektrisessä vaiheessa potilaan sydämen rytmi saadaan palautettua defibrillaatiolla, mikäli potilas tavoitetaan 0–4 minuutin kuluessa sydänpysähdyksestä. Mikäli kammiovärinän alusta on kulunut aikaa 5–10 minuuttia, puhutaan verenkierrollisesta eli sirkulatorisesta vaiheesta. Verenkierron palauttaminen tästä vaiheesta edellyttää tehokasta paineluevlytystä, jotta defibrillaatio onnistuisi. Viimeisenä vaiheena olevassa aineenvaihdunnallisessa eli metabolisessa vaiheessa elimistö on dekompensoitotilassa. Metabolisesta vaiheesta sydämen käynnistyminen edellyttää lääkehoitoa paineluevlytyksen ja defibrillaation lisäksi. (Kuisma – Väyrynen 2013: 259.)

Sykkeetön rytmi eli Pulseless Electrical Activity on taajuudeltaan 30–80 /min defibrilloimaton rytmi. Valvontamonitorissa näkyy säännöllinen rytmi, kuitenkin carotisvaltimosta ei ole palpoitavissa olevaa pulsaatiota. Potilaalla voi kuitenkin olla heikko verenkierto ja matala verenpaine, tämä tila on nimeltään pseudo-PEA. Sykkeettömän rytmin aiheuttavia syitä ovat hypoksia, hypovolemia, hypo / hyperkarbia / metaboliset syyt, hypotermia, paineilmarinta, erilaiset myrkytykset, sydämen tamponaatio, keuhkoembolia sekä akuutti sydäninfarkti. (Käypä hoito –suositus: Elvytys 2011: 15; Kuisma – Väyrynen 2013: 262.)

Asystole tarkoittaa elektrokardiografissa alle 1 millivoltin amplitudiltaan olevaa suoraa viivaa. Tällöin sydämessä ei ole lainkaan sähköistä toimintaa eikä verta kierrättävää rytmiä. Kammiovärinä muuttuu hiipuessaan asystoleksi. Asystoleessa potilaan ennuste on huono. Lähtörytminä asystole liittyy ei-sydänperäiseen sydänpysähdykseen ja sitä ei voi koskaan defibrilloida. Ei-sydänperäisiä syitä ovat hypoksia ja aivoverenvuoto. (Silfvast 2008: 1173; Kuisma – Väyrynen 2013: 261.)

## 2.2 Paineluelvytys sydänpysähdyksen hoitokeinona

Paineluelvytyksellä on pitkä historia. Vuonna 1891 tohtori Friedrich Maas oli ensimmäistä kertaa dokumentoinut rintakehän kompression ihmisillä. Vuonna 1903 tohtori George Crile raportoi ensimmäistä kertaa rintakehän ulkoisen painelun ihmisen elvytyksessä ja vuonna 1904 hän toteutti ensimmäistä kertaa ulkoista sydänhierontaa. (AHA 2014). Kouwenhoven (1961) alkoi tutkia ja kehittää nykyisen elvytyksen kaltaista paineluelvytystä. Hänen mukaansa Igelsbrud oli raportoinut ensimmäisen sydänhieronnan onnistuneen vuonna 1901. Kouwenhoven sai parhaat tulokset paineluelvytyksen taajuuden ollessa 60–80 kertaa minuutissa.

Sydänpysähdyksen saaneen potilaan paineluelvytys aloitetaan välittömästi, kun potilas on todettu reagoimattomaksi ja hengittämättömäksi. Elvytys aloitetaan siirtämällä potilas selinmakuulle kovalle alustalle. Tämän jälkeen paineluelvytyksen suorittaja asettaa ensin dominantin kätensä elvytettävän rintalastan päälle, jonka jälkeen toisen kätensä dominantin käden päälle, jolloin elvytyksen suorittajan sormet tulevat lomittain, mutta eivät kosketa elvytettävän rintakehää. Elvytyksen suorittaja on polviasennossa elvytettävän vierellä, käyttää apunaan paineluelvytyksessä oman yläruumiinsa painoa ja pitää kyynärpäät suorina, irrottamatta käsiään painelujen välillä elvytettävän rintakehästä. (Silfvast 2008: 1176–1177.)



## Paineluelvytyksen vaikutusmekanismit elimistössä

Paineluelvytyksellä aiheutetaan painevaihtelua rintaontelon sisäiseen tilaan. Niin sanottu thoraxpumppteorian mukaan verenvirtaus on mahdollista rintaontelon sisäisen paineen vaihtelun ansiosta. Sydämen vasen kammio toimii passiivisena virtauskanavana ja rintaontelon sisällä olevat laskimot painuvat kasaan, keuhkovaltimoläpät sulkeutuvat sekä oikeassa kammiossa sijaitsevat ulosvirtauskanavat supistuvat, jolloin takaisinvirtaus estyy. Thoraxin ulkopuolisten laskimoläppien ansiosta laskimoveri ei virtaa takaisin aivoihin. Oikea kammio täyttyy verestä painelun relaksaatiovaiheen ansiosta. Laskimopaluuta tapahtuu paineluelvytyksen aikana enimmäkseen yläonttolaskimosta, alaonttolaskimosta virtausta ei juurikaan esiinny. Systolinen verenpaine voi hyvällä paineluelvytyksellä nousta 100 mmHg:iin. Sydän painuu painelun vaikutuksesta rintalastan ja selkärangan väliin. Korkealla paineella ei kuitenkaan välttämättä ole merkitystä verenvirtaukseen, koska aortassa vallitsee alhainen diastolinen paine, jolloin perfuusiopaine on pienempi. Rintaontelon ulkoisten laskimoiden ja aortan välillä on paine-eroa 5–20 mmHg. (Silfvast 2008: 1178.)

Paineluelvytyksen tavoitteena on saada laskimoveri kiertämään aorttaan, jolloin se suurentaa perfuusiopainetta ja estää oikean kammion ylivenyttymistä. Paineluelvytyksen on kuitenkin jatkuttava keskeytymättömänä yli minuutin, jotta tarvittava perfuusiopainetaso saavutetaan. Lyhytkin tauko paineluelvytyksessä voi romahduttaa perfuusiopaineen. Tutkimusten mukaan korkea perfuusiopaine on yhteydessä erittäin vahvasti spontaanin verenkierron palautumiseen. (Nurmi – Castrén 2014: 1143.)

Paineluelvytyksen on tarkoitus olla mahdollisimman tehokasta, jotta potilaan aivojen perfuusio olisi mahdollisimman hyvä. Elvytyksellä aikaansaatua sydämen minuuttitilavuus on ainoastaan 5–15 % normaalista ja sepelvaltimoiden verenvirtaus 1–5 % normaalista verenvirtauksesta. Tutkimuksissa tehdyillä eläinkokeilla on osoitettu, että elvytettävän kallon sisäisen paineen noustessa suurin osa kaulavaltimoiden verenvirtauksesta menee kasvojen alueelle oikovirtauksen johdosta. (Silfvast 2008: 1177.)

### 2.3 Laatu terveydenhuollossa

Laadulla tarkoitetaan tuotteen tai palvelun virheettömyyttä, vaihtelun minimointia, järjestelmällistä pyrkimistä erinomaisuuteen sekä työskentelyn jatkuvaa kehittymistä. Laatu on aina osa inhimillistä toimintaa, kun pyrkimys on kohti parempaa tulosta. Suurien tuotantomäärien lisääntyminen 1900-luvun alussa synnytti yhteiskunnallisen muutoksen, jossa yksilöllisistä ja kustomoiduista tuotteista siirryttiin sarjatuotantoon. Suurien tuotantomäärien käsittelyssä syntyi tarve minimoida ilmenevää hukkaa ja vaihtelua. Laatua pyrittiin hallitsemaan valmistuneiden tuotteiden tarkastuksella, tuotannon jaksottamisella ja yhdenmukaistamalla tapoja ja menetelmiä sekä soveltamalla henkilöstöä eri työvaiheisiin. Nämä menetelmät toivat laatua, jolloin vialliset tuotteet voitiin tunnistaa. Ongelmaksi jäi kuitenkin vielä vian aiheuttajien minimointi. (Kuisma - Hakala 2013: 66.)

Laatuajattelu tuli teollisuutta huomattavasti myöhemmin, vasta 1990-luvulla, palvelu-aloille. Yleisesti tunnettuja laadunhallintajärjestelmiä kehitettiin, esimerkkinä ovat ISO 9000 laatustandardit sekä EFQM-laatupalkintokriteerit. Näistä molemmat edellyttävät tulkintoja siirrettäessä niitä terveydenhuoltopalveluihin, koska ne ovat niin kutsuttuja yleisjärjestelmiä. Suomessa laadunhallintaa ohjataan terveydenhuoltoalalla lainsäädännöllä ja tiedolla ohjaamisen keinoin. Hoitosuosituksset ovat esimerkki tiedolla ohjaamisen keinoista. Vuonna 1995 Suomessa toteutettiin valtakunnallinen laadunhallintasuositus, jossa esiteltiin kolme periaatetta: laadunhallinta on osa jokapäiväistä työtä, asiakaslähteisyyden tulee olla laadunhallinnan painopiste ja sosiaali- ja terveydenhuollon laadunhallinta toteutetaan tiedolla ohjaamisella. Vuonna 2011 voimaantullut terveydenhuoltolaki paransi terveydenhuollon yksiköiden laatutyötä. Terveydenhuoltolain avulla edistetään väestön terveyttä ja hyvinvointia, pienennetään terveyseroja ja lujitetaan hoidon asiakaskeskeisyyttä. (Kuisma - Hakala 2013: 66–67.)

Terveydenhuoltolaissa (8§) edellytetään, että terveydenhuollon toiminnan tulee olla näyttöön ja hyviin hoito- ja toimintakäytäntöihin perustuvaa sekä toiminnan on oltava laadukasta, turvallista ja asianmukaisesti toteutettua. Terveydenhuollon toimintayksikön tulee laatia suunnitelma laadunhallinnasta ja potilasturvallisuuden implementoinnista. Lisäksi potilaslain (3§) mukaan potilaalla on oikeus laadultaan hyvään terveyden- ja sairaudenhoitoon. (Terveydenhuoltolaki 2010; Laki potilaan asemasta ja oikeuksista 1992)

Ammattihenkilölain (15§) mukaan terveydenhuollon ammattihenkilön tulee ammattitoiminnassaan soveltaa yleisesti hyväksytyjä ja kokemusperäisiä perusteltuja menettelytapoja koulutuksensa mukaisesti, joita hänen on pyrittävä jatkuvasti täydentämään.

(Laki terveydenhuollon ammattihenkilöistä 1994)

Potilasvahinkolain (2§) mukaan tulee korvattavaksi potilasvahingoksi ammattinormien alittaminen. Tämä tarkoittaa sitä, että jos kokenut terveydenhuoltoalan ammattilainen olisi tutkinut, hoitanut tai muulla tavalla käsitellyt potilasta toisin, olisi välttytty potilasvahingolta. (Potilasvahinkolaki 1986)

### Laatu ensihoidossa

Ensihoidossa laadunhallinta on vasta kehittymässä. Suomessa ensihoidossa on paneuduttu jo vuosien ajan ensihoidon viiveseurantaan, ensihoitokertomusten tarkasteluun ja sydänpysähdyspotilaiden selviytymiseen. Nämä asiat kuitenkin eroavat ensihoidon laatuajattelun näkökulmasta. Kaikilla ensihoidon organisaatioilla tulisi olla asianmukaiset laadunhallintamenetelmät, jotka he itse hahmottavat ja tunnistavat omassa toiminnassaan sekä osaavat hallita niitä. (Kuisma - Hakala 2013: 67.)

Paul Lillrank (1998) määrittelee laatua neljästä näkökulmasta: tuotanto, suunnittelu, asiakas ja systeemi. Tuotannon näkökulmasta tarkasteltuna laatu on osana ensihoitajan käsillä tekemää työtä, jos työn jälki ei miellytä, hän voi päättää korjaako hän esimerkiksi paineluelvytyksensä taajuutta tai syvyyttä. Teollisessa tuotannossa yksikin virheellinen muotti voi tuottaa varaston täyteen virheellisiä tuotteita, jolloin yksi virhe kertaantuu kaikissa kappaleissa. Tuotannossa, laadusta vastaavan henkilön toiminta onkin keskeisintä. Tuotannossa laadun määrää mitataan virheiden määrällä. Tuotantokeskeiseen laatuun ja virheettömyyteen työnlaatuun pääsemiseksi virheet tulee tunnistaa ja ongelma ratkaista, esimerkiksi ensihoidossa koulutuksella ja osaamisen kehittämisellä. (Lillrank 1998: 28–31)

Suunnittelukeskeisen laatu näkökulman mukaan toiminta on suunniteltu niin hyvin, että tekeminen ja esimerkiksi tuotteen kopiointi hoituu mutkattomasti ja virheettömästi. (Lillrank 1998: 31). Ensihoidossa laadunhallinta suunnittelukeskeisen näkökulman mukaan toteutuu esimerkiksi potilaan tietosuojan noudattamisessa. (Kuisma - Hakala 2013: 68.)

Asiakaskeskeisyyden laatinäkökulmassa tarkastelun kohteena on ilmiö, jossa toteutuvat asiakkaan tarpeisiin pohjautuvat ilmiön ominaisuudet. Asiakaskeskeisyyttä mitataan mittareilla, joilla havainnoidaan hoidon vaikuttavuutta ja virheettömyyttä. Koko palveluprosessi on tunnettava, jotta asiakaskeskeisyys toteutuu asiakaspalvelutilanteissa yksilöllisesti asiakas huomioiden. Asiakastyytyväisyys ohjaa lopulta toimintaa, jolloin asiakkaan tarpeiden ymmärtäminen on kaiken perustana. (Lillrank 1998: 34–37.)

Systeemikeskeisyyden tarkoituksena on ymmärtää ympäristö- ja kulttuuritekijät. Laadun määrittelijöinä ovat yhteiskunta, järjestöt ja yleinen mielipide. Laadua mitataan sidosryhmien kokemusten perusteella ja heidän vaikutuksesta toimintaympäristöön. (Lillrank 1998: 37–39.)

Laatu ensihoidossa ilmenee kykynä täyttää asiakkaan palveluiden tarpeellisuus, ammatitaidolla, kustannustehokkaasti sekä lakien ja asetusten mukaan. Hoidon vaikuttavuuden arviointi on yhtenä keskeisenä osa-alueena. Laadunhallinnassa on myös tärkeänä tuottavuuden näkökulma näinä aikoina. Vaikuttavuutta ja tuottavuutta tulisikin tarkastella yhtä aikaa, jotta toinen näkökulma ei alistaisi toista. Asiakas ajattelee usein laatua nopean hoitoon pääsyn kannalta, jolloin toiminta olisi laadukasta potilaan päästessä aina sairaalaan ja nopeasti hoitoon. Asiakasta kuitenkin pidetään oman hoitonsa keskeisenä asiantuntijana, jolloin hänen mielipiteet ratkaisevat laadukkaan hoidon määrittelyn. Ensihoidossa laatumääritelmään kuuluu laadultaan vaikuttava hoito, asiakas- ja sidosryhmien palvelutuotanto sekä omistajat ja ympäristön huomioiva tarkoituksenmukaisuus. (Kuisma - Hakala 2013: 69.)

Laadunhallinta ei ole vain johtamista, tuotannon väline tai laatuasiantuntijan osallistamista, vaan siihen on osallistuttava koko ensihoito-organisaation henkilökunta sekä yhteistyökumppanit. Laadunhallinnalla voidaan parantaa potilasturvallisuutta, tuottaa asiakaslähtöisesti parempia palveluja parantamaan hoidon tuloksia sekä lisätä kustannustehokkuutta ja henkilökunnan työhyvinvointia ja parantaa näin työturvallisuutta. Laadunhallinta on johdon, mutta myös henkilökunnan työkalu kun arvioinnin kohteena on oman työn tekeminen tai ensihoitojärjestelmän toiminnan tuloksellisuus. Laadunhallinta on ensihoidossa niin uusi asia, että siihen perehtymättömien henkilöiden voi olla vaikea erottaa asioiden painoarvoa. (Kuisma - Hakala 2013: 69.)

Kuisma – Hakala (2013, s.70) on määritellyt viisi ensihoidon laadunhallinnan päätekijää:

1. yhteisiin toimintaperiaatteisiin, arvoihin ja visioihin sitoutuminen ja olemassaolon tunnustaminen sekä tiedostaminen
2. palvelulinjojen hallitseminen niin, että prosesseille on määrätty vastuuhenkilöt, ne on kuvattu, niitä kehitetään jatkuvasti ja niille on määritelty mittarit, joilla tuloksia voidaan tarkastella
3. asiakaslähtöisyyden tunnistaminen ja potilastyytyväisyyden jatkuva seuranta esimerkiksi potilaspalautteen kautta
4. koko ensihoitojärjestelmän ja palvelulinjojen laadun arviointi määräajoin
5. laadunhallinta liitetään päivittäisiin työtehtäviin ja toimintaan

Laadunhallinta on pääasiassa prosessien hallintaa. Palveluketjujen laadunhallinta keskittyy prosessien kuvaamiseen, jossa tehdään koko ketjun toiminnasta ja kaikista vaiheista sekä yhteistyötahoista näkyvä kuvaus. Näin oman työn hahmottaminen helpottuu, jolloin sitä tai sen osakokonaisuuksia voidaan muokata ja kustannustehokkuutta arvioida. Toiminnan kuvaus lisää avoimuutta, ymmärtämistä ja hallintaa. Ensihoitotapah-tuma on prosessi, joka sisältää vaiheet alkaen kentällä tapahtuvan riskinarvion, operatiivisen toiminnan ja hoidon kautta potilaan luovutuksen sairaalan päivystyspoliklinikalle tai kuljettamatta jättämisen jatkohoito-ohjeineen. Päivystyspoliklinikalla prosessiin kuuluu potilaan vastaanottaminen. Prosessi on alkanut mahdollisesta ennakoilmoituksesta jatkuen tutkimuksina ja hoitoina, joihin sisältyy ehkä laboratorio- ja kuvantamispalveluiden käyttäminen, päättyen potilaan kotiuttamiseen tai osastolle siirtoon. Prosessissa käydään siis läpi muutakin kuin vain hoidon kuvaus. Prosessista tulisi saada nopea, potilaalle miellyttävä sekä kustannustehokas. Hyvin toimivia prosesseja kutsutaankin köyhän miehen laatujärjestelmiksi. (Kuisma - Hakala 2013: 78.)

Näyttöön perustuva toiminta tarkoittaa terveydenhuollossa sitä, että kaikki potilaan hoitoon liittyvät tai käyttöön otettavat hoitomenetelmät perustuvat parhaaseen, ajantasaiseen ja käytettävissä olevaan tietämykseen. Euroopan neuvosto on laatinut laatusuosituksen, jonka mukaan näyttöön perustuvat hoitokäytännöt nousevat keskeisimpänä esille. Nykyisin terveydenhuollossa näkyvimpinä suosituksina ovat Käypähoito -suositukset, jotka on tehty pääosin kansallisesti tärkeistä terveysongelmista. Ensihoito noudattaa Käypähoito – suosituksia esimerkiksi elvytyksen, ST-nousuinfarktin, aivoinfarktin, pitkittyneen epilepsia-kohtauksen ja selkäydinvamman kohdalla. Tuen keskeinen osatekijä on juuri ensihoidossa, jossa henkilöstö omaksuu kriittisen, arvioivan asenteen työ-hönsä ja käyttää tutkimustietoa päätöstensä pohjana. (Kuisma - Hakala 2013: 82.)

## Paineluelvytyksen laatu

Bobrow ym. (2013) toteavat, että tutkimuksissa on osoitettu prekliinisten sekä kliinisten todisteiden avulla laadukkaan paineluelvytyksen koostuvan seuraavista komponenteista: oikeasta painelussyvyydestä, oikeasta painelutaajuudesta, ccf:sta (chest compression fraction), defibrilaatiota edeltävästä tauosta, rintapainelun vapautusvoimasta eli rekyylistä (recoil) sekä ventilaatiosta.

Useat laadukkaat havainnoivat tutkimukset, kuten esimerkiksi Christenson, ym. (2009) ovat todenneet laadukkaan paineluelvytyksen parantavan potilaan selviytymistä sydänpysähdyksestä ja sen aiheuttamista vaurioista. Paineluelvytyksen tulee siis olla mahdollisimman keskeytyksetöntä, mikä vaikuttaa suoraan kammiovärinäpotilaiden selviytymiseen. Bobrow ym. (2013) kertovat ammattilaisten ymmärtävän laadukkaan paineluelvytyksen merkityksen, kuitenkin sairaalan ulkopuolisen sydänpysähdyksen saaneet potilaat eivät saa laadukasta elvytystä. Kramer-Johansen ym. (2006); Edelson ym. (2006); Abella ym. (2007); Lyngeraa ym. (2012); Kim ym. (2013); Kirkbright ym. (2014); Niles ym. (2014) ovat todenneet automaattisen painelupalautteen parantavan paineluelvytyksen laatua. Lisäksi Kramer-Johansen ym. (2006) havaitsi, että suurempi painelussyvyys oli yhteydessä potilaan lyhyen ajanjakson selviytymiseen sydänpysähdyksestä. Hostler ym. (2011) (n=815) totesi reaaliaikaisen visuaalisen sekä äänikehoitein toteutetun elvytyspalautteen ohjaavan elvyttäjän suoritusta lähemmäksi hoitosuosituksia, mutta elvytyspalaute ei ollut yhdistettävissä potilaan spontaanin verenkierron palautumiseen tai muihin kliinisiin löydöksiin.

Sekä Abella ym. 2005 että Wik ym. 2005; Niles ym. 2014 toteavat tutkimuksissaan, ettei ammattilaisten antama elvytys vastaa voimassa olevia hoitosuosituksia. Suurimmaksi ongelmaksi he mainitsevat painelussyvyyden, joka jää Abellan tutkimuksessa (N=67) vajaan  $< 38$  mm 37,4 %:ssa paineluita. Wik ym. 2005 tutkimuksessaan (N=176) aikuispotilasta, vertailivat ensihoitajien sekä anestesiahoitajien suorittamia elvytyksiä Tukholmassa Ruotsissa, Lontoossa Englannissa sekä Akerhusissa Norjassa maaliskuun 2002 ja lokakuun 2003 välisenä aikana. Tutkijat vertasivat painelussyvyyttä sekä taajuutta elvytyksen ensimmäisen viiden minuutin aikana koko elvytyksen painelussyvyyteen sekä taajuuteen. Wik. tutkijoinen tuli siihen tulokseen, että ammattilaisten suorittamassa elvytyksessä ensimmäisen viiden minuutin ajanjaksoa tarkasteltaessa k.a.  $\pm$  (s) 27 %  $\pm$  (30) % oli oikean syvyyistä painelua välillä 38–51 mm. Hoitosuositusyvyiden paineluita oli kokonaisu-elvytyksen aikana 28 %  $\pm$  (25) %. Vertailtaessa ensimmäisen viiden minuutin

jaksoa ja kokonaiselvytystä alle hoitosuosituksen olleilla paineluilla, oli alle hoitosuositusvyvyyden paineluita k.a.  $\pm$  (s) 59 % (37) % ensimmäisen viiden minuutin ajanjaksossa ja 62 %  $\pm$  (33) % koko elvytystapahtumaa tarkasteltaessa. Jäntti (2010: 48) on osatutkimuksessaan III havainnut metronomin avustuksella toteutetussa elvytyksessä olleen alle hoitosuosituksen olleita paineluita 11 % (0–80) %. Oikeaan painelussyvyyteen osuneita paineluita oli Jäntin tutkimuksessa 61 % (12–99) % ja yli hoitosuositusvyvyyden paineluita oli 9 % (0–80) %. Painelutaajuuden osalta Jäntin tutkimuksessa hoitosuositusarvot 90–110 /min saavutettiin 91 % (63–98) % paineluajasta. Sainion ym. 2009, (N=25) tutkimuksessa riittävä painelussyvyys saavutettiin 77 % (52–90) % kokonaisajasta.

Syy paineluelvytyksen laadun heikkenemiseen ajan suhteen voi Yangin ym. (2014) mukaan olla vuonna 2010 muuttuneet elvytys-suositukset, jotka lisäävät elvyttäjän väsymistä. Vuonna 2010 elvytys-suosituksia muutettiin syvyyden osalta aikaisemmasta 38–51 mm vähintään  $\geq$  51 mm:iin. Tutkiessaan vapaaehtoisilla neljän tunnin elvytyskoulutuksen sekä 30 minuutin teoreettisen osion jälkeistä 8 minuutin yksinelvytyskliä Resusci Anne Skill Reporter nukella Yang ym. (2014) huomasivat, että adekvaattien painelujen määrä laski rajuihin AHA 2010 hoitosuositusta noudattavien elvyttäjien ryhmässä verrattuna AHA 2005 elvyttäjien ryhmään. AHA 2005 ryhmässä onnistuneiden paineluiden 38–51 mm määrä ensimmäisen minuutin aikana k.a.  $\pm$  (s) oli 60  $\pm$  33, kun se kahdeksannen minuutin kohdalla oli vain 28  $\pm$  44. Vastaavasti AHA 2010 suositusta toteuttavien ryhmässä ensimmäisen minuutin kohdalla onnistuneiden paineluiden > 50 mm määrä oli 47  $\pm$  52 ja kahdeksannen minuutin kohdalla enää 8  $\pm$  24, ( $p < 0.05$ ) vs. AHA 2005 ryhmä.

Lisäksi tutkijoiden verrattessa elvytyksen onnistumista sukupuolten välillä, tulivat he siihen tulokseen, että miesten elvyttäessä AHA 2010 suositusten mukaan eivät he saavuttaneet oikeaa painelussyvyyttä verrattaessa elvytystä ajallisesti minuuttien 1 – 6 aikana, ( $p < 0.01$ ), naisten painelutulosten ollessa ensimmäisen minuutin aikana 13  $\pm$  27 painelua ja minuuttien 3 – 5 aikana 0  $\pm$  0. Verrattaessa elvyttäjien saavuttamien paineluiden syvyyttä aikaisempaan elvytys-suositukseen > 38 mm, saavuttivat miehet ensimmäisen minuutin aikana 116  $\pm$  19 oikeansyvyistä painelua, oikeiden paineluiden määrän jäädessä kahdeksannen minuutin kohdalla enää 92  $\pm$  48 paineluun, ( $p < 0,01$ ).

Suomalaisista tutkijoista Helena Jäntti on tutkinut vuonna 2010 ilmestyneessä väitöskirjassaan Cardiopulmonary Resuscitation (CPR) Quality and Education paineluelvytyksen laatuun vaikuttaneita ulkoisia tekijöitä. Jäntti (2010: 42) oli myös osatutkimuksessaan II

tutkinut elvyttäjän väsymistä simuloitussa ympäristössä kahden eri elvytysryhmän välillä (N=44). Toinen ryhmä elvytti lattialla ja toinen sängyssä. Painelussyvyyden keskiarvo heikkeni ajan kuluessa, mutta ryhmien välillä ei ollut eroavaisuuksia. Painelutaajuuteen aika ei vaikuttanut. Prosentuaalisesti oikean syvyyden painelut eivät muuttuneet tarkasteluajanjakson kuluessa eikä keskiarvopainelutaajuus muuttunut 10 minuutin tutkimuksen aikana. Jäntin osatutkimuksessa III oli tutkimusaiheena tarkastella elvytystä metro-nomin kanssa ja ilman. Tarkasteluajanjaksona tutkimus II:ssa oli 600 s ja elvyttäjiä kaksi. Verrattuna Yang ym. (2014) tutkimukseen, aika 480 s, olivat Jäntin tutkimus II:en osallistuneet elvyttäjät painavampia, Yang  $56,3 \pm 10,0$  kg AHA 2005 ryhmä ja  $54,7 \pm 6,8$  kg AHA 2010 ryhmä vs. Jäntti (2010) lattialla elvyttäjät  $67,0$  (54–93) kg ja sängyssä elvyttäjät  $71,0$  (55–86) kg. Yang ym. (2014) mukaan aikaisemmissa tutkimuksissa on huomattu, että elvytyslaadun heikkeneminen johtuu elvyttäjän väsymisestä, varsinkin silloin kun elvytystä jatketaan ilman taukoja.

Fysiologisesti tarkasteltuna paineluelvytyksen aikana verenvirtaus riippuu pumpun toiminnasta ja verisuoniston vastuksesta. Paineluelvytyksen avulla pyritään muuttamaan aorttapaineen ja keuhkoverenkierron välistä paine-eroa. Pumpaustoiminta perustuu rintakehän painautumiseen kohti sydäntä, jolloin veri työntyy sydämen kammioista suoraan systeemi- ja keuhkoverenkiertoon sekä rintakehän sisäiseen paineen vaihteluun, jolloin sydämen läppien ansiosta veri ei pääse virtaamaan takaisin ja painelun aiheuttama rintaontelon sisäisen paineen nousu aiheuttaa veren virtaamisen suonissa eteenpäin. Sepelvaltimoverenkierto määrätty ympäriellä olevien laskimoverisuonten ja aortan paineiden erotuksen vaikutuksesta. Paineluelvytyksellä saadaan parhaassa tapauksessa sydämen minuuttivirtaukseksi 30 % normaalista. Alipaine rintaonteloon kehittyy relaksaatiovaiheessa, jolloin rintakehä palautuu normaaliin muotoonsa. Ilmavirtaus keuhkoihin ja veren virtaus suuriin laskimoihin saa alipaineen tasoittumaan. (Kuisma - Väyrynen 2013: 268. Nurmi – Castrén 2014: 1142.)

Meaneyn ym. (2013: 4) mukaan ihmisillä tehdyissä tutkimuksissa on havaittu, ettei paineluelvytyksen suorittaja päästä rintakehää täydellisesti palautumaan paineluvaiheen jälkeen, vaan nojaa siihen. Vaikka nojaamisen vaikutuksista on niukasti tietoa, on nojaamisen tiedetty aiheuttavan haittaa paineluelvytyksen aikana. Elvytettävän rintakehään nojaamisen on tiedetty vähentävän sydämen läpi virtaavan veren määrää ja laskimopaluuta sekä sydämen minuuttivirtauutta. Lisäksi eläimillä tehdyissä tutkimuksissa on havaittu, että nojaaminen elvyttävän rintakehään heikentää sydämen hemodynaamiikkaa. Nojaaminen estää rintakehää palautumasta täydellisesti ja näin nostaa oikean eteisen



painetasoa, vähentää aivojen ja sepelvaltimoiden perfuusiopainetta sekä sydämen vasemman kammion verenvirtausta.

Elottomuuden toteamisen jälkeen paineluelvytys tulee aloittaa välittömästi, ellei kyseessä ole lapsi tai hukkunut, jolloin elvytyksen aloitus tapahtuu viidellä puhalluksella. Elottomuus todetaan kymmenen sekunnin aikana, mikäli potilas ei hengitä eikä reagoi ravisteluun. Painelupaikka on hoitosuositusten mukaisesti rintalastan keskikohta ja lapsilla painelukohta on rintalastan alakolmannes. Painelijan tulee pitää kädet ojennettuna suoriksi ja hallitseva käsi alempana rintakehää vasten. Painelun tulee olla mäntämäistä, yhtäjaksoista ja painelu- ja vapautusvaihe tulee pitää yhtä pitkinä. Kädet pidetään kosketuksissa rintakehään, eivätkä ne saa irrota rintakehästä vapautusvaiheen aikana. Rintakehän annetaan palautua lepotilaansa, jolloin rintakehään ei saa nojata. Rintalastaa painetaan alaspäin 50–60 mm, taajuudella 100–120 /min aikana. Lasten kohdalla syvyys on 1/3 rintakehän syvyydestä. (Meaney ym. (2013); Koster ym. (2010); Käypä hoito –suositus: Elvytys: 2011: 4; Kuisma-Väyrynen 2013: 272–273)

Amerikan sydänjärjestön AHA:n laatiman suosituksen sekä Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin, Suomen Elvytysneuvoston, Suomen Anestesiologiyhdistyksen ja Suomen Punaisen Ristin asettaman työryhmän julkaiseman käypähoitosuosituksen (2011) mukaan tehokas paineluelvytys on mäntämäistä, taajuudeltaan 100–120 /min, 50–60 mm syvyydeltään olevaa potilaan rintakehän keskeytymätöntä painelua. (Käypä hoito–suositus: Elvytys: 2011: 4.)

Berg ym. (2010) ja Oermann ym. (2012) toteavat painelu- ja palautusvaiheen vaihtelevan 20–50 % välillä, mikä aiheuttaa adekvaatin, mutta ei ideaalisen verenvirtauksen. Painelu- ja palautumisvaihe, joka ylittää yli 50 % pienentää sepelvaltimoiden verenvirtausta. Elvyttäjän tulisi pyrkiä optimaaliseen painelu- ja palautussuhteeseen 50 / 50. Paras sydämen ja aivojen perfuusio saadaan, mikäli rintakehän paineluvaihe ja palautusvaihe ovat yhtä pitkiä ajallisesti. (Berg ym. 2010; Meaney ym. 2013)

Johnsson ym. 2014 havaitsivat sairaalan ulkopuolisia elvytyksiä tutkiessaan (n=164), että nykyisten elvytys-suositusten 50 / 50 elvytystyörytmi painelu-palautumisvaiheen välillä ei paranna elvytyksen laatua. Aikaisemmat tutkimustulokset on päätelty kokeellisten sekä eläintutkimusten pohjalta. Tutkijat tulivat siihen tulokseen, että alle 50 %:n elvytystyörytmi oli yhdistettävissä painelusyvyvyyteen ja -taajuuteen. Heidän mukaansa aikaisem-

mat eläimillä tehdyt tutkimukset osoittavat, että elvytystyörytmi vaikuttaa hemodynaamiikkaan sekä elvytyksen lopputulokseen. Tutkijat huomasivat että suhteellisen lyhyt paineluvaihe oli yhdistettävissä parempaan painelussyvyyteen ja hitaampaan painelutaajuuteen.

Chest compression fraction on uusi käsite, jota käytetään elvytysmaailmassa. Chest compression fraction (CCF) ilmaisee prosenttimäärällisesti ajan, jonka elvytyksen suorittaja käyttää potilaan rintakehän määntämiseen painelemiseen elvytyksen aikana ja näin tuottaa verenvirtauksen elimistöön. Elvytyksen aikana painelutauot laskevat CCF arvoa ja mahdollisimman tauoton elvytys nostaa arvoa. Paineluelvytyksen taukoihin vaikuttavat ventilaatiot, pulssin tunnustelut ja sydämen rytmin analysointi. (AED 2012, Meaney 2010: 3). Tutkijat ovat tulleet siihen tulokseen, että taukojen minimointi rintakehän painelussa auttaa saavuttamaan maksimaalisen perfuusion aivoihin. Minimoitaessa painelutauot voidaan saavuttaa korkea CCF > 80 %, joka korreloi Christensonin ym. (2009) tutkimuksen mukaan suoraan potilaan lopulliseen selviytymiseen sydänpysähdyksestä.

Christenson ym. (2009) olivat havainneet suuren CCF arvon olevan ratkaiseva tekijä prospektiivisessä tutkimuksessaan (n=506). Tutkijat tutkivat sairaalan ulkopuolista sydänpysähdyttä ja potilaiden selviytymistä kammioväriinestä sekä kammiotakykardiasta. Tutkimuksessa tutkittiin potilaiden selviytymistä sairaalasta kotiuttamiseen asti. CCF:n ollessa 81–100 % oli selviytymisprosentti 25 % (n=72) Christensonin 2009 tutkimuksessa (N=506). Kategorioidussa CCF tarkastelussa vain 29 % potilaista selviytyi CCF ollessa 61–80 %, (n = 143). CCF ollessa 41–60 % selviytymisprosentti putosi 25 %:iin, (n=117). Mikäli CCF oli ainoastaan 21–40 %, oli selviytymisprosentti 23 %, (n=74). Selviytymisprosentti oli ainoastaan 12 % CCF ollessa 0–20 %, (n=100). Tulos on sinänsä kiintoisa, koska CCF:n ollessa 81–100 % selviytymisprosentti laski 4 %:lla. Otsokoko kategoriassa 81–100 % oli 71 tapausta pienempi kuin 61–80 % kategoriassa, joka voi osaltaan vaikuttaa tulokseen. Kuitenkin Amerikkalaisen sydänjärjestön AHA:n sekä Euroopan elvytysneuvoston (ERC:n) suosituksen mukaan on hyvän kudoshapettumisen saavuttaakseen elvyttäjien pyrittävä minimoimaan elvytyksessä tulevat tauot, jotta CCF olisi yli 80 %. Zoll X-Series defibrillaattoreiden maahantuoja Medidyne Oy:n edustaja Koiviston (2015) mukaan, defibrillaattorin sydämenrytmin analysointitauko kestää minimissään 6 sekuntia ja maksimissaan 9 sekuntia, jonka elvyttäjät joutuvat odottamaan. Tämä tauko vaikuttaa CCF arvoon. 6 sekunnin tauolla CCF arvo vähenee 90 %:iin ja 9 sekunnin tauolla 85 %:iin.

Jäntti (2011:122) toteaa paineluelvytyksellä saadun sydämen minuuttitulavuuden olevan noin 25 % normaalista sydämen minuuttitulavuudesta. Painelutauot pituudeltaan 10–15 sekuntia romahduttavat verenkierron. Hoppu ym. (2011) tutkimuksessaan toteavat tauon olevan yhteydessä verenpaineen muutoksiin. Tauon kestäessä alle 10 sekuntia, on 86 % todennäköisyys saavuttaa sama tai suurempi keskivaltimopaine ( $p=0,046$ ). Mikäli tauon pituus on 10–15 sekuntia, todennäköisyys vähenee 80 %:iin ja jokainen 5 sekuntia aiheuttaa painetaso-rajun laskun. 15 sekunnin jälkeen paine madaltuu 67 %:iin verrattuna ennen taukoa vallitsevaan painetasoon.

Paineluelvytys voi aiheuttaa myös iatrogeenisia vaurioita sisäelimiin sekä kylkiluiden ja rintakehän murtumia. (Hellevoorn ym. 2013; Van Tulder ym. 2015). Tutkimusten mukaan painelussyvyyden ylittyessä 60 millimetriä kasvavat iatrogeeniset vauriot miespotilailla, naisilla tällaista ei tutkimuksessa havaittu. Van Tulder ym. (2015) toteavat aikaisempien tutkimusten perusteella kylkiluiden murtumien lisääntyvän 3–97 %:lla sekä rintakehän murtumien 1–43 %:lla. Hellevoorn ym. 2013 tutkimuksessa oli 110 miespotilasta ja 60 naispotilasta. Vaurioita löytyi 36 %:lla miespotilaista ja 23 %:lla naispotilaista. Keskimääräisen painelussyvyyden ollessa < 50 millimetriä, 28 %:lla potilaista oli elvytyksen aiheuttamia vaurioita. Painelussyvyyden ollessa 50–60 millimetriä oli 27 %:lla potilaista vaurioita ja syvyyden ylittäessä yli 60 millimetriä sai 49 % potilaista eriasteisia vaurioita. Kokonaisuudessaan 27 %:lla potilaista oli kylkiluun murtumia, 11 %:lla rintakehän murtuma ja kahdeksalla potilaalla oli myokardiumin repeämä. Muita vaurioita olivat yksi vatsalaukun laseraatio, yksi pernaruptuura, kaksi pneumothoraxia sekä yksi välikarsinan verenvuoto. Elvytyksessä on kohonnut riski aiheuttaa elvytettävälle vaurioita paineluilla, jotka ovat syvempiä kuin suositukset ja tämä täytyy elvyttäjän tiedostaa. Elvyttäjän pelko aiheutetuista vaurioista saattaa vähentää painelussyvyyttä, joka tulisi saavuttaa.

Paineluelvytystä jatketaan kahden minuutin jaksoissa, joiden välissä se keskeytetään ainoastaan rytmintarkistuksen ja naamariventiloinnin ajaksi. Intubaation aikana voidaan painelu hetkeksi tauottaa, kunnes intubaatioputki on viety äänihuulten välistä. Defibriloinnin jälkeen paineluelvytystä jatketaan välittömästi. Kahden minuutin aikana elvytystä ei keskeytetä, ellei potilas ala reagoimaan selkeästi. Painelijaa vaihdetaan kahden minuutin välein, jotta paineluelvytyksen teho ei pääse laskemaan. (Kuisma - Väyrynen 2013: 273.)

Paineluelvytyksen laatua voidaan arvioida monella tavalla. Elvytyksen tilannejohtajan tehtävä on seurata ja valvoa paineluelvytyksen laatua. Painelua voidaan arvioida silmämääräisesti. Kapnometrillä mitataan uloshengityksen hiilidioksidiosapainetta, jonka avulla voidaan myös arvioida paineluelvytyksen tehokkuutta. Sydämen minuuttivirtausta voidaan arvioida kapnometrin näyttämistä lukuarvoista. Hiilidioksidiosapaine on hyvällä paineluelvytyksellä yli 2,5 kPa. Painelijan väsyminen näkyy yleensä laskevana hiilidioksiditasona. Alle 2,0 kPa hiilidioksidiosapaine voi kertoa paineluelvytyksen laadun heikosta tasosta. Keuhkoemboliasta johtunut sydänpysähdys voi vaikuttaa hiilidioksiditasoon, eikä hyvälläkään paineluelvytyksellä välttämättä saada hiilidioksiditasoon muutosta aikaan. (Nurmi – Castrén 2014: 1145.)

Paineluelvytyksen laadun parantamiseen on kehitetty apuvälineitä, kuten metronomi ja rinnalle asetettava kiihdytysanturi, jotka parantavat kiistatta paineluelvytyksen laatua. Kliinisten tutkimusten mukaan reaaliaikainen painelupalaute parantaa paineluelvytyksen laatua. (Hostler ym. 2005; Kramer-Johansen ym. 2006; Yeung ym. 2009; Skorning 2009; Nurmi – Castrén 2014: 1146 – 1147.) Skorning ym. 2009 totesivat tutkimuksessaan painelupalautteen parantavan merkittävästi sekä painelutaajuutta että painelusyvyttä. Paineluelvytyksen laatua voidaan mitata ja valvoa palautetta antavilla defibrillaattoreilla, jotka kertovat ja ohjaavat paineluelvytyksen suorittajaa, mikäli paineluelvytys ei täytä voimassa olevia suosituksia. (Kuisma - Väyrynen 2013: 274.)

Pohjois-Karjalan pelastuslaitoksella on käytössä Zoll X-Series -defibrillaattorit, joissa on Real CPR Help © -tekniikka. Laitteen painelua mittaavia ominaisuuksia hyödynsimme tässä työssä. Tekniikka sisälsi elvytyksen äänikehotteet, elvytysmetronomin, elvytystaulun, taajuus- ja syvyysmittaukset, PPE-vapautuksen ilmaisimen, rintapainelun ilmaisimen, elvytyksen laskenta-ajastuksen, elvytyksen taukoajan näytön, vapauta komennon sekä elvytyksen havainnollistavan painelupalkin. (Zoll – ohjekirja 2012: luku 19)

Amerikan sydänjärjestö AHA:n vuonna 2013 julkaiseman konsensuslausuman mukaan laadukas paineluelvytys koostuu viidestä pääkomponentista: elvytystaukojen minimoimisesta, paineluelvytyksen oikeasta painelutaajuudesta sekä oikeasta painelusyvydestä, rintakehän palautumisesta ja ventilaatiosta. Edellä mainittuihin pääkomponentteihin liittyen Zoll -yhtiöt on kehittänyt työkalun laadukkaampaan elvytykseen. Paineluelvytyksessä suurimmat tauot syntyvät rytmin analysointivaiheessa. Defibrillaattorin on analysoitava, onko rytmi defibrilloitava vai ei, tästä syystä Zoll on kehittänyt See-Thru CPR

tekniikan. See-Thru tekniikka suodattaa elvytyksen aiheuttaman artefaktan pois defibrillaattorin näytöltä, joten elvyttäjän on helppo seurata suodatettua rytmiä. (Zoll Medical Corporation 2012: See-Thru CPR-tekniikka.)

### 3 Systemaattinen kirjallisuushaku

Perehdyimme aikaisempaan tutkimustietoon toteuttamalla systemaattisen kirjallisuushaun, joka noudattaa systemaattisen kirjallisuuskatsauksen periaatteita. Systemaattisella kirjallisuushaulla pyritään osoittamaan, että tutkittavaan ilmiöön tai aiheeseen on perehdytty laaja-alaisesti. Systemaattisesta kirjallisuushausta käy ilmi lähteiden yhtenäisyys ja niiden selkeä yhteys toisiinsa, tutkimuksen kannalta oleellinen tieto on löydetty, lähteiden laatu on tasokasta ja menetelmät tuloksien hankinnasta on näkyvissä. Systemaattisessa kirjallisuushaussa on kolme pääajatusta: tutkimusten tulee olla alkuperäisiä, alkuperäisen tutkimuksen menetelmällinen laatu selvitetään ja kolmantena tutkimustuloksia on mahdollista yhdistää toisiinsa. (Metsämuuronen 2006: 37.)

Salmisen (2011:10–11) sekä Adolphusin mukaan systemaattinen kirjallisuushaku aloitetaan tutkimuskysymyksen asettamisella. Finkin mallin mukaan alkuun tutkija asettaa tutkimuskysymyksen, johon pyrkii löytämään vastauksen kirjallisuuskatsauksen avulla. Seuraaviin tutkimuskysymyksiin pyrimme kirjallisuushaun avulla löytämään vastaukset. Millaista on laadukas paineluelvytys sekä auttaako painelupalaute elvyttäjää parantamaan suoritustaan? Tämän jälkeen kirjallisuushaku jatkuu kirjallisuuden ja hakutietokantojen valinnalla. Tutkija määrittelee omalle tutkimukselle tärkeät hakusanat, joilla relevantteja tutkimuksia haetaan hakutietokannoista. Ennen tiedonhakua tutkija määrittelee kriteerit, joilla alkuperäistutkimus joko hyväksytään tai hylätään. Tutkijan tulee tarkastaa että kirjallisuushakuun hyväksyttävät tutkimukset ovat edustavia ja laadukkaita. Tutkijan saatua edustava otos alkuperäistutkimuksia, hän karsii alkuperäistutkimuksia verraten niiden metodologiaa, tutkimussuunnitelmaa, otantaa sekä tutkimusasetelmaa. Kirjallisuushaussa aikaisemmat tutkimukset integroituvat keskenään ja muodostavat loogisen verkon tutkimuskysymyksen ympärille. Alkuperäistutkimuksilla on suuri arvo, koska niiden tuloksia tutkija vertaa omiin tuloksiinsa tutkimuksensa pohdinta-osiossa. Systemaattinen kirjallisuushaku antaa tutkijalle tehokkaan tavan testata hypoteeseja suhteessa aikaisempiin tutkimuksiin. Systemaattisella kirjallisuushaulla pyritään vastaamaan tutkijan asettamiin kysymyksiin ja poistamaan tutkimusten valikoitumisesta aiheutuva harhakuva.

Lukijan tulee saada looginen ja tarkka käsitys siitä, kuinka systemaattinen kirjallisuushaku on toteutettu. Mikäli alkuperäistutkimuksia on paljon, on tutkijan tarvittaessa rajattava aineistohakua kronologisesti, muistaen, että vanhempikin tutkimus voi olla hyödylli-

nen käytettäväksi omassa tutkimuksessaan. Kirjallisuushaun tehtyään tutkija luo synteettisiin aikaisemmista tuloksista. Synteettisin avulla tutkija raportoi aikaisemmista tuloksista ja selittää löydöksiään. Synteettisin avulla syntyy kuvaileva katsaus tai tilastollinen meta-analyysi. (Salminen 2011: 9–10.)

Salminen (2011: 36–37) toteaa, että kirjallisuushakua tekevän tutkijan on hyvä huomioida myös erilaisten oman tieteenalan julkaisut. Oman tieteenalan lehdet tarjoavat tutkijalle hyvän teoreettisen näkökulman, oman alan käsitteistön ja ovat vertailukelpoisia keskenään.

Systemaattinen kirjallisuushaku toteutettiin hakutietokannoissa käyttäen hakutermejä sekä niiden yhdistelmiä, jotka näkyvät liitteessä 1. Medline monikenttähaussa tutkimuksia haettiin seuraavista tietokannoista. Ovid Medline ® aineistot vuosilta (1946 – helmikuu 2015), Ovid Nursing aineistot vuosilta (1946 – helmikuu 2015), JBI – Joanna Briggs Instituutti EBP tietokannat, Metropolia lehdet @ Ovid kokonaiset tekstit sekä Lehdet@Ovid täystekstit. Lisäksi alkuperäistutkimuksia haettiin Pubmed, Cinahl (Ebsco), ScienDirect tietokannoista käyttämällä kehittyntä hakutoimintoa sekä asiantuntijahakua sekä Nelliportaalista liitteen 1. hakusanoilla.

Medline, Pubmed, Cinahl (Ebsco) sekä ScienceDirect tietokannoista toteutetuissa hauissa saatiin seuraavia tutkimusten hakutulospäämääriä: CPR feedback.mp 5 kpl, compression quality.mp 5 kpl, ohca cpr.mp 15 kpl, feedback device.mp 464 kpl, cpr feedback device.mp 27 kpl, chest compression 8856 kpl ja chest compression.mp, 4044 kpl.

Monikenttähaussa tulokset olivat seuraavat: cardiopulmonary resuscitation ja feedback device ja cardiac arrest sekä human 27 kpl tutkimuksia. Chest compression fraction ja no-flow time, 14 kpl tutkimuksia. Paramedic ja quality sekä cardiopulmonary resuscitation, 94 kpl.

Tutkimuksia haettiin myös Google Scholar sekä Google-hakukoneen avulla aikaisempien tutkimusten referensseissä olleista viitteistä. Hauissa huomioitiin tutkimuksen saamien viittausten lukumäärä. Hakuja tehtiin myös Resuscitation-julkaisun hakutyökälulla.

Systemaattiseen kirjallisuushakuun sisällytettiin tutkimus seuraavien kriteerien: kohorttitutkimus, systemaattinen kirjallisuuskatsaus, meta-analyysi, ohca (sairaalan ulkopuolella

tapahtunut sydänpysähdys), ihca (sairaalan sisällä tapahtunut sydänpysähdys) ja manuaalinen paineluelvytys.

Poissulkukriteereinä käytettiin seuraavia kriteerejä: tutkimus on tehty ennen vuotta 2005, mechanical chest compression/mekaaninen paineluelvytys, kuljetuksen aikainen elvytys, yleisön suorittama elvytys sekä älypuhelinpalaute.

Tutkimuksien sekä artikkeleiden suuresta lukumäärästä johtuen poissulkemisia jatkettiin rajaamalla hakuja koskemaan kokonaistutkimuksia. Abstraktien lukemisen jälkeen hauista valikoituneet tutkimukset esitellään tutkimuksen lopussa olevassa kirjallisuuskatsaus-liitteessä (numero 2).

Aikaisemmista tutkimuksista kirjallisuushaun perusteella valikoitui laadukkaita prospektiivisiä ja randomisoituja kokonaistutkimuksia. Suurin osa tutkimuksemme teoreettiseen viitekehykseen hyväksytyistä tutkimuksista oli kansainvälisesti nimekkäiden tutkijoiden tekemiä tutkimuksia. Samat tutkijat ovat paineluelvytyksen tutkimuksen uranuurtajia. Suomessa elvytystä on tutkittu vähän. Suomalaisista tutkimuksista mukaan valikoituivat Jäntin (2010) tekemä väitöskirja sekä Sainion ym. (2008) tekemä tutkimus.

Tutkimuksissa painotettiin autenttisissa tilanteissa rekisteröityjä elvytystapahtumia tutkivia tutkimuksia, joskin mukaan hyväksyttiin myös elvytysnukeilla toteutettuja tutkimuksia. Terveystieteiden työntekijöillä, kuten ensihoitajilla ja sairaalassa työskentelevillä sairaanhoitajilla tutkittuja tutkimuksia hyväksyttiin viitekehykseen, mutta myöskin terveydenhuoltoalan opiskelijoilla toteutettuja tutkimuksia.



#### 4 Aikaisemmat tutkimukset

Sairaalan ulkopuolella työskentelevien ensihoitajien sekä sairaalassa työskentelevien sairaanhoitajien elvytystaitoja on tutkittu useissa tutkimuksissa, kuten Wik ym. (2005); Bohn ym. (2010); Skorning ym. (2009); Oermann ym. (2012); Bobrow ym. (2013); Roosa ym. (2013); Vadeboncoeur ym. (2013); Tulder ym. (2015). Tutkimuksissa tutkijat ovat tulleet siihen tulokseen, että harjoittelu yhdistettynä reaaliaikaiseen painelupalautteeseen auttaa elvyttäjää saavuttamaan hoitosuositukset paremmin ja vaikuttaa suotuisasti potilaan selviytymiseen. Paineluelvytyksessä elvyttäjän suurin vaikeus on saada painelu oikean syvyydeksi. Suurin vaara painelussyvyyden jäädessä matalammaksi kuin suositukset, on potilaan verenkierron riittämättömyys. Oikea painelussyvyys on yhdistetty tutkimuksissa parempaan potilaan selviytymiseen.

Bobrow ym. (2014) ovat tutkimuksessaan havainneet, että paineluvapautuskiihtyvyys (Chest Compression Release Velocity, CCRV) on yksi merkittävimpiä tekijöitä aikuispotilaan selviytymiseen sydänpysähdyksestä, jonka eläimillä tehdyt tutkimukset ovat jo osoittaneet. Aikaisemmassa tutkimuksessaan Bobrow ym. (2013) todistivat painelupalautteen parantavan painelupalautuskiihtyvyyden arvoja. Tutkimuksessa painelupalautuskiihtyvyyden keskiarvo oli 1315 milli-inch /s (95 % CI 1276–1355) painelupalautteen kanssa.

Sutton ym. (2013) ovat tutkineet lasten ja nuorten elvytystä verraten AHA 2005 ja AHA 2010 hoitosuosituksia kahden ryhmän välillä. Verratessaan eri vuosina annettuja hoitosuosituksia he saivat tuloksiksi AHA: 2005 suosituksen painelussyvyyden ja painelutaajuuden k.a.  $\pm$  (s) seuraavat tulokset (N=25):  $43 \pm (9)$  mm,  $104 \pm (8)$  /min. CCF:n keskiarvo oli 90, vaihteluvälin ollessa 85–94. Vuoden 2010 AHA:n suosituksilla vastaavat arvot olivat (N=20),  $50 \pm (13)$  mm,  $113 \pm (11)$  krt /min, CCF 94, vaihteluväli 93–96. Tutkijoiden verratessa saamiaan tuloksia keskenään, oli painelutaajuudessa tapahtunut tilastollisesti merkittävä muutos  $p < 0,01$ . Myös CCF arvo oli parantunut tilastollisesti merkittävästi. Tutkijoiden verratessa CCF tulosta hoitosuosituksia suurempaan arvoon CCF  $< 90$  %, saivat he tuloksiksi että vuoden 2005 suosituksilla CCF oli 44 % paineluaajasta yli 90 % ja vastaavasti 2010 ryhmää verratessa oli CCF yli 90 % 80 paineluaajasta. Ryhmien välinen ero oli 36 %, ( $p=0,018$ ). Tutkijoiden mukaan vuoden AHA:n vuoden 2010 elvytysuositukset näkyivät elvytystaajuuden kohoamisena ja pienempinä taukoina elvytyksissä. Wolfen ym. (2013) tutkimuksessa (N=45) oli myös havaittavissa AHA:n 2010

painelutaajuuden, painelussyvyyden sekä CCF arvojen paranemista verrattuna aikaisempiin AHA 2005 suosituksiin.

Abella ym. 2005; Wolfe ym. (2013) ovat tutkimuksissaan todenneet, että sairaalassa tapahtuneissa elvytyksissä ei saavutettu elvytys-suositusten mukaista painelussyvyyttä. Abella raportoi painelutaajuuden olleen vähemmän kuin 90 / min 28,1 % ajasta ja vähemmän kuin 80 / min 12,8 % ajasta. Painelussyvyys oli matalampi kuin 38 mm, 37,4 % ajanjaksosta. Elvytys-suosituksen mukainen painelussyvyys oli tuolloin 38–51 mm. Elvytyksen ensimmäisenä viiden minuutin ajanjaksona painelussyvyyden keskihajonta oli  $102 \pm 19$  /min ja kokonaista elvytystä tarkasteltaessa  $105 \pm 21$  /min. Painelussyvyyden keskihajonta oli ensimmäisen viiden minuutin ajanjaksolla tarkasteltaessa  $42 \pm 13$  mm. Kokonaista elvytystä tarkasteltaessa oli painelussyvyyden keskihajonta  $43 \pm 14$  mm. Wolfen ym. (2013) tutkimuksessa havaittiin, että vuonna 2010 muuttuneita elvytys-suosituksia on vaikeampi noudattaa painelutaajuuden sekä -syvyyden osalta lasten ja nuorten elvytyksessä.

Cheng ym. (2014) havaitsivat elvyttäjien toimintaa tutkiessaan, että tutkimukseen osallistujat yliarvioivat elvytys-syvyyden sekä elvytystaajuuden keskiarvon vaihteluväleillä 16,1–60,6 % ja 0,2–51 %. Osallistujat myös aliarvioivat CCF:n 0,2–2,9 %:sti. Tutkimukseen osallistujat arvioivat elvytyksen edellä mainittuja parametreja visuaalisesti.

Vadeboncoeur ym. (2013) mukaan paineluelvytyksen oikea syvyys on kasvanut vuosien aikana AHA:n suositusten myötä. Laadukkaasti toteutetulla paineluelvytyksellä on välitön ja kiistaton vaikutus potilaan sekä primaari että sekundaariselviytymiseen. AHA:n suosituksiin vaikuttavat aikaisemmat tutkimukset sekä uusien tieteellisillä tutkimuksilla saatu näyttö. Vuonna 2010 AHA:n suositukset muuttuivat painelussyvyyden osalta 38–51 mm:stä vähintään 51 mm:iin. Vadeboncoeur ym. (2013), Wallace ym. (2013), sekä Stiell ym. (2014) mukaan paineluelvytys-syvyyden suureneminen on yhdistetty potilaan selviytymiseen ja parempiin neurologisiin tuloksiin elvytyksen jälkeen. Wallace ym. (2013) toteavat tekemänsä systemaattisen kirjallisuuskatsauksen sekä meta-analyysin pohjalta, että optimaaliset paineluelvytyksen keskeiset komponentit, kuten painelutaajuus sekä painelussyvyys ovat vielä epäselviä. Johtopäätöksissä he tulevat siihen tulokseen, että syvempi painelussyvyys ja painelutaajuus 85–100 /min vaikuttavat suotuisasti potilaan selviytymiseen sydänpysähdyksestä.

Vadeboncoeur ym. (2013) Arizonassa Yhdysvalloissa kahden eri ensihoitopalveluja tarjoavan toimijan, Mesa Fire and Medical Departmentin ja Guardian Medical Transportin, toimialueella toteutetussa prospektiivisessä tutkimuksessa tutkittiin paineluelvytyksen syvyyden vaikutusta potilaan selviytymiseen. Tutkimuksessa oli elvytystapahtumia (n=593), joista 136 potilaalle elvytyksen tuloksena palautui verta kierrättävä sydämen rytmi (22,9 %). Näistä 63 potilasta selviytyi 10,6 %. Keskiarvopainelussyvyyden ja vaihteluvälin osalta oli  $49,8 \pm (11,0)$  mm:ä ja keskiarvopainelutaajuus oli  $113 \pm (18,1)$  /min. Painelutaajuuden keskiarvosyvyys oli selviytyjien osalta tilastollisesti suurempi (53,6 mm, 95 % CI: 50,5–56,7) kuin niillä jotka eivät selviytyneet (48,8 mm, 95 % CI: 47,6–50,0). Tutkimuksen lopputuloksena tutkijat havaitsivat, että jokainen 5 mm lisäys keskiarvopainelussyvydessä paransi tilastollisesti potilaan selviytymistä. Stiell ym. (2014) havaitsivat tutkimuksessaan (n=9 136), että suurin mahdollisuus potilaan selviytymiseen oli painelussyvyyden ollessa 40,3–55,3 mm. Lopputuloksena Stiell ym. totesivat, että AHA:n 2010 suositus painelussyvyydestä voi olla liian suuri.

Roosa ym. (2013) havaitsivat tutkiessaan elvytystapahtumia (n=57) sairaalan ulkopuolella kohteessa, kuljetuksen aikana sekä ensiapupoliklinikalla, että painelussyvyys sekä painelutaajuus eivät vaihtele merkittävästi potilaan hoidon aikana edellä mainituissa tilanteissa.

Winfred ym. (1998:85) tekemässä meta-analyysissä tutkijat tulivat siihen tulokseen, että eivät henkilön motoriset taidot vastanneet asetettuja vaatimuksia, mikäli henkilö ei ollut harjoitellut niitä edellisen vuoden aikana. Taidot vastasivat vain 92 % alkuperäisestä taitotasosta. Vuoden 2010 AHA:n suositusten pohjalta tehdyssä tutkimuksessa Oermann ym. (2012) tutkivat kahden ryhmän elvytysten eroja. Sairaanhoidajaopiskelijat jaettiin satunnaisesti kahteen ryhmään, joista toinen harjoitteli elvytystä kerran kuukaudessa kuusi minuuttia. Verrokkiryhmä ei harjoitellut elvyttämistä alkukoulutuksen jälkeen tutkimusajanjakson kahdentoista kuukauden aikana. Tutkijat havaitsivat sairaanhoidajaopiskelijoiden (N=606) elvytyksen parantuneen neuvovan palautejärjestelmän ansiosta. Elvytyksen aikana opiskelijoiden käytössä oli automaattisen palautteen antava elvytysnukke. Painelutaajuuden tai -syvyyden ollessa liian matala, ohjasi nukke äänikehotein elvyttäjää painamaan syvemmälle tai antoi reaaliaikaisen visuaalisen palautteen painelussyvyydestä. Opiskelijoista (n=24) vain 4 %:ssa painelussyvyys oli riittävää  $\geq 51$  mm ja (n=438) 72 %:ssa painelutaajuus oli hyväksyttävä  $\geq 100$  /min. Keskiarvosyvyys ja vaihteluväli hyväksyttävän suorituksen saaneilla olivat painelussyvydessä k.a.  $\pm (s)$   $54,1 \pm (3,2)$  mm

ja painelutaajuuden keskiarvo ja keskihajonta olivat k.a.  $\pm$  (s)  $113 \pm (12)$  /min. Opiskelijoilla, jotka eivät saavuttaneet hoitosuosituksen alarajoja, oli painelussyvyys ja keskihajonta k.a.  $\pm$  (s)  $34,5 \pm (8,8)$  mm (N=581), 96 %, ja painelutaajuus k.a.  $\pm$  (s)  $90,7 \pm (12,2)$  /min (N=167), 28 %.

Bohn ym. (2010) ovat havainneet prospektiivisessä satunnaistetussa tutkimuksessaan (N=312), ettei kahden ryhmän välillä ollut eroa painelussyvyudessa eikä painelutaajuudessa. Ryhmistä toisessa käytettiin metronomia sekä visuaalista palautetta ja toisessa lisäksi äänikehotetta. Painelussyvyuden keskiarvo k.a.  $\pm$  (s) oli ryhmässä  $47,4 \pm (8,6)$  mm ja  $48,4 \pm (9,3)$  mm, taajuudessa k.a.  $\pm$  (s)  $107 \pm (7)$  /min vs.  $102 \pm (5)$  /min, tuloksissa ei ollut tilastollista eroa. Bohn ja tutkijat kuitenkin huomasivat, että vähäinenkin elvytyspaute yhdistettynä harjoitteluun sekä elvytyksen purkutapahtuma, auttavat painelun laadun kehittymiseen.

Suomessa Sainio ym. (2008) tutkivat simuloitussa tutkimuksessa 38 elvytystapausta käyttämällä Laerdalin Resusci Anne –elvytysnukkea sekä Philips MRx Q-CPR -defibrillaattoria. 19 elvytystä toteutettiin Varsinais-Suomen aluepelastuslaitoksella Turussa ja 19 elvytystä leikkausosastolla Tampereen yliopistollisessa sairaalassa. Vakioituissa olosuhteissa tapahtuneiden elvytysten elvytysdata siirrettiin tietokoneelle Laerdalin Q-CPR Review 2.1.0.0 –ohjelmaan sekä statistiikka SPSS for Windows ohjelmaan, jossa data analysoitiin. Tuloksiksi saatiin paineluelvytyksen syvyyden k.a.  $\pm$  (s) osalta TAYS:ssa  $38 \pm 7$  mm ja aluepelastuslaitoksella Turussa  $41 \pm 5$  mm. Painelutaajuuden vastaavat tulokset olivat TAYS  $113 \pm 13$  /min ja Turku  $112 \pm 3$  /min. Lisäksi Sainio ym. (2009) olivat keränneet tuloksia lääkärihelikopteri Medi-Helin todellisista elvytystilanteista lokakuun 2008 ja maaliskuun 2009 välillä. Keskimääräiset elvytyksen arvot olivat: kesto oli ka.  $\pm$  (s)  $12,4 \pm 6$  min, painelumäärä  $97 \pm 9$  /min, painelutaajuus  $109 \pm 7$  /min, painelussyvyys  $40 \pm 5,3$  mm, painelu/vapautus ”duty cycle” 44 % (41–45). Primaariselviytyminen sairaalaan tutkimuksessa oli 28 %.

Elvytyksen laatuun vaikuttavat paineluelvytyksen syvyys, CCF, tauko ennen defibrillaatiota, painelun palautusvaihe, joka vaikuttaa sydämen uudelleen täyttymiseen, painelutaajuus ja ventilaatiotaajuus. Edelsson ym. (2006) Kramer-Johansen ym. (2006) ovat havainneet painelussyvyuden olevan yhteydessä selviytymiseen. Jokainen viiden millimetrin lisäys painelussyvyyteen ja viiden sekunnin vähentyminen defibrillaatiota edeltävästä ajasta parantaa ennustetta selviytymisestä.

Wallace ym. (2013) sekä Hellevo ym. (2013) toteavat, ettei vielä kukaan tiedä optimaalista painelussyvyyttä eikä taajuutta. Wallace ym. (2013) toteavat toteuttamansa systemaattisen kirjallisuuskatsauksen sekä meta-analyysin pohjalta, että syvempi painelussyvyys ja painelutaajuus välillä 85–100 /min on yhdistetty parempaan selviytymiseen sydänpysähdyksestä. Lisäksi Tulder ym. (2015) tutkimuksessaan painottaa, että mikäli tutkijat antavat painelussyvyydelle ylärajan, voi tällä toimenpiteellä olla haitallinen vaikutus oikean painelussyvyyden saavuttamiselle. Itse asiassa Tulderin mukaan kirjallisuudesta ei löydy tukea painelussyvyyden 60 mm ylärajalle.

## 5 Opinnäytetyön tarkoitus, tavoite ja tutkimustehtävät

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Pohjois-Karjalan pelastuslaitoksen työntekijöiden suorittaman paineluelvytyksen laatua. Työn tavoitteena oli saada tietoa, vastaako paineluelvytyksen laatu voimassa olevia hoitosuosituksia. Opinnäytetyön tuloksien ansiosta pelastuslaitos saa tietoa ensihoitoyksiköiden toteuttamien paineluelvytysten laadusta. Tuloksia voidaan hyödyntää elvytyskoulutuksen suunnittelussa ja puuttua paremmin paineluelvytyksen ongelmakohtiin.

Opinnäytetyömme päätutkimustehtävänä oli selvittää:

Millainen paineluelvytyksen laatu on Pohjois-Karjalan pelastuslaitoksen työntekijöiden toteuttamissa elvytyksissä?

Osatutkimustehtävinä tutkimuksessa tarkasteltiin ja analysoitiin seuraavia tutkimusongelmia:

1. Millainen on suoritettujen paineluelvytysten syvyys verrattuna hoitosuositukseen?
2. Millainen on suoritettujen paineluelvytysten taajuus verrattuna hoitosuositukseen?
3. Toteutuuko CCF paineluelvytyksen hoitosuosituksen mukaisesti?
4. Korreloiko painelussyvyys painelutaajuuden kanssa?
5. Onko elvytystapahtumien välillä eroja?
6. Onko elvytyksen laadussa vaihtelua suhteessa kuluneeseen aikaan nähden?

## 6 Tutkimuksen toteutus ja menetelmälliset lähtökohdat

Metodologisena tieteenfilosofisena lähtökohtana opinnäytetyössämme käytimme loogista empirismiä lähestymiskeinona. Empirismi käsitteenä sisältää tiedon todistamisen käytännön keinoin, kuten mittaamisen, havainnoimisen sekä testauksen avulla. Loogista empirismiä on aikaisemmin kutsuttu loogiseksi positivismiksi, joka kehittyi positivismista. Loogisen empirismin filosofisen ajattelun perustana on täsmällisyys sekä kurinalaisuus. Loogisen empiristisen tieteenfilosofisen käsityksen mukaan perustana on tarkka tieteellinen kielen käyttö. Tieteellisen filosofian mukaan tärkein on tarkka kielellinen ilmaisu, josta voidaan päätellä lauseiden olevan tosia, epätosia tai epätarkoituksenmukaisia. Tieteelliset lauseet ovat näin todennettavissa kokeellisesti oikeaksi tai ne pohjautuvat aikaisemmin todennettuihin tieteellisiin teorioihin.

Loogisen empirismin olennaisin peruseriaate on toteennäyttämisen periaate, jolloin väittämä todennetaan tieteellisin menetelmin joko todeksi tai epätodeksi. Tieteellistä menetelmää kutsutaan deduktiiviseksi teorioiden testauksen metodiksi. Deduktiivinen metodi käsittää tarkat mittausmenetelmät. Mittausmenetelmien käytössä noudatimme tarkkoja sääntöjä ja kokosimme tutkimusaineiston tarkasti. Seuraavaksi muodostimme hypoteesin tai hypoteeseja, jotka ohjasivat tutkimuksen kokeellista vaihetta. Tutkimusaineiston koottuamme käytimme matemaattisia tilastollisia menetelmiä saadaksemme tutkittavasta aiheesta tilastollista tietoa. Aineistoa koetellessamme etsimme tutkittavasta aiheesta tilastollista merkitsevyyttä sekä testasimme aineistoa tilastollisin menetelmin, kuten aineiston jakautuneisuutta testaamalla. Aineiston tilastollisen koettelun jälkeen vertasimme saamiamme johtopäätöksiä aikaisempiin määritelmiin ja tämän jälkeen joko hylkäsimme tai hyväksyimme muodostamamme hypoteesin todeksi. Lopuksi saatoimme tuloksemme tieteellisen yhteisön hyväksyttäväksi, mikä teki tutkimuksestamme avointa ja läpinäkyvää. (Anttila 2005: 542.)

Tutkimuksen lähestymistapa oli kvantitatiivinen, koska tutkimusaineiston muuttujien arvot olivat valmiissa numeerisessa muodossa ja aineistoa oli kymmeniä tuhansia arvoja. Kvantitatiivinen tutkimus fokusoitui mitattaviin ja numeerisesti ilmaistaviin ominaisuuksiin. Kokonaisuus muodostui eri osista ja näiden osien omaisuudet auttoivat ymmärtämään myös kokonaisuutta. Suuri otoskoko mahdollisti edustavan ja merkityksellisen tutkimusaineiston. Tutkimuksessa filosofisena suuntauksena oli positivismi, jossa Metsämuurosen (2009: 217) sekä Anttilan (2006: 233) mukaan tutkittavaa asiaa tarkastellaan objektiivisesti ja tutkija käyttää metodologisina keinoina erilaisia koejärjestelyjä sekä

muuttujien kontrollointia. Positivismisen käsityksen mukaan kaikki näkyvä, mitä voidaan konkreettisesti tavoittaa, on totta. Kvantitatiivisen tutkimusotteen yhdistyessä positivistiseen tieteenfilosofiaan on tutkijan tarkoitus olla havaintojen tekijä tai katsoja, hän ei itse osallistu fyysisesti tutkimukseen. Filosofinen ajatusmalli toteutuu käytännössä tässä tutkimuksessa. Tutkimuksessa tarkastellaan paineluelvytystä ilmiönä ja mitataan sen toteutumista kvantitatiivisesti, näin yritetään löytää hallitsevia lakeja ja todistaa mitattavaa ilmiötä sen suureiden avulla. Tuomivaara (2005: 29). Tuomivaaran (2009: 30) mukaan kvantitatiivinen tutkimus tarkastelee rajoitettua joukkoa muuttujia, joista saadaan kvantitatiivista aineistoa. Lisäksi Tuomivaaran (2005: 30) mukaan kvantitatiivisessa tutkimuksessa on tavoitteena saada empiirisesti testattua sekä teoreettisesti systematisoitua tietoa eri muuttujien välisistä riippuvuuksista.

Tiedon hankintatapana empiirisessä tutkimuksessa korostuvat havaintojen merkitykset, ja ajatus siitä, että havainnoimalla nykyisyyttä voidaan muodostaa uutta tutkittua tietoa. Uusi tutkittu tieto vahvistaa aikaisempaa tutkittua tietoperustaa. Kvantitatiivisessa tutkimuksessa lähtökohtana käytetään aikaisempaa tutkittua teoretietoa, kuten kirjallisuuden sekä aikaisempien tutkimustulosten muodossa. Aikaisemman teoretiedon perusteella käsitteet operationalisoidaan eli selvitetään miten käsitteitä pystytään mittaamaan. Empiirisessä tutkimuksessa testataan teorian pohjalta kehitettyjä hypoteeseja käytännössä, näin yritetään löytää tutkittavan ilmiön syy-seuraussuhteita. Tieteellisen menetelmän tarkoituksena on näin ollen pyrkiä kumoamaan laaditut hypoteesit. Hyvä hypoteesi rakentuu seuraavista asioista: hypoteesi sisältää odotetun suhteen kahden tai useamman muuttujan välillä, suhteen tulee olla yksiselitteinen. Hypoteesia täytyy pystyä testaamaan ja koettelemaan empiirisesti. Tutkijalla tulee olla teoretietoon pohjautuvat perustelut hypoteesin asettelulle ja hypoteesin tulee olla muodoltaan mahdollisimman lyhyt ja termeiltään selkeä. Kausaalisessa ja eksperimentaalisisessa tutkimuksessa yritetään löytää muuttujien välisiä syy-seuraussuhteita joko todellisissa olosuhteissa tai kontrolloiduissa olosuhteissa. Tutkija pyrkii saamaan tietoa muuttujien tai ilmiöiden vaikutuksesta toisiinsa sekä päättämään laajan aineiston avulla muuttujien välisiä riippuvuuksia. Kokeellisessa eli eksperimentaalisisessa tutkimuksessa tutkija testaa hypoteeseja todellisessa tilanteessa. Eksperimentaalisisessa tutkimuksessa tutkija testaa oletuksien paikansäilyvyyttä esimerkiksi todellisessa tilanteessa. Eksperimentaalisisessa tutkimuksessa pyritään tutkimaan muuttujien vaikutusta poissulkemalla muut tutkimukseen vaikuttavat tekijät. Tutkimuksessamme toimiva henkilöstö pyrkii vaikuttamaan elvytykseen vaikuttaviin tekijöihin muun muassa optimoimalla toimintaympäristöä tilanteesta riip-



puen, jolloin elvytystapahtuma tapahtuisi käytännössä samalla tavalla henkilöstöstä riippumatta. Tutkimukseen on otettu kokonaisuutena koko tutkimusjoukosta, ja tätä otantaa verrattiin verrokkiryhmään eli hoitosuositusten mukaiseen elvytykseen, joka on toteutettu tutkituissa olosuhteissa ja joissa koemuuttujan vaikutusta ei ole. (Anttila: 233–234; Heikkilä 2001:15,21; Hirsjärvi ym. 2002; 122, 150; Tuomivaara 2005: 30.)

Kankkusen (2013: 55) mukaan kvantitatiivisessa tutkimuksessa mitataan muuttujia ja niiden välisiä yhteyksiä tilastollisin menetelmin. Heikkilä (2001: 16) kuvailee kvantitatiivista tutkimusta tilastolliseksi tutkimukseksi, jossa selvitetään muuttujien riippuvuuksia ja muutoksia tutkittavassa ilmiössä. Tutkimusaineisto on numeerisessa muodossa ja sitä analysoidaan tilastollisin menetelmin sekä tulokset havainnollistetaan taulukoiden ja tlastojen avulla. Kvantitatiivisessa tutkimuksessa on Kankkusen (2013: 55) mukaan:

- perusjoukko ja otos, jotka on määriteltä
- teoreettiset käsitteet, jotka on muutettu mitattaviksi muuttujiksi
- mittaaminen tapahtuu numeraalisesti
- käytetään menetelmiä, jotka ovat tilastollisia
- tarkastellaan muuttujien välisiä yhteyksiä
- määritetään hypoteesit
- pohditaan tilastollista merkitsevyyttä
- arvioidaan asioita puolueettomasti
- käytetään kaikkeen pätevää määrittelyä
- tutkijalla ja tutkittavalla on etäinen suhde toisiinsa
- strukturoidut kysymykset
- tutkimus vahvistaa teoriaa
- aikaisemmat tutkimukset huomioidaan johtopäätöksissä

## Tutkimustyön validiteetti ja reliabiliteetti

Metsämuurosen (2009: 125) sekä Anttilan (2006: 512–515) mukaan tutkimus on luotettava silloin kun tutkimuksessa käytetty mittari ja menetelmä ovat valideja ja reliaabeleja. Tutkimuksen ja mittarin luotettavuutta kuvaavat näin ollen termit reliabiliteetti ja validiteetti. Mittarin reliabiliteetti kuvaa mittarin kykyä mitata tutkittavaa asiaa tarkasti ja mittarin validiteetti kuvaa kuinka luotettava mittari on. Mittari on reliaabeli, kun vastaukset ovat eri mittauskerroilla samanlaisia. Mittari on validi, mikäli mittari mittaa sitä asiaa, mitä sen on tarkoituskin mitata. Reliabiliteetti mittauksessa tarkoittaa, että mittaustulokset ovat toistettavia, eikä mittaustuloksissa esiinny sattumanvaraisuutta.

Anttilan (2006: 512–513) mukaan tutkimuksen luotettavuuden perusta on oikea tutkimusmenetelmä, jolla tutkitaan sitä, mitä on tarkoitus tutkia. Tutkimuksen validiteetin täydellisyyttä kuvastaa teoreettisen viitekehyksen ja tutkimustulosten yhteensopivuus. Mikäli saadut mittaustulokset ovat yhdenmukaisia aikaisempien tutkimustulosten kanssa, on tutkimus validi ja tällöin aikaisemmat tutkimustulokset vahvistuvat. Positivistisen käsityksen mukaan tutkimusmenetelmiä apuna käyttäen tutkija tavoittelee totuuden saavuttamista omien havaintojen, kokeidensa sekä mittausten avulla. Mikäli mittaustuloksista saatu tieto on yhdenmukainen vallitsevan tietoteorian kanssa tai mittaustulosten perusteella voidaan tarkentaa vallitsevaa teoriaa, ovat mittaustulokset valideja.

Anttilan (2005: 470, 512) mukaan tutkimuksen luotettavuutta arvioidaan kokonaisuutena, jonka muodostavat validi tutkimusaineisto, validi tutkimussuunnitelma sekä validit tulokset. Validi tutkimusaineisto käsittelee ainoastaan tutkittavaa ilmiötä tehokkaan menetelmän antaessa niitä tuloksia, mitä tutkija haluaa saada. Tutkimuksen validiutta kuvaa tutkimusmenetelmän asianmukainen kyky selvittää sitä, mitä tutkijan on tarkoitus tutkia. Validiutta vahvistaa myös tutkimuksen perusteellisesti mietitty tutkimussuunnitelma. Tutkimustyöhön on valittu oikea menetelmä, joka tutkii sitä, millaista tietoa halutaan saada. Teoreettisten käsitteiden validiteetti on riippuvainen sen aikakauden tutkijayhteisössä vallitsevista ”sopimuksista”. Tutkijayhteisön sopimuksissa on sovittu millaisia mittareita käytetään tietynlaisiin käsitteisiin.

Tutkimuksemme validiutta lisää se, että teimme kokonaistutkimuksen, johon otimme tarkasteltavaksi koko perusjoukon ja muuttujien kaikki lukuarvot. Tätä aineistoa analy-

soimme tilastollisin menetelmin varianssianalyysi- ja korrelaatioanalyysimenetelmin. Tutkimustulosten luotettavuutta lisää se, että käsitelimme tutkimusaineistoa huolellisesti, jottei mitään lukuarvoja häviäisi aineiston käsittelyn kuluessa.

Tutkimuksen loogisella validiteetilla Anttilan ym.(2006: 513–514) mukaan tutkija tarkastelee tutkimustaan myös kriittisesti, arvioiden suorituksen oikeellisuutta ja sitä, onko tulos oikea. Sisäiseen validiteettiin vaikuttavat monet tekijät kvantitatiivisessa tutkimusotteessa. Ajalla on vaikutuksia mittauskohteeseen, esimerkiksi tutkittavien vanheneminen, tutkimusolosuhteiden muutokset jne. Mittaustapahtuma voi vaikuttaa tutkittaviin, mittareissa ja havainnoijassa voi tapahtua muutoksia, jotka vaikuttavat tutkimuksen tuloksiin. Mittarin validiutta on syytä arvioida tarkkaan, esimerkiksi mittarin kalibrointi lisää mittarin validiutta, koska mittarin epätarkkuudet muuttavat tuloksia. Tilastolliset regressiot antavat keskimääräisiä arvoja. Tutkimuksen otosvaiheessa voi tutkimukseen sekoittua huomaamatta joitakin yksittäisten kriteerien mukaisia tapauksia, joka aiheuttaa valintakriteereihin vinoumia. Aineistossa saattaa myös esiintyä katoa, jolloin kohteita voi kadota aineistosta.

Kvantitatiivisen tutkimuksen tulosten yleistettävyyden tarkoittaa ulkoista validiteettiä. Yleistettävyyden tarkastelussa kiinnitetään huomiota missä joukossa, asetelmassa sekä tilanteissa tutkimustulokset voidaan yleistää? Tutkittavan kohteen valinnassa voi esiintyä vinoutta perusjoukkoon nähden, jolloin tutkittavat kohteet ovat vain osa perusjoukkoa, silloin ulkoinen validiteetti jää heikoksi. Esikokeilla ja -testauksilla voidaan vaikuttaa esitestattaviin eritavalla kuin testattaviin. Monien koemenetelmien yhteisvaikutus voi joissakin tapauksissa olla erilainen kuin yksittäisten koemenetelmien. Käsitevaliditeetti tarkoittaa sitä, että tutkija on käyttänyt tutkimuksen kannalta oleellisia käsitteitä ja valinnut teoreettisen lähestymistavan tutkimuksen kannalta oikein. Tutkimuksen ilmiöt on tulkittu oikein ja hypoteesit sekä mittarit on valittu tai laadittu oikein tutkimuksen ilmiöihin nähden. Ennustevaliditeetti osoittaa kuinka hyvin tutkimusmenetelmän ja mittareiden avulla saadut tulokset edustavat ennustettavuutta. Korrelatiivinen validiteetti tutkimuksessa osoittaa kuinka hyvin tutkimuksen tulokset korreloivat aikaisempiin tutkimustuloksiin. (Paunonen ym. 1998: 207–209; Anttila 2006: 514–515.)

Anttilan (2006: 514) mukaan aineistovaliditeetti liittyy tutkimusaineiston validiteettiin ja kertoo aineiston analysointimenetelmän sekä tutkimusaineiston vastaavuutta toisiinsa.

## 7 Tutkimusympäristön kuvaus

Pohjois-Karjalan maakunta sijaitsee Itä-Suomessa. Alue käsittää 13 kuntaa, joista maakuntakeskuksena toimii Joensuu. Alue rajautuu pohjoisessa Valtimon kuntaan ja etelässä Kesälahden kuntaan. Idässä alue rajoittuu valtakunnanrajaan ja alueen läntinen raja sijaitsee Outokummun kunnan alueella. (Maakuntaliitto 2014).

Tutkimusaineisto kerättiin Pohjois-Karjalasta, Pohjois-Karjalan pelastuslaitoksen operatiivisten ensihoitoyksiköiden toiminta-alueelta. Tutkimusaineisto kerättiin Enon, Ilomantsin, Kiteen, Lieksan, Outokummun, Polvijärven, Pyhäselän sekä Tohmajärven ensihoitoyksiköiden suorittamista elvytyksistä.

Pohjois-Karjalan maakunnassa oli Tilastokeskuksen (2015) mukaan 31.12.2014 asukkaita 165 258, Joensuun ollessa alueen suurin kunta 75 041 asukasluvullaan. Pohjois-Karjalan maapinta-ala sekä asukastiheys 17 761,83 km<sup>2</sup> 9,3 as/km<sup>2</sup>, vs. Helsinki-Uusimaa 9 096,91 km<sup>2</sup>, 176,3 as/km<sup>2</sup>. Tutkimukseen osallistuneiden kuntien asukasluvut olivat 31.12.2013: Ilomantsi 5 614, Kitee 11 197, Lieksa 12 303, Outokumpu 7 262, Polvijärvi 4 664 sekä Tohmajärvi 4 876 asukasta. Kunnista Eno ja Pyhäselkä liittyivät Joensuuhun. (Kunnat.net).

Pohjois-Karjalan sairaanhoito- ja sosiaalipalvelujen kuntayhtymän ensihoidon palvelutasopäätöksen mukaan (2013: 2) ensihoidon Pohjois-Karjalan maakunnassa järjestää Pohjois-Karjalan sairaanhoito- ja sosiaalipalvelujen kuntayhtymä yhdessä Pohjois-Karjalan pelastuslaitoksen kanssa. Pelastuslaitoksen vastuulla on ensihoitopalveluiden tuottaminen kokonaisuutena. Ensihoitopalvelun tuottaminen on sovittu erillisellä yhteistyösopimuksella. Yhteistyösopimuksessa määritellään ensihoitopalvelun tuottamisen toiminnalliset ja taloudelliset asiakokonaisuudet.

## 8 Aineisto ja aineiston keruu

Opinnäytetyömme aineisto muodostuu Pohjois-Karjalan pelastuslaitoksen ensihoitoyksiköissä toimivien työntekijöiden keräämästä paineluelvytysdatasta. Pelastuslaitoksen työntekijöiden suorittama paineluelvytysdata kerättiin Zoll X-Series -defibrillaattorin elvytyspäitsimien yhteydessä olevan kiihtyvyyssanturin avulla.

Ennen tutkimuksen aloittamista työntekijöille tiedotettiin tutkimuksesta sähköpostitse (liite 5). Tutkijat laativat pelastuslaitoksen Moodle-oppimisympäristöön tiedotteen tutkimuksesta sekä toimintaohjeen datan jatkokäsittelyä varten. Lisäksi tutkijat tuottivat oppimisympäristöön videot elvytys elektrodien sijoittamisesta, defibrillaattorin lokin poistamisesta sekä elvytystapahtuman siirrosta USB-muistitikulle (liite 6). Ensihoitoyksiköiden autokohtaisiin kansioihin sekä Pohjois-Karjalan keskussairaалassa sijainneeseen USB-tikkujen keräyslaatikkoon laadittiin myös ohjeistus (liitteet 5 ja 6). Ensihoitoyksiköiden autokohtaisten kansioiden ohjeistus käsitteli defibrillaatioelektrodien sijoittamista potilaan rintakehälle ja elvytysdatan siirtämistä USB-muistitikulle.

Elvytyksen alussa ensihoitajat kiinnittivät potilaaseen defibrillaatioelektrodit. Defibrillaatioelektrodien mukana oli kiihdytysanturi, joka mittasi keskeisimpiä tutkimusongelmaamme liittyviä muuttujia: painelususvyvyys, painelutaajuus, CCF, painelutaukoja sekä paineluvapautuskiihtyvyyttä.

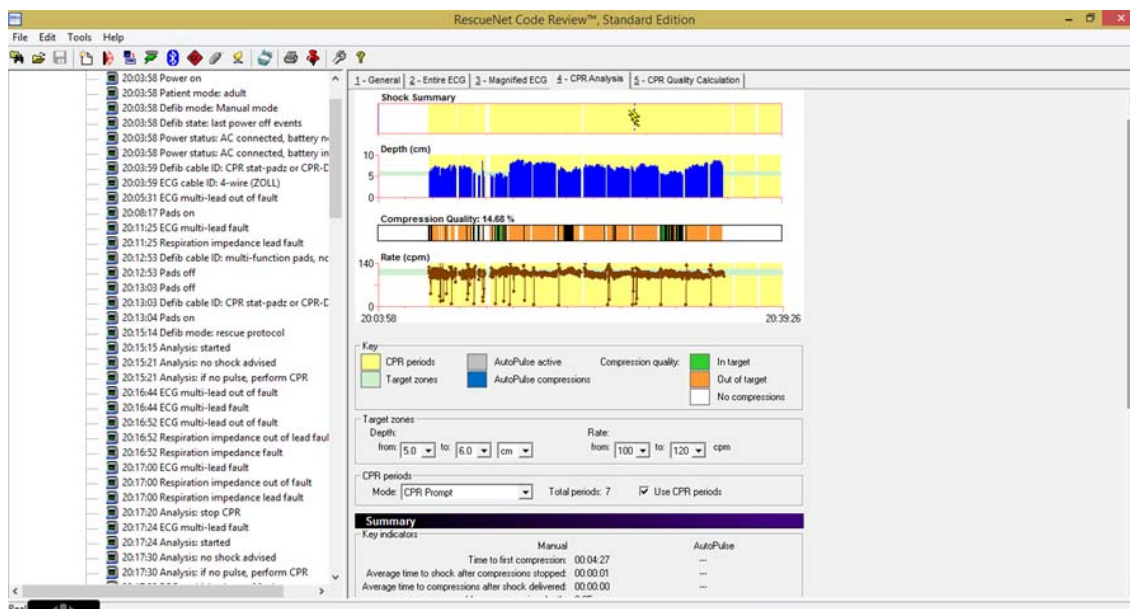
Paineluelvytyksen jälkeen kerätty data siirrettiin USB-muistitikulle, jonka ensihoitajat jättivät Pohjois-Karjalan keskussairaalan ensiavussa olevaan lukittuun laatikkoon. USB-muistitikun sisältämä data purettiin Zollin RescueNet Code Review Standard Edition 5.60-ohjelmalla (kuvio 1). Tämän jälkeen data lähetettiin laitevalmistajan serverille, josta datatiedosto palautui tiedostona, jota voidaan käsitellä Microsoft Office sovelluksella. Excel-ohjelmassa data pelkistettiin niin, että tutkimukseemme liittyvät osa-alueet siirrettiin SPSS-ohjelmaan. SPSS-ohjelmalla pystyimme analysoimaan paineluelvytyksen laatua eri muuttujien osalta.

Zoll X-Series -defibrillaattori on suomalaisen Medidyne Oy:n maahantuoma lääkinälliseksi laitteeksi rekisteröity laite, joka noudattaa vuonna 1992 annettua lakia terveydenhuollon laitteista ja tarvikkeista. Laissa terveydenhuollon laitteeksi tarkoitetaan laitetta, jota käytetään sairauksien ehkäisyyn, valvontaan ja hoitoon (Laki terveydenhuollon laitteista ja tarvikkeista 1992). Lisäksi defibrillaattori on CE-hyväksytty lääkintälaitte, jonka

on todettu aiheuttavan käyttäjän terveyteen liittyviä riskejä, näihin laitteisiin luetaan terveydenhuollon laitteet (Sertifionti.com 2014; Zoll käyttöopas 2012: 2). CE-merkinnän saanut tuote on vaatimusten mukaisesti arvioitu ja hyväksytty puolueettoman tahon toimesta (Sertifionti.com 2014).

Zoll X-Series -defibrillaattoreissa käytetään Real CPR Help® -tekniikkaa, jonka avulla laite antaa reaaliaikaista palautetta defibrillaattorin näytölle ja äänikehotteiden avulla paineluelvytyksen syvyydestä ja taajuudesta. Tekniikka on kehitetty vastaamaan kansainvälisten 2010 American Heart Association (AHA), European Resuscitation (ERC) ja International Liaison committee on Resuscitation (ILCOR) -hoitosuosituksia elvytyksestä. Suositusten mukaan paineluelvytys on oltava mahdollisimman laadukasta ja keskeytymätöntä. Zoll Medical Corporation (2013) mukaan heidän tuotteensa noudattaa edellä mainittujen instanssien suosituksia ja laadunparantamiseen vaikuttavia tekijöitä. Yeung ym. (2014) mukaan elvytyspalautelaitteiden taso elvytyksen laadun parantamisessa vaihteli, mutta tutkimuksessaan painesensori paransi paineluelvytyksen syvyyttä.

Zoll X-Series -defibrillaattorin tekniikan ansiosta paineluelvytys on riittävän syvää, oikean taajuista, potilaan rintakehä palautuu suositusten mukaisesti ja vähentää paineluelvytyksen taukoja. Bobrow (2013), mukaan Real CPR Help® -tekniikan on osoitettu vaikuttavan potilaan selviytymiseen sydänpysähdyksestä.



Kuvio 1. RescueNet Code Review Standard Edition 5.60.

Osa Zoll RescueNet Code Review ohjelmalla puretusta datasta lähetään analysoitavaksi laitevalmistajan toimittamalle HTTPS-salatulle Internet-sivustolle, joka muokkasi datan muotoon numeerisessa muotoon. Internetsivuston tuottamasta analyysiraportista poimitaan numeerisessa muodossa olevat tutkittavaan syvyyssmuuttujaan liittyvät lukuarvot. Tämän jälkeen data analysoitiin tilastollisin menetelmin SPSS- ja Microsoft EXCEL - ohjelmilla.

## **9 Mittarin validiteetti ja reliabiliteetti**

Opinnäytetyössämme tutkittava aineisto kerätään Zoll X-Series defibrillaattorin kiihdytysanturin keräämästä datasta. Kiihdytysanturi on kalibroitu ja osa lääkintälaitetta, joten mittaustapahtuma on luotettava. Kiihdytysanturi kiinnitetään potilaan rintakehälle painelukohtaan, josta toteutetaan paineluelvytystä. Anturi mittaa paineluelvyttäjän suorittaman painantaelvytyksen syvyyttä, frekvenssiä ja painelutaukoja. Paunosen, ym. (1998: 206), mukaan mittarin tulee olla validi, jolloin mittari mittaa sitä mitä sen pitääkin mitata. Kiihdytysanturi on elvytys elektrodien yhteydessä ja se on laitevalmistajan testaama, patentoima ja kansainvälisesti sertifioitu sekä hyväksytty lääkinnälliseen toimintaan soveltuvaksi. Metsämuurosen (2009: 67) mukaan tutkimuksessa kannattaa käyttää mittaria, jonka reliabiliteetti ja validiteetti on tutkittu. Reliaabeli ja validi mittari on testattu laajoilla kokonaisotoksilla, esim. ihmisillä ja mittarin luotettavuus on tutkittu sekä kuvattu. Sisältövaliditeetin tarkoituksen mukaan kiihdytysanturi mittaa juuri sitä mitä tutkimukseemme liittyen haluamme mitata. Mittari on asiantuntijoiden kehittänyt ja sen kyky mitata tutkittavaa ilmiötä on testattu. Mittarin sisällöllinen tarkoitus vastaa sille asetettua taustateoriaa.

Anttilan (2006: 516 - 517) mukaan mittarin reliabiliteetilla tarkoitetaan mittaustuloksen toistettavuutta, johon ei sisälly sattumanvaraisuutta. Lisäksi fysikaalisissa mittauksissa kuten esimerkiksi erilaiset tekstiilien koestusmenetelmät ei reliabiliteetille anneta numeraalista arvoa, vaan tutkija kuvailee tutkimusraportissaan mittarin koe- ja mittaustapahtuman sekä mittarille tehdyn kalibroinnin. Kuvailun tarkoituksena on saattaa lukijalle tietoon, että tutkija on nojannut aikaisempiin standardeihin ja mittausvälineen kalibrointiin.

Mittarin käsittevaliditeetti toteutuu Paunosen, ym. (1998: 206 - 214) mukaan silloin, kun mittarin toiminta yhdistyy teoreettiseen taustaansa. Tutkimuksessamme käytetty mittari on kehitetty ja suunniteltu hoitotyöhön ja se mittaa arvoja, joiden pohjalta annettua hoitoa voidaan arvioida ja verrata hoitosuosituksiin.

Paunosen, ym. (1998: 206 - 214) mukaan kriteerivaliditeetti osoittaa yhteyden mittarin mittaamilla tuloksilla nyt samanaikaisesti ja tulevaisuudessa. Ennustevalidius toteutuu, kun samalla mittariteknologialla mitataan painelussyvyyttä, frekvenssiä ja painelutaukoja tulevaisuudessa samalta työyhteisöltä. Tutkimus voidaan tulevaisuudessa toistaa huolellisesti laaditun tutkimusraporttimme johdosta, jolloin saamme tietää esimerkiksi paineluelvytyskoulutuksen merkityksen painelun laatuun. Mäkisen (2005: 9) huolellisesti laaditun yhtenäisen tutkimusraportin perusteella voidaan tutkimus toistaa tarvittaessa, tämä lisää tutkimuksen luotettavuutta.

Tutkimuksessamme mittarina toimii kiihdytysanturi, jota muun muassa Bobrow ym. (2013) ovat käyttäneet tutkiessaan audiovisuaalisen palautteen vaikutusta elvytyksen laatuun. Heidän tekemässään tutkimuksessa he ovat todenneet että elvytyskoulutus yhdistettynä reaaliaikaiseen audiovisuaaliseen palauteenantoon parantaa elvytyksen laatua ja potilaan selviytymistä sairaalan ulkopuolisesta sydänpysähdyksestä.

Zoll Medical Corporation käyttää defibrillaattorielektrodien yhteydessä tutkijoiden kehittämiä ja patentoimia kiihdytysantureita, jotka mittaavat paineluelvytyksen aikana voiman pituutta ja suuntaa. Zoll Stat Padz elektrodeissa käytetään seuraavia Yhdysvaltain patenttitoimiston myöntämiä patenteja: 7,074,199, 7,108,665, 5,330,526, 7,118,542, 7,122,014, 5,462,157 (Zoll CPR Stat Padz elektrodit). Kiihdytysanturista paineluinformaatio siirtyy laitteeseen, joka muuttaa informaation dataksi defibrillaattorin näytölle sekä audiokehoitteiksi. Mittauksen kannalta laadukas paineluelvytys edellyttää elvytettävän sternumin, sydämen ja selkärangan läpi piirrettävää pystysuoraa akselia, johon nähdessä painelun voima muodostaa nollakulman sekä oikean pituuden eli painelussyvyyden, joka on Amerikan sydänjärjestö AHA:n mukaan 3-6 senttimetriä. (Yhdysvaltain patentti ja tuotemerkkivirasto 2013).

Zoll X-Series defibrillaattori ja siihen kuuluvat komponentit täyttävät Eurooppa-neuvoston asettamat direktiivit. Zoll defibrillaattori on saanut CE-merkinnän. Laitteen laatu siihen liittyvät komponentit on suunniteltu ja tuotettu Euroopan standardien EN ISO 13485:2012/AC:2012 mukaisesti ja laite on saanut TUV SUD- sertifikaatin vuonna 2013. (Liite 7.)



## 10 Aineiston analysointi

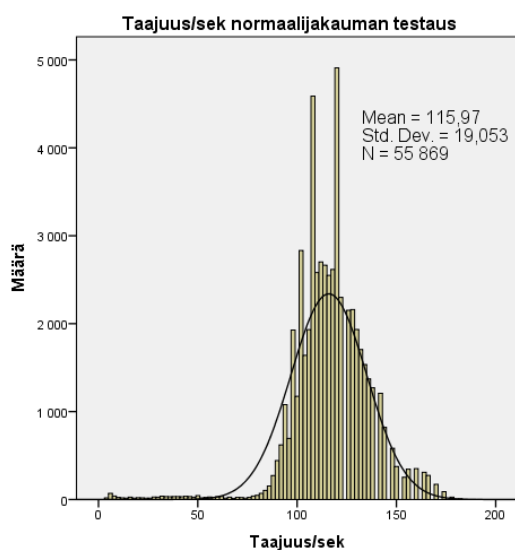
### Tutkimusjoukon kuvaus

Aineiston analysointi aloitettiin testaamalla kokonaisotannasta kaikkien muuttujien normaalijakautuneisuus Kolmogorov-Smirnovin ja Shapiro-Wilkin testeillä. Muuttujista testattiin painelussyvyys ja taajuus, CCF, minuuttitaso painelussyvyys ja taajuus sekä keskiarvo paineluvapautuskihtyvyys. Populaatio oli (N=29) elvytystä. Kokonaisotoskoko oli sekuntitasolla (N=55 869) sekä minuuttitasolla (N=597). Normaalijakautuneisuutta testasimme IBM® SPSS® Statistics 22.0.0.0 ohjelmassa olevalla keskiarvon luottamusvälin testillä. Keskiarvon luottamusvälin testi testaa jakauman normalisuutta Kolmogorov-Smirnovin, Lillieforsin sekä Shapiro-Wilkin testien avulla. Testien oletuksena on, että muuttujat noudattavat normaalijakautuneisuutta. Kolmogorov-Smirnovin testissä saadun merkitsevyysarvon ollessa pieni, ei jakauma noudata normaalijakaumaa. Muuttujat eivät noudattaneet normaalijakautuneisuutta. Keskiarvon luottamusväliä testasimme painelussyvyys ja -taajuus muuttujista sekä minuutti että sekuntitasolla. Testien tuloksena ( $p=0,000$ ) joka merkitsee tilastollisesti erittäin merkitsevää, joten nollahypoteesi hylättiin ja vastahypoteesi hyväksyttiin. Vastahypoteesina muuttujat eivät noudattaneet normaalijakautuneisuutta.

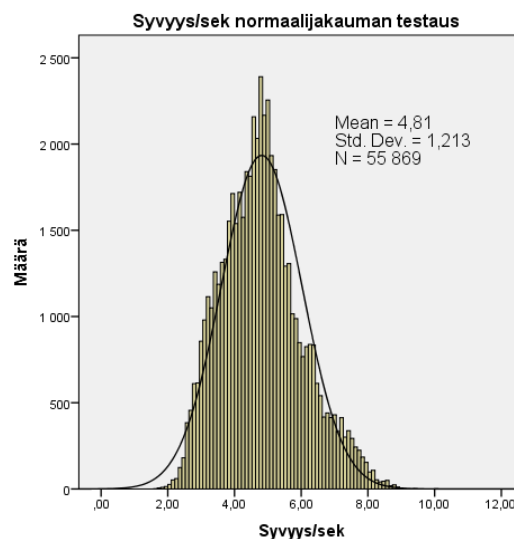
Aineistosta piirrettiin SPSS-ohjelmalla histogrammit silmämääräistä tarkastelua varten (Kuviot 2. ja 3.), koska Metsämuosen (2006: 577) mukaan Kolmogorov-Smirnovin, Lillieforsin sekä Shapiro-Wilkin testeillä on taipumusta hylätä herkästi oletus normaalisti jakautuneesta aineistosta, mikäli aineiston määrä on suuri. Silmämääräisesti histogrammeja ja statistiikkaa tarkastellen voitiin huomata, että taajuus / s jakauman histogrammi on kolmihuippuinen vinous  $< 0$ , (-0,925) eli jakauma on vasemmalle vino. Syvyys / s jakauman vinous  $> 0$ , (0,443) eli jakauma on oikealle vino. Syvyysjakauman vinouden arvon ollessa  $< 0,5$  katsoimme jakauman vinouden noudattelevan normaalijakaumaa, kuitenkin syvyys / s jakauman keskivirheen arvon ollessa 0,010 ja jakauman vinouden ollessa 0,443, keskivirhe poikkesi yli kaksi kertaa vinouden arvosta ja täten tulkitsimme jakauman poikkeavan symmetriaoletuksesta. Taajuus/ s jakauman vinouden ollessa  $> -0,5$  ei jakauma noudattanut normaalijakauman vinoutta  $-0,5 - +0,5$ . Vinousindeksin keskivirheen ollessa taajuus /s jakaumalla 0,010 oli vinousindeksi yli kaksi kertaa suurempi kuin keskivirhe, tutkijan oli tällöin hylättävä oletus jakauman normaliteudesta.

Normaalijakauman testasimme koko aineistosta sekuntitasolla 100 % (N=55869) sekä satunnaisotannoilla: 50 % (n=27710), 25 % (n=13928) ja 10 % (n=5618). Keskiarvot k.a.  $\pm$  (s) sekä (CI) 100 % painelutaajuus /s  $115,97 \pm (19,05)$  /min, (95 % CI 115,81–116,13), painelussyvyys/s  $48,14 \pm (12,12)$  mm, (95 % CI 48,04–48,24) mm, 50 %:n satunnaisotannalla painelutaajuus/s  $115,95 \pm (19,02)$  /min, (95 % CI 115,73–116,17) painelussyvyys /s  $48,17 \pm (12,12)$  mm, (95 % CI 48,02–48,31) mm. 25 %:n satunnaisotannalla painelutaajuus /s  $115,69 \pm (19,38)$  /min, (95 % CI 115,37–116,01) /min, painelussyvyys /s  $48,24 \pm (12,23)$  mm, (95 % CI 48,04–48,44)mm ja 10 %:n satunnaisotannalla painelutaajuus /s  $115,95 \pm (19,03)$  /min, (95 % CI 115,45–116,45) /min, painelussyvyys/s  $48,18 \pm (11,96)$  mm, (95 % CI 47,87–48,49) mm.

Mediaanit koko aineistosta (100 %) sekuntitasolla olivat painelutaajuus/s 115,00 /min ja painelussyvyys/s 47,50 mm, 50 %:n satunnaisotannalla painelutaajuus/s 115,00 /min ja painelussyvyys/s 47,40 mm, 25 %:n satunnaisotannalla painelutaajuus/s 115,00 /min ja painelussyvyys/s 47,60 mm ja 10 %:n satunnaisotannalla painelutaajuus/s 115,00 /min ja painelussyvyys/s 47,60 mm.



Kuvio 2. Taajuus /s histogrammi.



Kuvio 3. Syvyys /s histogrammi.

Koko aineistosta vaihteluvälit (min–max) olivat sekuntitasolla taajuus/s 188 (4–192) /min ja syvyys/s 84,5(16,0–10,05) mm, 50 % satunnaisotannalla taajuus/s 178 (4–182) /min ja syvyys/s 83,0 (17,5–10,05) mm, 25 % satunnaisotannalla taajuus/s 188 (4–192) /min ja syvyys/s 82,3 (18,2–10,05) mm ja 10 % satunnaisotannalla taajuus/s 178 (4–182) /min ja syvyys/s 83,3 (17,2–10,05) mm.

Kvartiilit koko sekuntiaineistosta jakoutuivat seuraavasti: noin neljänneksessä (25 %) saivat muuttujat korkeimman arvon taajuus/s 105,00 /min ja syvyys /s 39,50 mm, 50 % satunnaisotannassa taajuus /s 107,00 /min ja syvyys /s 39,50 mm, 25 % satunnaisotannassa taajuus /s 105,00 ja syvyys /s 39,50 mm ja 10 % satunnaisotannassa taajuus /s 105,00 ja syvyys /s 39,30 mm. Kvartiilit (50 %) koko aineistosta sai muuttujat korkeimman arvon taajuus /s 115,00 /min ja syvyys /s 47,50 mm, 50 % satunnaisotannassa taajuus /s 115,00 /min ja syvyys /s 47,40 mm, 25 % satunnaisotannassa taajuus /s 115,00 ja syvyys /s 47,60 mm ja 10 % satunnaisotannassa taajuus /s 115,00 ja syvyys /s 47,60 mm. 75 Kvartiilit (75 %) koko aineistosta sai muuttujat korkeimman arvon taajuus /s 127,00 /min ja syvyys /s 55,20 mm, 50 % satunnaisotannassa taajuus /s 127,00 /min ja syvyys /s 55,20 mm, 25 % satunnaisotannassa taajuus /s 115,00 ja syvyys /s 47,60 mm ja 10 % satunnaisotannassa taajuus /s 127,00 ja syvyys /s 55,40 mm.

Koko aineisto tarkasteltaessa vinous sai seuraavia arvoja: taajuus /s -0,925, keskivirheen ollessa 0,010 ja syvyys /s 0,443, keskivirheen ollessa 0,010. 50 %:n satunnaisotannalla vinous sai arvoja taajuus /s -0,975, keskivirheen ollessa 0,015 ja syvyys /s 0,423, keskivirheen ollessa 0,015. 25 %:n satunnaisotannalla vinous sai arvoja taajuus /s -0,980, keskivirheen ollessa 0,021 ja syvyys /s 0,451, keskivirheen ollessa 0,021. 10 %:n satunnaisotannalla vinous sai arvoja taajuus/s -0,921, keskivirheen ollessa 0,033 ja syvyys /s 0,419, keskivirheen ollessa 0,033.

Sekuntiaineiston havaintoarvojen normaalijakautuneisuutta testasimme Kolmogorov-Smirnovin testillä 100 % (N=55869) sekä satunnaistetuilla otannoilla 50 %, 25 % ja 10 % otoksilla. Tulokseksi tuli 100 % otannalla taajuus /s ( $p=0,000$ ) ja syvyys /s ( $p=0,000$ ), 50 %:n, 25 %:n ja 10 %:n satunnaisotannalla taajuus /s ( $p=0,000$ ) ja syvyys /s ( $p=0,000$ ). Jakaumat eivät ole normaalijakautuneita ( $p<0,001$ ) eli tulos on erittäin merkitsevää.

Normaalijakauman testasimme kokonaisaineistosta minuuttitasolla 100 % (N=597) sekä satunnaisotannoilla; 50 % (n=290), 25 % (n=153) ja 10 % (n=56). Keskiarvot k.a.  $\pm$  (s) olivat 100 % kokonaisaineistossa; paineluvapautuskiihtyvyys  $1239,55 \pm (278,85)$  milli-inch /s, (95 % CI 1217,13–1261.96) milli-inch /s, CCF  $80,35 \pm (22,29)$  % (95 % CI 78,56–82,14) %, painelusyvyys  $48,29 \pm (11,49)$  mm, (95 % CI 47,36–49,21) mm, painelutaajuus  $113,90 \pm (14,80)$  /min (95 % CI 112,71–115,09) /min ja painelutauot  $11,75 \pm (13,33)$  s. (95 % CI 10,68–12.82) s. Keskiarvot k.a.  $\pm$  (s) 50 % satunnaisotannalla olivat; paineluvapautuskiihtyvyys  $1229,31 \pm (288,72)$  milli-inch /s, CCF  $80,28 \pm (22,44)$  %, painelusyvyys  $47,11 \pm (11,46)$  mm, painelutaajuus  $115,5 \pm (17,38)$  /min ja painelutauot  $11,84 \pm$

(13,46)s. Keskiarvot k.a.  $\pm$  (s) olivat 25 % satunnaisotannalla seuraavat; paineluvapautuskiikthyvyys 1246,54  $\pm$  (269,68) milli-inch/s, CCF 78,20  $\pm$  (24,62) %, painelusyvyys 47,48  $\pm$  (10,3) mm, painelutaajuus 115,27  $\pm$  (14,43) /min ja painelutauot 13,08  $\pm$  (14,77) s. 10 % Satunnaisotannan keskiarvot k.a.  $\pm$  (s) olivat; paineluvapautuskiikthyvyys 1284,01  $\pm$  (285,72) milli-inch /s, CCF 77,53  $\pm$  (24,38) %, painelusyvyys 49,87  $\pm$  (11,78) mm, painelutaajuus 117,75  $\pm$  (17,27) /min ja painelutauot 13,48  $\pm$  (14,63) s.

Koko aineiston mediaanit olivat paineluvapautuskiikthyvyys 1208,08 milli-inch /s, CCF 86,67 %, painelusyvyys 47,4 mm, painelutaajuus 113,07 /min ja painelutauot 8,0 s. 50 % satunnaisotannan mediaanit olivat paineluvapautuskiikthyvyys 1195,4 milli-inch /s, CCF 86,67 %, painelusyvyys 46,55 mm, painelutaajuus 115,02 /min ja painelutauot 8,0 s.

Satunnaisotannalla 25 % aineiston mediaaneja olivat paineluvapautuskiikthyvyys 1219,3 milli-inch /s, CCF 85,00 %, painelusyvyys 47,2 mm, painelutaajuus 113,67 /min ja painelutauot 9,0 s. Satunnaisotannalla 10 % aineiston mediaaneja olivat paineluvapautuskiikthyvyys 1301,81 milli-inch /s, CCF 85,00 %, painelusyvyys 49,75 mm, painelutaajuus 117,60 /min ja painelutauot 9,0 s.

Koko aineistosta minuuttitasolla vaihteluvälit (min–max) olivat paineluvapautuskiikthyvyydellä 2056,02(0–2056,02) milli-inch /s, CCF:lla 100(0–100) %, painelusyvyys 81,7(0–81,7) mm, painelutaajuudella 168,26 (0–168,26) /min ja painelutauot 60(0–60) s. 50 % satunnaisotannan vaihteluvälit (min–max) olivat paineluvapautuskiikthyvyydellä 2051,25(0–2051,25) milli-inch /s, CCF:lla 100(0–100) %, painelusyvyydellä 78,5(0–78,5) mm, painelutaajuudella 166,53(0–166,53) /min ja painelutauot 60(0–60) s. Satunnaisotannalla 25 % aineiston vaihteluvälit (min–max) olivat paineluvapautuskiikthyvyydellä 1267,94(655,03–1922,97) milli-inch /s, CCF:lla 93,33(6,67–100,00) %, painelusyvyydellä 50,90(25,9–76,8) mm, painelutaajuudella 117,63(46,14–163,77) /min ja painelutauot 56(0–56) s. Satunnaisotannalla 10 % aineiston vaihteluvälit(min-max) olivat paineluvapautuskiikthyvyydellä 1130,88(654,00–1748,88) milli-inch /s, CCF:lla 88,33(11,67–100) %, painelusyvyydellä 45,80(30,3–76,1) mm, painelutaajuudella 114,58(46,43–161,01) /min ja painelutauot 53(0–53) s.

Seuraavana kuvasimme kvartiilien jaottelun koko havaintoaineistosta sekuntitasolla. Noin neljännes minuuttiaineistosta eli 25 % sai maksimissaan seuraavia arvoja: painelu-

vapautuskiikkyvyys 1045,87 mm/s, CCF 69,16 %, painelussyvyys 41,00 mm, painelutaajuus 105,41 /in ja painelutauot 0,00 s. Puolella osalla eli 50 % minuuttiaineistosta oli maksimissaan seuraavia arvoja: paineluvapautuskiikkyvyys 1208,08 milli-inch /s, CCF 86,67 %, painelussyvyys 47,4mm, painelutaajuus 113,07 /in ja painelutauot 8,00 s. 75 % aineistosta muuttajat ovat saaneet suurimmillaan seuraavia arvoja: paineluvapautuskiikkyvyys 1423,56 milli-inch /s, CCF 100 %, painelussyvyys 54,65 mm, painelutaajuus 123,37 /min ja painelutauot 18 s.

Seuraavana kvartiilien jaottelun 50 % havaintoaineistoa. Noin neljannes minuuttiaineistosta eli 25 % sai maksimissaan seuraavia arvoja: painelu-vapautuskiikkyvyys 1048,95 mm-inch/s, CCF 68,33 %, painelussyvyys 38,90 mm, painelutaajuus 106,43 /in ja painelutauot 0,00 s. Puolella osalla minuuttiaineistosta oli maksimissaan seuraavia arvoja: paineluvapautuskiikkyvyys 1208,08 milli-inch /s, CCF 86,67 %, painelussyvyys 47,4 mm, painelutaajuus 112,11 /min ja painelutauot 8,00 s. 75 % aineistosta muuttajat ovat saaneet suurimmillaan seuraavia arvoja: paineluvapautuskiikkyvyys 1423,55 milli-inch /s, CCF 100 %, painelussyvyys 54,65 mm, painelutaajuus 122,09 /min ja painelutauot 19 s.

Seuraavana kuvasimme kvartiilit 25 % havaintoaineistosta. Noin neljannes minuuttiaineistosta eli 25 % sai maksimissaan seuraavia arvoja: painelu-vapautuskiikkyvyys 1061,95 milli-inch /s, CCF 65,84 %, painelussyvyys 41,05 mm, painelutaajuus 106,61 /min ja painelutauot 0,00 s. Puolella osalla minuuttiaineistosta muuttajat saivat maksimissaan seuraavia arvoja: paineluvapautuskiikkyvyys 1219,30 milli-inch /s, CCF 85,00 %, painelussyvyys 47,2 mm, painelutaajuus 113,67 /in ja painelutauot 9,00 s. 75 % aineistosta muuttajat ovat saaneet suurimmillaan seuraavia arvoja: paineluvapautuskiikkyvyys 1423,56 milli-inch /s, CCF 100 %, painelussyvyys 52,85 mm, painelutaajuus 124,81 /min ja painelutauot 20,50 s.

10 % havaintoaineistosta kvartiilit saivat seuraavia arvoja. Noin neljannes minuuttiaineistosta eli 25 % sai maksimissaan seuraavia arvoja: painelu-vapautuskiikkyvyys 1114,77 milli-inch /s, CCF 65,00 %, painelussyvyys 40,43 mm, painelutaajuus 107,82 /min ja painelutauot 2,25 s. Puolella osalla minuuttiaineistosta oli maksimissaan seuraavia arvoja: paineluvapautuskiikkyvyys 1301,81 milli-inch/s, CCF 85,00 %, painelussyvyys 49,75 mm, painelutaajuus 117,60 /min ja painelutauot 9,00 s. 75 % aineistosta muuttajat ovat saaneet suurimmillaan seuraavia arvoja: paineluvapautuskiikkyvyys 1506,57 milli-inch /s, CCF 96,25 %, painelussyvyys 58,28 mm, painelutaajuus 125,28 /min ja painelutauot 21,00 s.

Koko minuuttitason havaintoaineiston vinous sai seuraavia arvoja: paineluvapautuskiihtyvyys 0,143, CCF -1,336, painelusyvyys 0,352, painelutaajuus -0,425 ja painelutauot 1,343. Näiden kaikkien arvojen keskivirhe oli 0,100. Minuuttitason havaintoaineistosta otetusta 50 %:n satunnaisotannasta vinous sai seuraavia arvoja: paineluvapautuskiihtyvyys -0,034, CCF -1,344, painelusyvyys 0,242, painelutaajuus -1,231 ja painelutauot 1,343. Näiden kaikkien arvojen keskivirhe oli 0,143. Minuuttitason havaintoaineistosta otetusta 25 %:n satunnaisotannasta vinous sai seuraavia arvoja: paineluvapautuskiihtyvyys 0,167, CCF -1,158, painelusyvyys 0,329, painelutaajuus -0,107 ja painelutauot 1,158. Näiden kaikkien arvojen keskivirhe oli 0,196. Minuuttitason havaintoaineistosta otetusta 10 %:n satunnaisotannasta vinous sai seuraavia arvoja: paineluvapautuskiihtyvyys -0,128, CCF -1,342, painelusyvyys 0,263, painelutaajuus -0,607 ja painelutauot 1,342. Näiden kaikkien arvojen keskivirhe oli 0,319.

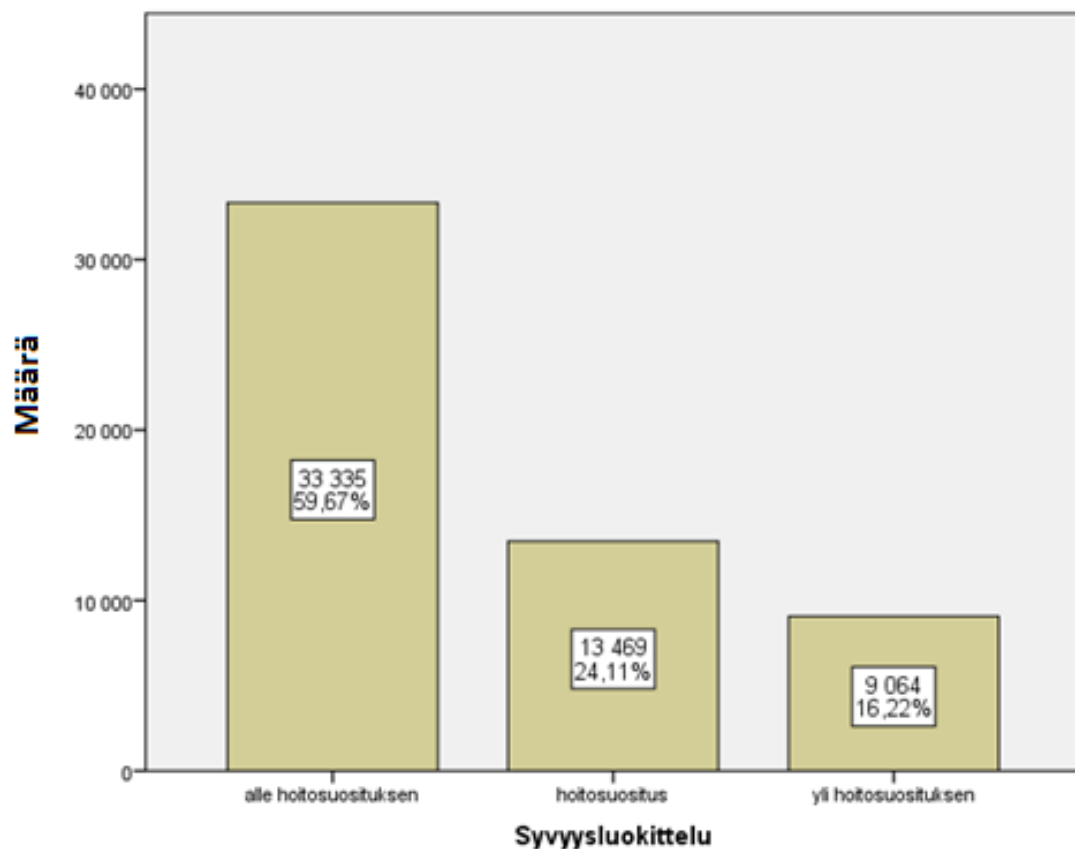
Minuuttiaineiston havaintoarvojen normaalijakautuneisuutta testasimme Kolmogorov-Smirnovin ja Shapiro-Wilkin testillä 100 % (N=597) sekä satunnaistetuilla otannoilla 50 %, 25 % ja 10 % otoksilla. Tulokseksi tuli 100 % otannalla paineluvapautuskiihtyvyydessä, CCF:ssa, painelusyvyudessa, painelutaajuudessa ja painelutauot molemmista testeistä saivat arvon ( $p=0,000$ ). Jakauma on siis kaikkien kohdalla epänormaalisti jakautunut 100 %:n otannassa. Tulokseksi tuli 50 % otannalla (Kolmogorov-Smirnov / Shapiro-Wilk) paineluvapautuskiihtyvyydessä ( $p=0,038/0,028$ ), CCF:ssa  $p=0,000/0,000$ , painelusyvyudessa ( $p=0,017/0,000$ ), painelutaajuudessa ( $p=0,001/0,000$ ) ja painelutauot ( $p=0,000/0,000$ ). Jakaumat eivät ole normaalijakautuneita 50 % satunnaisotannalla. Tulokseksi tuli 25 % otannalla (Kolmogorov-Smirnov / Shapiro-Wilk) paineluvapautuskiihtyvyydessä ( $p=0,200/0,341$ ), CCF:ssa ( $p=0,000/0,000$ ), painelusyvyudessa ( $p=0,200/0,107$ ), painelutaajuudessa ( $p=0,006/0,000$ ) ja painelutauot ( $p=0,000/0,000$ ). Jakaumat ovat normaalijakautuneita 25 % satunnaisotannalla paineluvapautuskiihtyvyydessä ja painelusyvyudessa. Tulokseksi tuli 10 % satunnaisotannalla (Kolmogorov-Smirnov / Shapiro-Wilk) paineluvapautuskiihtyvyydessä ( $p=0,200/0,392$ ), CCF:ssa ( $p=0,000/0,000$ ), painelusyvyudessa ( $p=0,200/0,240$ ), painelutaajuudessa ( $p=0,093/0,000$ ) ja painelutauot ( $p=0,000/0,000$ ). Jakaumat ovat normaalijakautuneita 10 % satunnaisotannalla paineluvapautuskiihtyvyydessä ja painelusyvyudessa sekä painelutaajuudessa.

## 11 Tulokset

### 11.1 Paineluelvytyksen syvyys

Havaintoarvot painelussyvyydestä (Kuvio 4.) sekuntiaineiston (N=55 869) osalta luokiteltiin SPSS statistics 22.0.0.0 tilasto-ohjelmassa. Luokittelua esitellään pylväsiagrammissa. Luokittelu jaettiin kolmeen ryhmään, alle hoitosuosituksen, jossa painantasyvyys ei yltänyt 50 mm:iin, toisena luokkana oli hoito-suositus, jossa painelussyvyys ylsi 50-60 mm:iin ja kolmannessa luokassa painelussyvyys ylitti 60 mm. 59,67 % (n=33 335) paineluista oli alle hoitosuosituksen, jolloin eroa hoitosuositusyvyteen syntyi 35,56 %.

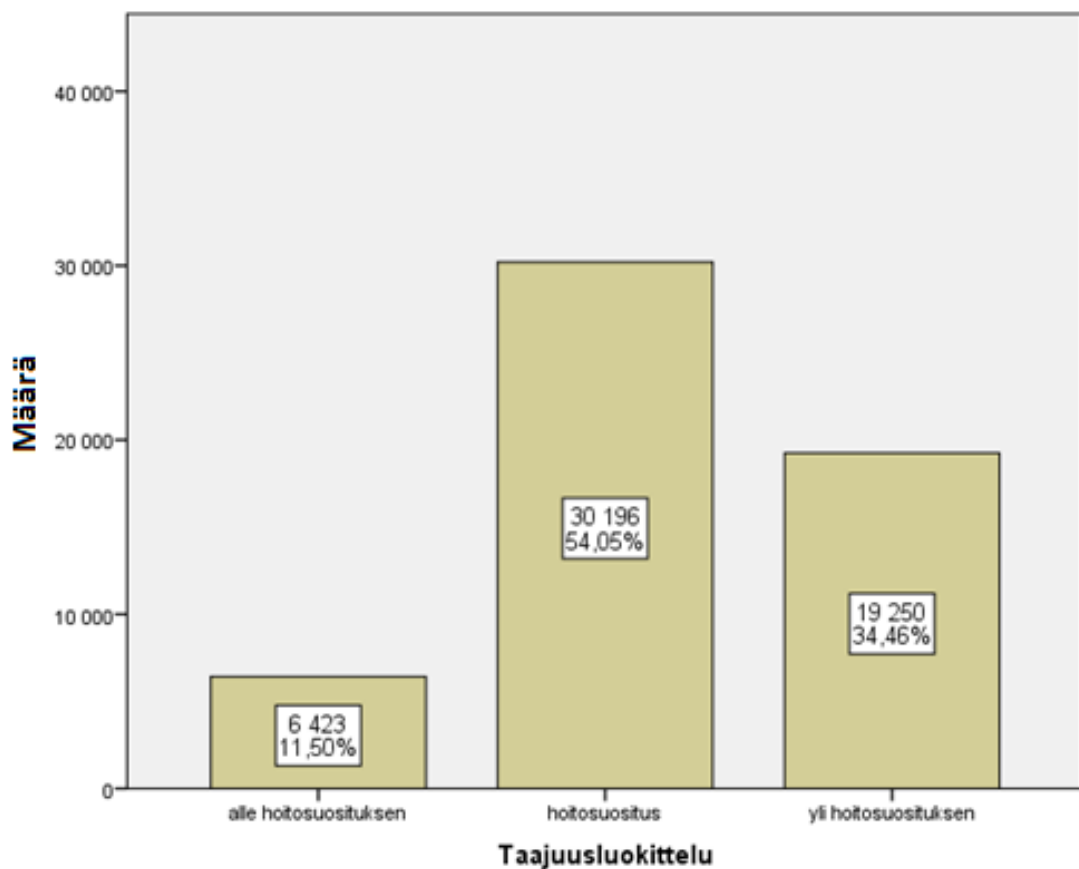
24,11 % (n=13 469) paineluista osui hoitosuositusyvyteen ja 16,22 % (n=9 064) meni yli hoitosuositusyvyden, jolloin eroa hoitosuositusyvyteen oli 7,89 % .



Kuvio 4. Painelussyvyyden jakautuminen.

## 11.2 Paineluelvytyksen taajuus

Havaintoarvot painelutaajuudesta sekuntiaineiston (N=55 869) osalta luokiteltiin spss statistics 22.0.0.0 ohjelmassa. Kuviossa 5. luokittelua esitellään pylväsiagrammina. Luokittelu jaettiin kolmeen ryhmään. Alle hoitosuosituksen, jossa painantataajuus ei ylittänyt 100/min. Paineluista 11,50 % (n=6423) oli alle hoitosuositustaajuuden. Eroa hoitosuositukseen tuli 42,55 %. Toisena luokkana oli hoitosuositus, jossa painelutaajuus 100–120 kertaa minuutissa. Hoitosuositustaajuuden saavutti 54,05 % (n=30 196) paineluista. Kolmannessa luokassa painelutaajuus ylitti 120 kertaa minuutissa. Paineluista 34,46 % (n=19 250) osui yli hoitosuositustaajuuteen, jolloin eroa hoitosuositukseen tuli 19,59 %.

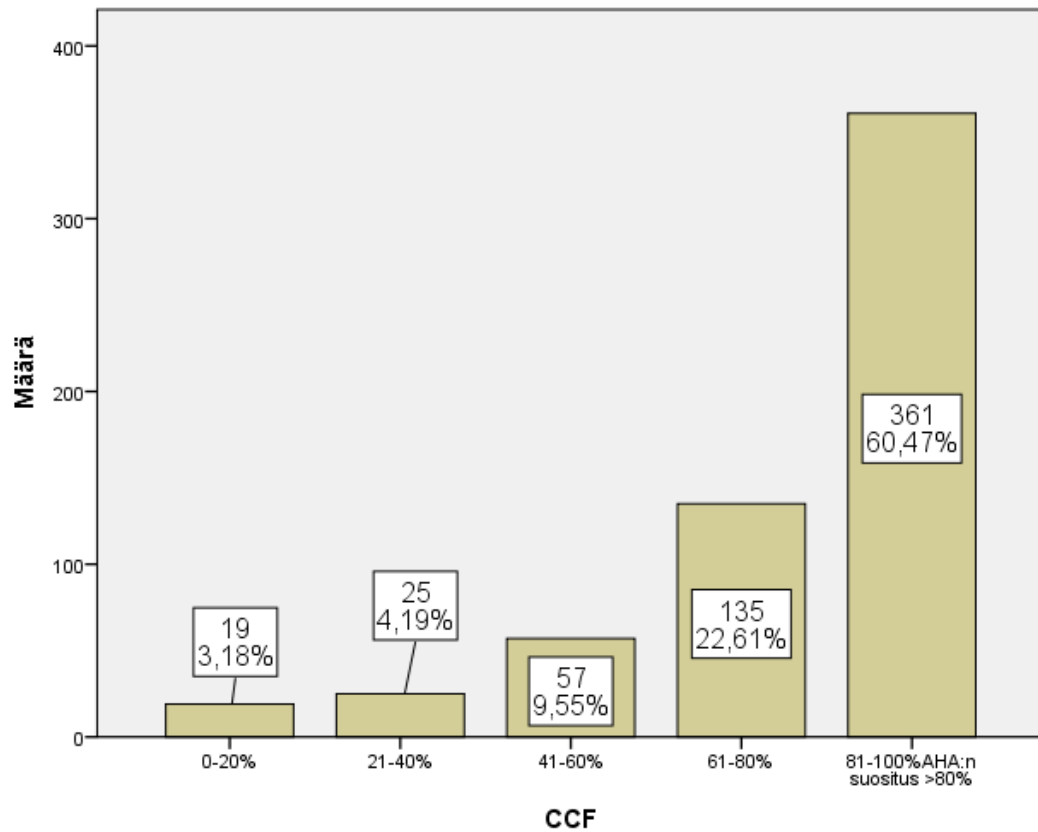


Kuvio 5. Luokitellun taajuuden jakautuminen.



## 11.3 CCF

Kuviossa 6 havainnollistetaan CCF:n jakautuminen minuuttitasolla (n=597) luokkiin. Noin 60 % (n=361) minuuttia oli AHA:n suosituksen mukaista. Noin viidesosa CCF arvoista oli luokassa 61-80 %.

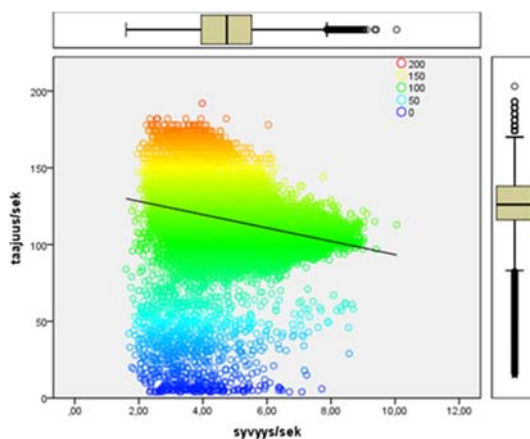


Kuvio 6. CCF:n jakautuminen luokkiin. AHA:n suositus > 80 %.

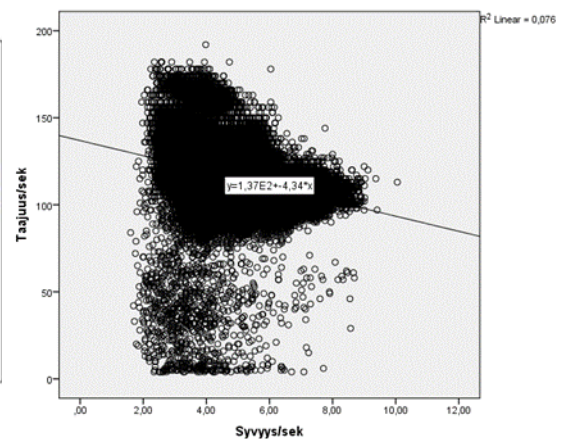
## 11.4 Painelussyvyyden ja painelutaajuuden korrelaatio

Korrelaatiota testasimme ja havainnollistimme SPSS-ohjelman Pearsonin tulomomenttikorrelaatiokertoimen sekä pistehajontadiagrammin avulla. Seuraavana käsittelemme pistehajontadiagrammin sekä siihen piirretyn suoran.

Kuvioissa 7 ja 8 näkyvät taajuus/sek ja syvyys/sek muuttujien havaintoarvot xy-koordinaatistossa havainnollistettuna kokonaisaineistosta (N=55 869). Suora kuvattu IBM® SPSS® Statistics 22.0.0.0 ohjelmalla, kuvat 7 ja 8. Suoran kuvaus  $y=bx+c$ . Suoran  $y=1,37^2+-4,34*x$  kuvaajassa kulmakerroin  $b= 1,37E2$  ja ohjelman laskema x-akselin leikkauspiste  $c=-4,34$ . Mallin selityskerroin on  $R^2=0,076$ . Kuviossa havainnollistetaan taajuuden ja syvyyden arvojen suoraa ja lineaarista yhteyttä toisiinsa nähden. Hajontakuvio osoittaa, että toisen muuttujan kasvaessa toinen pienenee ja tähän ei korrelaatiokerroin pysty.



Kuvio 7. Korrelaatio.



Kuvio 8. Korrelaatio.

Pearsonin tulomomenttikorrelaatiokerroin (r)

Korrelaatiokerroin  $r = -0,276$  ja Sig arvo 0.000, korrelaatio on tilastollisesti erittäin merkitsevä näiden kahden muuttujan välillä ( $p < 0,001$ ). r-arvon ollessa negatiivinen ( $r = -0,276$ ) on muuttujien välinen korrelaatio negatiivinen eli painelussyvyyden kasvaessa painelutaajuus pienenee ja päinvastoin painelutaajuuden kasvaessa painelussyvyys pienenee. Korrelaatiokerroin on lähellä nollaa, mikä tarkoittaa sitä, että korrelaatio on muuttujien välillä pieni. Kuvaajat 7 ja 8 korrelaatiosta havainnollistavat negatiivisen korrelaation.

Elvytyspalautteen kanssa suoritettua paineluelvytystä sekä painelutaajuuden ja painelussyvyyden riippuvuutta toisiinsa tutkittiin luokittelemalla sekuntitasolla saatu aineisto ja ristiintaulukoimalla se. Otokoot olivat sekä taajuuden että syvyyden osalta (N= 55 868). Aineisto oli luokiteltu taajuuden osalta seuraavasti: taajuus  $\leq$  hoitosuosituksen 0 - 99 /min, hoitosuositus 100–120 /min ja yli hoitosuosituksen taajuus  $\geq$  121 /min. Sarake- eli riippuvaksi muuttujaksi asetettiin taajuus ja selittäväksi eli rivimuuttajaksi asetettiin syvyys. Syvyyden osalta kokonaisaineisto luokiteltiin  $<$  hoitosuosituksen 0–4,99 cm, (0–49,9 mm), hoitosuositus 5–6 cm, (50–60 mm) ja  $>$  hoitosuosituksen mukaiseen syvyyteen  $\geq$  6,01 cm, ( $\geq$  60,1 mm).

Paineluiden havaintomäärä (N=55 868) ristiintaulukoitiin syvyyden sekä taajuuden suhteen. (Taulukko 1.) Ensihoitajien suorittamien paineluelvytysten paineluista noin 14,0 % (13,95 %), (n=7795) kappaletta kokonaisuudesta (N=55 868) oli hoitosuosituksen 5-6 cm, 100 - 120 /min mukaisia. Kokonaisuudessaan vain painelussyvyys huomioiden oli paineluista 24,1 % (n=13 469) oli hoitosuosituksen mukaisia. Vastaavasti 54,0 % (n=30 195) paineluista oli hoitosuosituksen mukaisia pelkkä taajuus huomioiden. Syvyyden sekä painelutaajuuden ollessa hoitosuosituksen mukaista, 57,9 % (n=7 795) 13 469:sta hoitosuositus- ja taajuuden kokonaispainelumäärästä oli oikean painelussyvyyden mukaista painelua. Syvyyden sekä painelutaajuuden ollessa hoitosuosituksen mukaista noin 25,8 % (n=7 795) 30 195:sta hoitosuositustaajuuden kokonaispainelumäärästä oli hoitosuositustaajuuden mukaista painelua. Painelussyvyyden keskiarvo oli k.a.  $\pm$  (s) 48,1  $\pm$  (12,1) mm. Painelutaajuuden keskiarvo oli k.a.  $\pm$  (s) 115,97  $\pm$  (19,05).

Paineluista 59,7 % (n=33 335) oli alle hoitosuositus- ja taajuuden mukaista painelua, ottamatta huomioon painelutaajuuden vaikutusta. 9,1 %:ia 33 335 painelusta (n=3 029) oli sekä syvyyden että taajuuden puolesta alle hoitosuosituksen. Vastaavasti 45,0 % (n=14 999) 33 335 painelusta oli alle hoitosuositus- ja taajuuden sekä yli hoitosuositustaajuuden.

16,2 % (n=9 064) paineluista oli yli hoitosuositus- ja taajuuden huomioimatta taajuuden vaikutusta. Näistä paineluista 18,4 % (n=1 665) oli alle hoitosuositustaajuuden. Yli hoitosuositus- ja taajuuden sekä yli hoitosuositustaajuuden olleita paineluita oli 3,4 % (n=306), eli 0,55 % koko paineluista. Paineluista 11,5 % (n=6 423) oli alle hoitosuositustaajuuden huomioimatta syvyyden vaikutusta ja vastaavasti 34,5 % (n=19 250) oli yli hoitosuositustaajuuden mukaista painelua. Alle hoitosuositus- ja taajuuden sekä alle hoitosuositustaajuuden olleita paineluita oli noin 5,4 % (5,42 %), (n=3 029). Yli hoitosuositustaajuuden ja

alle hoitosuositusyvyyden olleita paineluita oli noin 26,8 % (26,85 %), (n=14 999). Yli hoitosuositusyvyyden sekä alle hoitosuositustaajuuden olleita paineluita oli noin 3,0 % (2,98 %), (n=1 665).

Paineluista 27,4 % (n=15 307) oli hoitosuositustaajuuden mukaista painelua, mutta alle hoitosuositusyvyyden. 12,7 % (n=7 093) paineluista oli hoitosuositustaajuuden mukaisia, mutta yli hoitosuositusyvyyden.

Painelutaajuuden vaikutus painelusyvyteen						
			Taajuus			Yhteensä
			alle hoitosuosituksen	hoitosuositus	yli hoitosuosituksen	
Syvyyden vaikutus	alle hoitosuosituksen	Lukumäärä	3029	15307	14999	33335
		%-osuus Syvyyden	9,1%	45,9%	45,0%	100,0%
		%-osuus Taajuus	47,2%	50,7%	77,9%	59,7%
		Kokonais %-osuus	5,4%	27,4%	26,8%	59,7%
	hoitosuositus	Lukumäärä	1729	7795	3945	13469
		%-osuus Syvyyden	12,8%	57,9%	29,3%	100,0%
		%-osuus Taajuus	26,9%	25,8%	20,5%	24,1%
		Kokonais %-osuus	3,1%	14,0%	7,1%	24,1%
	yli hoitosuosituksen	Lukumäärä	1665	7093	306	9064
		%-osuus Syvyyden	18,4%	78,3%	3,4%	100,0%
		%-osuus Taajuus	25,9%	23,5%	1,6%	16,2%
		Kokonais %-osuus	3,0%	12,7%	,5%	16,2%
Yhteensä	Lukumäärä	6423	30195	19250	55868	
	%-osuus Syvyyden	11,5%	54,0%	34,5%	100,0%	
	%-osuus Taajuus	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	
	Kokonais %-osuus	11,5%	54,0%	34,5%	100,0%	

Taulukko 1. Painelutaajuuden ja painelusyvyiden jakautuminen hoitosuositukseen nähden.

Suuren aineiston vuoksi (N=55 868) havaintoa, testasimme taajuuden ja syvyyden riippuvuutta Khiin neliö – testin avulla. Khiin neliö testi edellyttää, että maksimissaan 20 %

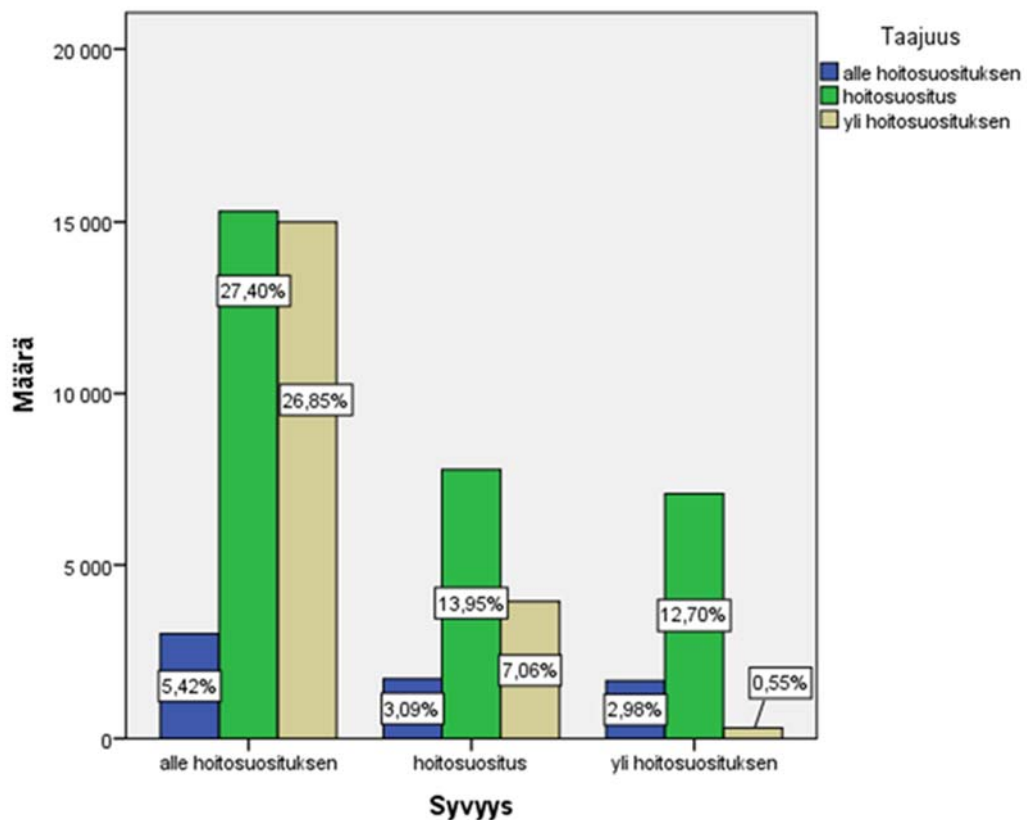
odotusarvoista on  $< 5$  ja pienin odotusarvo  $> 1$ . Lisäksi testi edellyttää otoskokojen olevan yhtä suuret. Testissä Khin neliö – testin edellytykset täyttyivät, 0 % odotusarvoista oli  $< 5$ , ja pienin odotusarvo 1042,06.  $H_0$  hypoteesi olettaa, että taajuus ja syvyys muuttujien välillä ei ole riippuvuutta,  $H_1$  hypoteesi riippuvuutta on edellä mainittujen muuttujien välillä. Sig-arvon ollessa  $< 0.05$  on tutkijalla 5 % mahdollisuus valita väärä hypoteesi. Khin neliö – testin arvon ollessa suuri 5708,535 ja merkitsevyysarvon ( $\text{sig}^2$ ) ollessa ( $p=0,000$ )  $< 0,05$  voidaan  $H_0$  hypoteesi hylätä ja todeta, että taajuudella ja syvyydellä tilastollisesti erittäin merkitsevä riippuvuus keskenään ( $\chi^2 = 5708,535$ ,  $N = 55\ 868$ ,  $df=4$ , Cramer's  $V = 0,226$ ). Testin antama arvo 5708,535 ilmaisee muuttujien välistä riippuvuutta, mitä suurempi arvo on, sitä vahvempi on muuttujien välinen riippuvuus.  $p$ -arvon ollessa ( $p= 0,000$ ) on tutkijalla 0 % mahdollisuus virheelliseen nollahypoteesi hylkäämispäätökseen. Testin antama kontingenssikertoimen arvo  $C=(0.304)$  ilmaisee että muuttujien välillä on kohtalainen riippuvuus, ( $p=0,000$ ).

Elvytystapahtumien muuttujien painelusyvyys ja painelutaajuus kokonaismäärästä ( $N=55\ 868$ ) noin seitsemännes, eli 7 795 painelua, (14 %) oli nykyisten hoitosuositusten mukaisia huomioiden kummankin muuttujan vaikutus. Tarkasteltaessa vain syvyyden vaikutusta, on paineluista yli puolet (57,9 %) hoitosuosituksen mukaisia. Mikäli muuttujana oli vain painelutaajuus, väheni hoitosuositukseen osuneiden painelujen prosentuaalinen määrä neljännekseen (25,8 %) paineluiden kokonaismäärästä. Painelusyvyiden vaikutus nähdään kuviossa 4, paineluista yli puolet, (59,7 %) on jäänyt syvyydeltään alle hoitosuosituksen. Taajuuden vaikutus huomioiden on paineluiden kokonaismäärästä vain noin neljännes (27,4 %) alle hoitosuositussyvyyden, mutta painelutaajuuden osalta hoitosuosituksen mukaista. Vastaavasti syvyyden osalta yli hoitosuositukseen osuneiden paineluiden lukumäärä ( $n=9064$ ) poikkesi alle hoitosuositukseen osuneiden paineluiden lukumäärästä ( $n=33\ 335$ ) noin 267 %:lla. Suurin määrä paineluita, oli kummankin muuttujan huomioiden, osunut syvyyden puolesta alle hoitosuositukseen taajuuden ollessa hoitosuosituksessa 15 307 painelua, (27,4 %).

Tutkimuksessamme tutkittaessa elvytyksien ( $N = 29$ ) aineistoa, minuuttitasolla aineistoa oli 597 minuuttia ja sekuntitasolla 55 868 sekuntia. Minuuttiaineistosta analysoitaessa painelutaajuutta sekä painelusyvyyttä, toteutuivat voimassa olevat hoitosuositukset vain 14.0 % paineluita ( $n = 13\ 469$ ) paineluiden kokonaismäärästä ( $N = 55\ 686$ ). Painelutaajuuden keskiarvo oli k.a.  $\pm$  (s)  $115 \pm (19,05)$ . Painelusyvyiden keskiarvo oli tutkimuksessamme k.a.  $\pm$  (s) oli  $48,10 \pm (12,13)$ .

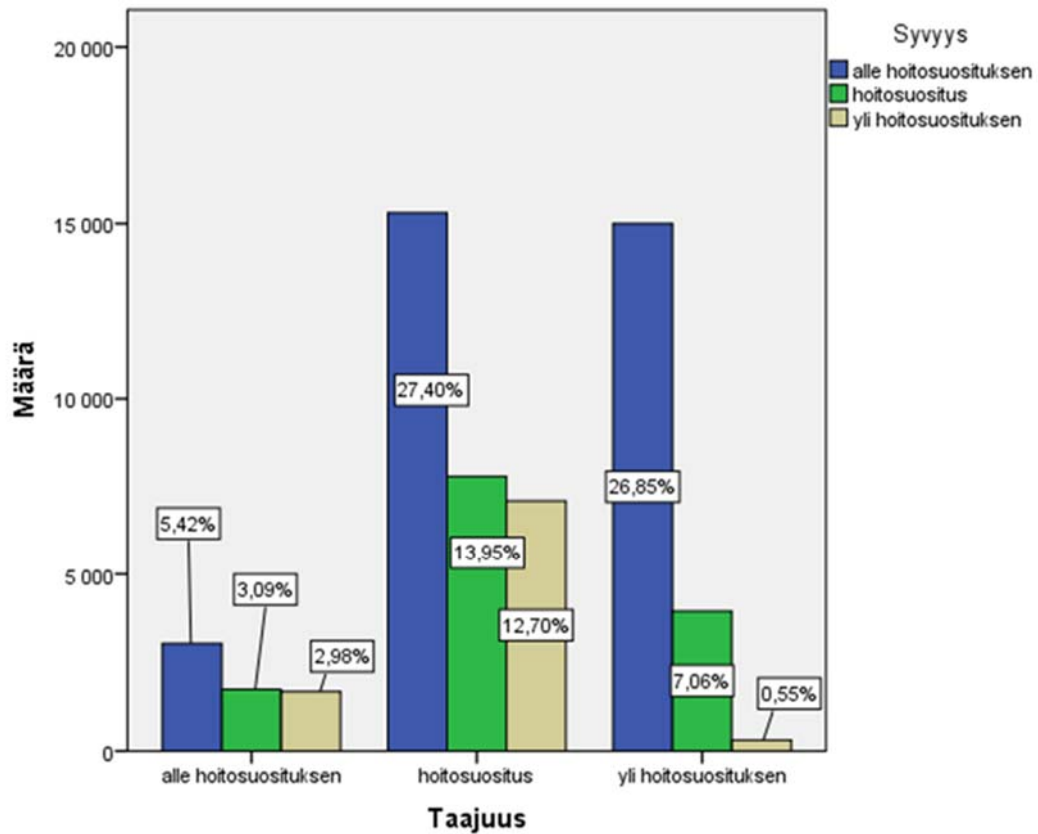
Tutkimuksemme painelussyvyyden keskiarvo kokonaisaineistoa tarkasteltaessa erosi hoitosuosituksen alarajasta 50 mm:stä 1,9 mm ja ylärajasta 60 mm:stä 11,9 mm, ollen näin hoitosuositusrajoja matalampi. PAINELUTAAJUUDEN keskiarvo erosi hoitosuosituksen alarajasta 15,97 /min ja ylärajasta 4,03 /min, ollen näin hoitosuosituksen mukainen. PAINELUSSYVYYDEN hoitosuositus on 50 mm, tuloksemme 48,10 mm erosi voimassa olevasta hoitosuosituksesta ollessaan 3,8 % pienempi. Hoitosuosituksen ylärajasta tutkimuksessa saamamme painelussyvyyden keskiarvo oli 19,83 % pienempi.

PAINELUSSYVYYDEN ja painelutaajuuden jakautumista havainnollistimme alla olevassa kuviossa. (Kuvio 9.) PAINELUSSYVYYDEN ollessa alle hoitosuosituksen, suurin osa paineluista eli 27,40 % oli hoitosuositustaajuuden mukaisia tai yli hoitosuositustaajuuden mukaisia 26,85 %. PAINELUTAAJUUDEN kohoaminen on vaikuttanut painelussyvyyteen vähentävästi. PAINELUSSYVYYDEN ollessa hoitosuosituksen mukaista, paineluista 13,95 % on hoitosuositustaajuudessa. PAINELUSSYVYYDEN ollessa yli hoitosuositussyvyyden, se on pysynyt hoitosuositustaajuudessa 12,70 %:ssa.



Kuvio 9. PAINELUSSYVYYDEN ja -taajuuden jakautuminen prosentuaalisesti.

Kuvion 10 pylväsdiagrammissa vertailemme, vaikuttaako hoitosuosituspainelusyvyys painelutaajuuteen. Painelutaajuuden ollessa alle hoitosuosituksen mukaista oli 3,09 % paineluista hoitosuositusyvyden mukaisia. Painelutaajuuden ollessa hoitosuosituksen mukaista oli painelusyvyys ollut hoitosuosituksen mukaista 13,95 % paineluista. 26,85 % paineluista oli yli hoitosuositustaajuuden painelusyvyden alittaessa hoitosuositusyvyden. Näyttäisi siltä, että painelusyvyden kasvaessa, painelutaajuus ei ainakaan vähene vaan vastaavasti kasvaa tai pysyy hoitosuosituksen rajoissa.



Kuvio 10. Painelutaajuuden ja -syvyyden jakautuminen.

## 11.5 Yksisuuntainen varianssianalyysi ANOVA

### 11.5.1 Elvytystapahtumien väliset erot 17 minuutin ajanjaksolla

Testasimme onko elvytystapahtumien keskiarvojen välillä tilastollisesti merkitseviä eroja yksisuuntaisen varianssianalyysin avulla. Kokonaisaineistosta (N=597) rajattiin aineiston tilastollista testaamista varten 0–17 minuutin ajanjakso. Tämän jälkeen elvytysten minuuttiaineistosta (n=457) otettiin 50 %:n satunnaisotanta (n=204), josta ANOVA testattiin. Riippuvana muuttujana olivat elvytystapahtumat (N=29).

Tapahtumat olivat toisistaan riippumattomat. Varianssien yhtäsuuruustesti eli (Test of Homogeneity of Variances) mukaan tapahtumien (elvytystapahtumat) varianssit erosivat toisistaan tilastollisesti erittäin merkitsevästi ( $p < 0,001$ ). Varianssien yhtäsuuruusoletuksen rikkouduttua käytimme F-testiä, joka on robusti eli vakaa.

ANOVA-taulukon mukaan keskiarvojen eroista kertova F-testitulokset oli seuraava: painelusyvyys ( $F=14,415$ ), painelutaajuus ( $F=11,682$ ), CCF ( $F=2,152$ ), painelutauot ( $F=2,152$ ), paineluvapautuskiihtyvyys ( $F=8,394$ ), prosentuaalinen hoitosuositusvyvyys ( $F=5,333$ ), prosentuaalinen hoitosuositustaajuus ( $F=9,024$ ) ja prosentuaalinen hoitosuositusvyvyys/taajuus ( $F=4,000$ ). Korkeat F-luvut kertoivat keskiarvojen erojen olevan tilastollisesti erittäin merkitseviä ( $p < 0,001$ ). Brown-Forsythen testin mukaan kaikki tapahtumat erosivat tilastollisesti erittäin merkitsevästi toisistaan ( $p < 0,001$ ), painelutauot-muuttuja ( $p=0,006$ ).

Kokonaisaineistosta (n=233) keskiarvot  $\pm$  (s) olivat: painelusyvyys  $46,4 \pm (9,7)$  mm, painelutaajuus  $116,30 \pm (14,84)$  /min, CCF  $81,32 \pm (22,23)$  %, painelutauot  $11,21 \pm (13,34)$  s, paineluvapautuskiihtyvyys  $1211,68 \pm (247,94)$ , prosentuaalinen hoitosuositusvyvyys  $22,92 \pm (31,29)$  %, prosentuaalinen hoitosuositustaajuus  $53,55 \pm 38,20$  %, prosentuaalinen hoitosuositusvyvyys/taajuus  $12,31 \pm (22,36)$  %.

Kokonaisaineistosta (n=233) min–max sekä kvartiilit 25 – 50 - 75 olivat: painelusyvyys 25,9 – 78,5 mm, 41,10 – 45,70 – 51,70 mm. Painelutaajuus 83,79 – 164,00 /min, 105,13 – 112,65 – 124,93. CCF 5 – 100 %, 70,84 – 90,00 – 100. Painelutauot 0 – 57 s., 0,0 – 6,0 – 17,50 s. Paineluvapautuskiihtyvyys 655,03 – 2056,02 milli-inch /s., 1032,64 – 1175,12 – 1352,25 milli-inch /s. Prosentuaalinen hoitosuositusvyvyys 0 – 100 %, 0 – 4,17

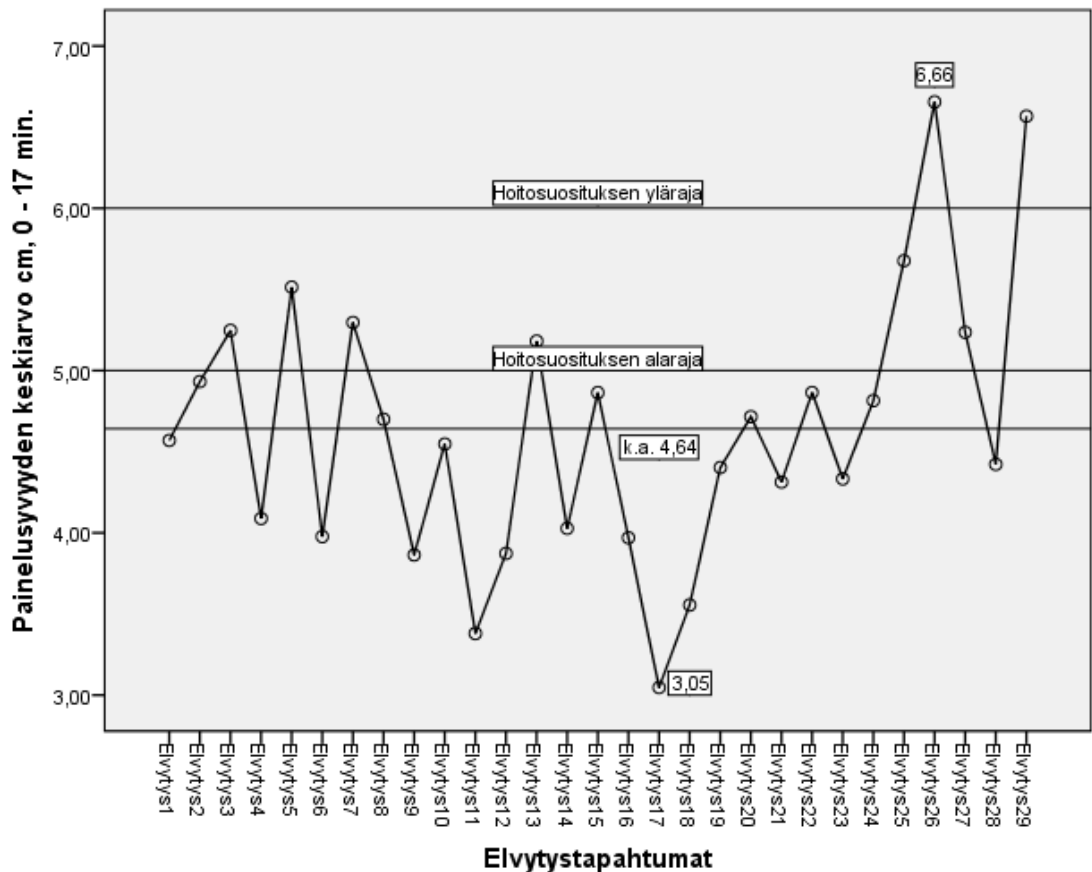


– 42,11 %. Prosentuaalinen hoitosuosituustaajuus 0 – 100 %, 10,65 – 62,00 – 91,28 %.  
Prosentuaalinen hoitosuositusvyvyys/taajuus 0 – 95,28 %, 0 – 0 – 12,30 %.

Painelusyvyys senttimetreinä. (Kuvio 11.) Elvytystapahtumien (n=29),  $M=46,45 \pm (9,6)$  mm, (95 % CI 45,19–47,70) mm, Kuviossa 11. on havainnollistettu elvytystapahtumien painelusyvyiden keskiarvon vaihtelu eri elvytysten välillä. Painelusyvyiden keskiarvo elvytystapahtumien välillä vaihteli elvytystapahtuma numero 17 noin 31 millimetristä, elvytystapahtuma numero 26 noin 67 millimetriin. Kuvioon on merkitty horisontaalisella viivalla Suomessa Käypähoitosuositus painelusyvydestä, joka on 5–6 cm (50–60 mm).

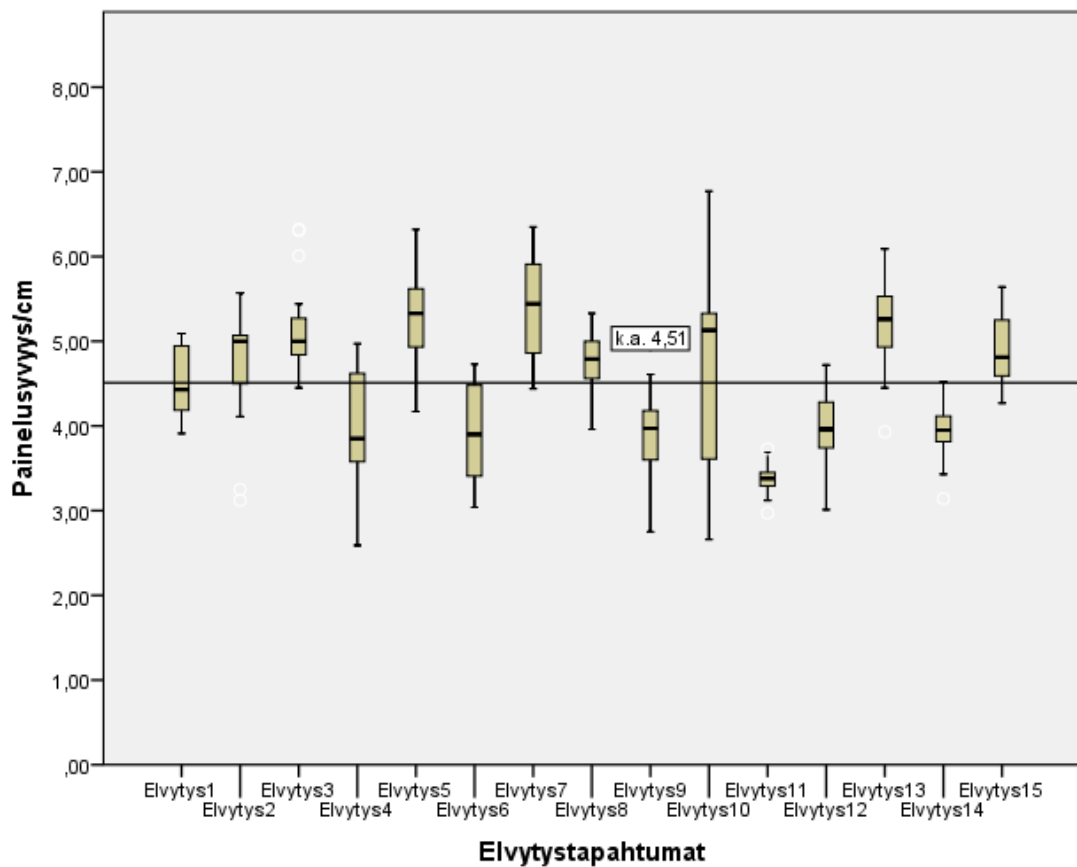
72 % elvytystapahtumien keskiarvopaineluista oli alle hoitosuosituksen alarajan (< 50 mm). Noin 28 % tapahtumista (n=8) saavutti hoitosuosituksen alarajan. Kahdeksasta tapahtumasta 25 % (n=2) saavutti hoitosuosituksen ylärajan > 60 mm.

Tapahtumista 6 kpl saavutti hoitosuositusvyvyyden keskiarvon 50–60 mm kuviossa 11. Kaksi tapahtumaa ylitti hoitosuosituksen noin 15 mm. 21:ssä tapahtumassa paineluelvytys oli alle hoitosuositusvyvyyden. Keskiarvo oli 46 mm. Hoitosuositusvyvyyden kuviossa 21 saavutti yksi tapahtuma 79,5 %:sti. 35 % tapahtumista ei saavuttanut 5 %:n rajaa. Tapahtumien välinen vaihtelu oli suurta.



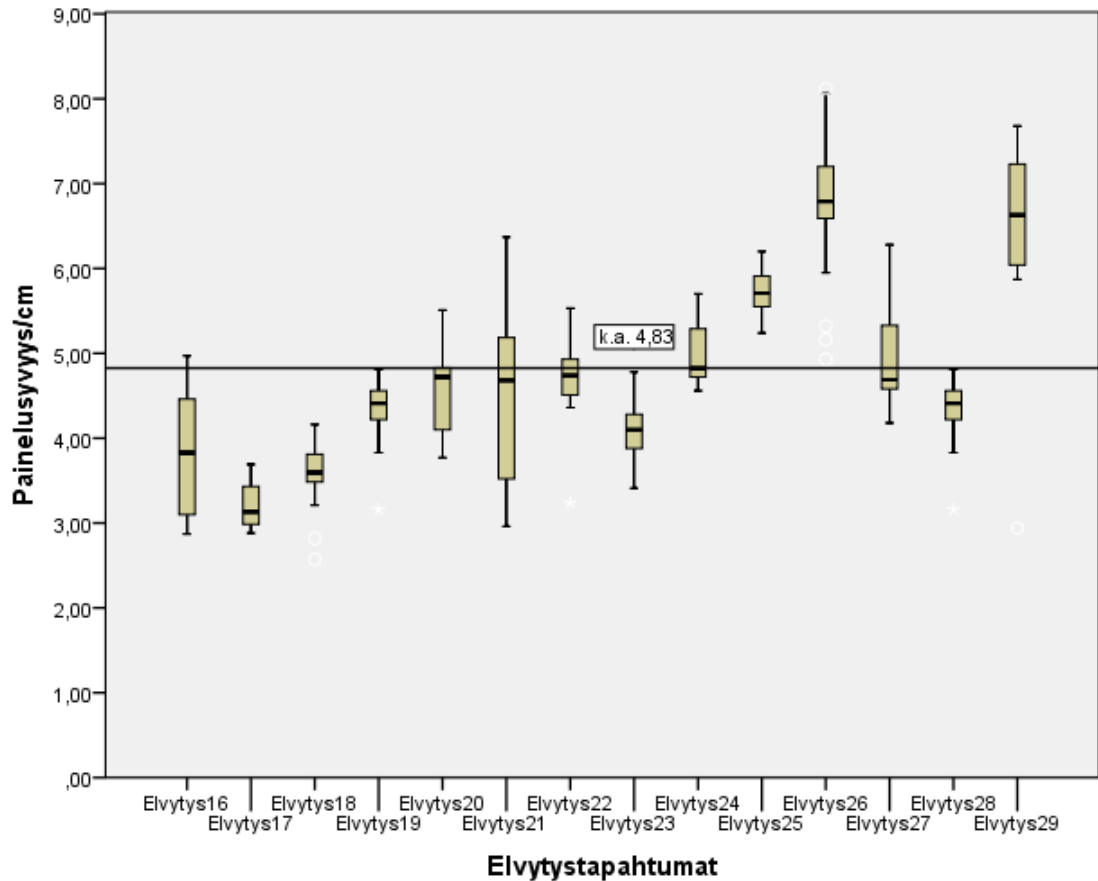
Kuvio 11. Painelussyvyyden keskiarvo senttimetreinä elvytystapahtumien kesken 17 minuutin tarkasteluajanjakson aikana. ( $p=0,001$ )

Elvytystapahtumien numerot 1–15 sisällä esiintyi seuraavanlaista vaihtelua painelussyvyyden keskiarvossa. (Kuvio 12.) Vaihteluvälien keskiarvo vaihteli noin 3,5–5,5 senttimetrin välillä. Suurimmat vaihtelut havaittiin elvytystapahtumassa numero 10, jossa oli suurin vaihteluväli. Pienin vaihteluväli havaittiin elvytystapahtuma numero 11:ssä, jossa oli myös havaittavissa matalin painelussyvyyden keskiarvo (3,26 cm). Tasalaatuisinta painelussyvyys oli elvytystapahtuma numero 11:ssä. Keskiarvoltaan suurin painelussyvyys oli elvytystapahtuma numero 7:ssä (5,56 cm), jonka vaihteluväli oli maltillinen.



Kuvio 12. Elvytystapahtumien numero 1–15 painelussyvyyden keskiarvot ja vaihteluvälit.

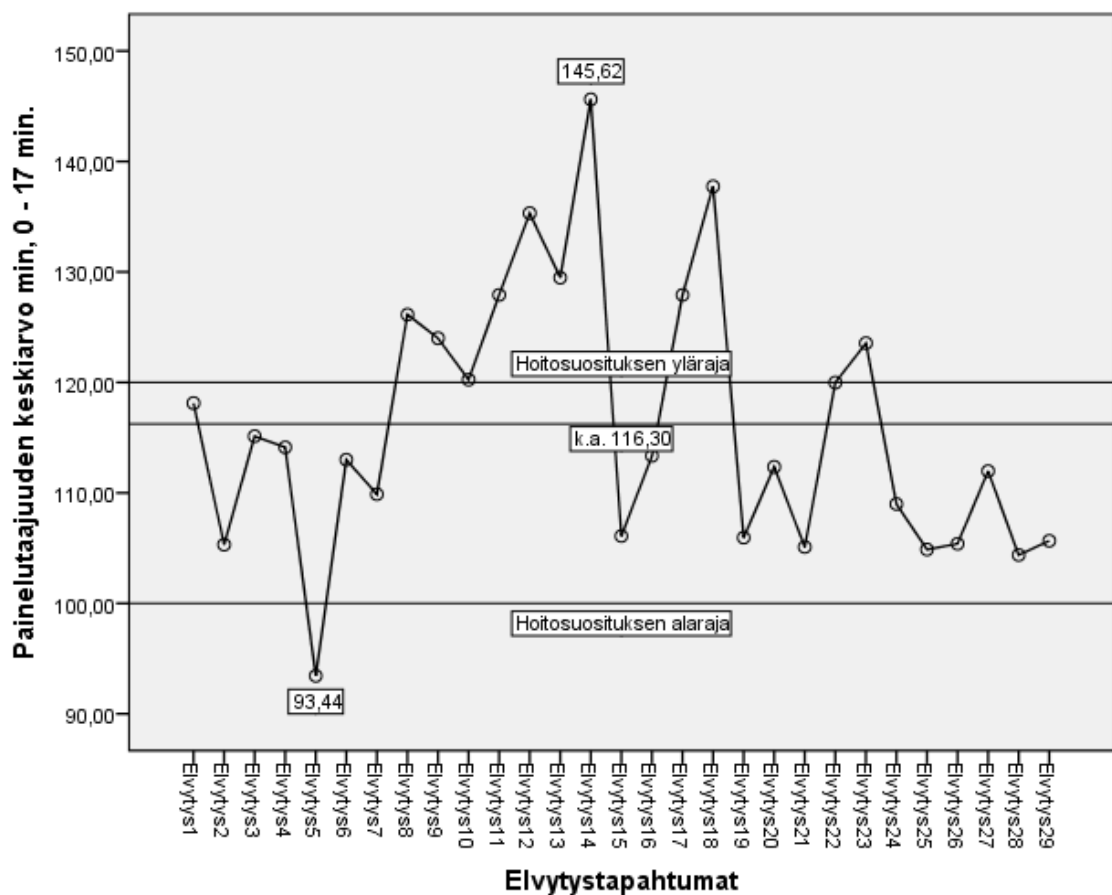
Elvytystapahtumien numero 16–29 sisällä esiintyi suurta vaihtelua painelusyvyyden keskiarvossa kuviossa 13. Vaihteluvälien keskiarvo vaihteli noin 3,0–6,7 senttimetrin välillä. Suurin vaihteluväli havaittiin elvytystapahtuma numero 21:ssä ja pienin elvytystapahtuma 18:ssä. Keskiarvoltaan painelusyvyys oli parhain elvytystapahtuma 25:ssä, jossa painelusyvyyden laatu oli tasaisin, vaihdellen noin 5,2 senttimetristä 6,2 senttimetriin.



Kuvio 13. Elvytystapahtumien numero 16–29 painelusyvyyden keskiarvot ja vaihteluvälit.

Painelutaajuus (Kuvio 14.)  $M = 116,30 \pm (15,05) / \text{min}$ , (95 % CI 114,36–118,25) /min. Painelutaajuuden kuvaajasta nähdään elvytysten keskiarvopainelutaajuuden vaihtelu tapahtumien välillä ( $n=29$ ). Suurimmat vaihtelut keskiarvoissa olivat elvytysten nro. 5 sekä elvytyksen 14 välillä, noin 93–146 /min. Vaihteluväli oli noin 50 /min. Nykyisen Käypähoitosuosituksen mukainen painelutaajuuden 100–120 /min vaihteluväli näkyy kuviossa horisontaalisena viivana.

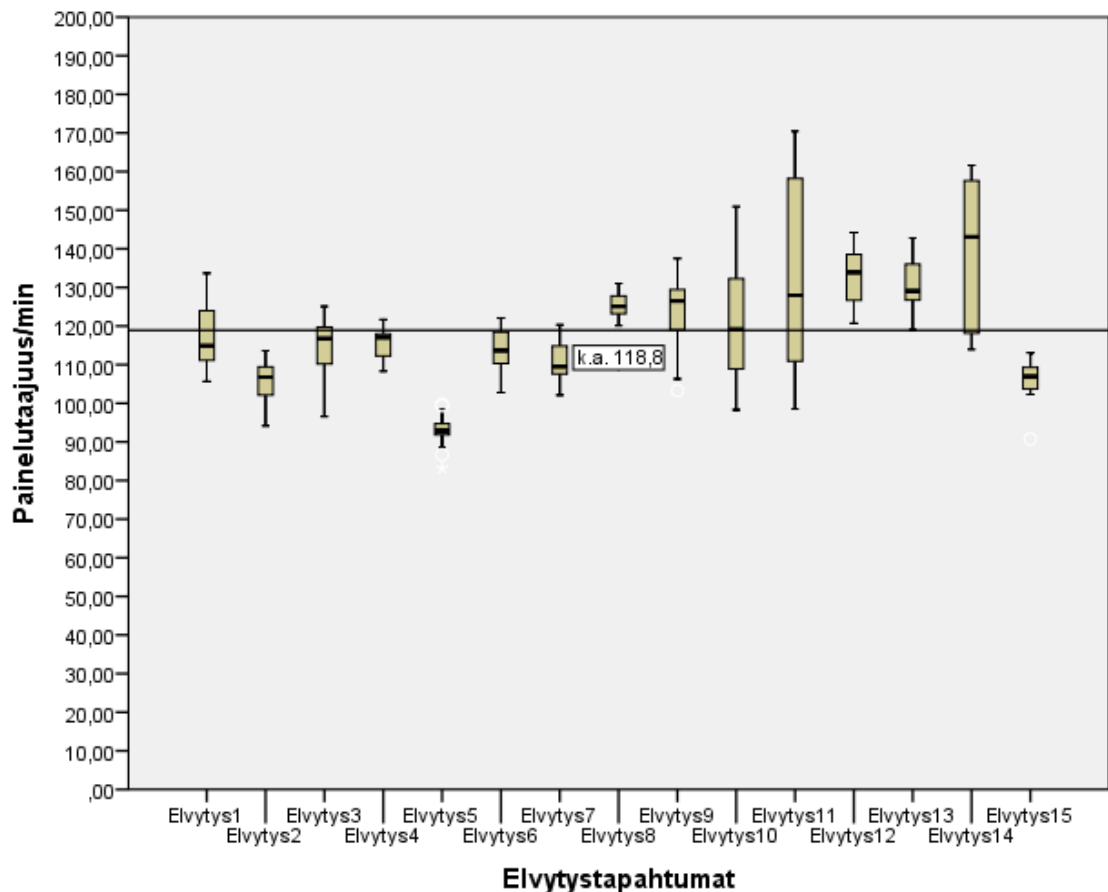
Hoitosuosituspainelutaajuuden alarajan alitti noin 3,5 % ( $n=1$ ) elvytyksistä. Hoitosuosituksen painelutaajuuden saavutti 65,5 % ( $n=19$ ) ja hoitosuosituksen ylärajan ylitti 31 % ( $n=9$ ) tapahtumaa.



Kuvio 14. Painelussyvyyden keskiarvo elvytystapahtumien kesken 17 minuutin tarkasteluajanjakson aikana. ( $p=0,001$ )

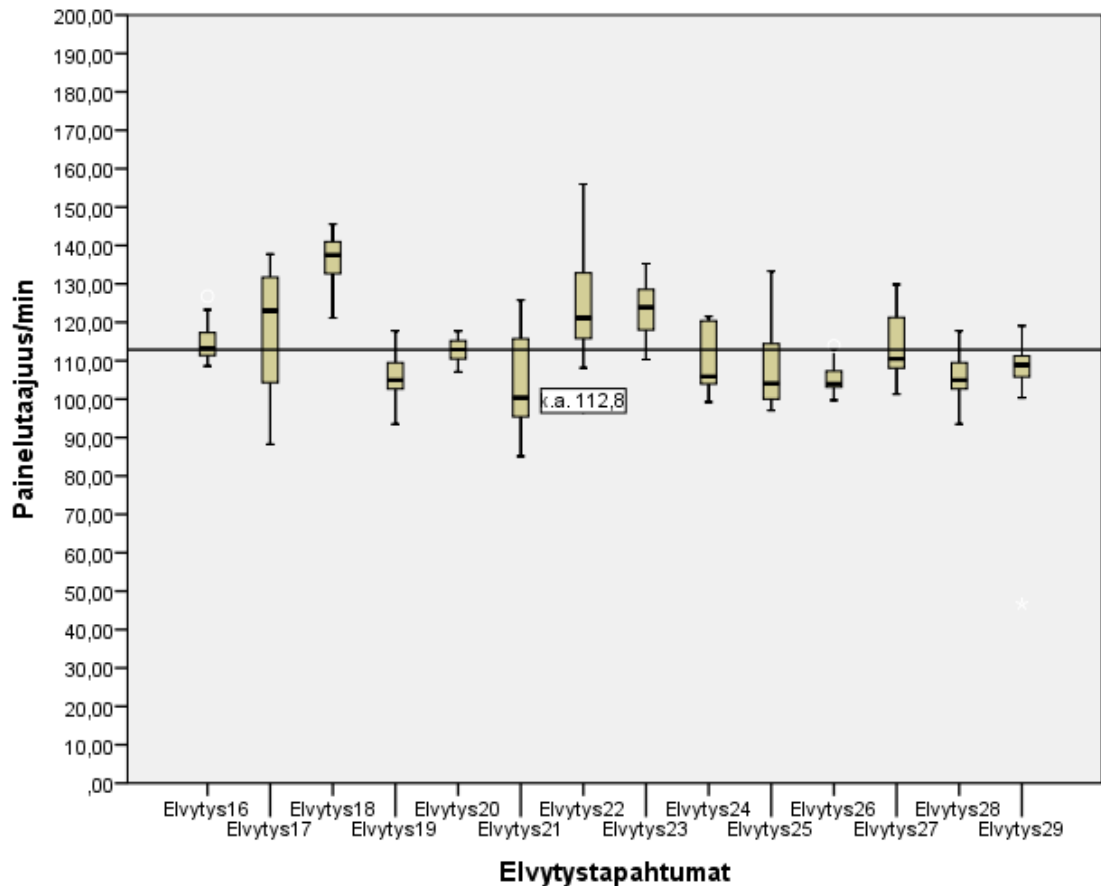
Painelutaajuuden osalta tutkimuksessaamme saatu hoitosuosituksen ja painelutaajuuden välinen ero oli 15,97 % parempi kuin hoitosuosituksen alaraja (Kuvio 15). Vastaavasti painelutaajuuden keskiarvo oli hoitosuosituksen ylärajasta 3,36 % pienempi.

Elvytystapahtumien 1–15 sisällä esiintyi seuraavanlaista vaihtelua painetaajuuden keskiarvossa. (Kuvio 15.) Vaihteluvälien keskiarvo vaihteli noin 90–145 välillä. Tasalaatuisimpia elvytystapahtumia olivat elvytykset numero 6,7 sekä 15. Suurin vaihtelu oli havaittavissa elvytystapahtuma numero 11:ssä, jossa vaihteluväli oli noin 100–170/min. Pienin vaihteluväli havaittiin elvytystapahtuma numero 5:ssä. Suurin painelutaajuus oli havaittavissa elvytys numero 14:ssä (139 /min) ja pienin elvytyksessä numero 5 (94 /min).



Kuvio 15. Elvytystapahtumien numero 1–15 painelutaajuuden keskiarvot ja vaihteluvälit.

Elvytystapahtumien 16–29 sisällä esiintyi seuraavanlaista vaihtelua painelutaajuuden keskiarvossa. (Kuvio 16.) Vaihteluvälien keskiarvo vaihteli noin 100–140 välillä. Elvytystapahtumat olivat painelutaajuuden suhteen tasalaatuisia, joskin suurimmat vaihteluvälit havaittiin elvytystapahtumissa numero 17, 21, 22 sekä 25. Pienimmät vaihteluvälit havaittiin elvytyksissä numerot 16, 20, 26 sekä 29. Painelussyvyyden keskiarvoa tarkasteltaessa suurin keskiarvo oli elvytys numero 18:ssa (136 /min) ja pienin elvytys numero 26:ssa (104 /min).

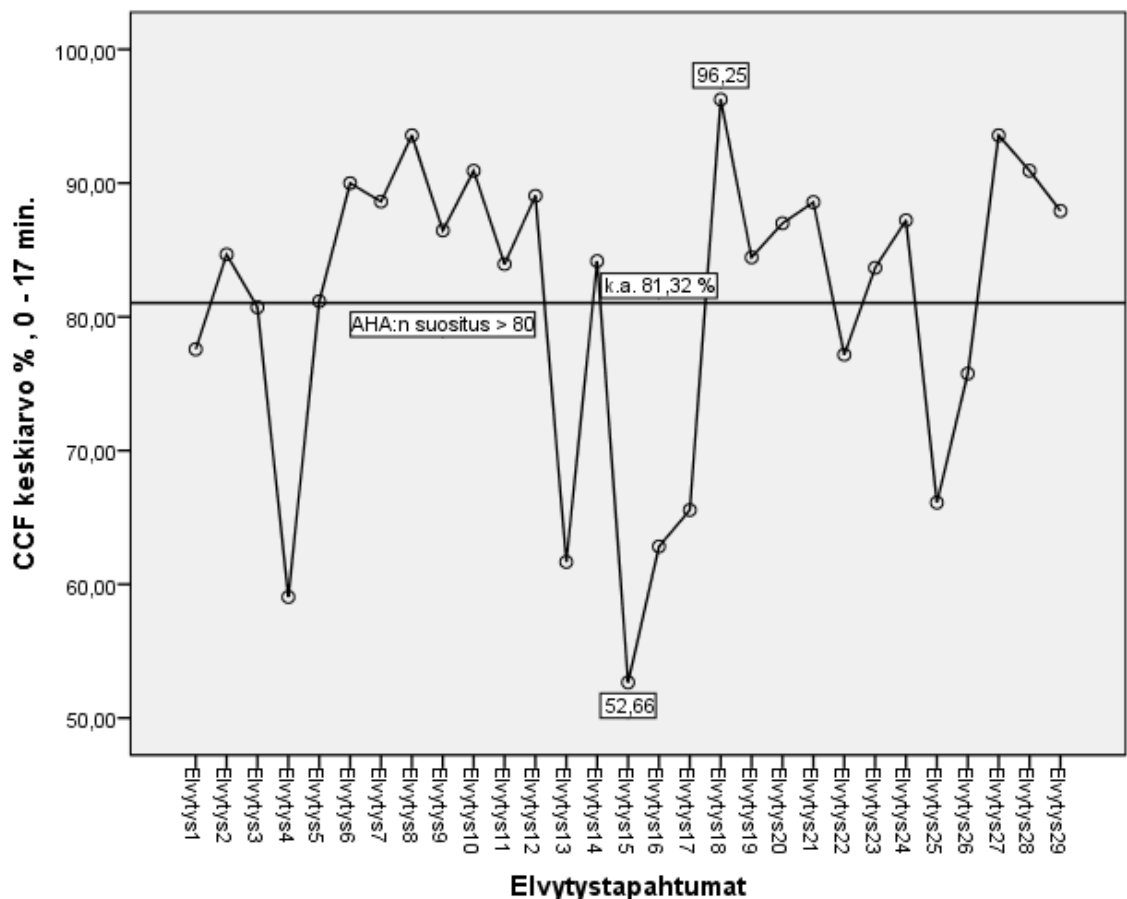


Kuvio 16. Elvytystapahtumien numero 16–29 painelutaajuuden keskiarvot ja vaihteluvälit.

CCF (Kuvio 17.)  $M = 81,32 \pm (22,23) \%$ , (95 % CI 78,45–84,19) %. Kuviossa 17 horisontaalinen linja ilmaisee Amerikan sydänjärjestön AHA:n CCF:n suosituksen alarajan  $> 80 \%$ . Elvytystapahtumien ( $n=29$ ) väliset CCF keskiarvon vaihtelivat tapahtuman numero 15 noin 53 %:sta – tapahtuman numero 18 noin 96 %:iin.

65 % tapahtumista ( $n=19$ ) saavutti AHA:n suosituksen. Alle AHA:n suosituksen jäivät 35 % tapahtumista ( $n=10$ ).

CCF keskiarvojen prosenttiosuudet tapahtumien välillä tarkasteluajanjaksolla 17 minuuttia. Keskiarvoksi jäi 81,3 %, mikä on AHA:n suosituksessa ( $>80 \%$ ) ja sen saavutti 65 % tapahtumista ( $n=19$ ). 35 % ( $n=10$ ) tapahtumista jäi alle keskiarvon. Alhaisin keskiarvo oli yhdellä tapahtumalla 52,66 %, jolloin kuviossa 19 nähdään saman tapahtuman painelutaukojen keskiarvon olevan 28,4 sekuntia, mikä on taas korkein arvo tapahtumien kesken. Alle 10 sekunnin painelutauot saavuttivat ( $n=17$ ) 59 % tapahtumista.

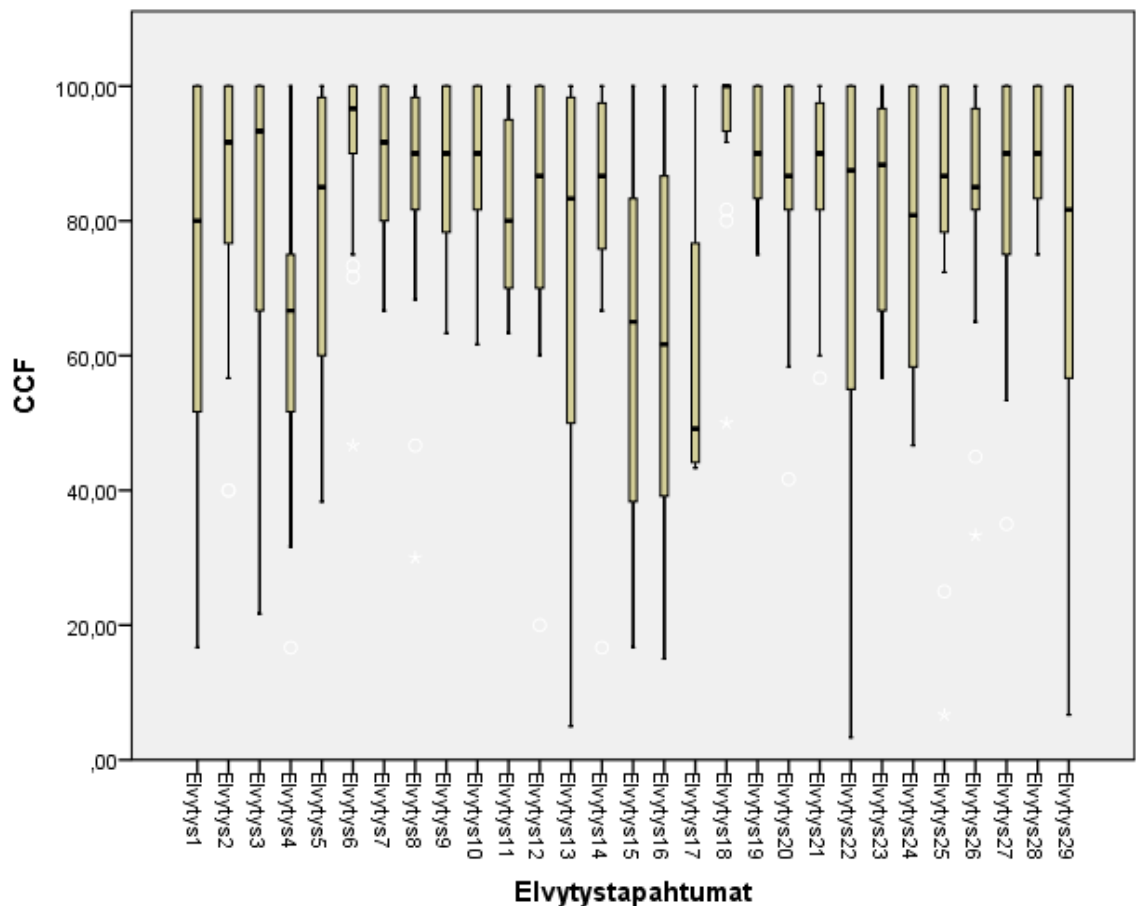


Kuvio 17. Painelussyvyyden keskiarvo prosentteina elvytystapahtumien kesken 17 minuutin tarkasteluajanjakson aikana. ( $p=0,006$ )



Kuviossa 18 elvytystapahtumien välillä on havaittavissa huomattavaa vaihtelua CCF tarkasteltaessa. Luokiteltua kokonaisaineistoa (Kuvio 6.) (N=597) tarkasteltaessa CCF:n AHA hoitosuosituksen CCF mukainen prosenttiosuus jäi vain noin 60 % luokkaan.

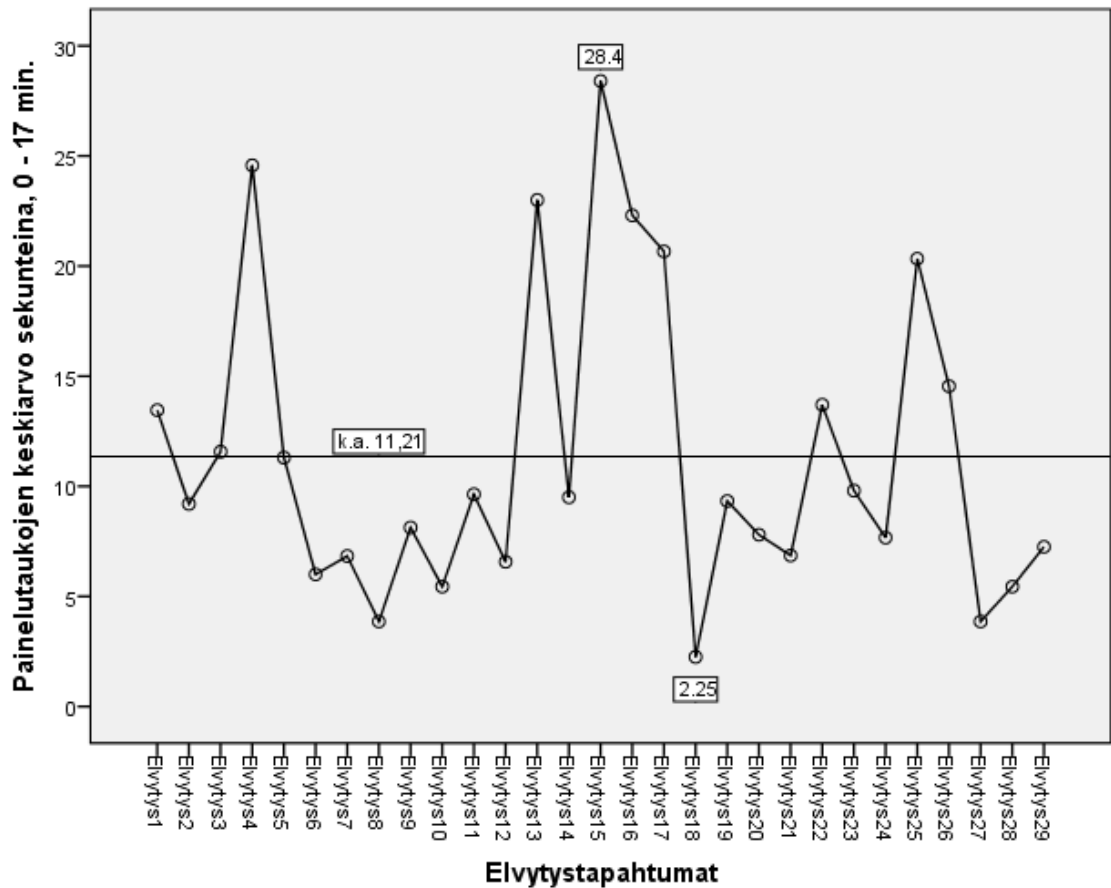
Elvytystapahtumien 1–29 sisällä kokonaisaineistoa tarkasteltaessa seuraavanlaista vaihtelua CCF:n keskiarvossa. (Kuvio 18.) Vaihteluvälien keskiarvo vaihteli noin 60–95 % välillä. Pienin CCF:n keskiarvo oli elvytys numero 17:ssä, jossa CCF:n keskiarvo jäi noin 50 %:iin. Suurin CCF:n arvo oli elvytys numero 6:ssa, jossa CCF oli yli 90 %. Elvytyksissä numero 1, 13, 22 sekä 29 esiintyi laajaa vaihtelua CCF:ssa.



Kuvio 18. Elvytystapahtumien nro. 1–29 CCF keskiarvot ja vaihteluvälit.

Painelutaukojen keskiarvo eri elvytysten välillä kuviossa 19.  $M= 11,21 \pm (13,34) s$ , (95 % CI 9,48–12,93) s. Painelutaukojen vaihteluväli oli 2,25–28,4 s.

65 %:lla tapahtumista (n=19) olivat painelutauot kestäneet ajallisesti tapahtumien keskiarvoa 11,21 sekuntia vähemmän. Noin 35 %:lla tapahtumista painelutauot olivat kestäneet tapahtumien keskiarvoa pidempään.

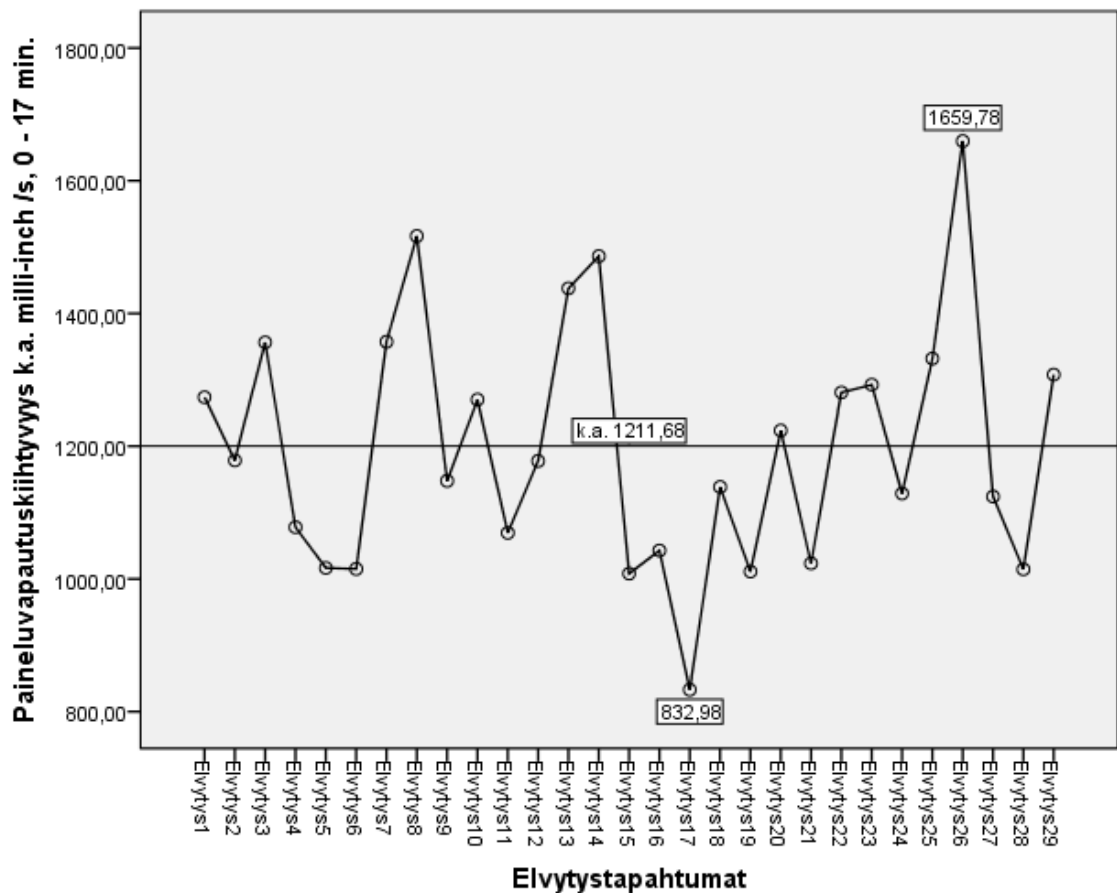


Kuvio 19. Painelutaukojen keskiarvo sekunneissa elvytystapahtumien kesken 17 minuutin tarkasteluajanjakson aikana. ( $p=0,001$ )

Seuraavassa kuviossa 20. näkyvät paineluvapautuskiihtyvyyden keskiarvojen muutokset  $M = 1211,68 \pm (247,94)$  milli-inch /s, (95 % CI 1179,67–1242,68) milli-inch /s.

Paineluvapautuskiihtyvyys vaihteli ensimmäisen 17 minuutin aikana elvytystapahtumien ( $n=29$ ) välillä noin 830 milli-inch /s – 1660 milli-inch /s, elvytysten numerot 17 sekä 26 välillä. (1 milli-inch = 0.0254 mm).

55 %:lla ( $n=16$ ) tapahtumista paineluvapautuskiihtyvyyden keskiarvo oli suurempi kuin tapahtumien keskiarvo. 45 % tapahtumista ( $n=13$ ) ylitti keskiarvon.

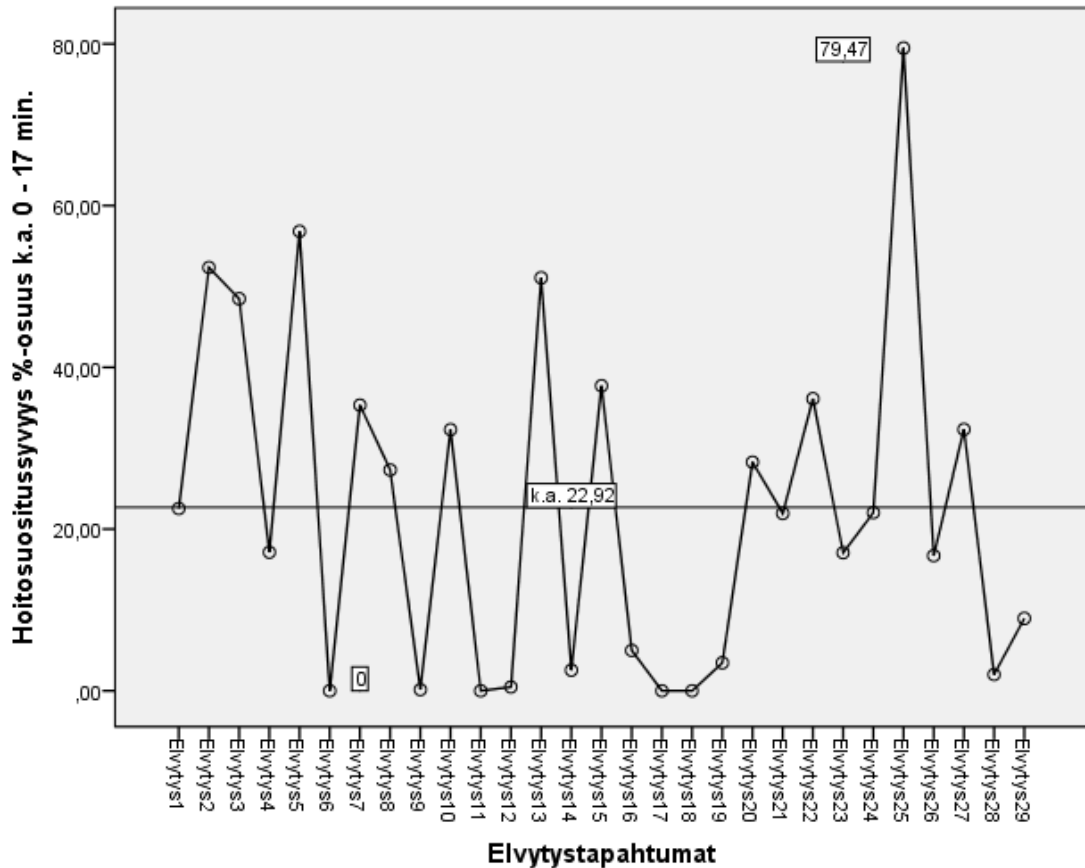


Kuvio 20. Paineluvapautuskiihtyvyyden keskiarvo milli-inch /s elvytystapahtumien kesken 17 minuutin tarkasteluajanjakson aikana. ( $p=0,001$ )

Kuviossa numero 21 tarkastellaan hoitosuositusyvyyteen osuneiden paineluiden prosenttiosuuksia.  $M = 22,92 \pm (31,29) \%$ , (95 % CI 18,87–26,95) %.

Elvytysten välinen vaihtelu oli laajaa välillä 0–79,47 %.

35 % tapahtumista ei saavuttanut edes viiden prosentin osuutta hoitosuositusyvyyttä vertailtaessa.

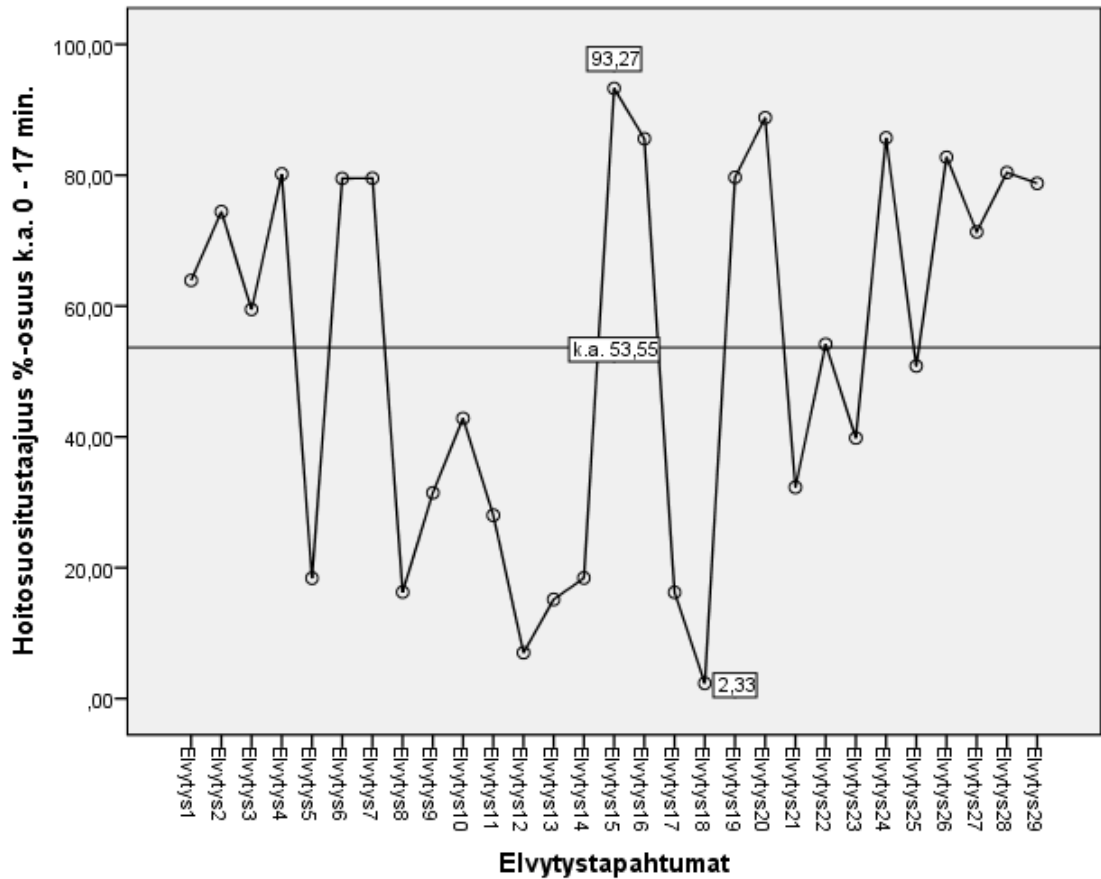


Kuvio 21. Hoitosuositusyvyyteen osuneiden paineluiden prosentuaalinen keskiarvon vaihtelu elvytystapahtumien kesken 17 minuutin tarkasteluajanjakson aikana. ( $p=0,001$ )

Hoitosuositustaajuuteen 100–120 /min osuneiden paineluiden prosentuaalinen keskiarvo. (Kuvio 22.) oli  $M= 53,55 \pm (38,20)$ , (95 % CI 48,62–58,48).

Tapahtumien välinen vaihtelu oli laajaa välillä 2,33–93,27 %.

45 % tapahtumista (n=13) alitti keskiarvo. 55 % tapahtumista (n=16) ylitti keskiarvon 53 %.



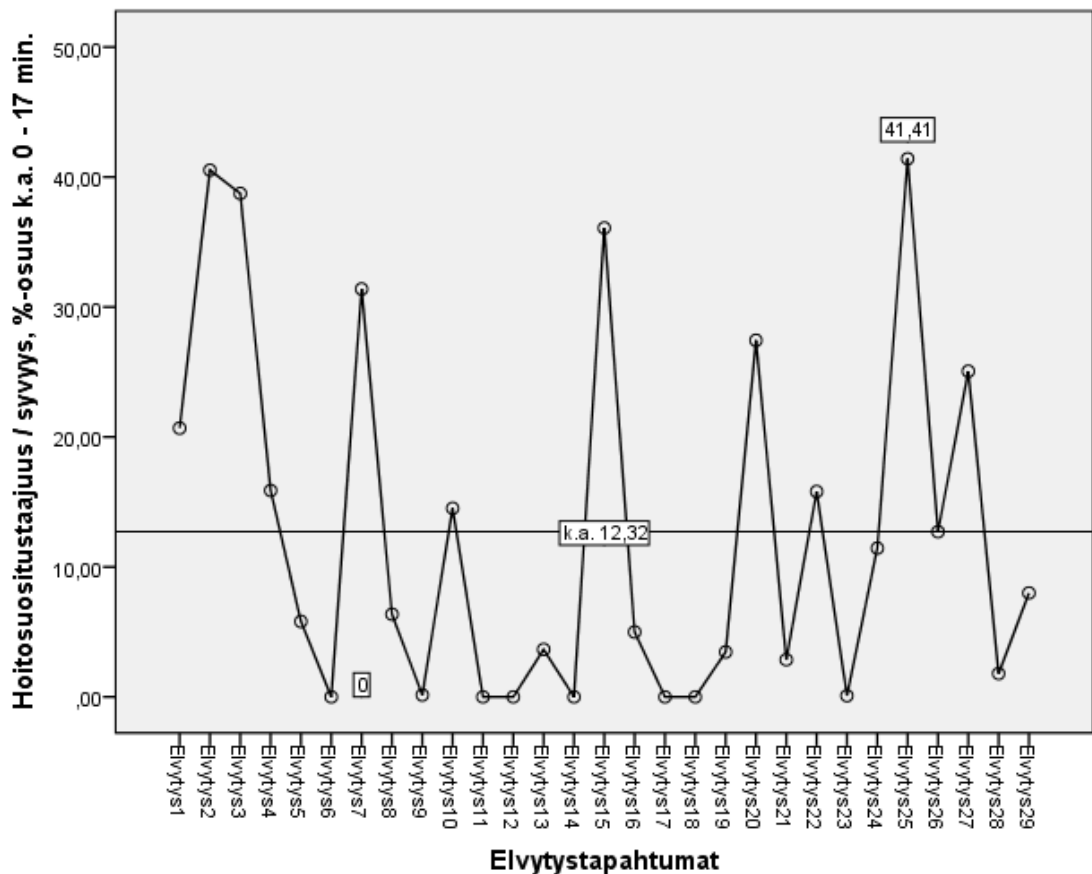
Kuvio 22. Hoitosuositussyvyyteen osuneiden paineluiden prosentuaalinen keskiarvo elvytystapahtumien kesken 17 minuutin tarkasteluajanjakson aikana. ( $p=0,001$ )

Kuviossa 23 havainnollistetaan sekä hoitosuositustaajuuteen että hoitosuositussyvyyteen osuneiden paineluiden keskiarvon vaihtelu.  $M = 12,32 \pm (22,36)$ , (95 % CI 9,43–15,20) %.

Eri tapahtumien välinen vaihtelu oli noin 0–41 %.

59 % (n=17) tapahtumista jäi alle 10 %:iin tarkasteltaessa hoitosuositustaajuuden sekä syvyyden toteutumista. Yksikään tapahtuma ei saavuttanut 50 % hoitosuositusten mukaisista arvoista. Noin 41 % (n=12) tapahtumista alitti keskiarvon 12 %.

Hoitosuositustaajuuden ja -syvyyden tapahtumat saavuttivat vain noin 12 %:sti tarkasteluajanjakson 17 minuutin aikana kuviossa 23. Vain joka kahdeksas painelu saavutti hoitosuositustaajuuden ja -syvyyden.



Kuvio 23. Hoitosuositustaajuus/syvyys keskiarvo elvytystapahtumien kesken 17 minuutin tarkasteluajanjakson aikana. (p=0,001)

### 11.5.2 Elvytyksen laadun vaihtelut 17 minuutin ajanjaksolla

Seuraavana testasimme yksisuuntaisen varianssianalyysin ANOVA:n avulla, muuttuuko elvytyksen laatu pituutta tarkasteltaessa minuuttitasolla ja onko keskiarvojen välillä tilastollisia eroja. ANOVA:n testi ajettiin samasta 50 % satunnaisotannasta ja samoilla muuttujilla kuin edellinenkin ANOVA:n testi. Tarkasteluajanjaksoksi oli valittu 26:n elvytyksen 17 ensimmäistä minuuttia. Tarkasteluajan vuoksi elvytyksistä oli rajattu tarkastelujakson ulkopuolelle 17 minuutin ylimenevä osa, jotta kaikki elvytykset olisivat vertailukelpoisia keskenään. Lisäksi jouduimme hylkäämään kolmen elvytyksen aineiston sopimattomina testaukseen. Riippuvana muuttujana meillä oli elvytyksen kesto ( $n = 17$ ) min.

Elvytystapahtumat olivat toisistaan riippumattomat. Varianssien yhtäsuuruustesti eli (Test of Homogeneity of Variances) mukaan ryhmien (minuutit) varianssit erosivat toisistaan tilastollisesti erittäin merkitsevästi ( $p < 0,001$ ) muuttujien painelutauot sekä CCF kohdalla. Muiden muuttujien kohdalla varianssien ero ei ollut tilastollisesti merkittävä. Varianssien yhtäsuuruusoletuksen rikkouduttua painelutaukojen sekä CCF:n muuttujien suhteen käytimme F-testiä, joka on robusti eli vakaa.

ANOVA-taulukon mukaan keskiarvojen eroista kertova F-testitulokerto oli seuraava: paineluvapautuskihtyvyys ( $F=0,920$ ,  $p=0,547$ ), painelutaajuus ( $F=0,545$ ,  $p=0,773$ ), CCF ( $F=4,020$ ,  $p=0,000$ ), painelutauot ( $F=0,001$ ,  $p=0,000$ ), paineluvapautuskihtyvyys ( $F=0,574$ ,  $p=0,902$ ), prosentuaalinen hoitosuosituskihtyvyys ( $F=1,142$ ,  $p=0,318$ ), prosentuaalinen hoitosuositustaajuus ( $F=0,836$ ,  $p=0,644$ ) ja prosentuaalinen hoitosuosituskihtyvyys/taajuus ( $F=0,414$ ,  $p=0,978$ ). Korkeat F-luvut kertoivat keskiarvojen erojen olevan tilastollisesti erittäin merkitseviä muuttujien painelutauot sekä CCF:n kohdalla ( $p < 0,001$ ). Muiden muuttujien varianssit eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi.

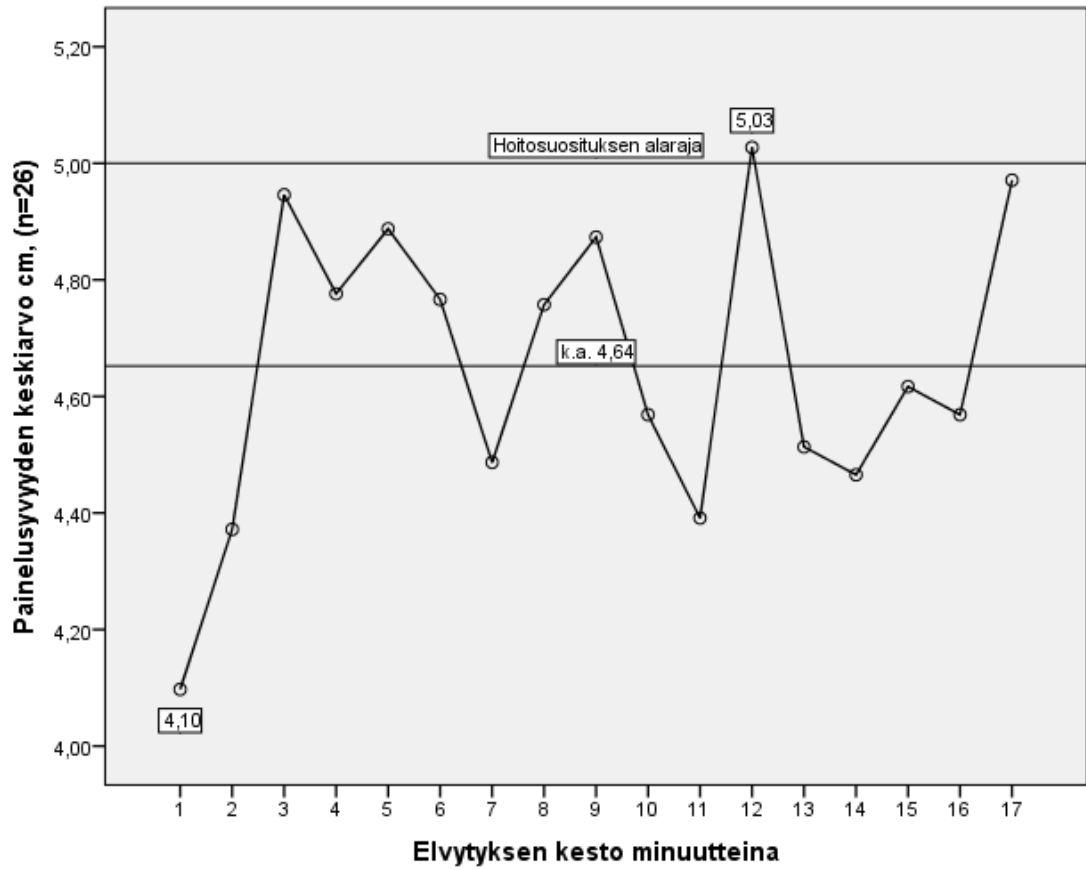
Kuviossa 24 tarkastellaan painelussyvyyden keskiarvojen vaihtelua eri minuuttien välillä.  $M = 46,44 \pm (9,70)$ , (95 % CI 45,19–47,70) mm.

Tapahtumien välinen vaihtelu oli 40,97 mm–50,27 mm, minuutit 1 ja 12.

Tapahtumien välisiä keskiarvoja vertailtaessa minuuttitasolla eivät tapahtumat saavuttaneet hoitosuositusyvyyttä kuin kerran minuutin 12 kohdalla, mikä on prosentuaalisesti ajasta noin 6 % ( $n=1$ ). Alin painelussyvyyden keskiarvo oli minuutin 1 aikana. Kolmannen minuutin jälkeen tapahtumien painelussyvyys näyttää pysyneen keskimäärin keskiarvon molemmin puolin.

Paineluelvytyksen laadun vaihtelua testasimme ANOVA:n avulla 0-17 minuutin ajanjakson välillä 50 %:n satunnaisotannalla. Painelussyvyyden keskiarvo, kuviossa 24 oli ensimmäisen minuutin aikana alle hoitosuosituksen 50 mm, jonka jälkeen syvyyden keskiarvo vaihteli 46,4 mm tasolla. Painelussyvyys oli elvytyksen alussa heikkolaatuista ja keskiarvot eivät nousseet kuin kerran 12 minuutin kohdalla hoitosuosituksen alarajaan, muuten syvyys jäi selkeästi alle hoitosuosituksen. Hoitosuositusyvyyden prosenttiosuudet kuviossa 29 olivat ensimmäisen minuutin aikana 10 % ja parhaillaan elvytyksen lopussa vain 45,4 %. Keskiarvoksi muodostui 22,9 %.





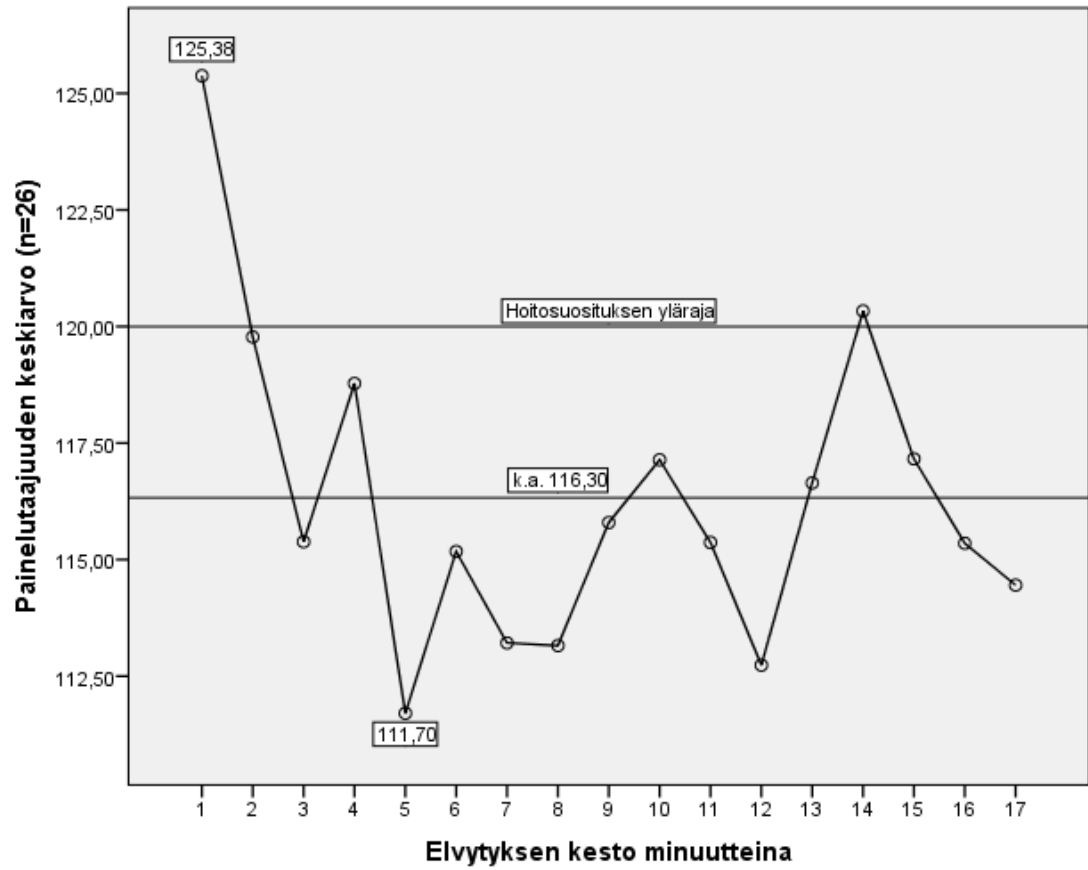
Kuvio 24. Elvytystapahtumien painelusyyden keskiarvon vaihtelu senttimetreinä 17 minuutin tarkasteluajanjakson aikana. ( $p=0,558$ )

Kuviossa 25 tarkastellaan painelutaajuuden keskiarvojen vaihtelua eri minuuttien välillä.  $M = 116,30 \pm (15,05)$ , (95 % CI 114,36–118,25) /min.

Tapahtumien välinen vaihtelu oli minuutin numero 5 noin 111 /min ja minuutin numero 1 noin 125 /min välillä.

Minuuttitasolla vertailtaessa pysyi painelutaajuus hoitosuosituksessa 100 % (n=17) keskiarvoa tarkasteltaessa. Painelutaajuus oli korkeimmillaan aivan elvytyksen alussa, jolloin tapahtumien painelutaajuuden keskiarvo oli noin 125 /min. Painelutaajuuden arvo laski ensimmäisen minuutin jälkeen. Hoitosuosituksen alarajaa eivät tapahtumat alittaneet tarkasteluajanjakson aikana.

Painelutaajuuden keskiarvo kuviossa 25 oli ensimmäisen minuutin aikana 125,4 /min, jonka jälkeen sen keskiarvo vaihteli 116,3 /min tason molemmin puolin. Painelutaajuuden keskiarvo ei koskaan laskenut alle hoitotason tarkasteluajanjaksolla. Painelutaajuus oli elvytyksen alussa liian nopeaa, mikä vaikutti painelusyvytyteen heikentävästi. Kuviossa 30 hoitosuositustaajuuden prosenttiosuus laski viimeisellä minuutilla (17min) 31,5 %:iin. Keskiarvo oli 53,6 %.



Kuvio 25. Elvytystapahtumien painelutaajuuden keskiarvo 17 minuutin tarkasteluajanjakson aikana. ( $p=0,794$ )

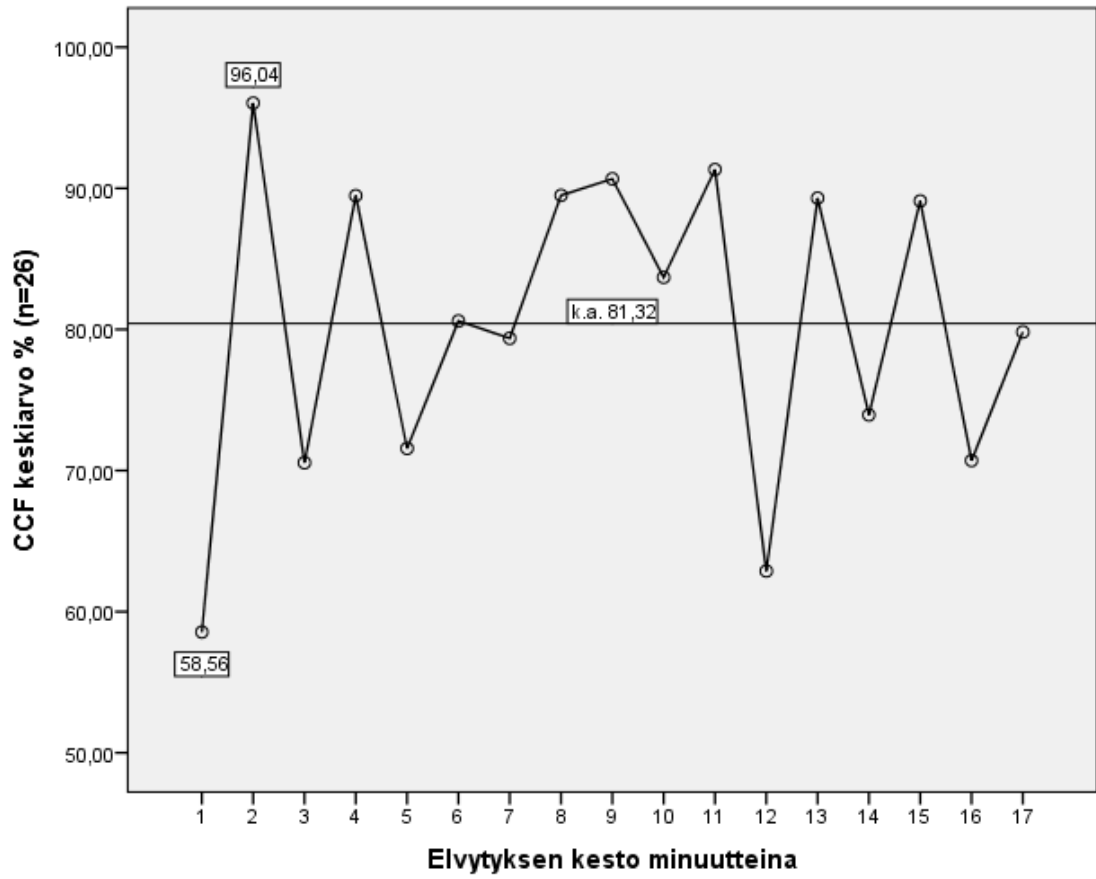
CCF (Kuvio 26.)  $M = 81,32 \pm (22,23)$ , (95 % CI 78,45 – 84,19).

CCF vaihteluvälin kuvaajasta, kuvio 26 nähdään, että arvot vaihtelivat noin 58–96 %:n välillä minuuttien 1–2 aikana. Kuviossa havainnoillistetaan horisontaalisella viivalla AHA:n hoitosuosituksen alaraja 81 %. CCF:n ero eri minuuttien välillä on tilastollisesti erittäin merkittävä ( $p=0,001$ ).

Yli puolet ajasta 53 %, ( $n=9$ ) eivät tapahtumat saavuttaneet AHA:n suosituksen rajaa. Vain 47 % ( $n=8$ ) ajasta CCF oli suosituksen mukaista.

CCF, kuviossa 26 oli ensimmäisen minuutin aikana vain 58,6 %, joka kuvaa heikkoa paineluelvytyksen laatua. Laatu kuitenkin parani toisen minuutin aikana ja CCF oli keskiarvoltaan 96 %, jonka jälkeen se vaihteli keskiarvon 81 %:n molemmin puolin.

Ensimmäisen minuutin aikana paineluelvytyksen laatu oli heikoimmillaan ja parani sen jälkeen, kuitenkin kaikilta osin saavuttamatta hoitosuosituksen mukaista laatua. Tilastollisesti merkitseviä eroja oli 17 minuutin ajanjaksoa tarkasteltaessa CCF:ssa ja painelutauoissa ( $p = 0,001$ ). Paineluelvytyksen laatu oli heikoimmillaan elvytyksen alussa ja laadun heikkeneminen elvytysten alussa oli systemaattista kaikilla osa-alueilla. Liian nopea painelutauu heikensi painelusyvyttä. Liian pitkät painelutauot elvytysten alussa heikensivät CCF:a.



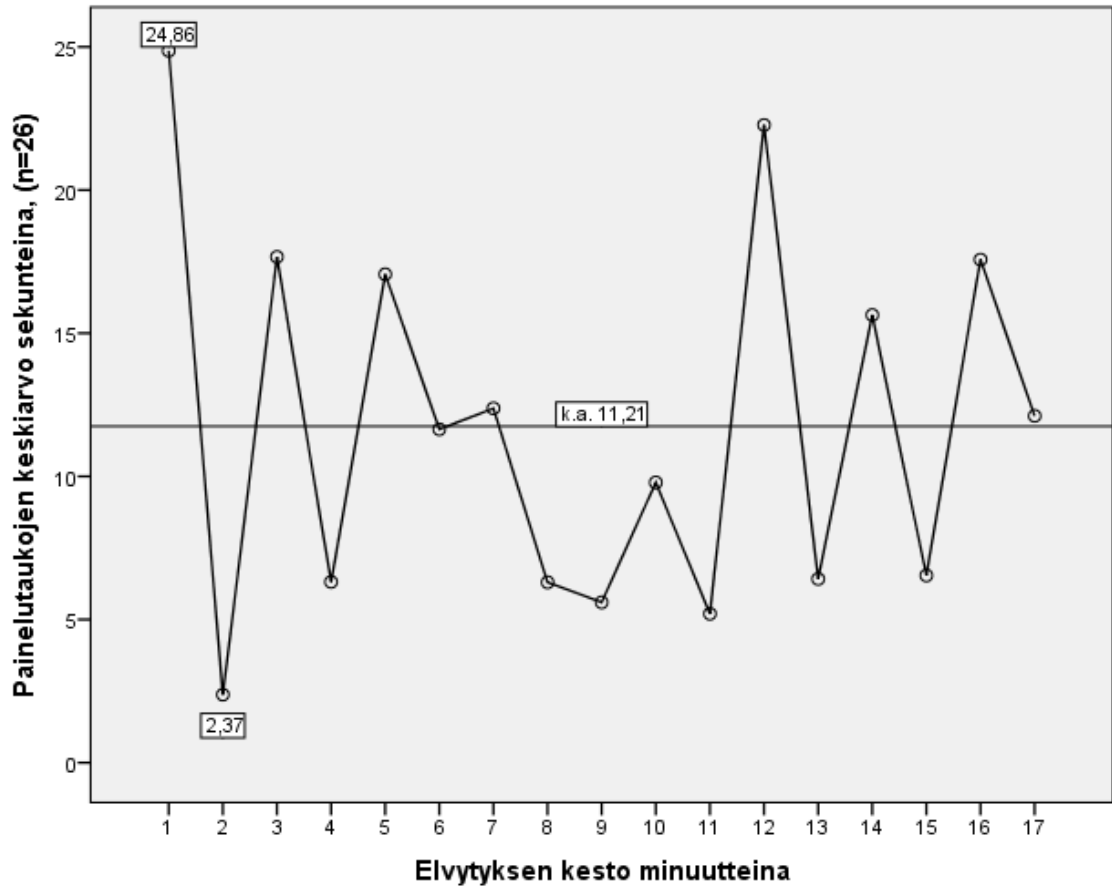
Kuvio 26. Elvytystapahtumien CCF:n keskiarvo prosentteina 17 minuutin tarkasteluajanjakson aikana. ( $p=0,001$ )

Painelutaukojen keskiarvo sekunteina. (Kuvio 27.)  $M = 11,21 \pm (13,34) \text{ s.}$ , (95 % CI 9,48–12,93) s.

Painelutaukoja havainnoitavassa kuviossa 27 nähdään painelusyvyden keskiarvon vaiheluväli minuutin numero 1 arvon noin 25 s ja minuutin numero 2 arvon noin 2,5 s välillä. ( $p=0,001$ ). Painelutaukojen välinen vaihtelu oli tilastollisesti erittäin merkitsevä.

Ensimmäisen minuutin aikana painelutauot kestävät tapahtumilla keskimäärin puoli minuuttia. Noin 47 % ( $n=8$ ) kokonaisuudesta painelutauot olivat alle keskiarvon. 53 %:sti ( $n=9$ ) painelutauot ylittivät keskiarvon.

Painelutauot jakautuivat kuviossa 27 niin, että ensimmäisen minuutin kohdalla keskiarvo oli 24,8 sekuntia. Tapahtumien keskiarvot vaihtelivat keskiarvon 11,21 sekunnin molemmiin puolin. Painelutauko oli pisimmillään ensimmäisen minuutin aikana, jolloin elvytyksen laatu oli heikoimmillaan.

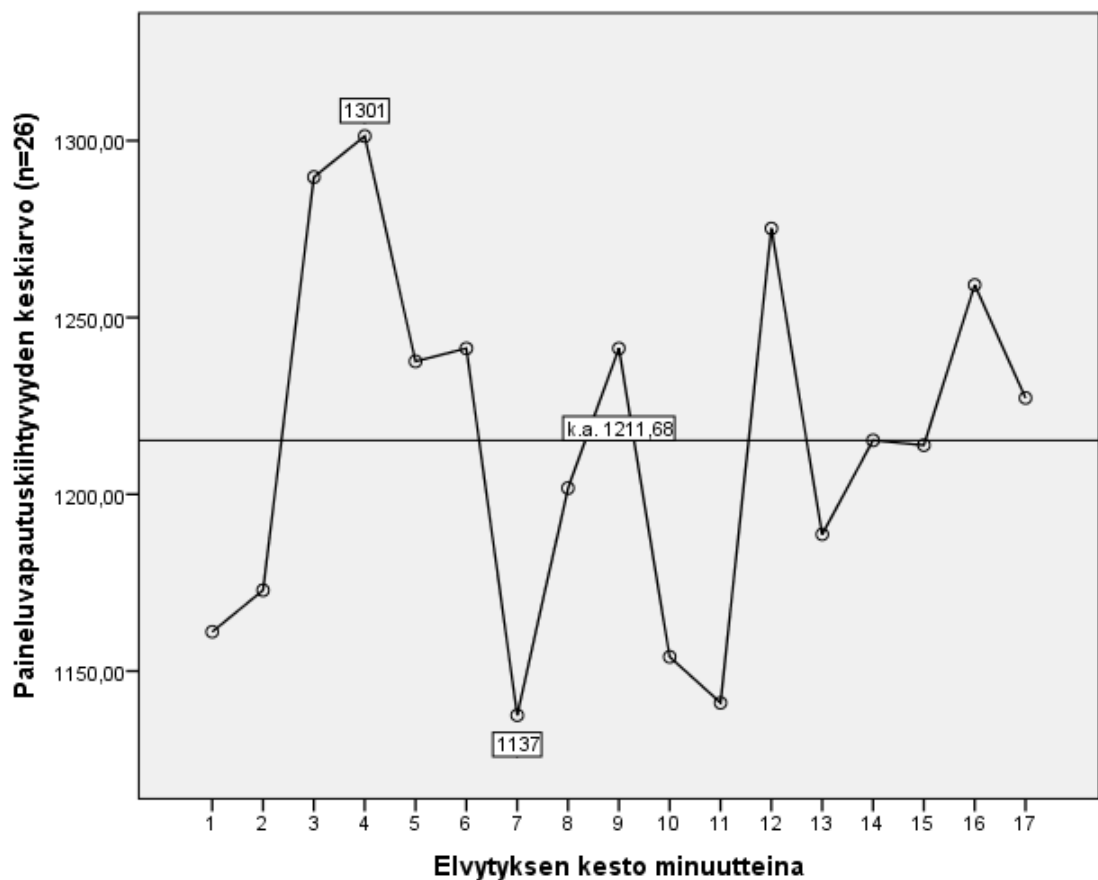


Kuvio 27. Elvytystapahtumien painelutaukojen keskiarvon vaihtelu minuuttien 1–17 aikana. ( $p=0,001$ )

Paineluvapautuskiihtyvyyden keskiarvo. (Kuvio 28.)  $M = 1211,68 \pm (247,94)$  milli-inch /s, (95 % CI 1179,67–1243,68) milli-inch /s.

Kuviossa 28 nähdään paineluvapautuskiihtyvyyden keskiarvojen vaihtelu. Paineluvapautuskiihtyvyyden keskiarvot vaihtelivat minuutin numero 7 minimi 1137 milli-inch /s ja minuutin numero 4 maksimi 1300 milli-inch /s arvojen välillä

53 % (n=9) minuutin ajan tapahtumat alittivat keskiarvon 1211 milli-inch /s. 47 % (n=8) minuutin ajan tapahtumien paineluvapautuskiihtyvyys oli yli keskiarvon.



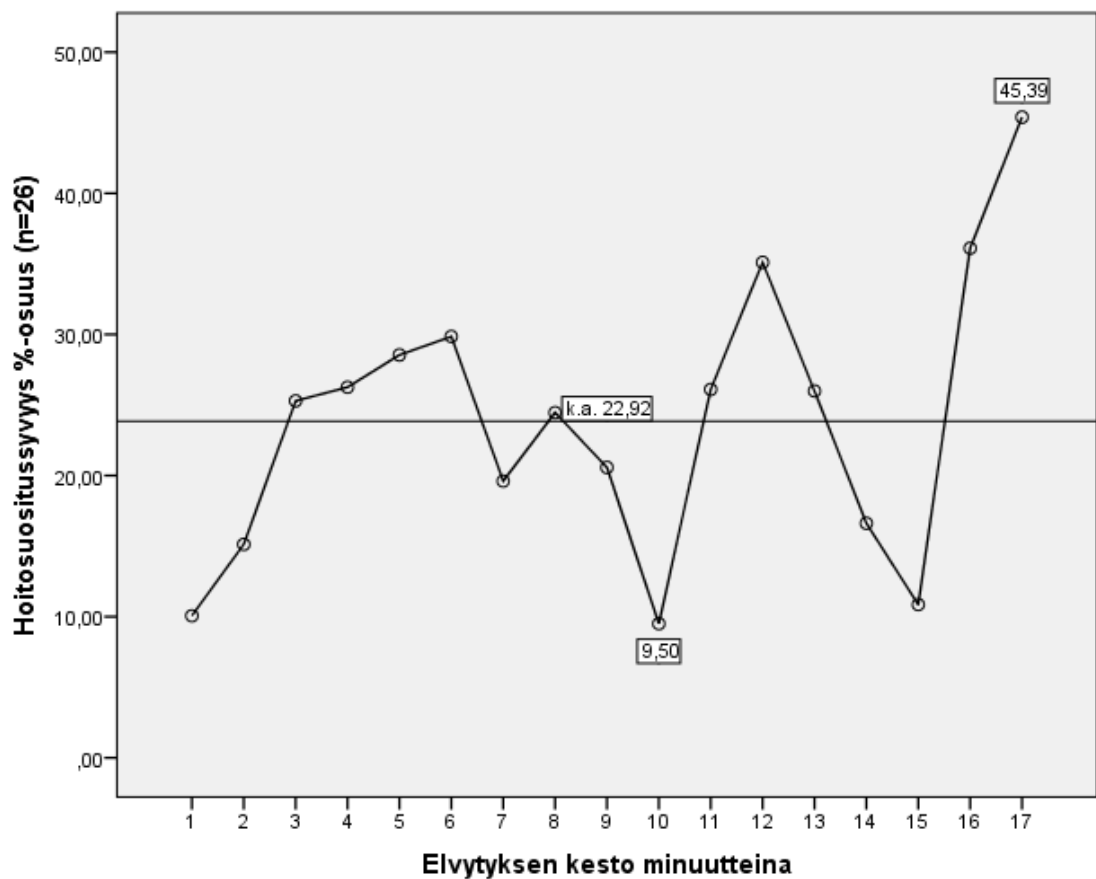
Kuvio 28. Painevapautuskiihtyvyyden keskiarvo elvytystapahtumien kesken 17 minuutin tarkasteluajanjakson aikana. ( $p=0,911$ ).



Hoitosuositusyvyyden %-osuuden keskiarvo. (Kuvio 29.)  $M = 22,92 \pm (31,29) \%$ , (95 % CI 18,88–26,95) %.

Kuviossa 29 nähdään hoitosuositukseen 5–6 cm osuneiden paineluiden keskiarvojen prosentuaalinen vaihtelu aikaan nähden. Hoitosuositukseen osuneet paineluiden keskiarvot vaihtelivat minuutin numero 10 minimiarvon 9,50 % ja minuutin numero 17 maksimiarvon 45 % välillä.

Tapahtumat alittivat hoitosuositusyvyyden keskiarvon 41 % (n=7) kokonaisajasta. 59 % (n=10) tarkasteluajanjaksosta ylitti keskiarvon 23 %. Hoitosuositukseen osuneiden paineluiden % - osuus ei ylittänyt kertaakaan 50 %.

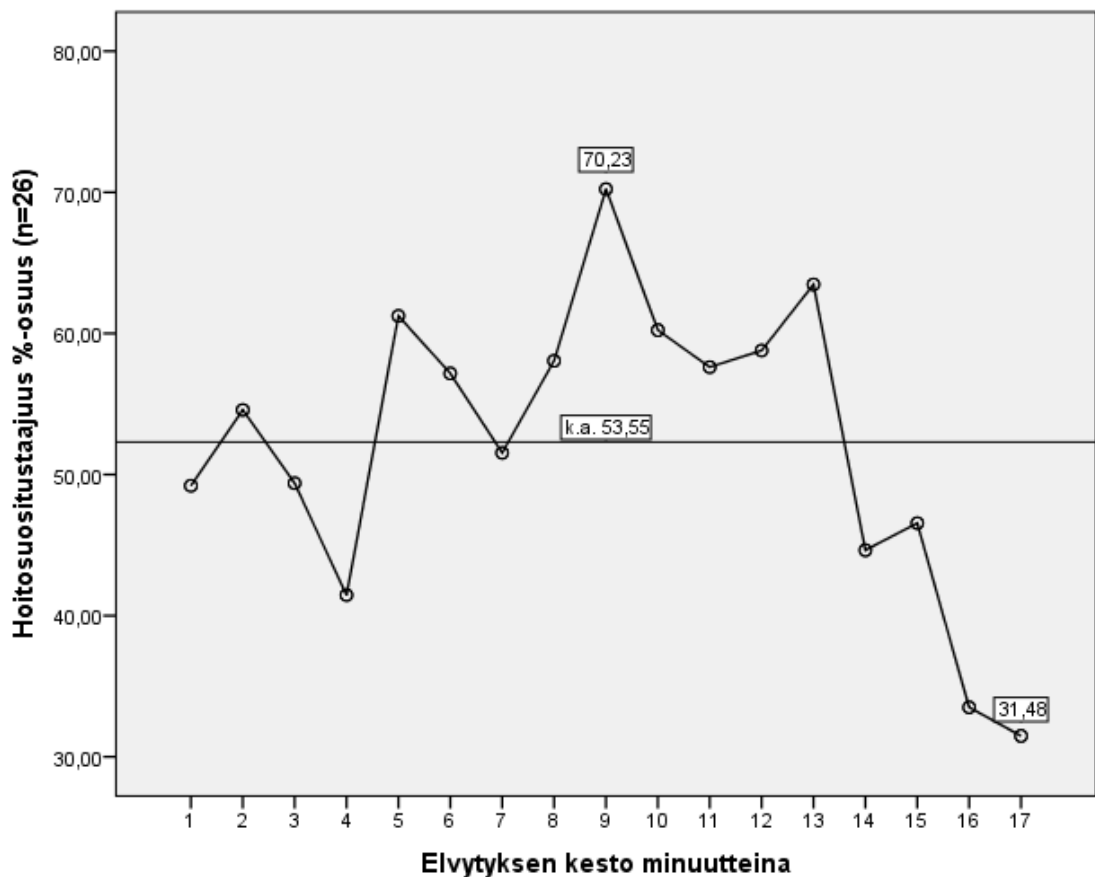


Kuvio 29. Painelusyvyyden keskiarvo elvytystapahtumien kesken 17 minuutin tarkasteluajanjakson aikana. ( $p=0,378$ )

Hoitosuosituustaaajuuden %-osuuden keskiarvo. (Kuvio 30.)  $M = 53,55 \pm (38,20) \%$ , (95 % CI 48,62–58,48) %.

Kuviossa 30 nähdään hoitosuositukseen 100–120 /min osuneiden paineluiden keskiarvojen prosentuaalinen vaihtelu aikaan nähden. Hoitosuositukseen osuneet paineluiden keskiarvot vaihtelivat minuutin numero 17 minimiarvon 31 % ja minuutin numero 9 maksimiarvon 70 % välillä.

47 % (n=8) tarkasteluajanjaksosta ei tapahtumien yhteenlaskettu keskiarvo ylittänyt kokonaiskeskiarvoa. 53 % (n=9) minuutin aikana tapahtumat ylittivät keskiarvon 53 %.



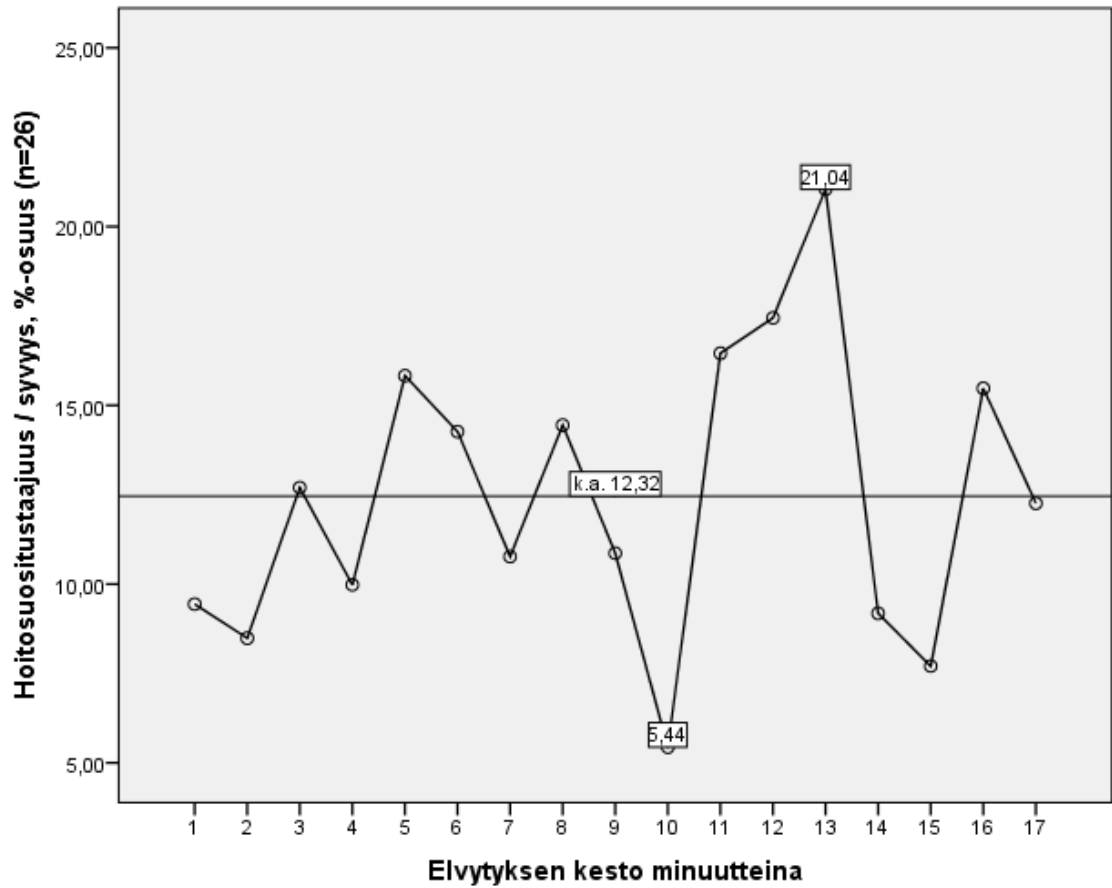
Kuvio 30. Hoitosuosituustaaajuuteen osuneiden paineluiden prosenttiosuuden keskiarvo elvytystapahtumien kesken 17 minuutin tarkasteluajanjakson aikana. ( $p=0,650$ )

Hoitosuosituustaajuuden/syvyyden %-osuuden keskiarvo. (Kuvio 31.)  $M = 12,32 \pm (22,36)$  %, (95 % CI 9,43–15,20) %.

Kuviossa 31 nähdään hoitosuositukseen 100–120 /min sekä painelussyvyyteen 5–6 cm (50–60 mm) osuneiden paineluiden keskiarvojen prosentuaalinen vaihtelu aikaan nähden. Hoitosuositukseen osuneet paineluiden keskiarvot vaihtelivat minuutin numero 10 minimiarvon 5 % ja minuutin numero 13 maksimiarvon 21 % välillä.

53 %:ssa (n=9) kokonaisajasta tapahtumat alittivat hoitosuosituustaajuuteen / syvyyteen päässeiden tapahtumien keskiarvon 12 %. 47 %:ssa (n=8) tarkasteluajasta tapahtumat ylittivät keskiarvon. Vain alle kahdeksasosa kokonaispaineluista saavutti sekä taajuuden että syvyyden osalta hoitosuosituksen arvot.

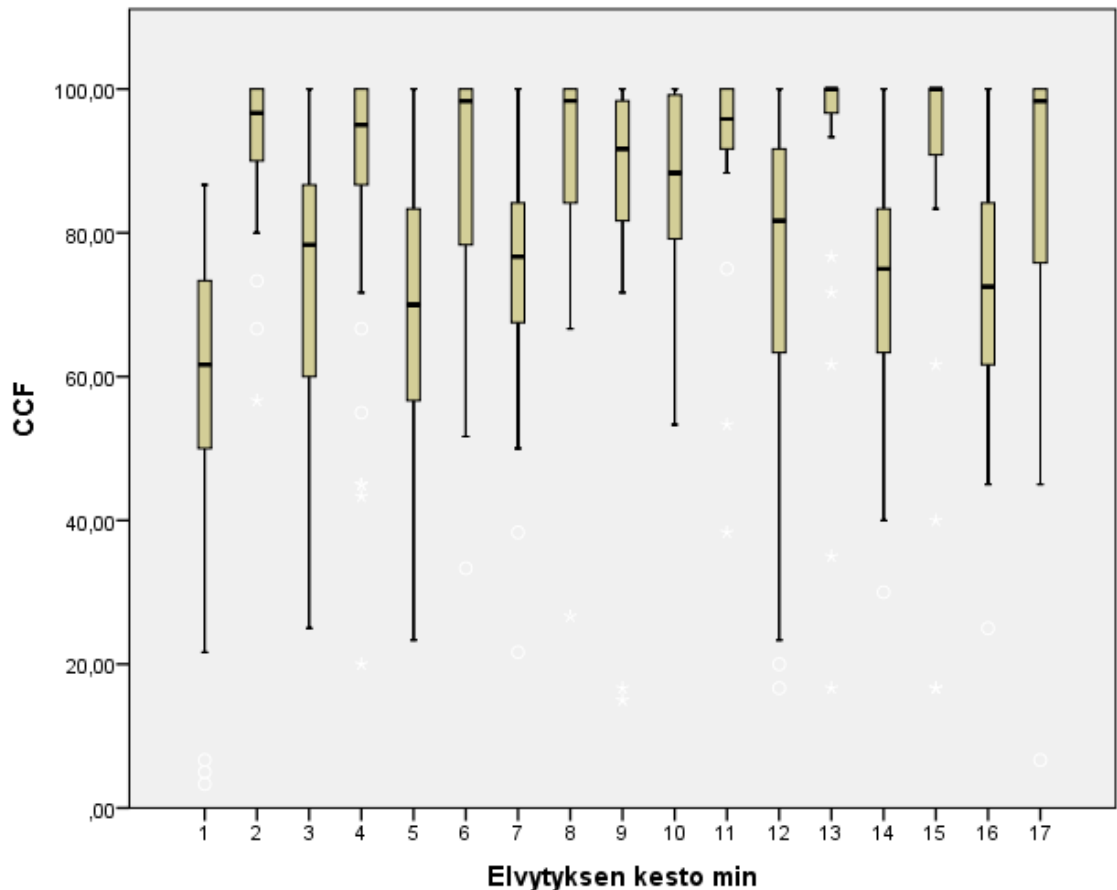
Hoitosuosituustaajuuteen ja -syvyyden osuneiden paineluiden prosenttiosuudet. (Kuvio 31.) Prosenttiosuus on korkeimmillaan 21 % minuutin 13 kohdalla. Elvytyksen alussa prosenttiosuus on kahden ensimmäisen minuutin aikana alle 10 %, jonka jälkeen se vaihtelee keskiarvon 12,3 %:n molemmin puolin. Prosenttiosuudet jäivät melko alhaisiksi, mikä kertoo paineluelvytyksen heikosta laadusta hoitosuositukseen nähden.



Kuvio 31. Hoitosuosittajuuteen/syvyyteen osuneiden paineluiden prosenttiosuuden keskiarvo elvytystapahtumien kesken 17 minuutin tarkasteluajanjakson aikana. ( $p=0,983$ )

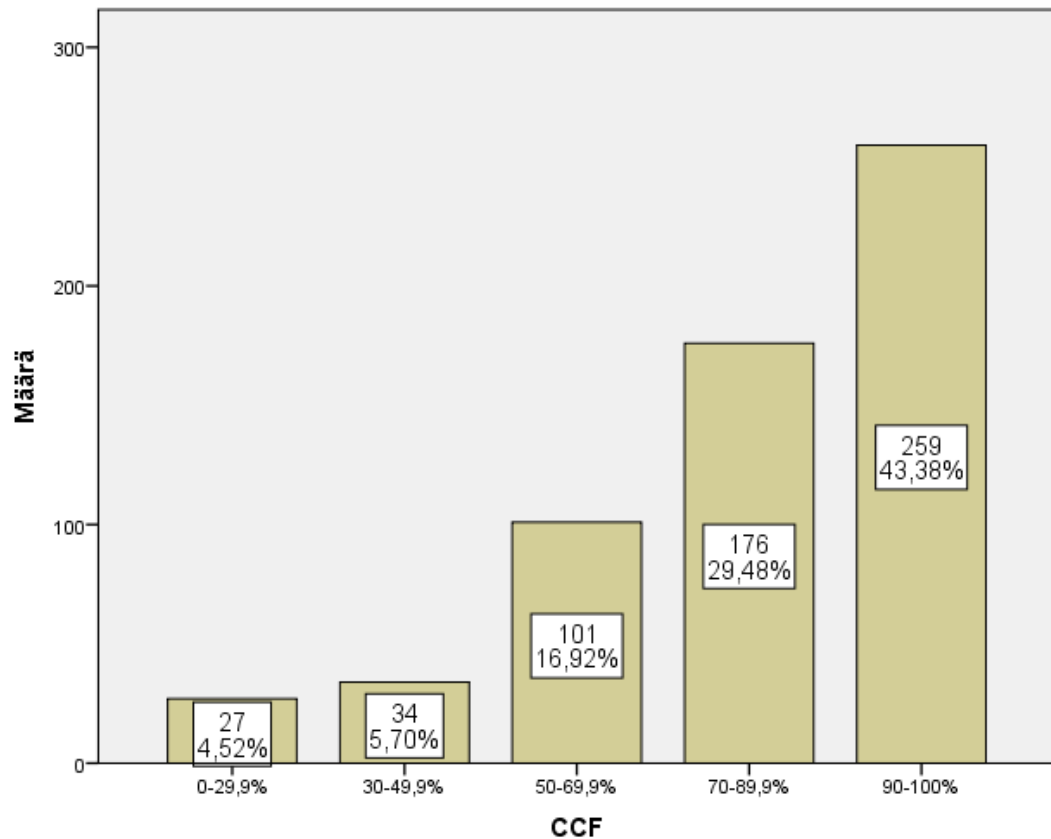
ANOVA:n tuloksien tarkastelussa elvytystapahtumien välillä oli Brown-Forsythen testin mukaan seuraavissa muuttujissa tilastollisesti erittäin merkitseviä eroja ( $p=0,001$ ): painelusyvyys, painelutaajuus, CCF, painelutauot, paineluvapautuskiihtyvyys, prosentuaalinen hoitosuositusyvyys, prosentuaalinen hoitosuositustaajuus sekä prosentuaalinen hoitosuositusyvyys/taajuus.

Minuuttitasolla tarkasteltuna tilastollisesti merkitseviä eroja oli tapahtumien välillä vain CCF:ssä sekä painelutauoissa. ( $p=0,001$ ). Kuviossa 32 tarkastellaan CCF:n vaihtelua 17 minuutin tarkasteluajanjakson aikana. Elvytyksen ensimmäisen minuutin aikana CCF on keskiarvoltaan alhaisimpana noin 60 %:n tasolla. Keskiarvoa tarkasteltaessa CCF vaihtelee noin 20-30 %:lla eri minuuttien välillä ajan kuluessa. Suurimmat CCF:n arvot havaittiin minuuttien 2, 4, 6, 8, 11, 13, 15 ja 17:n aikana. CCF:n keskiarvo oli noin 80 % kokonaisaineista tarkasteltaessa.



Kuvio 32. CCF:n keskiarvot ja vaihteluvälit minuutteina 0 – 17.

CCF luokiteltiin kokonaisaineistosta myös seuraaviin luokkiin, kuviossa 33. 0–29,9 %, 30–49,9 %, 50–69,9 %, 70–89,9 % sekä 90–100 %. Luokittelu toteutettiin AHA:n suositusta tiukemmilla kriteereillä, jotta tekemäämme tutkimusta voitaisiin verrata aikaisempiin tutkimuksiin, kuten Suttonin (2013) tekemään tutkimukseen. Luokitellussa aineistossa 259 minuuttia, noin 43 % täytti CCF:n luokittelun 90–100 % kriteerin. 70–89,9 % luokkaan sijoittui noin kolmasosa (29,48 %) minuuteista ja vajaa viidesosa (16,92 %) sijoittui luokkaan 50–69,9 %. Alle 50 % CCF sijoittui noin joka kymmenes minuutti paineluista.



Kuvio 33. CCF luokiteltuna viiteen eri luokkaan.

## 12 Pohdinta

Elvytystapahtuma voi olla henkisesti traumaattinen kokemus sekä omaisten että ensihoitajien kannalta, tällöin ensihoitajien ammatillinen osaaminen korostuu empatian muodossa. Kuitenkaan pelkkä empatiakyky ei sydänpysähdyspotilasta pelasta menehtymiseltä, elvyttäjän tulee toimia johdonmukaisesti, nopeasti ja päättäväisesti. Tilanne on kuitenkin potilaan kannalta lopullinen, mikäli toivottuun lopputulokseen ei päästä tai ensihoitajien työskentely ei ole mahdollisimman tehokasta. Ihmisen aivot eivät kestä kauan ilman happea, joten tehokkaan paineluelvytyksen onnistuminen on tärkeää. Vaikka käsittelemme tässä tutkimuksessa suurimmaksi osaksi pelkkiä lukuja, on syytä muistaa että tutkimuksemme käsittelee arkaa aihetta sekä työntekijöiden oikeaa ja tuloksellista toimintaa. Kaiken takana on erehtyväinen ihminen, joka yrittää toimia ja tehdä kaiken oikein pelastaakseen toisen ihmisen hengen. Elvyttäjien oikealla toiminnalla on suuri merkitys, päätökset ja toimenpiteet joita ensihoitajat vaikeassa tilanteessaan tekevät, tulevat vaikuttamaan potilaan ja hänen omaistensa koko loppuelämään.

Vaikka tutkimukseen osallistuneet ensihoitajat ja pelastajat ovat ammattinsa puolesta sitoutuneet toimimaan voimassa olevien hoito-ohjeiden mukaan, eettisesti oikein sekä potilasta ja omaisia kunnioittaen, eivät he aina onnistu toiminnassaan täydellisesti. Tämän vuoksi on kehitetty ihmisen toimintaa helpottavia laitteita, kuten defibrillaattorin neuvova painelupalautte.

### 12.1 Tutkimuksen eettiset näkökulmat

Opinnäytetyömme oli työnantajamme toimeksianto sillä ajatuksella, että työnantaja saa tietoa ensihoitohenkilöstönsä paineluelvytyksen laadusta ja siitä, onko paineluelvytyksen laatua mahdollisuus kehittää tutkimuksen tulosten pohjalta. Pelastuslaitos oli hankkinut uusia Zoll X-Series -defibrillaattoreita, joiden avulla paineluelvytyksen laatua voitiin erillisellä defibrillaatioelektrodeihin liittyvällä kiihdytysanturilla mitata ja paineluelvytyksen laatua näin tarkkailla. Mittari keräsi dataa täysin objektiivisesti. Mittarin antamien tietojen perusteella ei voitu jälkikäteen tunnistaa potilaiden ikää, sukupuolta, painoa, pituutta eikä minkäänlaisia henkilötietoja, joiden avulla elvytyksen kohteena olevan potilaan voisi tunnistaa tai paikantaa, kuten potilaan elvytyspaikkaa. Myöskään opinnäytetyöprosessimme missään vaiheessa emme käsitelleet elvytettyjen potilaiden edellä mainittuja tietoja eikä meillä ollut edes mahdollisuutta saada niitä tietoomme. Defibrillaattoreihin ei

siksi tallennettu elvytystapahtuman aikana mitään tietoa, josta potilas voitaisiin jälkikäteen tunnistaa, vaan elvytettävien henkilöllisyys pysyi täysin anonyyminä tutkijoille.

Koska Zoll X-Series –defibrillaattoriin eivät ensihoitajat tallentaneet aikaisemmin mainittuja tietoja, ei niitä täten myöskään esiintynyt analysoitavassa datassa. Defibrillaattoreista saadussa raakadatassa tutkija pystyi näkemään ainoastaan ensihoitoyksikön tunnuksen, kellonajan ja päivämäärän jolloin elvytys on suoritettu, mutta ei ensihoitoa suorittaneen henkilöstön tietoja eikä koulutustausta. Ensihoidon yksiköt eivät nykypäivänä ensihoidossa ole paikkakuntaakohtaisia, jolloin elvytystapahtuma oli voinut tapahtua missä tahansa Pohjois-Karjalan maakunnan alueella ja näin elvytyksen sijaintitiedot eivät tulleet tutkijoiden tai ulkopuolisten tahojen tietoon.

Defibrillaattori rekisteröi elvytyksen aikana ainoastaan tapahtuman jälkikäteen tarkastelun kannalta spesifiset tiedot, kuten painelussyvyyden, painelutaajuuden, painelukiihtyvyyden, tauot elvytyksen aikana sekä elvytyksen suorittajan paineluun käyttämän ajan. Tutkimuksen kohteena tässä opinnäytetyössä oli ainoastaan henkilökunnan antaman paineluelvytyksen laatu elvytystapahtuman aikana. Zoll laitevalmistajan maahantuojan edustaja Medidyne Oy oli myös yhteistyössä kanssamme ja heidän toimittamalla ohjelmistolla pystyimme luotettavasti ja turvallisesti siirtämään tutkimusmuuttujien tarkat arvot analysoitavaksi tilastollisin menetelmin. Maahantuojan edustaja oli antanut luvan valmiin mittarin käyttöön. Kankkusen (2013) mukaan valmiin mittarin käytöstä on saatava lupa mittarin alkuperäiseltä kehittäjältä.

Elvytystapahtumat tallennettiin ulkoiselle USB-muistilaitteelle, jonka elvytyksen suorittaneet ensihoitajat jättivät sille tarkoitettuun lukittuun laatikkoon. Laatikko sijaitsi Pohjois-Karjalan keskussairaalan ensiavussa henkilökunnan ympärivuorokauden valvomassa paikkassa. USB-muistilaitteista data siirrettiin erilliselle ulkoiselle kovalevyille, josta data myöhemmin oli analysoitavissa. Tutkimusaineistoa säilytettiin huolellisesti ja luottamuksellisesti. Ulkoinen kiintolevy oli toisella tutkijalla lukollisessa tilassa, johon ulkopuoliset eivät päässeet. USB-muistilaitteet ja ulkoinen kovalevy tyhjennettiin tutkimuksen lopussa erillisellä Darik's boot and nuke 2.2.8 -sovelluksella käyttäen Guttmanin metodia. Sovelluksella tutkijat tyhjänsivät USB-muistilaitteet ja kirjoittivat datan päälle menetelmällä, joka mahdollistaa sen että tietojen palauttaminen nykytekniikan keinoin ei ole enää mahdollista. Ohjelmalla pystyimme hävittämään tarkasti kaiken datan muistitikuilta ja sen jälkeen pystyimme antamaan ne huoletta jatkokäyttöön ensihoitoyksiköille. Kankkusen



(2013) mukaan tutkijan on huomioitava ja kunnioitettava tutkimukseen osallistuvien anonymiteettiä. Tämä tarkoittaa sitä, ettei tutkija luovuta tutkimusta koskevaa aineistoa kenellekään ulkopuoliselle henkilölle. Tutkijoiden henkilökohtaisille tietokoneille tallennettu data-aineisto oli koodattu uudestaan numeraaliseen järjestykseen, joka ei sisältänyt enää minkäänlaisia tunnistetietoja, joiden perusteella elvytystapahtuma olisi ulkopuolisen henkilön tai tutkijan toimesta enää yhdistettävissä ensihoitoyksikköön. Tutkijat tiedostivat tutkimuksessa käytettyjen henkilökohtaisten kannettavien tietokoneiden tietoturvallisuusriskit, tämän vuoksi tutkijoiden käytössä olevat kannettavat tietokoneet oli suojattu vahvoilla salasanoilla, jotka sisälsivät pieniä ja suuria kirjaimia sekä erikoismerkkejä. Lisäksi tutkijoilla oli käytössään laadukkaiksi tiedetyt virustorjunta- sekä palomuuriohjelmistot henkilökohtaisissa tietokoneissaan.

Kankkusen (2013) sekä Tampereen yliopiston (2013) mukaan eettisen toimikunnan lausuntoa ei tarvita, koska tutkimuksemme kohteena oli hoitohenkilökunnan työskentely. Tutkittavien osallistuminen on normaalisti vapaaehtoista. Tutkimuksessamme työnantajamme halusi saada tietoa työntekijöiden toiminnasta, jolloin organisaation työntekijöiden osallistuminen ei ollut vapaaehtoista. Tällöin tutkimusluvan antoi organisaation johto. Tutkimuksellemme oli työnantajamme valtuutus, tutkimuslupa oli myönnetty Pohjois-Karjalan pelastuslaitoksen toimesta ja alueemme ensihoidon vastuulääkäriä oli tiedotettu.

Organisaation henkilöstöä informoimme tutkimuksesta organisaation sähköisessä Moodle-oppimisympäristössä sekä sähköpostin välityksellä eri paloasemilla työskentelevien ensihoidosta vastaavien henkilöiden sekä asemamestarien toimesta. Lisäksi työyhteisöä oli myös tiedotettu tutkimuksen aloituksesta, aikataulusta, kerättävän aineiston käyttötarkoituksesta sekä tutkimuksen aiheesta. Lisäksi asemavastaavat saivat informaatiosähköpostissa tutkijoiden yhteystiedot tutkimukseen osallistujille tiedotettaviksi. Tutkimuksen tiedottamisessa oli tutkijoilla tarkoitus saada tutkimus mahdollisimman läpinäkyväksi ja kaikille tutkimukseen osallistujille tietoon toimintamallit, jotta tutkimusaineiston kerääminen sujuisi mahdollisimman hyvin. Työsopimuslain nojalla työnantajalla on oikeus valvoa työntekijän suorittaman työn laatua (Työ- ja elinkeinoministeriö). Työntekijöiden anonymiteetti huomioitiin, eikä tutkijoilla ollut missään työn vaiheessa käytettävissään tietoa, josta yksittäinen työntekijä voitaisiin jälkikäteen tunnistaa ja identifioida elvytystapahtuman suorittajaksi.

## 12.2 Tutkimuksen luotettavuus

Anttilaa (2006: 272–273) mukaillen suorittamamme eksperimentaalinen tutkimus toteutettiin seuraavien vaiheiden kautta. Perehdyimme aluksi tutkimusongelmaa käsittelevään kirjallisuuteen ja aikaisempaan tietoteoriaan. Tämän jälkeen määritimme tutkimusongelmat eli tutkimuskysymykset. Tutkimuskysymysten ja aikaisempien tutkimusten pohjalta laadimme hypoteesit sekä valitsimme tutkimusmenetelmän. Tutkimukses- samme olevat muuttujat oli valittu aikaisempaan teorian tietoon pohjautuen sekä tutkimus- kysymysten pohjalta. Tutkimukses- samme käytettävä mittari oli lääketieteellisesti sertifioitu laite sekä testattu laboratorio-olosuhteissa, joten mittari oli todettu validiksi sekä re- liaabeliksi. Mittaria käytettiin autenttisis- sa koeolosuhteissa kenttätyössä mittaamaan muuttujien kuten, painelutaajuus, painelusyvyys sekä painelutaukojen aika-arvoja. Tä- män jälkeen kokosimme aineiston ja muun- simme sen muotoon, jota käsitelimme tilas- totieteellisin menetelmin. Suoritettua- mme merkitsevyytestaukset, analysoimme tulok- set ja havainnollistimme, millä merkitsevyy- stasolla tutkimustulokset ovat yleistettävissä. Lopuksi raportoimme tulokset tarkasti ja johdonmukaisesti peilaten niitä muodosta- miimme tutkimuskysymyksiin. Johtopäätökset teimme tekemiemme testien ja analyysien pohjalta.

Tutkimusongelmamme oli muodostunut työelämän tutkimustarpeesta. Tutkimuksessa mittarilla mitattiin tutkimusongelman niitä ominaisuuksia, jotka antoivat vastaukset esit- tämiimme tutkimuskysymyksiin. Tutkimuskysymykset oli mietitty huolellisesti ja syste- maattinen kirjallisuuskatsaus perustui tarkoin määriteltyihin hakusanoihin, jotka olivat kä- sitteellistetty tutkimusongelman pohjalta. Kirjallisuuskatsaukseen hyväksyttiin aikaisem- pia huolella valittuja, laajoja ja arvostettuja lääketieteellisiä tutkimuksia, joita alan merkit- tävimät tutkijat olivat toteuttaneet ja jotka olivat keränneet paljon viittauksia. Kirjal- lisuutta jouduimme rajaamaan tutkimuksesta pois, koska elvytystä käsitteleviä tutkimuk- sia on huomattava määrä. Otimme vertailuun kattavan otoksen aikaisempi tutkimuksia, joiden tuloksia havainnollistimme liitteessä numero 2.

Tutkimusaineisto kerättiin huolellisesti oikeasta kohderyhmästä ja aineisto analysoitiin tarkasti kokonaisuudessaan sekä ottamalla satunnaisesti valittu otos aineistosta, että tutkimalla muuttujien käyttäytymistä kokonaisotoksella. Metsämuurosen (2006: 51) mu- kaan satunnaisotanta lisää tutkimuksen luotettavuutta, koska jokainen havainto on tällöin

tullut täysin sattumanvaraisesti, eikä tutkija ole pystynyt vaikuttamaan satunnaisotokseen tulevien havaintojen valintaan. Erikokoiset satunnaisotannat kokonaisaineistosta lisäävät tekemämme tutkimuksen reliabiliteettia, tutkija voi tällöin havaita, ettei tutkimusaineisto ole sattumanvaraisesti muodostunut. Tutkimusaineiston satunnaisotanta toteutettiin SPSS-ohjelmalla varmistaen että otanta on täten objektiivinen. Tutkimusmenetelmän sekä analysointimenetelmien valintaan käytimme huomattavasti aikaa ja tutustuimme huolella erilaisiin aineiston kvantitatiivisiin analysointimenetelmiin. Tutkimusaineisto kuvattiin mahdollisimman tarkasti tutkimuksen alussa, jolloin lukijalla on mahdollisuus perehtyä tutkimusaineistoon tarkemmin niin halutessaan.

Tutkimustuloksia verrattiin tutkimusta toteuttaessa aikaisempien tutkijoiden saamiin tuloksiin ja tuloksemme olivat yhdenmukaisia niihin verrattaessa Muuttujien saamista suurista lukumääristä sekuntitasolla tarkastellen (N=55 868) sekä minuuttitasolla (N=597) ovat saamamme tulokset yleistettävissä, kuten kvantitatiivisen tutkimuksen perusajatuksiin kuuluu, vaikka elvytystapahtumien lukumäärä oli vain 29 elvytystä. Kokonaisuudesta sekä satunnaisotosta tarkasteltaessa eri muuttujien näkökulmasta oli tutkimamme otanta mielestämme riittävän laaja tutkimustulosten yleistämiseen. Tutkimuksen lukijan tulee huomioida keskiarvo, koska käsitelimme ja havainnoimme eri muuttujia keskiarvallisesti. Keskiarvo ei kuitenkaan kerro kaikkea, osa elvytyksistä oli sujunut kohtuullisesti, mutta osassa elvyttäjien toiminta oli ollut heikkoa. Keskiarvoa tarkasteltaessa huonot tulokset laskevat keskiarvoa ja hyvät nostavat.

Tutkimusaineisto analysoitiin tarkasti ja yritimme kiinnittää huomiota kaikkiin yksityiskohtiin, jotka vaikuttavat elvytyksen laatuun aikaisempien tutkimusten mukaan. Kvantitatiivisen tutkimuksen analysointimethodeihin perehdyttiin huolellisesti menetelmäkirjallisuutta apuna käyttäen. IBM ® SPSS ® Statistics 22.0.0.0 tilastoanalyysiohjelman käyttöä harjoiteltiin ja ohjelman antamia tuloksia pohdittiin käyttäen apuna analyysiohjelman käyttöohjetta sekä ohjelman tulosten tarkastelua varten kirjoitettuja teoksia, kuten Jari Metsämuurosen kirjoittamia menetelmäkirjallisuutta käsitteleviä teoksia.

Tutkimuksessa tutkimme ja käsitelimme elvytystä monipuolisesti tutkijan näkökulmasta mitaten eri muuttujien arvoja ja analysoiden sekä havainnollistaen niitä graafisesti. Havainnollistaminen taulukoiden sekä kuvaajien avulla antoi meille mahdollisuuden huomata tutkimusaineistosta asioita, joita tutkija ei muuten huomaisi. Tutkimustuloksina saatuja lukuarvoja käsitelimme tutkimuksessamme laajasti huomioiden elvytyksen kokonaisuuteen vaikuttavat eri tekijät.

Kaikissa elvytystapahtumissa käytettiin samanlaisia defibrillaattoreita ja paineluelvytyksen laatua mittaavaa kiihdytysanturia, joten mittari oli siis vakio. Tarkasteltaessa tutkimuksen mittarin validiteettia sekä reliabiliteettia oli tutkimuksessamme käytetty defibrillaattori hyväksytyt lääkelaitteeksi, kts. liite 7. Laite mittasi elvytyksestä niiden muuttujien arvoja, joita sen oli tarkoituskin mitata, täysin puolueettomasti ja objektiivisesti. Mittari oli kehitetty Zoll yhtiöiden toimesta parantamaan paineluelvytyksen laatua, joka oli monissa aikaisemmissa tutkimuksissa todistettu. Mittarin luotettavuutta lisää se, että olemme tuoneet työssämme esille aikaisempia tutkimuksia, joissa on käytetty samaa mittaria tai mittaustapaa ja verranneet aikaisempien tutkijoiden eri maissa saamia tuloksia omiimme. Olemme löytäneet tuloksista yhtäläisyyksiä ja yhteyksiä omiin tutkimustuloksiimme verrattuna. Tämä lisää tutkimuksen reliabiliteettia Hirsjärven (2002: 213) mukaan. Tutkimuksemme ja sen tulokset on toistettavissa jälleenpäin käyttämällä samaa mittaria, jolloin tutkimustulokset ovat suoraan verrattavissa omaan tutkimukseemme.

Tutkimuksen tekeminen oli kurinalaista toimintaa käyttäen apuna kvantitatiivista metodia. Kvantitatiivinen metodi mahdollisti laajan, tarkan sekä objektiivisen muuttujien analysoinnin tutkimusongelman ratkaisemiseksi. Arvioidessamme tutkimuksemme loogista validiteettia tulimme siihen tulokseen, että tutkimusmenetelmä oli oikein valittu ja tutkimus toteutettu oikein ja johdonmukaisesti. Tutkimuksen sisäiseen validiteettiin vaikuttivat tutkimuksessamme monet asiat, kuten ensihoitajien eri elvytystilanteiden lukemattomat muuttujat sekä häiriötekijät.

Elvytystilanteessa häiriötekijät tulisi minimoida ja elvytysryhmän tulisi keskittyä virheettömään toimintaan. Valitettavasti tutkija ei voi tilannekokonaisuuteen vaikuttaa, eikä kontrolloida tilanteen kehittymistä, koska ei ole itse paikan päällä. Eri muuttujien standardisointi ei itseasiassa oikeassa elvytystilanteessa ole tutkijan kannalta mahdollista, vaan tutkittavat toimivat itse spontaanisti tilanteen edellyttämällä tavalla ja heitä ohjaavat hoito-ohjeet ja protokollat, kuten elvytettävän potilaan siirtäminen kovalle alustalle ennen elvytyksen aloittamista. Potilaan ollessa patjalla sairaalasängyssä kiihdytysanturi mittaa yleensä suuria paineluelvytyssyvyyyksiä. Emme havainneet aineistossamme syviä paineluita, vaan painelussyvyys oli painottunut alle hoitosuosituksen, kts. kuviot 11 sekä 24. Tällöin oletuksena pysyy se, että elvytykset ovat tapahtuneet kovalla alustalla.

Lisäksi kohteessa voi mahdollisesti olla myös muita henkilöitä, jotka voivat häiritä paineluelvytyksen suorittajan keskittymistä toimintaansa. Ensihoitohenkilöstö voi joutua suorittamaan elvytyksen vuorokaudenajasta riippumatta, jolloin elvyttäjän vireystila voi

mahdollisesti vaikuttaa elvytystapahtumasta saataviin tuloksiin. Emme ottaneet huomioon elvyttäjän mahdollista väsymistä, koska emme voineet tietää tutkimusaineiston perusteella kuinka monta työntekijää on potilasta ollut elvyttämässä.

Elvytyksiä oli tammikuun 2014 alusta heinäkuun 2014 loppuun mennessä 32 kappaletta tutkimukseemme osallistuneilla ensihoitoyksiköillä. Tutkimusaineistoa jälkikäteen ensihoidon kenttäjohtajan toimesta tarkasteltuna, oli kato vain kolme elvytystapahtumaa, vaikka työntekijöitä osallistui tutkimukseen neljästä työvuorosta, yhdestätoista ensihoitoyksiköstä yhteensä 88 työntekijää. Havaittuamme epäselvyyksiä työntekijöiden keskuudessa tutkimuksen aineiston keräämisvaiheen alussa, liittyen defibrillaattorissa käytettyyn adapteriin, tarkensimme ohjeistusta, ja näin saimme kerättyä kaikkien loppujen elvytysten aineiston 90,6 % (N=29) onnistuneesti. Epäselvyyksien syynä oli adapterin liittäminen jättäminen kiihdytysanturilla varusteltuihin elvytyselektrodeihin. Ohjeistuksen muuttaminen vaikutti myös siihen, että työntekijät ymmärsivät oikean toimintamallin paremmin. Ennalta suunnitellun ajanjakson aikana 9,4 % (n=3) oli katoa kokonaisaineistosta puutteellisen ohjeistuksen vuoksi. Aineiston koko oli mielestämme riittävän laaja tutkiaksemme painantaelvytyksen laatua.

Elvyttäjät olivat tasavertaisessa asemassa toisiinsa nähden, koska elvytykset eivät olleet ennalta arvattavissa eikä niitä voinut kukaan heille valikoida. Elvytystapahtuman ympäristöä eivät työntekijät voineet tietää, jolloin tilanteet olivat tasapuoliset kaikille tutkimukseemme osallisena olleille työntekijöille.

### 12.3 Tulosten pohdinta

Seuraavana tarkastelemme omia tuloksiamme kriittisesti verraten niitä aikaisempiin tutkimuksiin. Abellan ym. (2005) tutkimuksessa painelutaajuus oli alle hoitosuosituksen mukaista < 38 mm 37,4 % paineluista, painelutaajuuden jäädessä alle 90 /min 28,1 %:ssa tutkituista 30:n sekunnin segmenteistä. Tutkimuksessamme painelutaajuus oli alle hoitosuosituksen mukaista 11,5 % paineluita (n = 6 423) kokonaismäärästä (N = 55 868). Näin ollen saamamme tulos oli parempi kuin Abellan tutkimuksessaan saama tutkimustulos.

Aikaisemmissa tutkimuksissa muun muassa Abella ja Wolfe ovat todenneet ammattilaisten näyttävän saavuttavan oikean painelutaajuuden noin > 65–85 %:sti ja syvyyden vain noin 65,4–77 %:sti elvytysajasta riippuen siitä, mihin elvytysuositukseen tulosta verra-

taan. Tutkimuksessamme oikea painelutaajuus saavutettiin noin 54 %:sti ja oikea painelusyvyys vain 23 %:sti. Aikaisemmat tutkimustulokset myös tukivat saamaamme tutkimustulosta oikean elvytysvyyden saavuttamisesta. Nykytutkimustenkaan valossa ei tarkalleen tiedetä optimaalista painelutaajuutta eikä syvyyttä. Lääketieteelliset tutkimukset aiheesta jatkuvat edelleen ja mahdollisesti tulevaisuudessa ollaan viisaampia edellä mainittujen muuttujien optimaalisten arvojen suhteen. Pysähtymättömällä rintapainelulla on tutkitusti todistettu olevan yhteys potilaan selviytymiseen sydänpysähdyksestä, täten elvytyksen suorittajien on tiedostettava asia ja minimoitava tauot elvytyksen aikana. Nykysuositusten mukaan elvytyksen aikana ei saa olla painelutaukoja kuin defibrillaattorin analysoidessa potilaan sydämen rytmiä sekä defibrillaation aikana elvyttäjien toiminnan turvaamiseksi.

Viimeisimpien tutkimusten kuten Van Tulder ym. (2015) ammattilaisten (n=55) elvyttäessä nukkea oli ammattilaisten keskiarvopainelusyvyys  $\pm$  (s),  $54 \pm (8)$  mm. Ammatillaiset saavuttivat oikean painelusyvyden 65,4–70,9 %:ssa paineluista, riippuen siitä sovellettiinko Eurooppalaisen elvytysneuvoston tai Amerikan sydänjärjestön (AHA:n) suosituksia. Aikaisempiin tutkimuksiin (Liite 3.) saamiamme tuloksia vertailtaessa painelusyvyden osalta oli kaikkien tutkimusten (n=23) sekä tulostemme välinen ero 9,69 %, tulostemme ollessa suurempia. Ero ihmisillä tehtyihin tutkimuksiin oli 7,59 % ja elvytysnukella toteutettuihin tutkimuksiin nähden se oli 11,97 % suurempi. Painelusyvyden keskiarvoja vertailtaessa aikaisemmin tehtyihin tutkimuksiin (Liite 3.) oli tutkimuksessamme painelusyvyys 3,28 mm suurempi, kuin aiemmin tehtyjen tutkimusten yhteinen keskiarvo. Verrattaessa saamaamme painelusyvyden keskiarvoa vain ihmisillä toteutettuihin aiempiin tutkimuksiin, oli tutkimuksessamme saatu painelusyvyden arvo 2,82 mm suurempi ja nukketutkimuksiin verrattaessa 3,79 mm suurempi. Tulosten tarkastelussa tulee huomioida että osa aikaisemmista tutkimuksista oli toteutettu AHA 2005 hoitosuositusten arvoilla.

Verrattaessa saamaamme painelusyvyden tulosta AHA:n 2010 hoitosuosituksilla toteutettuun Vadeboncoeur ym. (2013) selviytyjien ryhmään, (n=63) jäi painelusyvyden arvomme 3,41 % (5,50 mm) keskiarvoltaan alhaisemmaksi. Mikäli vertaamme painelusyvyden tulostamme Bobrown ym. (2013) tutkimuksessaan (n=484) saamaan painelusyvyden keskiarvoon, jää tuloksemme noin 12 % (6,5 mm) huonommaksi.

Taajuuden keskiarvon erot aikaisempiin tutkimuksiin nähden vaihtelivat 8,38 % (8 /min) – 11,87 %:n (12 /min) välillä aikaisempien tutkimusten arvojen ollessa pienempiä tutkimustulokseemme nähden, riippumatta verrattiinko saamaamme tulosta AHA 2005 tai AHA 2010 suosituksen pohjalta tehtyyn tutkimukseen.

Vertasimme myös tuloksiamme Suomessa Sainion ym. (2009) sekä Yhdysvalloissa Suttonin ym. (2013) toteutettujen tutkimusten tuloksiin. Tulosten tarkastelussa on huomiotavaa että Sainion tutkimuksessa hoitosuosituksot olivat AHA 2005 elvytys-suositukset. Tarkastelussa meillä ei ollut käytettävissä Sainion eikä Suttonin tutkimusten raakadata-aineistoa, vaan tarkastelimme heidän saamiaan tuloksia keskiarvoja vertaillen Levenen testin avulla.

Sainion tutkimuksessa riittävä painelussyvyys (40–50 mm) saavutettiin 77 %:ssa paineluita, vaihteluväli (52–90 %). Tutkimuksemme vastaava arvo oli 24,1 %, (n = 13 469). Vertasimme tuloksiamme Sainion tutkimuksessa saatuihin tuloksiin Sainion otoskoon ollessa (n=25) ja painelutaajuuden k.a.  $\pm$  (s)  $109 \pm (7)$  sekä tutkimuksessamme otoskoon (N =29) painelutaajuuden ka  $\pm$  (s)  $115,97 \pm (19,053)$  keskiarvojen eron ollessa 6,97 % (95 % luottamustasolla). Levenen testi osoitti varianssit erisuuriksi. Keskiarvojen eron merkitsevyyden testaamiseksi suoritettiin riippumattomien otosten t-testi, jonka mukaan elvytystapahtumien keskiarvojen välillä ei ollut tilastollista eroa,  $t=2,007$ ,  $df=52$ , ja ( $p=0,09$ ), 95 % CI (-1,117, 15,057). Levenen testin mukaan Sainion sekä tutkimuksemme painelutaajuuden erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. ( $F=0,13498$ ,  $df=24$ ,  $p=1,99$ ).

Lisäksi vertailimme edellä mainittuja arvoja myös syvyysmuuttujan osalta. Sainion tutkimuksessa syvyys k.a.  $\pm$  (s) olivat  $40 \pm (5,3)$  mm verrattuna tutkimuksessamme painelussyvyyden keskiarvoon  $48,10 \pm (12,13)$  mm, Sainion tutkimuksen painelussyvyyden keskiarvon ollessa 8,1 % pienempi (95 % luottamustasolla) verrattuna omaamme. Levenen testin osoittaessa varianssit yhtä suuriksi olivat T-testin tulokset, ( $t=2,007$ ,  $df=52$ ,  $p=0,003$ ), 95 % CI (2,842–13,358) perusteella Sainion sekä meidän tutkimuksemme painelutaajuuden sekä painelussyvyyden tuloksien välillä on painelussyvyttä tarkasteltaessa tilastollisesti erittäin merkitsevä ero. Painelutaajuuden kohdalla ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Tarkastelua tehdessä tulee muistaa se että Sainion tutkimuksen aikaan hoitosuositus oli aikaisempi elvytys-suositus, painelutaajuus 90–120/min ja painelussyvyys 40–50 mm.

T-testi suoritettiin myös Suttonin ym. (2013) tutkimuksessaan saamien AHA 2010 suosituksen mukaisen painelutaajuuden k.a.  $\pm$  (s)  $113 \pm (11)$  /min ja painelussyvyyden k.a.  $\pm$  (s)  $50 \pm (13)$  mm. AHA 2010 suositus (painelutaajuus 100–120 /min, painelussyvyys  $\geq 50$  mm, CCF  $> 80$  %). Keskiarvojen ero oli 2,97 % (95 % luottamustasolla), Suttonin keskiarvon ollessa pienempi. Levenen testi  $p=1,984$ . T-testin arvot, yhtä suuret varianssit: ( $t=2,012$ ,  $df=47$ ,  $p=0,533$ ), 95 % CI (-6,551 – 12,491). T-testin tuloksien perusteella ei tilastollista eroa ollut Suttonin ja tutkimuksemme taajuuden keskiarvon sekä keskihajonnan välillä, ( $p > 0,05$ ).

Painelussyvyyden sekä hajonnan ero testattiin Suttonin tutkimuksessaan saaman k.a.  $\pm$  (s) ja oman tutkimuksemme syvyyden k.a.  $\pm$  (s) välillä. Levenen ( $p=0,723$ ). Yhtä suuret varianssit, ( $t=2,012$ ,  $df=47$ ,  $p=0,603$ ), 95 % CI (-5,403–9,203). Keskiarvojen ero 1,9 % Suttonin tutkimuksen painelussyvyyden arvon  $50 \pm (13)$  mm ollessa suurempi. Tilastollisesti keskiarvojen  $\pm$  (s) välillä ei ollut eroa ( $p > 0,05$ ).

Kuviossa 33 on CCF luokiteltu tiukemmilla kriteereillä kuin AHA:n suositus edellyttää. Uuden luokittelun vuoksi pystyimme vertailemaan tulostamme Suttonin tekemään tutkimukseen. Huomioitavaa kaaviossa on luokittelu, kuviossa luokittelun suurin luokka on 90–100 %, jolloin sitä verrataan suoraan Suttonin tekemään tutkimukseen. AHA:n suositus on  $> 80$  %. Suttonin ym. (2013) tutkimuksessa ( $N=45$ ) CCF:n keskiarvo oli AHA 2005 suosituksilla yli 90, vaihteluväli 85–94 ja AHA 2010 suosituksilla ka. 94, vaihteluvälin ollessa 93–96. Suttonin tutkimuksen mukaan CCF oli ollut yli 90 % 44–80 % elvytysajasta. Tutkimuksemme CCF  $\pm$  (s) arvo oli  $80,73 \pm (22,06)$  (95 % CI 78,71–82,76), keskiarvon vaihdellessa eri elvytysten välillä 3,33–100. Tulosten perusteella näyttää siltä että CCF:n arvo oli luokitellussa tutkimusaineistossamme Suttonin tutkimuksessaan verrattuna alarajalla vrt. Sutton 44–80 % vs. 43 % kokonaisajasta tutkimuksessamme, CCF  $> 90$  % ( $n=259$ ). Suttonin tutkimuksen CCF oli korkeampi ja vastasi AHA 2010 hoitosuosituksia erinomaisesti. Tutkimuksessa saamamme CCF oli keskiarvon puolesta juuri AHA 2010 suosituksen ylittävä CCF  $> 80$ . Vertailtuamme tutkimukseemme osallistuneita elvytystapahtumia, vaihteli CCF eri elvytysten välillä huomattavasti 52,66–96,25 %.

Painelutaukoja havaitsimme tutkimuksessamme keskimäärin 11,21 sekuntia. Lyhyimmillään painelutaukojen keskiarvo oli 2,25 sekuntia, pisimmillään noin 28 sekuntia. Pisimmillään keskimääräinen painelutauko oli elvytyksen ensimmäisen minuutin aikana 24,8 sekuntia, jolloin nykyisen käypähoitosuosituksen mukaan ei saa olla minkäänlaista



taukoa. Pohdittuamme tähän tulokseen johtaneita syitä, emme kyenneet löytämään yhtään syytä miksi ensimmäisen minuutin aikana elvytyksessä olisi painelutaukoa. Organisaatioissa järjestetyissä elvytyskoulutuksissa ei ole ollut havaittavissa ensimmäisen minuutin aikana painelutaukoja, eikä elvytysprotokollakaan tunne taukoa ensimmäisen minuutin aikana. Defibrillaattori Zoll maahantuojaan edustaja Koiviston (2015) mukaan potilaan sydämen rytmin analysointitauko vaihtelee 6–9 sekunnin välillä. Tämä tauko ei kuitenkaan selitä miksi tutkimissamme elvytyksissä oli paljon pidempiä painelutaukoja sellaisten minuuttien kohdalla, jossa sydämen rytmiä ei analysoida.

Bobrow ym. (2013) olivat saaneet tutkimuksessaan paineluvapautuskiihtyvyyden keskiarvoksi 1315 milli-inch /s (95 % CI 1276–1355), meillä paineluvapautuskiihtyvyyden keskiarvo oli 1211 milli-inch /s (95 % CI 830–1660), joten tutkimuksessamme keskiarvo poikkesi noin 100 milli-inch /s ja luottamusvälimme oli suurempi.

Hoitosuositusryvyyteen osuneiden paineluiden prosenttiosuus oli eri elvytystapahtumia vertailtaessa tutkimuksessamme keskiarvoltaan vain noin 23 %, parhain tulos noin 80 %:ssa paineluista. Tämä tukee aikaisempien tutkimusten tuloksia, että hoitosuositusryvyys on vaikea saavuttaa, vaikka käytössä olisi painelupalautetta antava defibrillaattori. Hoitosuositustaajuus saavutettiin elvytyksiä vertailtaessa noin joka toisella painelulla keskimäärin. Otettaessa huomioon kummatkin muuttujat, vähenee oikeaan painelusyvyteen sekä painelutaajuuteen osuneiden paineluiden prosenttiosuus noin 12 %:iin elvytystapahtumia tarkasteltaessa. Tämä tulos on todella huono, huomioon ottaen että suurin arvo elvytystapahtumia vertailtaessa oli vain noin 41 %. Huomioitavaa myös oli, että osassa elvytyksiä ei hoitosuositusryvyyteen / hoitosuositustaajuuteen osuneita paineluita ollut lainkaan kts. (kuvio 23).

Elvytystapahtumaa tarkasteltaessa aikaan nähden oli ensimmäisen minuutin aikana oikeaan painelusyvyteen sekä painelutaajuuteen osuneiden paineluiden prosentuaalinen arvo alle 10 %. Suurin arvo oli vain noin 21 % minuutin 13 kohdalla ja pienin arvo noin 5 % minuutin 10 kohdalla. Aikaisemmissa tutkimuksissa on tultu myös tähän lopputulokseen. Oikean painelusyvyden saavuttaminen on elvyttäjälle vaikeaa, vaikka defibrillaattori neuvoo paineluissa audiovisuaalisesti.

Pohdittaessa useampien muuttujien vaikutusta elvytyksen kokonaisuuteen havaitsimme että elvytystapahtumat saavuttivat hoitosuositustaajuuden (kuviossa 14) 65,5 %:sti (n=19). Yli hoitosuositustaajuuden saavutti 31 % (n=9) tapahtumaa. Yksi tapahtuma jäi

alle hoitosuosituksen. Hoitosuositustaajuuden osalta tapahtumien keskiarvoksi jäi 116,3 /min. Korkein keskiarvo painelutaajuudessa oli 145,6 /min, mikä on jättänyt kyseisen tapahtuman painelussyvyyden keskiarvon (kuvio 11) noin 40 mm painelussyvyyteen. Toiseksi korkeimman arvon saaneella tapahtumalla jolla painelutaajuus oli n. 136 /min, jäi (kuvio 11) painelussyvydeksi n. 34 mm. Nämä yhteydet kertovat painelutaajuuden vaikutuksesta painelussyvyyteen. Kuviossa 22 hoitosuositustaajuuteen osuneiden paineluiden tapahtumien väliset erot vaihtelivat 93,3 %:n ja 2,3 %:n välillä, eli tapahtumien väliset erot olivat merkittävät.

Kokonaistarkastelussa tapahtumien välillä, vain noin 10 % (n=3) tapahtumista saavutti hoitosuosituksen mukaisen painelutaajuuden sekä painelussyvyyden. Ainoastaan noin 3,5 % (n=1) tapahtumista saavutti hoitosuosituksen mukaisen syvyyden, taajuuden ja CCF:n, painelutaukojen keskiarvon jäädessä < 7 s. Kuitenkin on huomioitavaa, ettei tapahtuma saavuttanut hoitosuositusyvyteen osuneita paineluita kuin noin 30 %. Elvytyksen laatua on myös kuvattu myös liitteessä 7.

### 13 Johtopäätökset ja jatkotutkimushaasteet

Laadukas paineluelvytys on potilaan kannalta kiistattomasti selvitetty monissa tutkimuksissa. Pohjois-Karjalan pelastuslaitoksella oli käytössään uusimmat tekniset laitteet, jotka mahdollistivat potilaan hoidon kehittämisen turvallisempaan suuntaan. Defibrilaattori mahdollisti monipuolisen elvytysdatan keräämisen ja sen jatkoanalysoinnin. Tämän työn pohjalta voimme olla kehittämässä elvytyksen laatua parempaan suuntaan Suomessa. Tutkimuksemme päätarkoitus oli kuitenkin tuottaa tietoa oman organisaatiomme elvytyksen laadusta ja tämän työn tulosten avulla työnantajamme tiedostaa kehittämis-kohteet, jolloin koulutusta ja ohjeistusta voidaan painottaa sekä lisätä. Työnantajamme hankki kiihdytysanturilla varustetut elvytyselektrodit tutkimustamme varten ja jatkaa uuden tekniikan käyttöä jatkossa mahdollistaen elvytysten laadun seurannan ja toiminnan parantamisen esimerkiksi jatkotutkimuksilla.

Tutkimuksessamme ilmenneitä selkeitä kehittämiskohteita tulevaisuudessa ovat laadukkaampi ja tehokkaampi elvytystoiminta heti ensimmäiseltä minuutilta lähtien ja sen ylläpitäminen koko elvytystoiminnan ajan. Painelutauot tulee minimoida, ettei yli kymmenen sekunnin mittaisia taukoja tulisi, koska muun muassa Hopun (2011) mukaan ne romahduttavat verenkierron. Painelutaukojen sekä hoitosuosituksen painelusyvytyteen osuneiden paineluiden keskiarvon suhteen paineluelvytys oli laadultaan heikkoa. Painelutaajuuden keskiarvon suhteen joka toinen painelu oli laadultaan hyväksyttävä. Painelun tulee olla 100–120 /min, jotta sydän ehtii täytyä verellä ja perfuusio paranee, mutta myös painelusyvytyden tulee pysyä hoitosuosituksen tasolla. Liian nopea painelu vähentää painelusyvytyttä, kuten tutkimuksessamme osoitimme. Näiden osa-alueiden parantaminen vaatii koulutusta ja harjoittelua työryhmän kesken, mutta myöskin tilannejohtajuutta.

Heikon paineluelvytyksen laadun vuoksi tilannejohtajan rooli korostuu elvytyksen aikana. Hänen tehtävänsä on huolehtia työryhmänsä työtehosta niin, että työntekijöiden työteho säilyy ja jokaista työntekijää kuormitetaan tasaisesti. Lisäksi elvytyksen johtajan tulee puuttua välittömästi keskinkertaiseen tai huonoon painelun laatuun. Yangin (2014) tutkimukseen viitaten työntekijöiden oikeaan painelusyvytyteen kohdistuneiden paineluiden määrä laskee ajan funktiona. Ennalta sovitut taktiikat vievät elvytystoimintaa laadukkaampaan suuntaan, joten tilanteita on aika-ajoin harjoiteltava etukäteen simuloitussa ympäristössä. Työnantajamme valvoo työntekijöiden antaman palvelun laatua, joten elvytyskoulutukseen ja simulaatioihin on jo nyt varattu harjoittelu-aikaa työaikana. Sujuvat painelijan vaihdot ja yleensä roolien vaihdot tulisi tehdä saumattomasti ja päällekkäisiä

tehtäviä tulisi välttää elvytystilanteessa. Roolijaon tulisi olla selkeä ja tiedossa jo etukäteen, tämä auttaa vähentämään painelutaukoja ja parantaa näin elvytyksen laatua.

Vaikka paineluelvytyksen laatu oli nyt tehdyssä tutkimuksessa pääosin heikkoa ja parantamisen varaa on paljon, toivomme, että tutkimuksemme tulos herättää keskustelua tauottoman painelun sekä oikean painelusyvyuden merkityksestä sydänpysähdyspotilaan elvytyksessä. Tämän tutkimuksen tulosten pohjalta on hyvä lähteä kehittämään Pohjois-Karjalan pelastuslaitoksella elvytyskoulutusta.

## Lähteet

Abella, Benjamin S. – Alvarado, Jason P. – Myklebust, Helge – Edelson, Dana P. – Barry, Anne – O’Hearn, Nicholas – Vanden Hoek, Terry L. – Becker, Lance B 2005. Quality of cardiopulmonary resuscitation during in-hospital cardiac arrest. JAMA 293 (3). 305-310.

Adolphus, Margaret. How to conduct systematic or evidence-based literature review. Emerald Group Publishing. Verkkodokumentti. Luettu 14.4.2014.

AED 2012. What is compression fraction? AED challenge. <<http://www.aedchallenge.com/articles/compressionfraction.php>>. Verkkodokumentti. Luettu 10.3.2015.

AHA 2014. History of cpr. Verkkodokumentti. <[http://www.heart.org/HEARTORG/CPRAndECC/WhatisCPR/CPRFactsandStats/History-of-CPR\\_UCM\\_307549\\_Article.jsp](http://www.heart.org/HEARTORG/CPRAndECC/WhatisCPR/CPRFactsandStats/History-of-CPR_UCM_307549_Article.jsp)>. Luettu 10.3.2015.

Amerikan sydänjärjestö AHA 2014. Chain of survival. Verkkodokumentti. <[http://www.heart.org/HEARTORG/CPRAndECC/WhatisCPR/AboutEmergencyCardiovascularCareECC/Chain-of-Survival\\_UCM\\_307516\\_Article.jsp](http://www.heart.org/HEARTORG/CPRAndECC/WhatisCPR/AboutEmergencyCardiovascularCareECC/Chain-of-Survival_UCM_307516_Article.jsp)>. Luettu 16.4.2015.

Anttila, Pirkko 2006. Tutkiva toiminta ja ilmaisu, teos, tekeminen. Hamina. Akatiimi.Oy

Anttila, Pirkko 2005. Arvot, katsomukset ja näkemykset tutkimustyön taustalla. Teoksessa Tutkiva toiminta. Hamina. Akatiimi Oy.

Berg, Robert A. – Hemphill, Robin – Abella, Benjamin S. - Aufderheide, Tom P. – Cave, Diana M. – Fran Hazinski, Mary – Lerner, Brooke E. – Rea, Thomas D. – Sayre, Michael R. – Swor, Robert A. 2010. 2010 American heart association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. Circulation 122. S685-S705.

Bobrow BJ, Vadeboncoeur TF, Stolz U, Silver AE, Tobin JM, Crawford SA, Mason TK, Schirmer J, Smith GA, Spaite DW 2013. The influence of scenario-based training and real-time audiovisual feedback on out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation quality and survival from out-of-hospital cardiac arrest. Annals of emergency medicine 62 (1). 47-56

Bobrow, Bentley – Silver, Annemarie – Stolz, Uwe – Irisawa, Taro – Karamooz, Madalyn – Murphy, Ryan, Anne – Kovacs, Alexander – Spaite, Daniel 2014. Chest compression release velocity is independently associated with survival from out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 85 (Supplement 1). S1 – S2.

Bohn, Andreas – Wecker, Sascha – Harding, Ulf – Osada, Nani – Van Aken, Hugo 2010. The addition of voice prompts to audiovisual feedback and debriefing does not modify CPR quality or outcome in out of hospital cardiac arrest – A prospective, randomized trial. *Resuscitation* 82 (3). 257-262.

Cheng, Adam – Overly, Frank – Kessler, David – Nadkarni, Vinay M. – Yigun, Lin – Doan, Quynh – Duff, Jonathan P. – Tofil, Nancy M. – Farhan, Bhanji – Adler, Mark – Charnovich, Alex – Hunt, Elizabeth A. – Brown, Linda L. 2015. Perception of CPR quality: Influence of CPR feedback, just-in-time CPR training and provider role. *Resuscitation* 87. 44 – 50.

Christenson, Jim – Andrusiek, Douglas – Everson-Stewart – Kudenchuk, Peter – Hostler, David – Powell, Judy – Callaway, Clifton W. – Bishop, Dan – Vaillancourt, Christian – Davis, Dan – Aufderheide, Tom P. – Idris, Ahamed – Stouffer, John A. – Stiell, Ian – Berg, Robert and the resuscitation outcomes consortium investigators 2009. Chest compression fraction determines survival in patients with out-of-hospital ventricular fibrillation. *Circulation* 120. 1241-1247.

Edelson, Dana P. – Kramer-Johansen, Jo – Wik, Lars – Myklebust, Helge – Merchant, Raina M. – Vanden Hoek, Terry L. – Steen, Petter A. – Becker, Lance B. 2006. Effects of compression depth and pre-shock pauses predict defibrillation failure during cardiac arrest. *Resuscitation* 71 (2). 137–145.

Edelson, Dana P. – Kim, Salem – Retzer, Elizabeth – Myklebust, Helge – O’Hearn, Nicholas – Vanden Hoek, Terry L. – Becker, Lance B. 2006. CPR quality improvement during in-hospital cardiac arrest using a real-time audiovisual feedback system. *Resuscitation* 73 (1). April 2007. 54–61.

Fredriksson, Martin – Herlitz, J – Nichol, G. 2003. Variation in outcome in studies of out-of-hospital cardiac arrest: a review of studies conforming to the Utstein guidelines. *The American Journal of Emergency Medicine* 21 (4). 276–281.

Hartikainen, Juha 2008. Sydämenpysähdys ja äkkikuolema. Teoksessa Heikkilä, Juhani – Kupari, Markku – Airaksinen, Juhani – Huikuri, Heikki – Nieminen Markku, S. – Peuhkurinen, Keijo (toim.): Kardiologia. Jyväskylä. Gummerus Kirjapaino Oy. 613–627.

Hartikainen, Juha 2008. Sydämenpysähdys. Teoksessa Mäkijärvi, Markku – Kettunen, Raimo – Kivelä, Antti – Parikka, Hannu – Yli-Mäyry, Sinikka (toim.): Sydänsairaudet. Hämeenlinna. Kariston Kirjapaino Oy. 179-181.

Heikkilä, Tarja 2001. Tutkimusprosessi. Teoksessa Tilastollinen tutkimus. Helsinki. Oy Edita Ab. 13-32.

Hellewoo, Heidi – Sainio, Marko – Nevalainen, Riikka – Huhtala, Heini – Olkkola, Klaus T. – Tenhunen, Jyrki – Hoppu, Sanna 2013. Deeper chest compression – More complications for cardiac arrest patients? Resuscitation 84. 760–765.

Hirsjärvi, Sirkka – Remes, Pirkko – Sajavaara, Paula 2002. Kolme traditionaalista tutkimusstrategiaa. Teoksessa Tutki ja kirjoita. Vantaa. Tummavuoren kirjapaino Oy. 122-123.

Hirsjärvi, Sirkka – Remes, Pirkko – Sajavaara, Paula 2000. Tutki ja kirjoita. Vantaa. Kirjayhtymä Oy.

Hoppu, Sanna – Sainio, Marko – Huhtala, Heini - Eilevstjønn, Joar – Tenhunen, Jyrki – Olkkola, Klaus T. 2011. Blood pressure during resuscitation in man – The effect of pause during rhythm analysis revisited. Resuscitation 82. 1460-1463.

Hostler, David – Everson-Stewart, Siobhan – Rea, Thomas D. – Stiell, Ian G. – Callaway, Clifton W. – Kudenchuk, Peter J. – Sears, Gena K. – Emerson, Scott S. – Nichol, Graham – and the Resuscitation Outcomes Consortium Investigators 2011. Effect of real-time feedback during cardiopulmonary resuscitation outside hospital: prospective, cluster-randomised trial. British Medical Journal 2011;342:d512.

Johnson, Bryce V. – Coult, Jason – Fahrenbruck, Carol – Blackwood, Jennifer – Sherman, Larry – Kudenchuk, Peter – Sayre, Michael – Rea, Thomas 2014. Cardiopulmonary resuscitation duty cycle out-of-hospital cardiac arrest. Resuscitation 87 (2015). 86–90.

Jääntti, Helena 2011. Peruselvytyksen laatu – mitä, miksi ja miten? Artikkele. Finnanest 44 (2). 112–115.

Jääntti, Helena 2010. Cardiopulmonary resuscitation (CPR) quality and education. Väitöskirja. Kuopio: Kopijyvä Oy.

Kankkunen, Päivi – Vehviläinen-Julkunen, Katri 2013. Kvantitatiivinen tutkimus. Teoksessa Tutkimus hoitotieteessä. Helsinki. Sanoma Pro Oy. 55-65.

Kankkunen, Päivi – Vehviläinen-Julkunen, Katri 2013. Tutkimuksen eettisyys. Teoksessa Tutkimus hoitotieteessä. Helsinki. Sanoma Pro Oy. 211-217.

Kampmeier, Tim-Gerald – Lukas, Roman-Patrik – Steffler, Caroline – Sauerland, Cristina – Weber, Thomas P. – Van Aken, Hugo – Bohn, Andreas 2014. Chest compression depth after change in CPR guidelines –Improved but not sufficient. Resuscitation 85. 503–508.

Kettunen, Raimo – Hassinen, Ilmo – Peuhkurinen, Keijo – Kupari, Markku 2008. Sydänlihaksen rakenne ja toiminnot, sydän pumppuna. Teoksessa Heikkilä, Juhani – Kupari, Markku – Airaksinen, Juhani – Huikuri, Heikki – Nieminen Markku, S. – Peuhkurinen, Keijo (toim.): Kardiologia. Jyväskylä. Gummerus Kirjapaino Oy. 24–51.

Kettunen, Raimo 2008. Verenkiertoelimistön rakenne ja tehtävät. Teoksessa Mäkijärvi, Markku – Kettunen, Raimo – Kivelä, Antti – Parikka, Hannu – Yli-Mäyry, Sinikka (toim.): Sydänsairaudet. Hämeenlinna. Kariston Kirjapaino Oy. 20–21.

Kim, Chui S. – Hwang, Sung O. – Cha, Kyung C. – Lee, Kang H. – Kim, Hyun – Kim, Ho S. – Lee, Kyeong R. – Baek, Kwang J. 2011. A simple audio-visual prompt device can improve CPR performance. The journal of emergency medicine. 44 (1). 128–134.

Kirkbright, Shelley – Tohira, Hideo – Bremner, Alexandra – Jacobs, Ian – Celenza, Antonio 2013. Audiovisual feedback device use by health care professionals during CPR: A systematic review and meta-analysis of randomised and non-randomised trials. Resuscitation 85 (4). April 2014. 460-471.



Koivisto, Valtteri 2015. Maahantuoja edustaja. Medidyne Oy. Puhelinkeskustelu 23.4.2015.

Kouwenhoven, William B. – Knickerbocker, Guy – Jude, James R. 1961. A new approach to cardiac resuscitation. *Annals of surgery*. September. 311–317.

Koster, Rudolph W. – Baubin, Michael A. – Bossaert, Leo L. – Caballero, Antonio – Casan, Pascal – Castrén, Maaret – Granja, Cristina – Handley, Anthony J. – Monsieurs, Koenraad G. – Perkins, Gavin D. – Raffay, Violetta – Sandroni, Claudio 2010. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 2. Adult basic life support and use of automated external defibrillators. *Resuscitation* 81 (10). 1277–1292.

Koster, Rudolph W. – Baubin, Michael A. – Bossaert, Leo L. – Caballero, Antonio – Casan, Pascal, Castrén, Maaret – Granja, Cristina – Handley, Anthony J. – Monsieurs, Koenraad G. – Perkins, Gavin D. – Raffay, Violetta – Sandroni, Claudio 2010. European resuscitation council guidelines for resuscitation 2010. Section 2. Adult basic life support and use of automated external defibrillators. *Resuscitation* 81. 127–1292.

Kramer-Johansen, Jo – Myklebust, Helge – Wik, Lars – Fellows, Bob – Svensson, Leif – Sørebo, Hallstein – Steen, Peter, Andreas 2006. Quality of out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation with real time automated feedback: A prospective interventional study. *Resuscitation* 71 (3). 283-292.

Kuisma, Markku – Hakala, Taisto 2013. Ensihoidon laadunhallinta. Teoksessa Kuisma, Markku – Holmström, Peter – Nurmi, Jouni – Porthan, Kari – Taskinen, Tuomas (toim.): Ensihoito. Helsinki: Sanoma Pro Oy. 66-84.

Kuisma, Markku – Väyrynen, Taneli 2013. Sydänpysähdys ja elvytys. Teoksessa Kuisma, Markku – Holmström, Peter – Nurmi, Jouni – Porthan, Kari – Taskinen, Tuomas (toim.): Ensihoito. Helsinki: Sanoma Pro Oy. 258-299.

Kunnat.net Väestötietoja. Kuntajaot ja asukasluvut 2000 – 2015. Verkkodokumentti. <<http://www.kunnat.net/fi/tietopankit/tilastot/vaestotietoja/Documents/Kuntajaot%20ja%20asukasluvut%202000-2015.xls>>. Luettu 13.4.2015.

Käypä hoito –suositus 2011: Elvytys. Verkkodokumentti. <<http://www.terveysportti.fi/xmedia/hoi/hoi17010.pdf>>. Luettu 06.04.2014.

Laki potilaan asemasta ja oikeuksista 1992. Oikeus hyvään terveyden- ja sairaanhoitoon ja siihen liittyvään kohteluun. Verkkodokumentti. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1992/19920785>> Luettu 1.12.2013.

Laki terveydenhuollon ammattihenkilöistä 1994. Ammattieettiset velvollisuudet. Verkkodokumentti. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19940559>>. Luettu 1.10.2013

Laki terveydenhuollon lääkintälaitteista ja tarvikkeista 1992. Verkkodokumentti. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1992/19920791>>. Luettu 27.03.2014.

Lillrank, Paul 1998. Laatuajattelu. Laadun filosofia, tekniikka ja johtaminen tietoyhteiskunnassa. Helsinki: Otava. 28-39.

Lyngeraa-Stenberg, Tobias – Hjortrup, Peter B. – Wulff, Nille B. – Aagaard, Theis – Lippert, Anne 2012. Effect of feedback on delaying deterioration in quality of compressions during 2 minutes of continuous chest compressions: a randomized manikin study investigating performance with and without feedback. Scandinavian journal of trauma, Resuscitation and emergency medicine 2012. 20:16.

Lääkintälaitteen serfikaatit 2013. Liite 6. Verkkodokumentit. <[http://www.accessdata.fda.gov/cdrh\\_docs/pdf11/K110742.pdf](http://www.accessdata.fda.gov/cdrh_docs/pdf11/K110742.pdf)> ja <<http://www.achats-publics.fr/MEDICAL/Dm/Cardiostimulation/Xseries/CE-Xseries.pdf>>. Luettu .1.12.2013.

Meaney, Peter A. – Bobrow, Bentley J. – Mancini, Mary E. – Christenson, Jim – de Caen, Allan R. – Bhanji, Farhan – Abella, Benjamin S – Kleinman, Monica E. – Edelson, Dana P. – Berg, Robert A. – Aufderheide, Tom P. – Menon, Venu – Leary, Marion 2010. CPR Quality: Improving cardiac resuscitation outcomes both inside and outside the hospital. A consensus statement from the American heart association. Circulation. June 25. 2013. Verkkodokumentti. <<http://circ.ahajournals.org/content/early/2013/06/25/CIR.0b013e31829d8654.full.pdf+html>>.

Metsämuuronen, Jari 2006. Monimuuttujamenetelmien perusteet SPSS-ympäristössä. Teoksessa Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä. Gummerus Kirjapaino Oy. 562–842.

Metsämuuronen, Jari 2009. Regressioanalyysit. Teoksessa Metsämuuronen, Jari: Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. 709–780.

Metsämuuronen, Jari 2009. Varianssianalyysit. Teoksessa Metsämuuronen, Jari: Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. 781–850.

Metsämuuronen, Jari 2009. Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä. Jyväskylä. Gummerus kirjapaino Oy.

Niles, Dana – French, Benjamin – Maltese, Matthew R. – Leffelman, Jessica – Wolfe, Heather – Nishisaki, Akira – Meaney, Peter A. – Berg, Robert A. – Vinay, M. 2013. First quantitative analysis of cardiopulmonary resuscitation quality during in-hospital cardiac arrest of young children. *Resuscitation* 85 (1). January 2014. 70-74.

Nurmi, Jouni – Castrén, Maaret 2014. Sydänpysähdys hoitolaitoksen ulkopuolella. Teoksessa Rosenberg, Per – Alahuhta, Seppo – Lindgren, Leena – Olkkola, Klaus – Ruokonen, Esko (toim.): *Anestesiologia ja tehohoito*. Keuruu. Otavan kirjapaino Oy. 1142.

Oermann, Marilyn H. – Kardong-Edgren, Suzan E. – Odom-Maryon, Tamara 2012. Competence CPR. *The American journal of nursing* 112 (5). 43-46.

Paunonen, Marita – Vehviläinen-Julkunen, Katri 1998. Kvantitatiivisen tutkimuksen luotettavuus. *Hoitotieteen tutkimusmetodiikka*. Juva: WSOY kirjapainoyksikkö. 206-21

Pitkänen, Otto – Vanninen, Esko 2014. Sydän. Teoksessa Rosenberg, Per – Alahuhta, Seppo – Lindgren, Leena – Olkkola, Klaus – Ruokonen, Esko (toim.): *Anestesiologia ja tehohoito*. Keuruu. Otavan kirjapaino Oy. 166

Pohjois-Karjalan sairaanhoito- ja sosiaalipalvelujen kuntayhtymä 2013. *Palvelutasopäätös*. Joensuu. Yhtymävaltuusto. Pöytäkirja 05.10.2012. Verkkodokumentti.

<<http://webdynasty.pohjoiskarjala.net/PKSSKjulkaisu/kokous/2012241-8.HTM>>. Luettu 15.02.2014

Potilasvahinkolaki 1986. Korvausoikeuden edellytykset. Verkkodokumentti. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1986/19860585>> Luettu 15.12.2013.

Resuscitation 81 (2010). European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation. Section 1. Executive summary. Verkkodokumentti. <<http://resuscitation-guidelines.articleinmotion.com/article/S0300-9572%2810%2900447-8/pdf/european-resuscitation-council-guidelines-for-resuscitation-2010-section-1-executive-summary>>. Luettu 02.02.2014.

Roosa, Jason R. – Vadeboncoeur, Tyler F. – Dommer, Paul B. – Panchal, Ashish R. – Venuti, Mark – Smith, Gary – Silver, Annemarie – Mullins, Annemarie – Spaitte, Daniel – Bobrow, Bentley J. 2013. CPR variability during ground ambulance transport of patients in cardiac arrest. Resuscitation 84 (5). 592–595.

Sainio, Marko – Hoppu, Sanna 2009. Osaammeko elvyttää – toteutuvatko suositukset? Finnanest 42 (5). 424–427.

Sainio, M – Hoppu, S - Heino, A – Olkkola, KT, Tenhunen, J 2008. Sairaalan sisäisen ja –ulkopuolisen elvytyksen laatu simuloidussa elvytystilanteessa. Finnanest 2008, 41 (4).

Salminen, Ari 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Vaasa: Vaasan yliopiston julkaisuja.

Sertifiointi.com. CE-merkintä. Verkkodokumentti. <<http://sertifiointi.com/ce-merkinta/>>.

Siell, Ian G. – Brown, Siobhan P. – Nichol, Graham – Cheskes, Sheldon – Vaillancourt, Christian – Callaway, Clifton W. – Morrison, Laurie J – Christenson, James – Aufderheide, Tom P. – Davis, Daniel P. – Free, Cliff – Hostler, Dave – Stouffer, John A. – Idris, Ahamed H. – and the resuscitation Outcomes Consortium (ROC) Investigators. What is the optimal chest compression depth during out-of-hospital cardiac arrest resuscitation of adult patients? Circulation. September 24, 2014.

Silfvast, Tom 2008. Aikuisen verenkierron ja hengityksen elvytys. Teoksessa Heikkilä, Juhani – Kupari, Markku – Airaksinen, Juhani – Huikuri, Heikki – Nieminen, Markku S – Peuhkurinen, Keijo (toim.): Kardiologia. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy. 1170-1188.

Silfvast, Tom 2008. Painelu-puhalluselvytys. Teoksessa Heikkilä, Juhani – Kupari, Markku – Airaksinen, Juhani – Huikuri, Heikki – Nieminen, Markku S – Peuhkurinen, Keijo (toim.): Kardiologia. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy. 1176-1180.

Sutton, Robert M. – Wolfe, Heather – Nishisaki, Akira – Leffelman, Jessica – Niles, Dana – Meaney, Peter A. – Donoghue, Aaron – Maltese, Matthew R. – Berg, Robert A. – Nadkarni, Vinay M. 2013. Pushing harder, pushing faster, minimizing interruptions... But falling short of 2010 cardiopulmonary resuscitation targets during in-hospital pediatric and adolescent resuscitation. Resuscitation 84 (12). December 2013. 1680-1684.

Tulder, Raphael – Laggner, Roberta - Kienbacher, Calvin - Schmid, Bernhard - Zajicek, Andreas - Haidvogel, Jochen - Sebal, Dieter - Laggner, Anton N. - Herknercorrespondenceemail, Harald - Sterz, Fritz – Eisenburger, Philip 2015. The capability of professional- and lay-rescuers to estimate the chest compression-depth target: A short, randomized experiment. Resuscitation 89. April 2015. 137-141.

Terveystietokanta 2010. Laatu ja potilasturvallisuus. Verkkodokumentti. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2010/20101326?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=Terveystietokanta>> Luettu 1.1.2013

Tilastokeskus 2014. Väestö. Verkkodokumentti. <[http://www.stat.fi/tup/suoluk/suoluk\\_vaesto.html](http://www.stat.fi/tup/suoluk/suoluk_vaesto.html)> Luettu 15.02.2014.

Tilastokeskus 2015. Tilastokeskuksen PX-Web-tietokannat. Pohjois-Karjalan ELY-keskus. Joensuu. Verkkodokumentti. Väestörakennetaulukot. < [http://tilastokeskus.fi/til/vaerak/2013/vaerak\\_2013\\_2014-03-21\\_tie\\_001\\_fi.html](http://tilastokeskus.fi/til/vaerak/2013/vaerak_2013_2014-03-21_tie_001_fi.html)>. Luettu 13.4.2015.

Toivonen, Lauri 2008. Kammiotakykardiat. Teoksessa Heikkilä, Juhani – Kupari, Markku – Airaksinen, Juhani – Huikuri, Heikki – Nieminen, Markku S. – Peuhkurinen, Keijo (toim.): Kardiologia. Jyväskylä. Gummerus Kirjapaino Oy. 599–612.

Tulder, Raphael van - Laggner, Roberta – Kienbacher, Calvin – Schmid, Bernhard – Zajicek, Andreas – Haidvogel, Jochen – Sebald, Dieter – Laggner, Anton N. – Herkner, Harald – Sterz, Fritz – Eisenburger, Philip 2015. The capability of professional- and lay-rescuers to estimate the chest compression-depth target: A short, randomized experiment. *Resuscitation* 89. 137–141.

Tuomivaara, Timo 2005. Tieteellisen tutkimuksen perusteet. Verkkodokumentti. <<http://www.mv.helsinki.fi/home/ttuomiva/Y125luku6.pdf>>. Luettu 13.01.2014.

Työsopimuslaki 2013. Työnantajan ja työntekijän asema työsopimuslain mukaan. Verkkodokumentti. <[https://www.tem.fi/files/26154/Tyosopimuslaki\\_25032013.pdf](https://www.tem.fi/files/26154/Tyosopimuslaki_25032013.pdf)>. Luettu 06.03.2014.

Vadeboncoeur, Tyler – Stolz, Uwe – Ashish, Panchal – Silver, Annemarie – Venuti, Mark – Tobin, John – Smith, Gary – Nunez, Martha – Karamooz, Madalyn – Spaite, Daniel – Bobrow, Bentley 2013. Chest compression depth and survival in out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 85 (2013). 182-188.

Wik, Lars – Kramer-Johansen, Jo – Myklebust, Helge – Sørebo, Hallstein – Svensson, Leif – Steen, Petter, Andreas – Wallace, Sarah K. – Abella, Benjamin S. – Becker, Lance B. 2005. Quality of cardiopulmonary resuscitation during out-of-hospital cardiac arrest. *JAMA* 2005:293 (3). 299-304.

Winfred, Arthur, Jr. – Winston, Bennett, Jr. Stanush, Pamela L. – Mcnelly, Theresa L. 1998. Factors that influence skill decay and retention: A Quantitative Review and Analysis. *Human performance* 11(1). 57-101.

Wallace, Sarah K. – Abella, Benjamin S. – Becker, Lance B. 2013. Quantifying the effect of cardiopulmonary resuscitation quality on cardiac arrest outcome. *Circulation* (6). 148-156.

Yang, Zhengfei – Li, Heng – Yu, Tao – Chen, Changwei – Xu, Jiefeng – Chu, Yueyong – Zhou, Tianen – Jiang, Longyuan – Huang, Zitong 2014. Quality of chest compressions during compression-only CPR: a comparative analysis following the 2005 and 2010 American Heart Association guidelines. *The American Journal of Emergency Medicine*. 32 (1). 50-54.

Yeung, Joyce – Davies, Robin – Gao, Fang – Perkins, Gavin D. 2014. A randomized control trial of prompt and feedback devices and their impact on quality of chest compressions – A simulation study. *Resuscitation* 85 (4). 553–559.

Yeung, Joyce – Meeks, Reylon – Edelson, Dana – Gao, Fang – Jasmeet, Soar – Perkins, Gavin D. 2009. The use of CPR feedback/prompt devices during training and and CPR performance: A systematic review. *Resuscitation* 80 (7). 743-751.

Yhdysvaltain patentti ja tavaramerkkivirasto 2013. Method and apparatus for monitoring manual chest compression efficiency during cpr. Verkkodokumentti.

<[http://appft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect1=PTO2&Sect2=HITOFF&u=%2Fne-tahtml%2FPTO%2Fsearch-](http://appft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect1=PTO2&Sect2=HITOFF&u=%2Fne-tahtml%2FPTO%2Fsearch-adv.html&r=87&f=G&l=50&d=PG01&s1=zoll&p=2&OS=zoll&RS=zoll)

[adv.html&r=87&f=G&l=50&d=PG01&s1=zoll&p=2&OS=zoll&RS=zoll](http://appft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect1=PTO2&Sect2=HITOFF&u=%2Fne-tahtml%2FPTO%2Fsearch-adv.html&r=87&f=G&l=50&d=PG01&s1=zoll&p=2&OS=zoll&RS=zoll)>.

Luettu

27.03.2014.

Yli-Mäyry, Sinikka 2008. Kammioperäiset rytmihäiriöt. Teoksessa Mäkijärvi, Markku – Kettunen, Raimo – Kivelä, Antti – Parikka, Hannu – Yli-Mäyry, Sinikka (toim.): *Sydänsairaudet*. Hämeenlinna. Kariston Kirjapaino Oy. 443–452.

ZOLL Medical Corporation 2012. Real CPR Help –tekniikka. Zoll X Series –käyttöopas (REF 9650-001355-21 Vers. A). ZOLL Medical Corporation. Chelmsford, MA USA. (19-1) – (19-5).

ZOLL Medical Corporation 2012. See Thru-tekniikka. Verkkodokumentti.

<<http://www.zoll.com/medical-technology/cpr/see-thru-cpr/>>. Luettu 03.03.2014.

ZOLL Medical Corporation 2013. ZOLL Technology Supports New AHA Recommendations for Improving CPR Quality. Verkkodokumentti.

<<http://www.zoll.com/news-releases/2013/07/18/technology-supports-aha-recommendations-cpr-quality/>> Luettu 12.12.2013.

## Liite 1. Systemaattinen kirjallisuushaun hakusanat

Medline monikenttähaku, CINAHL (Ebsco) kehittynyt haku, ScienceDirect, asiantuntijahaku
-----------------------------------------------------------------------------------------

Hakusanat:
1. cpr feedback.mp.
2. compression quality.mp.
3. compression fraction.mp.
4. hands-off time.mp.
5. exp cpr compression feedback
6. cpr compression feedback
7. ohca cpr.mp.
8. feedback device.mp.
9. audiovisual feedback.mp.
10. cpr feedback zoll.mp.
11. chest compression
12. chest compression mp.
13. cardiopulmonary resuscitation
14. resuscitation skills nurses
15. resuscitation skills paramedic
16. ventricular fibrillation
17. out-of-hospital cardiac arrest.mp.
18. in-hospital cardiac arrest.mp.
19. AHA 2010 guidelines.mp.
20. ERC 2010.mp.

Haut:	
cardiopulmonary resuscitation	all fields
and feedback device	all fields
and cardiac arrest	all fields
and human	all fields
chest compression fraction	all fields
and no-flow time	all fields
paramedic	all fields
and cardiopulmonary resuscitation	all fields
and quality	all fields
cardiopulmonary resuscitation	all fields
and paramedic	all fields
and quality	all fields
chest	all fields
and compression	all fields
and paramedic	all fields
and study	all fields



## Liite 2. Aikaisemmat tutkimukset

Tutkimuksen tiedot ja ilmestymisvuosi	Tutkimuskohde, muuttujat, hoitosuositus	Tutkimustyyppi, otosko, hoitosuositus	Tulokset	Johtopäätökset
Abella, Benjamin S et al. Quality of cardiopulmonary resuscitation during in-hospital cardiac arrest 2005	Tutkimuksessa mitattiin useita muuttujia, taajuus, syvyys, no-flow fraction. sairaalassa taphtuneissa elvytyksissä ja verrattiin niitä AHA:n ja kansainvälisiin hoitosuosituksiin Tutkimuksessa tutkittiin elvytyksen ensimmäistä 5 minuutin aikajaksoa sekä koko elvytystä.	Prospektiivinen sairaalan sisäisiä sydänpysähdyksiä havainnoiva tutkimus. (N = 67). Hoitosuositus AHA 2005 painelusyvydestä oli tällöin 38-51 mm.	Painelusyvyys oli liian matala. Painelusyvyys oli 37.4% matalampi kuin mitä sen hetkinen hoitosuositus edellytti. Painelutaajuuden keskihajonta (k.a.±s) 102±19 ensimmäiset 5 minuuttia ja 105±21 koko elvytyksessä. Painelusyvyden keskihajonta (k.a.±s) 42±13mm ja 43±14mm	Elvytysten laatu ei vastannut suosituksia hyvin koulutetulla sairaalahenkilökunnallakaan. Elvytyksen hyvän laadun turvaamiseksi tarvitaan palautejärjestelmää elvyttäjälle. Painelusyvyys jäi tutkimuksessa alle 38 mm 37.4 % paineluista. Lisäksi painelutaajuus jäi alle 90 /min 28.1 % arvioiduista 30 sekunnin segmenteistä.
Bobrow, Bentley J. et al. The influence of scenario-based training and real-time audiovisual feedback on out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation quality and survival from out-of-hospital cardiac arrest. 2013	Sairaalan ulkopuolinen elvytys. AHA 2010.	Elvytystapahtumia havainnoiva ennen-jälkeen tutkimus. Lopullinen populaatio tutkimuksessa (n=484) vaihe I (N=1232), vaihe II (N=2252)	Painelusyvyden k.a. pieneni 128 /min arvoon 106 /min. (95 % CI pieneni -26 arvoon -19 painelua) Painelusyvyden k.a. suureni 45.12 mm – 54.61 mm:iin. (95% CI 7.11 mm – 11.9 mm. Mediaani CCF kohosi arvosta 66.2 % arvoon 83.7. (95 % CI 15 – 20.1)	Elvytysharjoittelun implementointi yhdistettynä reaaliaikaiseen audiovisuaaliseen painelupalautteeseen oli itsenäisesti yhdistetty parantuneeseen paineluelvytyksen laatuun, potilaan selviytymisen paranemiseen.

Tutkimuksen tiedot ja ilmestymisvuosi	Tutkimuskohde, muuttujat, hoitosuositus	Tutkimustyyppi, otoskoko, hoitosuositus	Tulokset	Johtopäätökset
Bohn, Andreas et al. The addition of voice prompts to audiovisual feedback and debriefing does not modify CPR quality or outcomes in out of hospital cardiac arrest – A prospective, randomized trial 2010.	Sairaalan ulkopuolinen elvytys. Kahden ryhmän vertailu. Toisella ryhmällä käytössä metronomi ja visuaalinen palaute, toisella lisäksi kehoitteet. Muuttujina painelussyvyys ja taajuus sekä hands-off osuus.	Prospektiivinen, satunnaistettu tutkimus. (N=312) Hoitosuositus AHA 2005, 38-51 mm.	Ryhmien välillä ei ollut sydänpysähdyksestä selviytymisessä eroja. Keskihajonta (k.a.±s) 47.4 mm ± 8.6 mm vs 48.4 mm ± 9.3 mm , p=0.31 Painelutaajuudessa ei ollut eroja, keskihajonta 103.35±6.58 vs 103.25±5.76 /min, p=0.74	Rajoitettu elvytyspalaute yhdistettynä harjoitteluun ja jatkuvaan palautteenantoon auttaa saavuttamaan laadukkaan elvytyksen. Äänikehoitteiden lisääminen ei vaikuta elvytyksen laatuun, eikä sairaalan ulkopuolisesta sydänpysähdyksestä selviämiseen.
Hostler, David et al. Effect of real-time feedback during cardiopulmonary resuscitation outside hospital: prospective, cluster-randomised trial. 2011	Reaaliaikaisen audio sekä visuaalisen painelupalautteen vaikutus sairaalan ulkopuolisen sydänpysähdyksen onnistumiseen.	Klusterirandomisoitu tutkimus (N=1586) , (n=815) elvytystä palautteen avustamana.	k.a. painelutaajuus (n=604) , 103,1, mediaani 103 (96-110). k.a. painelussyvyys (n=529), 39,6 mm, mediaani 40 (35-40). k.a. % CCF n=604	Painelupalaute ei vaikuttanut potilaan spontaanin verenkierron palautumiseen ensihoidossa. Paineluelvytyksen suoritus oli lähempänä hoitosuositusta ryhmässä jossa painelupalautetta käytettiin.

Tutkimuksen tiedot ja ilmestymisvuosi	Tutkimuskohde, muuttajat, hoitosuositus	Tutkimustyyppi, otoskoko, hoitosuositus	Tulokset	Johtopäätökset
<p>Kramer-Johansen, Jo et al. Quality of out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation with real time automated feedback: A prospective interventional study 2006</p>	<p>Tutkimuksen tavoitteena oli verrata sairaalan ulkopuolisen elvytyksen laatua sekä automaattisen palautteen kanssa ja ilman.</p>	<p>Prospektiivinen, ei-satunnaistettu. Ryhmä ilman palautetta (N=176) ja elvytyspalautteen kanssa (N=108). Hoitosuositus AHA 2005 38-51 mm, f &gt; 100 /min.</p>	<p>Palautteen ansiosta painelussyvyyden keskihajonta parantui (k.a.±s) 34±9 millimetristä 38±6 millimetriin. Painelutaajuuden k.a.±(s) pienentyi arvosta 121±18 arvoon 109±12/min.</p>	<p>Automaattinen palaute paransi elvytyksen laatua.</p>
<p>Oermann, Marilyn H. et al. Competence in CPR 2012</p>	<p>Yhdysvaltalaisen hoitajaopiskelijoiden elvytyskompetenssi. Tutkimuksessa käytettiin Resusci Anne SkillReporter nukkea. Muuttujina olivat painelussyvyys sekä painelutaajuus.</p>	<p>Seurantatutkimus 3 kk välein hoitajaopiskelijoiden elvytystaitojen kehittymisestä. N=606. Koeryhmä harjoitteli elvytystaitoja nuken äänipalautteen ohjaamana kerran kuukaudessa 6 minuutin ajan. Verrokkiryhmällä ei harjoitellut esikoulutuksen jälkeen. AHA 2010</p>	<p>Opiskelijoista (N=606) vain 4% (n=24) saavutti oikean painelussyvyyden ≥51 mm. Oikean painelutaajuuden ≥100 /min saavutti 72% (n=438). Hoitajaopiskelijoista 96% (n=581) ei saavuttanut oikeaa painelussyvyttä eikä taajuutta 28% (n=167).</p>	<p>Oikean painelussyvyyden saavuttaminen ja painelun oikeaoppinen suorittaminen on äärimmäisen tärkeää. Terveystieteiden ammattilaiset tarvitsevat elvytyspalautteen ohjaamaan kuinka syväälle he painavat potilaan rintakehää elvyttäessä.</p>

Tutkimuksen tiedot ja ilmestymisvuosi	Tutkimuskohde, muuttujat, hoitosuositus	Tutkimustyyppi, otoskoko, hoitosuositus	Tulokset	Johtopäätökset
<p>Roosa, Jason R. et al. CPR variability during ground ambulance transport of patients in cardiac arrest. 2013</p>	<p>Sairaalan ulkopuolisen sydänpysähdyksen saaneen aikuispotilaan elvytyksen laatu. Ensihoitajien elvytystoimintaa vertailtiin kohteessa, kuljetuksen aikana sekä sairaalaan saavuttua. Tutkimusaineisto kerättiin Arizonassa, Yhdysvalloissa syyskuun 2008 ja helmikuun 2010 välisen aikana. Muuttujina painelusyvyys, painelutaajuus sekä CCF.</p>	<p>Prospektiivinen havainnoiva tutkimus. (N= 95). Tutkimusjoukko (n=57). AHA 2005.</p>	<p>Painelusyvyiden k.a. ± (s) mm kohteessa 44,19 ± 10,90 kuljetuksen aikana 42,67 ± 10,92 ja sairaalassa 43,94 ± 10,92. Painelutaajuus k.a. ± (s) kohteessa 109 ± 23, kohteessa 106 ± 25 ja sairaalassa 100 ± 36. CCF sekä (95 % CI) kohteessa 60,6 % (60,5 – 70,9), kuljetuksen aikana 65,7 % (60,5 – 70,9) ja sairaalassa 56,7 (49,6 – 63,8)</p>	<p>Tutkimuksessa havaittiin vaihtelua elvytyksen laadussa kohteessa tapahtunutta elvytystä sekä kuljetuksen aikaista ja sairaalassa tapahtunutta elvytystä vertailtaessa. Painelusyvydessä oli vaihtelua kohde: 5,08 mm ,kuljetus: 6,60 mm ja sairaala 7,78 mm (p=0,01). Painelutaajuudessa vaihtelu oli kohde: 18.2, kuljetus: 26.1 ja sairaala 26.3 /min. Keskiarvot muuttujista eivät poikenneet merkittävästi eri ryhmien välillä.</p>
<p>Sainio, M et al. Sairaalan sisäisen ja – ulkopuolisen elvytyksen laatu simuloitussa elvytystilanteessa. 2009</p>	<p>Tutkimuskohteena oli vertailla elvytyksen laatua sekä sairaalan sisäisen että sairaalan ulkopuolisen toimijan toteuttamana. Vertailussa oli Tampereen yliopistollisen sairaalan leikkausosasto ja Turun aluepelastuslaitos</p>	<p>Populaatio (N=38) Sairaalan sisäinen elvytys (n=19) ja sairaalan ulkopuolinen elvytys (n=19). AHA 2005 38 - 51 mm, f &gt; 100 /min.</p>	<p>Painelusyvyiden k.a.±(s) Turku 41 ± (5) mm Tampere 38 ± (7) mm  Painelutaajuus k.a. ± (s) Turku 112 ± (3) /min Tampere 113 ± (13) /min.</p>	<p>Turussa painelutaajuus parempi. Painelusyvyys molemmissa hoitosuosituksen mukaista. Painelutaajuus hoitosuosituksen mukaista &gt; 100 /min.</p>

Tutkimuksen tiedot ja ilmestymisvuosi	Tutkimuskohde, muuttujat	Tutkimustyyppi, otoskoko, hoitosuositus	Tulokset	Johtopäätökset
Sainio, M. – Hoppu S. Osaammeko elvyttää – toteutuvatko suositukset 2009	Arviointi lääkärihelikopteri Medi-Heli 02 elvytystilanteista.	Medi-Heli 02 kohtaamat potilaat lokakuun 2008 – maaliskuun 2009 aikana (N=25). AHA 2005.	Keskimääräinen painelutaajuus sekä painelussyvyys oli k.a. $\pm$ (s) $109 \pm 7$ /min, $40 \pm (5.3)$ mm. Riittävä painelussyvyys saavutettiin 77 % (52 – 90) paineluista.	Elvytys oli sen hetkisten hoitosuosistusten mukaan laadukasta. Duodecim suositukset taajuus= 90 – 120 ja syvyys 40 – 50 mm. Elvytysuositukset eivät kuitenkaan toteudu käytännön tilanteista.
Sutton, Robert M. et al. Pushing harder, pushing faster, minimizing interruptions... But falling short of 2010 cardiopulmonary resuscitation targets during in-hospital pediatric and adolescent resuscitation. 2013	Tutkimuksessa arvioitiin lasten ja nuorten elvytyksen laatua vuoden 2005 ja 2010 hoitosuosituksiin nähden. Muuttujat: painelutaajuus, painelussyvyys ja CCF.	Havainnoiva ennen-jälkeen tutkimus. (N=45) AHA 2010.	2010 ja 2005 hoitosuosistusten vertailu k.a. syvyys $\pm$ (s) olivat $50 \pm (13)$ vs. $43 \pm (9)$ mm, (p=0.047). Taajuus $113 \pm 11$ /min vs. $104 \pm 8$ /min. CCF 0,94 [0.93, 0.96] vs. 09 [0.85, 0.94], (p=0.013).	Vuonna 2010 muuttuneiden hoitosuosistusten optimiarvojen saavuttaminen painelussyvyyden ja painelutaajuuden osalta on vaikeampaa. Vuoden 2010 hoitosuositukset yhdistetään kasvaneeseen paineluelvytyksen taajuuteen, syvyyteen sekä CCF:oon.

Tutkimuksen tiedot ja ilmestymisvuosi	Tutkimuskohde, muuttujat	Tutkimustyyppi, otoskoko, hoitosuositus	Tulokset	Johtopäätökset
Vadeboncoeur, Tyler et al. Chest compression depth and survival in out-of-hospital cardiac arrest. 2013	Tutkijat tutkijat onko painelussyvyyden ja selviämisen välillä yhteys. Tutkimusaineisto kerättiin Arizonassa, Yhdysvalloissa Mesan palolaitoksen sekä Guardian Medical transport toimijan suorittamista elvytyksistä.	Sairaalan ulkopuolisen sydänpysähdyksen saaneet potilaat (N=593) AHA 2010 $\geq 50$ mm, f=100 – 120 /min	Keskiarvo painelussyvyys oli k.a.±(s) oli 49,8± 11,0 mm ja painelutaajuuden k.a.± s 113± (18,1)mm. Selvityneillä oli suurempi painelussyvyys (53,6 mm, 95 % CI:50,5-56,7)	Suurempi painelussyvyys on yhdistettävissä parempaan selviytymiseen sairaalan ulkopuolisesta sydänpysähdyksestä. Jokainen 5 mm lisäys painelussyvyyden keskiarvoon parantaa selviytymistä.
Yang et al. Quality of chest compressions during compression-only CPR: a comparative analysis following the 2005 and 2010 American Heart Association guidelines. 2014	Elvyttäjän väsyminen. Hoitosuosituksista vertailtava sekä AHA 2005 että AHA 2010 suositukset ja niiden vaikutus elvyttäjän väsymiseen. Elvytysnukke Anne Skill Reporter.	AHA 2005 ryhmä (n=39), AHA 2010 ryhmä (n=42). AHA 2005, 38 – 51 mm, f > 100 //min. AHA 2010 $\geq 50$ mm, f=100 – 120 /min.	Elvytyksen laatu parani AHA 2010 suositusten myötä. AHA 2005 tulokset laskivat 1 – 8 min. aikana k.a ± (s) 60 ± 33 tuloksesta 28 ± 44 tulokseen. AHA 2010 ryhmässä tuloksesta k.a. ± (s) 60 ± 33 tuloksesta 8 ± 24 tulokseen p=0,05 sekä AHA 2010 ryhmässä miehillä tuloksesta 116 ± 19 tulokseen 92 ± 48, p=0.01.	AHA 2010 ryhmässä suurempi syvyys sekä painelutaajuus ovat elvyttäjän vaikeampia saavuttaa. Adekvaattien paineluiden määrä laski tilastollisesti erittäin merkitsevästi.

## Liite 3. Aikaisempien tutkimusten vertailu

Tutkimus ja paineluelvityskohde, suositus	Syvyys k.a. mm	± SD	95 % CI min	95 % CI max	Ero hoitosuos. alarajaan %	Ero hoitosuos. yläraajaan %	Pkpela k.a. mm	± SD	Pkpela syvyys CI min	Pkpela syvyys CI max	Aik. tutk. f k.a.	± SD	95 % CI min	95 % CI max	Pkpela taajuus	± SD	Pkpela 95 % CI min	Pkpela 95 % CI max
Kramer-Johansen ym. 2006 (ihminen), AHA 2005 N=108	38,00	± 6,00	32,00	44,00	-15,79	-13,73	48,10	± 12,13	35,97	60,23	109,0	± 12,0	97,00	121,00	115,97	± 19,05	96,92	135,02
Abella ym. 2007 (ihminen), AHA 2005, N=55	44,00	± 10,00	34,00	54,00	-10,53	5,88	48,10	± 12,13	35,97	60,23	100,0	± 13,0	87,00	113,00	115,97	± 19,05	96,92	135,02
Sainio 2008 ym. nukke TAYS, AHA 2005, N=19	38,00	± 7,00	31,00	45,00	-18,42	-11,76	48,10	± 12,13	35,97	60,23	113,0	± 13,0	100,00	126,00	115,97	± 19,05	96,92	135,02
Sainio ym. 2008 (nukke) Turku Pela, AHA 2005, N=19	41,00	± 5,00	36,00	46,00	-5,26	-9,80	48,10	± 12,13	35,97	60,23	112,0	± 3,0	109,00	115,00	115,97	± 19,05	96,92	135,02
Sainio 2009 ym. Medi-Heli 02, (ihminen), AHA 2005, N=25	40,00	± 5,30	34,70	45,30	-8,68	-11,18	48,10	± 12,13	35,97	60,23	109,0	± 7,0	102,00	116,00	115,97	± 19,05	96,92	135,02
Hostler ym. 2011 (ihminen) AHA 2005, n=815	39,60	± 0,40	39,20	40,00	3,16	-21,57	48,10	± 12,13	35,97	60,23	103,1	± 0,5	102,60	103,60	115,97	± 19,05	96,92	135,02
Vadeboncoeur ym. 2013 (ihminen) , AHA 2010, N=593	49,80	± 11,00	38,80	60,80	-23,92	1,33	48,10	± 12,13	35,97	60,23	113,9	± 18,1	95,80	132,00	115,97	± 19,05	96,92	135,02
Vadeboncoeur ym. 2013 (ihminen) selviytyjät AHA 2010, N=63	53,60	± 3,10	50,50	56,70	-0,98	-5,50	48,10	± 12,13	35,97	60,23	113,5	± 5,1	108,40	118,60	115,97	± 19,05	96,92	135,02
Sutton ym. 2013 (ihminen), AHA 2005, N=25	43,00	± 9,00	34,00	52,00	-10,53	1,67	48,10	± 12,13	35,97	60,23	104,0	± 8,0	96,00	112,00	115,97	± 19,05	96,92	135,02
Sutton ym. 2013 (ihminen), AHA 2010, N=20	50,00	± 13,00	37,00	63,00	-27,45	5,00	48,10	± 12,13	35,97	60,23	113,0	± 11,0	102,00	124,00	115,97	± 19,05	96,92	135,02
Roosa ym. 2013. (Ihminen), AHA 2005, N=57, kohde	44,20	± 10,92	33,28	55,12	-12,42	8,08	48,10	± 12,13	35,97	60,23	109,0	± 23,0	86,00	132,00	115,97	± 19,05	96,92	135,02
Roosa ym. 2013. (Ihminen), AHA 2005, N=57, autossa	42,67	± 10,92	31,75	53,59	-16,45	5,08	48,10	± 12,13	35,97	60,23	106,0	± 25,0	81,00	131,00	115,97	± 19,05	96,92	135,02
Roosa ym. 2013. (Ihminen), AHA 2005, N=57, ensiapu	43,94	± 10,92	33,02	54,86	-13,11	7,57	48,10	± 12,13	35,97	60,23	100,0	± 36,0	64,00	136,00	115,97	± 19,05	96,92	135,02
Bobrow ym. 2013. (ihminen) AHA 2010, n=484	54,61	±	53,09	56,39	4,10	-6,02	48,10	± 12,13	35,97	60,23	106,0	±	103,00	108,00	115,97	± 19,05	96,92	135,02
Oermann 2012 opiskelijat (nukke) opiskelija AHA 2010 suosituksen saavuttaneet	54,10	± 3,20	50,90	57,30	-0,26	-4,50	48,10	± 12,13	35,97	60,23	113,5	± 12,0	101,50	125,50	115,97	± 19,05	96,92	135,02
Oermann 2012 opiskelijat (nukke) opiskelija, AHA 2010 ei hoitosuosituksista saavuttaneet	34,50	± 8,80	31,30	43,30	-51,84	-15,10	48,10	± 12,13	35,97	60,23	90,7	± 12,2	78,50	102,90	115,97	± 19,05	96,92	135,02
Noordergraaf ym. 2006 (nukke), AHA 2005, n=112	45,00	± 4,00	41,00	49,00	7,89	-3,92	48,10	± 12,13	35,97	60,23	102,0	± 10,0	92,00	112,00	115,97	± 19,05	96,92	135,02
Skorning ym. 2010 (nukke), AHA 2005, n=93	48,90	± 4,30	44,60	53,20	17,37	4,31	48,10	± 12,13	35,97	60,23	107,0	± 9,9	97,10	116,90	115,97	± 19,05	96,92	135,02
Yeung ym. 2011 (nukke), AHA 2005, n=25	33,20	± 4,90	38,10	38,10	0,26	-25,29	48,10	± 12,13	35,97	60,23	102,9	± 21,0	81,90	123,90	115,97	± 19,05	96,92	135,02
Yeung ym. 2011 (nukke) CPREzy, AHA 2005, n=25	43,60	± 8,80	34,80	52,40	-8,42	2,75	48,10	± 12,13	35,97	60,23	98,8	± 12,4	86,40	111,20	115,97	± 19,05	96,92	135,02
Fischer ym. 2011 (nukke), AHA 2005, n=34	39,00	± 6,00	33,00	45,00	-13,16	-11,76	48,10	± 12,13	35,97	60,23	101,0	± 6,0	95,00	107,00	115,97	± 19,05	96,92	135,02
Pozner ym. 2011 (nukke), AHA 2005, n=34	51,00	± 9,00	42,00	60,00	10,53	17,65	48,10	± 12,13	35,97	60,23	101,0	± 9,7	91,30	110,70	115,97	± 19,05	96,92	135,02
Lyngeraa ym. 2012(nukke), AHA 2010, n=26	59,10	± 8,10	51,00	67,20	0,00	12,00	48,10	± 12,13	35,97	60,23	103,0	± 9,5	93,50	112,50	115,97	± 19,05	96,92	135,02

d k.a painelussyvyyden keskiarvo

f k.a painelutaajuuden keskiarvo

Tutkimus ja paineluelvityskohde, suositus	d k.a. ero %	d k.a. ero mm.	d 95 % CI min ero %	d 95 % CI max ero %	f k.a. ero %	f k.a. ero krt/min	f 95 % CI min ero %	f 95 % CI max ero %
Kramer-Johansen ym. 2006 (ihminen), AHA 2005 N=108	26,58 %	10,10	12,41 %	36,89 %	6,39 %	6,97	-0,08 %	11,59 %
Abella ym. 2007 (ihminen), AHA 2005, N=55	9,32 %	4,10	5,79 %	11,54 %	15,97 %	15,97	11,40 %	19,49 %
Sainio 2008 ym. nukke TAYS, AHA 2005, N=19	26,58 %	10,10	16,03 %	33,84 %	2,63 %	2,97	-3,08 %	7,16 %
Sainio ym. 2008 (nukke) Turku Pela, AHA 2005, N=19	17,32 %	7,10	-0,08 %	30,93 %	3,54 %	3,97	-11,08 %	17,41 %
Sainio 2009 ym. Medi-Heli 02, (ihminen), AHA 2005, N=25	20,25 %	8,10	3,66 %	32,96 %	6,39 %	6,97	-4,98 %	16,40 %
Hostler ym. 2011 (ihminen) AHA 2005, n=815	21,46 %	8,50	-8,24 %	50,58 %	12,48 %	12,87	-5,54 %	30,33 %
Vadeboncoeur ym. 2013 (ihminen) , AHA 2010, N=593	-3,41 %	-1,70	-7,29 %	-0,94 %	1,82 %	2,07	1,17 %	2,29 %
Vadeboncoeur ym. 2013 (ihminen) selviytyjät AHA 2010, N=63	-10,26 %	-5,50	-28,77 %	6,23 %	2,18 %	2,47	-10,59 %	13,84 %
Sutton ym. 2013 (ihminen), AHA 2005, N=25	11,86 %	5,10	5,79 %	15,83 %	11,51 %	11,97	0,96 %	20,55 %
Sutton ym. 2013 (ihminen), AHA 2010, N=20	-3,80 %	-1,90	-2,78 %	-4,40 %	2,63 %	2,97	-4,98 %	8,89 %
Roosa ym. 2013. (Ihminen), AHA 2005, N=57, kohde	8,82 %	3,90	8,08 %	9,27 %	6,39 %	6,97	12,70 %	2,29 %
Roosa ym. 2013. (Ihminen), AHA 2005, N=57, autossa	12,73 %	5,43	13,29 %	12,39 %	9,41 %	9,97	19,65 %	3,07 %
Roosa ym. 2013. (Ihminen), AHA 2005, N=57, ensiapu	9,47 %	4,16	8,93 %	9,79 %	15,97 %	15,97	51,44 %	-0,72 %
Bobrow ym. 2013. (ihminen) AHA 2010, n=484	-11,92 %	-6,51	-32,25 %	6,81 %	9,41 %	9,97	-5,90 %	25,02 %
Oermann 2012 opiskelijat (nukke) opiskelija AHA 2010 suosituksen saavuttaneet	-11,09 %	-6,00	-29,33 %	5,11 %	2,18 %	2,47	-4,51 %	7,59 %
Oermann 2012 opiskelijat (nukke) opiskelija, AHA 2010 ei hoitosuosituksista saavuttaneet	39,42 %	13,60	14,92 %	39,10 %	27,86 %	25,27	23,46 %	31,21 %
Noordergraaf ym. 2006 (nukke), AHA 2005, n=112	6,89 %	3,10	-12,27 %	22,92 %	13,70 %	13,97	5,35 %	20,55 %
Skorning ym. 2010 (nukke), AHA 2005, n=93	-1,64 %	-0,80	-19,35 %	13,21 %	8,38 %	8,97	-0,19 %	15,50 %
Yeung ym. 2011 (nukke), AHA 2005, n=25	44,88 %	14,90	-5,59 %	58,08 %	12,70 %	13,07	18,34 %	8,97 %
Yeung ym. 2011 (nukke) CPREzy, AHA 2005, n=25	10,32 %	4,50	3,36 %	14,94 %	17,38 %	17,17	12,18 %	21,42 %
Fischer ym. 2011 (nukke), AHA 2005, n=34	23,33 %	9,10	9,00 %	33,84 %	14,82 %	14,97	2,02 %	26,19 %
Pozner ym. 2011 (nukke), AHA 2005, n=34	-5,69 %	-2,90	-14,36 %	0,38 %	14,82 %	14,97	6,16 %	21,97 %
Lyngeraa ym. 2012(nukke), AHA 2010, n=26	-18,61 %	-11,00	-29,47 %	-10,37 %	12,59 %	12,97	3,66 %	20,02 %
k.a. ero kaikista	9,69 %	3,28	-3,85 %	18,65 %	10,05 %	10,26	5,11 %	15,26 %
k.a. ero ihmistutkimuksiin	7,59 %	2,82	-1,78 %	15,58 %	8,38 %	8,76	5,44 %	12,75 %
k.a. ero nukketutkimuksiin	11,97 %	3,79	-6,10 %	22,00 %	11,87 %	11,89	4,75 %	18,00 %



## Liite 4. Tutkimuslupahakemus

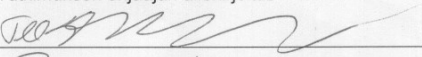
Metropolia		TUTKIMUSLUPAHAKEMUS 1 (4)	
Hakijan tiedot	Nimi	Roni Turunen ja Arto Suomalainen	
	Katuosoite	Postinumero	Postitoimipaikka
	Puhelin	Sähköpostiosoite	
	Tutkimuslaitos, oppilaitos tai muu yhteisö	Hakijan tehtävä/virka-asema	
	Metropolia Ylempi Ammattikorkeakoulu	Ensihoitaja	
Tutkimuksen ohjaaja	Nimi	Oppiarvo ja ammatti	
	Tero Laakkonen	Kenttäjohtaja Pohjois-Karjalan Pelastuslaitos	
	Toimipaikka ja osoite		
	Puhelin	Sähköpostiosoite	
Päiväys ja allekirjoitus	Paikka ja päivämäärä	Joensuussa	9/11/2013
	Paikka ja päivämäärä	Joensuussa	20/11/2013
Valmistelija täyttää	<input type="checkbox"/> Puollan tutkimusluvan myöntämistä		<input type="checkbox"/> En puolla tutkimusluvan myöntämistä
	Perustelut		
Päiväys ja valmistelijan allekirjoitus	Paikka ja päivämäärä	Valmistelijan allekirjoitus ja nimen selvennys	
Päätätä täyttää	Tutkimusluvan myöntäminen		
	<input type="checkbox"/> Tutkimuslupa myönnetään		<input type="checkbox"/> Tutkimuslupaa ei myönnetä
	Myöntämisen ehdot		
	<input type="checkbox"/> Tutkimuksen myöntämisen ja tietojen luovuttamisen ehtona on, että tutkimuksen tekijä sitoutuu huolehtimaan tietojen käsittelystä ottaen huomioon henkilötietojen käsittelyä koskevan lainsäädännön. Tutkimuksen tekijä on velvollinen käyttämään tietoja luottamuksellisesti ja ainoastaan tämän tutkimuksen tekemiseksi. Tutkimuksen valistuttua tiedot on hävitettävä asianmukaisella tavalla.		
<input type="checkbox"/> Hakijan tulee toimittaa valmis raportti tutkimuksen valmistuttua			
<input type="checkbox"/> Muut ehdot			
Perustelut myöntämättä jättämiselle			
Päiväys ja päättäjän allekirjoitus	Paikka ja päivämäärä	Riitta Konkola, rehtori	
Tiedottaminen päätöksestä	<input type="checkbox"/> tutkimusluvan hakijalle <input type="checkbox"/> tietohallintojohtajalle <input type="checkbox"/> henkilöstöjohtajalle <input type="checkbox"/> opintotoimistonpäällikölle <input type="checkbox"/> TKI-kehityspalveluihin <input type="checkbox"/>		

**TIIVISTELMÄ TUTKIMUSSUUNNITELMASTA**

<b>Tutkimuksen tekijä/ -t</b>	Suomalainen Arto ja Turunen Roni
<b>Tutkimuksen nimi</b>	Paineluevityksen laatu Pohjois-Karjalan pelastuslaitoksella
<b>Tutkimuksen tausta</b>	-Aihe on saatu työnantajaltamme P-K:n pelastuslaitokselta. -Pelastuslaitos haluaa tietoa paineluevityksen laadusta -Aihetta ei ole tutkittu aikaisemmin Pohjois-Karjalan alueella
<b>Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimus-ongelmat</b>	Tavoitteena kerätä tietoa paineluevityksen laadusta Ongelmat: - Onko painelu riittävän syvää? - Onko taajuus oikea? - Ovatko tauot (hands-off) liian pitkiä?
<b>Tutkimuksen aikataulu</b>	- Tutkimussuunnitelma joulukuun 2013 loppuun mennessä. - Aineiston kerääminen aloitetaan viimeistään tammikuussa 2014 - Väliarvio tutkittavan aineiston määrästä huhtikuussa 2014 - Aineiston kerääminen lopetetaan kesäkuussa 2014 - Tutkimustulosten analysointi aloitetaan heinäkuussa 2014 - Johtopäätökset ja loppuraportti valmis lokakuussa 2014
<b>Liittyykö tutkimukseen tutkimus-eettisiä ongelmia? Jos liittyy, mitä?</b>	Ei
<b>Metropolia ammattikorkeakoulun rooli tutkimuksessa (vastuut, velvollisuudet ja hyöty)</b>	Koulutuspäällikkö Pauliina Mansikkamäki on opinnäytetyön ohjaaja.



## TUTKIMUSLUPAHAKEMUS 3 (4)

<b>Tutkimuksen budjetti ja rahoittajat</b>	Pelastuslaitos hankkii informaatiota keräävät defibrillaatio elektrodit ja USB- muistitikut (n. 30 kpl). Pelastuslaitoksen kulkuneuvoilla voi tarvittaessa liikkua Pohjois-Karjalan pelastuslaitoksen paloasemien välillä opinnäytetyöhön liittyvissä asioissa.	
<b>Päiväys ja allekirjoitus</b>	Paikka ja päivämäärä JOENSUUSSA 27.11.2013	Tutkimuksen ohjaajan allekirjoitus 

Helsinki

10.12.2013

Paulina Mäntylä  
PAULINA MÄNTYLÄ, METROPOLIA**Liitteet**

- Tutkimussuunnitelma
- Rekisteriseloste
- Tutkimuseettinen ennakoarvointilausunto
- Muut liitteet (esim. kyselylomake) \_\_\_\_\_

## Liite 5. Ohjeistus ensihoitoyksiköiden autokohtaisiin kansioihin

**ELEKTRODIEN SJOITTAMINEN****Rinta-rinta (sydämen kärki/kylki ja rintalasta)**

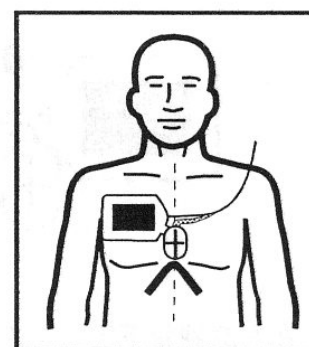
Suositteltaan ainoastaan defibrillaatiota ja EKG-tarkkailua varten.

- ⚠ Ei suositella ei-invasiiviseen tahdistukseen. Jos tätä kiinnitystapaa käytetään ei-invasiiviseen tahdistukseen, seurauksena voi olla potilaan sietokyvyn heikkeneminen ja mittauksen kynnsarvon kohoaminen.

**Rintalasta:**

Ota kiinni selkä-/rintalastaelektrodin alareunasta ja irrota muovisuojus. Kiinnitä potilaan yläruumiin oikeaan yläosaan.

- ⚠ Vältä koskettamasta nänniä geelialueella. Nännin iho palaa herkemmin kuin muu iho.

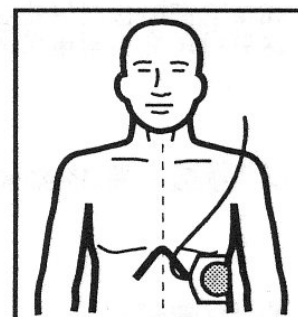


RINTALASTA

**Sydämen kärki/kylki:**

Ota kiinni sydämen kärki-/rintaelektrodin alareunasta ja irrota muovisuojus. Aseta siten, että geelialueen yläreuna on miespotilailla rintalihaksen alareunan kohdalla. Aseta elektrodi naisille rinnan alle.

- ⚠ Sydämen kärkielektrodin sijoituskohta vaihtelee hieman rinta-rinta-kiinnityksessä. Mitä kauemmas rintalastan keskiviivasta elektrodi sijoitetaan, sitä suurempaan osaan sydänlihaksesta virta kohdistuu.



SYDÄMEN KÄRKI/KYLKI

Opiskele aiheeseen liittyvä materiaali pelastuslaitoksen Moodlesta.

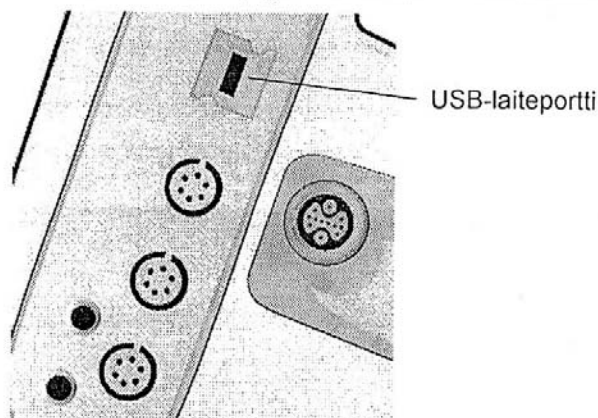
HUOM ! Katso myös toinen sijoittelutapa CPR stat-padz käyttöohjeesta mikäli käytät tahdistusta tai kardioversiota.

Lähde: CPR stat-padz käyttöohje.




## Tietojen siirtäminen USB-laitteeseen

Voit siirtää potilastietoja laitteesta USB-tallennusvälineellä.

Ennen kuin aloitat, työnnä USB-laite X Series -laitteen USB-laitteporttiin.



Tietojen siirtäminen USB-portin kautta:

1. Käynnistä laite painamalla virtakytkintä.
2. Paina -painiketta.
3. Paina -painiketta.
4. Paina Siirrä loki -pikapainiketta () (varmistu, että USB-asema on kytketty laitteeseen).




**Huomautus:** Älä irrota USB-tietoasemaa X Series -laitteesta siirron aikana.

5. Valitse selauspainikkeilla **Siirrä** Siirrä loki -valikosta.
6. Laitteen päällä oleva vihreä merkkivalo syttyy, kun laite siirtää tietoja USB-laitteeseen.

**Huomautus:** Odota, että lokisiirto päättyy ja että X Series -laitteen päällä oleva vihreä merkkivalo sammuu, ennen kuin irrotat USB-aseman.

### Lokin tyhjentäminen

Sinun täytyy tyhjentää potilastietoloki, kun olet siirtänyt tiedot USB-laitteeseen tai kun loki on täynnä.

1. Paina -painiketta.
2. Paina -painiketta.
3. Paina Tyhjennä loki -pikapainiketta ()
4. Valitse selauspainikkeilla **Kyllä**.

Lähde: ZOLL X-Series käyttöohje.

HUOM ! TUTKIMUKSEEN HUOMIOIDAAN KAIKKI AIKUISTEN POTILAIEN ELVYTYSTILANTEET, MYÖS X-1 JOHTANEET.

Ohje Pohjois-Karjalan keskussairaalassa olevaan keräyslaatikkoon sekä auto-kohtaisiin kansioihin

## **TÄMÄ KOSKEE AINOASTAAN PELASTUSLAITOKSEN HENKILÖKUNTA**

**Tiedoksi ensiavun henkilökunnalle.**

### **PAINELUELVYTYKSEN LAATU TUTKIMUS, POHJOIS-KARJALAN PELASTUSLAITOS**

Olemme kaksi opiskelijaa, Arto Suomalainen ja Roni Turunen, työskentelemme Pohjois-Karjalan pelastuslaitoksella ensihoitajina ja opiskelemme Metropolia Ammattikorkeakoulussa, Sosiaali- ja terveysalan kehittäminen ja johtaminen koulutusohjelmassa (YAMK), ensihoitopalveluiden johtamista.

Teemme tutkimusta opinnäytetyöhömmme liittyen paineluevlytyksen laadusta Pohjois-Karjalan pelastuslaitoksen alueella, tutkimuksen toimeksiantajana on pelastuslaitos. Työelämäohjaajana toimii kenttäjohtaja Tero Laakkonen. Tutkimusaineisto kootaan ensihoitoyksiköistä, joissa on Zoll X-Series defibrillaattori. Tutkimuksessa huomioidaan kaikki elottomat aikuispotilaat, joille on aloitettu paineluevlytys ja käytetty Zoll X-Series defibrillaattoria ja Stat-Padz elektrodeja, joilla pystytään keräämään dataa elvytystapahtumasta. Tutkimuksessa huomioidaan myös X-1 palautuskoodiin johtaneet elvytysyritykset. Tutkimusaineistoa kerätään tammikuun ja heinäkuun 2014 välisenä aikana.

Tutkimuksessa selvitetään ja kiinnitetään huomiota paineluevlytyksen:

- syvyyteen
- hands-off aikaan
- frekvenssiin

Tulokset analysoimalla saadaan tietoa paineluevlytyksen laadusta Pohjois-Karjalan pelastuslaitoksen toimialueella ja saatujen tutkimustulosten ansiosta organisaatio kehittää potilasturvallisuutta, paineluevlytyksen laatua sekä tarvittaessa kohdentaa koulutusta.

Tutkimuksessa kaikki potilaat pysyvät anonyymeinä ja heidän henkilötietojaan ei käsitellä missään tutkimuksen vaiheessa. Tutkimus keskittyy vain analysoimaan edellämainittuja seikkoja. Tutkimukseen osallistuvan ensihoitohenkilökunnan on huolehdyttävä siitä, että jokainen elvytystapahtuma tallennetaan asianmukaisesti USB-muistitikulle. Katso kirjallinen ohje sekä videot pelastuslaitoksen Moodle-oppimisympäristöstä. Tutkimustulokset analysoidaan Zoll RescueNet Code Review ohjelmalla ja tulokset julkaistaan vuoden 2014 loppuun mennessä.

Yhteistyöstä kiittäen: Arto Suomalainen Roni Turunen

Liite 6. Ohjeistus ja video pelastuslaitoksen Moodle-oppimisympäristöön

**Ohje ensihoitajille ja pelastajille liittyen painantaelytyksen laatu tutkimukseen**

Elvytystutkimus alkaa 01.01.2014

Elvytyksessä Zoll X-Series defibrillaattorilla käytetään aina Stat-Padz elektrodeja. Stat-Padz elektrodeja käytettäessä on AINA käytettävä Zollin mukana tulevaa "loosa adapteri"ä, kun

Elvytystapahtumat siirretään väkitoimisesti USB-muistikitulle. Katso tarkoituksellinen ohje sekä pelastuslaitoksen Moodlesta oleva video.

Käikki elvytystapahtumat sekä elvytystyökset, myös X-1 palautuskoodin jotta ne siirretään USB-muistikitulle ja muistikitulle palautetaan mahdollisimman pian keskuksittain ensisanaa siirretään väkitoimisesti olevaan punaiseen lukittuun postilaatikkoon, jossa lukee "elvytystutkimus".

Tilanteissa, jossa ensivasteyksikkö on jo aloittanut elvytyksen ja he ovat laittaneet omat defielektrodit postilaatteen, vaihdetaan Zollin Stat-Padz elektrodit, jos EVY on elvytys alle 20 min omilla defielektrodeillaan.

X-1 tehtävien jälkeen muistikitulle on toimitettava keskuksittain olevaan laatikkoon seuraavalla tehtävällä jolla yksikkö käy keskuksittain.

Kun olet pudottanut elvytystapahtuman sisältävän muistikitun punaiseen postilaatikkoon, ota uusi tyhjä muistikitulle postilaatikon viereisä olevasta korista.

Postiaan luovutuksen jälkeen voit hakea uudet Zoll Stat-Padz elektrodit L4 toimistosta.

Muista työntekijä tuki joka sumuntai sekä kun olet tallentanut elvytystapahtuman USB-muistikitulle.

Alla videot joiha ohjelutettu elektroden liitto, tiedonlirto USB tikulle ja laitteen leki tiedoston tyhjennys.

- Video: Zoll X, elektrodit
- Video: Zoll X, leki tiedoston pallo
- Video: Zoll X, tapahtuman siirto USB muistikitulle
- Lamitroitava ohje tutkimuksesta ensihoitoyksikolta

## Liite 7. Lääkintälaitteen sertifiikaatit (2013).

**ZOLL.****DECLARATION OF CONFORMITY**

ZOLL Medical Corporation  
269 Mill Road  
Chelmsford, MA 01824-4105 USA



ZOLL International Holding B.V.  
Newtonweg 18  
6662 PV ELST  
The Netherlands

**Product:**  
ZOLL X Series®

ZOLL declares that the above products conform to European Council Directive 93/42/EEC (Medical Device Directive) Class IIb per rule 9 of Annex IX, assessed per Annex II.

This declaration applies to CE marked devices produced after the date of issuance of this declaration and before it is either superseded by another declaration or withdrawn.

The quality system under which these products were designed and manufactured has been found to be in compliance with the Medical Device Directive including European Standard EN ISO 13485:2012/AC:2012 certified by the Notified Body TÜV SÜD Product Service GmbH, Ridlerstr. 65, 80339 München, Germany (Notified Body Number 0123).

6 November 2013

Paul Dias  
Vice President, QA & RA

The above products are in conformance with the provisions of Council Directive 2002/96/EC of 27 January 2003 on Waste Electrical and Electronic Equipment which apply to them.







# Certificate of Registration

This certificate has been awarded to

**Zoll Medical France**

Parc d'affaires Parkile, 164 avenue Joseph, Kessel 78960 Voisins-Le-Bretonneux, France

in recognition of the organization's Quality Management System which complies with

**ISO 9001:2008**

The scope of activities covered by this certificate is defined below

**Stockist and Distributor including Service and Repair of Defibrillators and Ancillary Components**

<b>Certificate Number:</b>	<b>Date of Issue: (Original)</b>	<b>Date of Issue:</b>
00388/A/0003/UK/En	24 September 2010	24 September 2010
<b>Issue No:</b>	<b>Expiry Date:</b>	
1	23 September 2013	

Issued by:

On behalf of the Schemes Manager



If there is any doubt as to the authenticity of this certificate, please do not hesitate to contact the Head Office of the Group at info@urs.com. URS is a member of Registrar of Standards (London) Limited, Watlington House, 3 Cusby Street, Stroud, Gloucestershire, GL12 5JZ UK.



DEPARTMENT OF HEALTH & HUMAN SERVICES

Public Health Service

Food and Drug Administration  
10903 New Hampshire Avenue  
Silver Spring, MD 20993

Certificate No. 2881-5-2012

CERTIFICATE TO FOREIGN GOVERNMENT

In order to allow the importation of United States products into foreign countries, the U.S. Food and Drug Administration (FDA) certifies the following information concerning the product(s) to be exported listed below:

<u>Name of Product(s)</u>	<u>Name of Manufacturer/Distributor, Address</u>
See Attached List (3 Pages)	<u>Manufacturer:</u> ZOLL Circulation 650 Almanor Ave Sunnyvale, CA 94085 U.S.A.
<u>Distributor:</u> ZOLL Medical Corporation 269 Mill Road Chelmsford, MA 01824-4105 U.S.A.	ZOLL Medical Corporation 269 Mill Road Chelmsford, MA 01824-4105 U.S.A.
	Bio-Detek, Incorporated 525 Narragansett Park Dr. Pawtucket, RI 02861 U.S.A.

The product(s) described above (and the manufacturing/distribution site(s) which produces/distributes it) is subject to the jurisdiction of the FDA under the Federal Food, Drug, and Cosmetic Act.

It is certified that the above product(s) may be marketed in, and legally exported from, the United States of America at this time. The manufacturing plant(s) in which the product(s) is produced is subject to periodic inspections. The last such inspection showed that the plant(s), at that time, appeared to be in substantial compliance with current good manufacturing practice requirements for the product(s) listed above.

Ann M. Ferriter  
Director  
Division of Risk Management Operations  
Office of Compliance  
Center for Devices and Radiological Health

**This certificate expires 24 months from the date notarized.**

COUNTY OF MONTGOMERY  
STATE OF MARYLAND

Subscribed and sworn to before me this 4 day of June month 2012 year.

CATHRYN N. MORRIS  
NOTARY PUBLIC STATE OF MARYLAND  
County of Montgomery  
My Commission Expires January 4, 2013



# CERTIFICATE

No. Q1N 12 10 79546 007



Product Service

**Holder of Certificate:** ZOLL Medical Corporation269 Mill Road  
Chelmsford MA 01824-4105  
USA**Facility(ies):**Zoll Medical Corporation  
271 Mill Road, Chelmsford MA 01824, USAZOLL Medical Corporation  
269 Mill Road, Chelmsford MA 01824-4105, USA**Certification Mark:****Scope of Certificate:****Design and Development, Production, Servicing of Medical Devices for Defibrillators, External Pacemakers, Multi-parameter Monitoring Systems, Adapters, Cables, Leads, Electrodes, Probes and Sensors for the areas of Cardiac Resuscitation and Vital Signs Monitoring and Infusion Pumps with Blood Cartridge and Crystalloid/Colloid Cartridge****Applied Standard(s):**EN ISO 13485:2012/AC:2012  
Medical Devices-Quality Management  
System Requirements for Regulatory Purposes

The Certification Body of TÜV SÜD Product Service GmbH certifies that the company mentioned above has established and is maintaining a quality system which meets the requirements of the listed standard(s). See also notes overleaf.

**Report No.:** DM1205539**Valid from:** 2012-11-15**Valid until:** 2015-03-31

Hans-Heiner Junker

**Date,** 2012-11-21

Page 1 of 1

TÜV SÜD Product Service GmbH  
Zertifizierstelle  
Ridlerstraße 65 · 80339 München  
GermanyAkkreditiert durch  
Zentralstelle der Länder  
für Gesundheitsschutz  
bei Arzneimitteln  
und Medizinprodukten  
ZLG-ZQ-999.98.12-46

TUV®

Liite 8. Elvytystapahtumien kuvaajat

