



Satu Leskinen

**VASTASYNTYNEEN JA IMEVÄISEN TURVAPATJA TERVEYDEN
EDISTÄJÄNÄ**

**VASTASYNTYNEEN JA IMEVÄISEN TURVAPATJA TERVEYDEN
EDISTÄJÄNÄ**

Satu Leskinen
Opinnäytetyö
Kevät 2013
Hyvinvointiteknologian koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Hyvinvointiteknologian koulutusohjelma

Tekijä: Satu Leskinen

Opinnäytetyön nimi: Vastasyntyneen ja imeväisen turvapatja terveyden edistäjänä

Työn ohjaaja: Jaakko Kaski

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2013 Sivumäärä: 48 + 3 liitettä

Opinnäytetyön aiheena oli tehdä mittauksia kuudelle erilaiselle vauvan patjalle ja selvittää tulosten perusteella mikä näistä patjoista on soveliaim vauvalle kun halutaan ehkäistä kätkytkuolemaa. Tavoitteena oli selvittää mittauksien avulla, minkälainen paine hengittämällä saadaan kohdistettua patjan pintaan. Työn tilaajana toimi Pedihealth Oy:n lääketieteellinen johtaja ja lastenlääkäri Seppo Similä. Pedihealth Oy on toimittanut kahden vuoden ajan Kelan äitiyspakkauksien patjat ja yrityksen tavoitteena on kehittää äitiyspakkauksien patjoja turvallisempaan suuntaan kätkytkuolemien, vinopäisyyden ja painehaavojen ehkäisemiseksi.

Tutkimus suoritettiin hengittämällä letkuun, joka oli asetettu patjan pinnalle, josta uloshengityksen paine kulkeutui letkun kautta paineanturille ja painelukemat tallentuivat Arduinolle. Jokaisessa eri mittauksessa mitattiin aina kaikkien kuuden patjan uloshengityksen paineenvaihtelut ja patjojen mittausten välillä pidettiin tauot tulosten analysoinnin helpottamiseksi. Kaikille patjoille tehtiin seitsemän uloshengityksen sarja jokaisessa mittauksessa. Tuloksista piirrettiin Excel-kuvaajat, joista voitiin nähdä minkä patjan kohdalla paine oli noussut korkeimmalle ja millä patjalla paine nousi vähiten. Tuloksista etsittiin jokaiselle uloshengitykselle painemaksimit ja niistä laskettiin keskiarvot. Tuloksista saatiin luotettavampia käyttämällä erilaisia hengitystekniikoita, mittaamalla patjat välillä eri järjestyksessä ja käyttämällä hengittämiseen kahta eri henkilöä.

Tuloksina saatiin yhteensä 26 mittauksen Excel-taulukot, joiden tuloksia vertailtiin keskenään ja etsittiin paras mahdollinen patja kätkytkuolemien ehkäisemiseksi. Lifenest sleeping covers -patja osoittautui muita patjoja paremmaksi vaihtoehdoksi kätkytkuolemien, vinopäisyyden ja painehaavojen ennaltaehkäisyssä. Mittauksissa ei kuitenkaan otettu huomioon hiilidioksidin vaikutusta. Näitä tuloksia apuna käyttäen voitaisiin kehittää turvallisempi patja vauvalle, mutta olisi hyvä tehdä vielä mittauksia, joissa hiilidioksidin vaikutus otettaisiin huomioon.

Asiasanat: Kätkytkuolema, paine, painehaava, vinokalloisuus

ALKULAUSE

Haluan kiittää erityisesti Pedihealth Oy:n Seppo Similää mielenkiintoisesta opinnäytetyöstä. Lisäksi haluan kiittää ohjaavaa opettajaani lehtori Jaakko Kaskea erinomaisesta ohjaamisesta ja auttamisesta koko opinnäytetyön ajan. Kiitokset myös äidinkielenopettaja Pirjo Partaselle kielenhuollosta.

Kiitokset kaikille perheenjäsenille, jotka ovat tukeneet ja kannustaneet minua tämän opinnäytetyön tekemisessä. Erityiskiitokset ystävälleni Elisalle, joka suostui mittauksiin testihenkilöksi.

Oulussa 19.5.2013

Satu Leskinen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 HENGITYS	9
2.1 Sisäänhengitys	9
2.2 Uloshengitys	10
2.3 Keuhkot	10
2.4 Hengitystilavuudet	11
3 PATJAN RISKIEN EHKÄISEMINEN VASTASYNTYNEELLE JA IMEVÄISELLE LAPSELLE	13
3.1 Kätkytkuolema	13
3.2 Trendelenburgin asento	14
3.3 Vinokalloisuus	14
3.4 Painehaavat	16
4 PAINE	17
4.1 Paineanturi	17
4.2 Paineen mittaaminen	18
4.3 Paineanturin kalibrointi	18
5 PATJAT	20
5.1 Patja 1	20
5.2 Patja 2	21
5.3 Patja 3	21
5.4 Patja 4	22
5.5 Patja 5	22
5.6 Patja 6	23
6 MITTAUSJÄRJESTELYT	25
6.1 Paineanturi	25
6.2 Arduino	26

6.3 KytKentä	26
6.4 Koodi	28
6.5 Mittaustapahtuma	28
6.6 Mittaukset	30
6.6.1 Rauhallinen, hieman normaalia syvempi hengitys	31
6.6.2 Hidas, raskas ja voimakas hengitys	31
6.6.3 Nopea, kevyt ja tiheä hengitys	31
6.6.4 Normaali hengitys	32
7 MITTAUSTULOKSET	33
7.1 Rauhallinen, hieman normaalia syvempi hengitys	33
7.2 Hidas, raskas ja voimakas hengitys	35
7.3 Nopea, kevyt ja tiheä hengitys	36
7.4 Normaali hengitys	37
7.5 Yhteenveto mittauksista 1–25	39
7.6 Lisämittaukset 26–30	40
8 POHDINTA	42
LÄHTEET	44
LIITTEET	
Liite 1 Ohjelmointikoodi	
Liite 2 Mittauksien taulukot	
Liite 3 Mittauksien Excel-kuvaajat	

1 JOHDANTO

Kätkytkuolemalla tarkoitetaan terveenä pidetyn pienen vauvan äkillistä ja odottamatonta kuolemaa, jolloin kuolinsyytä ei löydetä lääketieteellisissä tutkimuksissa. Kätkytkuolemat ovat vähentyneet kun vauvoja alettiin nukuttaa selällään, mutta se on edelleen yleisin imeväisikäisten yksittäinen kuolinsyy. Selällään nukuttaminen on lisännyt vauvan pään epäsymmetristä litistymistä eli vinopäisyyttä. Kätkytkuoleman, vinopäisyyden sekä painehaavojen vähentämiseksi tulisi vauvoille kehittää mahdollisimman turvallinen patja. Lapsen viihtyvyyden ja terveyden varmistaminen on jatkuva haaste vastasyntyneen ja imeväisen hoidossa.

Työssä tehtiin mittauksia kuudelle erilaiselle vauvan patjalle, joiden malleja ja päällysmateriaaleja testattiin paineanturin ja hengityksen avulla. Yksi patjoista on saksalaisen Ubimed-yrityksen (www.ubimed.com) valmistama Lifenest-patja. Yritys lupaa patjan ehkäisevän sekä kätkytkuolemaa, vinopäisyyttä että painehaavoja. Kaksi patjoista on tavallista vaahtomuovia ilman päällystettä. Kolmessa patjassa on kaikissa erilainen päällinen ja ne ovat sisältä vaahtomuovia. Yksi näistä kolmesta patjasta on saksalaisen Träumeland-yrityksen (www.traeumeland.com) valmistama Sleep Fresh- patja. Yritys lupaa, että lapsen on hyvä hengittää nukkuessaan tällä patjalla.

Tavoitteena oli selvittää mittauksien avulla, kuinka suuri paine hengityksen avulla kohdistuu patjan pinnalle ja mikä patjoista on sovelia vauvalle. Mittauksista piirrettiin kuvaajat ja etsittiin jokaiselle uloshengitykselle painemaksimit ja laskettiin niistä keskiarvot. Niiden perusteella tuloksia vertailtiin keskenään. Lapselle kätkytkuoleman ehkäisemiseksi paras patja on sellainen, jonka pintaan kohdistuu hengitettäessä pienin paine ja lapsella ei ole tukehtumisen vaaraa, vaikka hän kääntyy nukkuessa mahalleen. Hengitetyn ilman tulisi poistua patjasta eikä jäädä patjaan, jolloin hiilidioksidi kertyy patjaan ja tukehtumisen riski lisääntyy. Tässä työssä tehtävissä mittauksissa ei huomioitu hiilidioksidin vaikutusta vaan pelkästään uloshengitetyn ilmanpaineen vaikutus.

Opinnäytetyön aiheen tarjosi Pedihealth Oy:n lääketieteellinen johtaja ja lastenlääkäri Seppo Similä. Pedihealth Oy on perustettu vuonna 1986 ja yritys on suomalainen terveyden- ja sairaanhoidon välineiden valmistaja ja toimittaja.

2 HENGITYS

Hengitys eli respiraatio tarkoittaa kaasujen vaihtumista keuhkoissa ja hengitysteissä (1, s. 259). Hengityksen tehtävä on hapen tuominen ihmisen ruumiinosaan ja aineenvaihdunnassa lihastoiminnan seurauksena syntyneen hiilidioksidin poistaminen. Hengittäminen huolehtii elimistön hiilidioksidipitoisuuden ja happoemästäasapainon säätelystä solujen toiminnan kannalta sopivaksi. (2, s. 15.) Happi siirtyy ilmasta soluihin ja hiilidioksidi siirtyy solujen välityksellä ilmaan.

Ilma virtaa keuhkorakkuloihin ja ulos niistä (1, s. 259). Ilma virtaa nielun kautta kurkunpään ja sieltä henkitorven ja keuhkoputkien kautta keuhkoihin (2, s. 17). Happi siirtyy keuhkojen kautta vereen ja edelleen kudoksissa kudosten kautta soluihin (1, s. 259). Rintakehän ja pallean aiheuttamat rintaontelon painevaihtelut yhdessä rintakehän seinämien, kylkirustojen ja keuhkojen kanssa mahdollistavat hengitystapahtuman (2, s. 17). Lisäksi hengitykseen kuuluu hiilidioksidin tuottaminen ja sen poistuminen elimistöstä kudosten kautta veren ja keuhkojen kautta (1, s. 259).

Hengitys koostuu useista vaiheista kuten sisään- ja uloshengityksestä, kaasujen vaihdosta veren ja keuhkorakkuloiden välillä, kaasujen kuljettamisesta veressä sekä kaasujen vaihdosta veren ja kudosten välillä (2, s. 17).

2.1 Sisäänhengitys

Sisäänhengityksessä eli inspiraatioissa tärkeimmät lihakset ovat pallea ja ulommat kylkivälilihakset (1, s. 272). Ilma kulkeutuu imuvaikutuksen avulla keuhkoihin. Sisäänhengitys alkaa pallean supistumisella, jolloin se vetäytyy alaspäin ja rintaontelo laajenee pituussuunnassa alaspäin vatsaonteloon. Palleasta hengityksiliike kulkeutuu alaspäin lantion suuntaan ja ylöspäin rintakehään. (2, s. 17.) Pallean supistuessa sen muodostama holvi mataloituu ja keuhkot laajenevat alaspäin. Ulommat kylkivälilihakset nostavat supistuessaan kylkiluita ja laajentavat samalla rintaonteloa ylös sivullepäin sallien keuhkokudoksen laajentua sivusuunnassa ylöspäin. Kylkiluiden liike sallii rintalastan liikkeen ja sen seura-

uksena keuhkojen laajentumisen eteen ja ylöspäin. (3.) Apuna hengittämisessä toimivat apuhengityslihakset kylkiluun kannattajalihakset ja kylkiluiden kohottajat (2, s. 18).

Pallea on lihas, joka kaartuu holvimaisesti ylöspäin ja sijaitsee rintaontelon ja vatsaontelon välissä. Palleassa on aukot suurille verisuonille eli alaonttolaskimolle ja aortalle sekä ruokatorvelle. (1, s. 272.) Rintakehä, kylkiluut, kylkirustot, miekkalisäkkeen alue sekä selkänikamat toimivat pallean kiinnityskohtina. Suuret vatsa-, selkä- ja lannelihakset kiinnittyvät palleaan ja toimivat pallean kanssa yhteistyössä. Pallea saa hermotuksensa palleahermon ja kylkivälihermojen välityksellä. (2, s. 18.)

2.2 Uloshengitys

Uloshengitys eli ekspiraatio on passiivinen tapahtuma, joka tapahtuu lepotilassa ja kevyessä liikkeessä (2, s. 18). Uloshengityksessä pallealihas ja ulommat kylkiluun välilihakset rentoutuvat ja pallea palautuu normaaliin muotoonsa, jolloin keuhkot painuvat kasaan alhaalta päin (3). Uloshengityslihakset, kuten sisemät kylkivälilihakset, supistuvat ja vetävät kylkiluita alaviistoon ja lähentävät niitä selkärankaan ja kohti toisiaan. Vatsalihakset työntävät supistuessaan vatsaontelon elimiä ylöspäin ja tyhjentävät näin ilmaa rintaontelosta. (1, s. 274.) Rintaontelon ja keuhkojen supistuessa ilmanpaine nousee keuhkorakkuloissa korkeammalle kuin ulkoilman paine. Ilma virtaa ulospäin keuhkoista. Pallea ja muut sisäänhengityksessä käytettävät lihakset rentoutuvat ja palaavat alkuperäiseen asentoon. Rauhallisessa hengityksessä uloshengitysvaihe on pitempi kuin sisäänhengitysvaihe. (2, s. 18.)

2.3 Keuhkot

Keuhkot tuovat sisäänhengityksellä happea elimistöön ja poistavat uloshengityksen aikana elimistöstä hiilidioksidia. Ilma kulkeutuu keuhkoihin keuhkoputkia pitkin, jotka jakautuvat ilmatiehyiksi. Ilmatiehyiden päässä happi varastoituu happirakkuloihin. (4.)

Keuhkot ovat parillinen elin, jotka sijaitsevat rintaontelon sisällä. Keuhkojen oikea puoli on muodostunut kolmesta lohkokosta ja vasen puoli kahdesta lohkokosta. Sidekudoksista muodostuvat väliseinät jakavat jokaisen lohkon pienempiin segmentteihin, joita on kummassakin keuhkossa kymmenen kappaletta. Jokaiseen segmenttiin menee oma keuhkoputkenhaara. (1, s. 267.)

Keuhkoputkien pienimmät haarat, noin puolen millimetrin läpimittaiset, päättyvät keuhkorakkuloihin eli hengityskaasujen vaihtoyksikköön. Ne ovat läpimitaltaan uloshengityksen lopussa 0,1–0,2 mm ja sisäänhengityksen lopussa läpimitaltaan yli kaksinkertaisia. Keuhkokudos muodostuu suurilta osin keuhkorakkuloista, jotka ovat seläkkäin ja niiden välistä kulkee keuhkohiussuonet. Keuhkokudoksessa on myös valtimoita ja laskimoita. (1, s. 267–269.)

Kumpaakin keuhkoa ympäröi sileäpintainen kalvo, keuhkopussi eli pleura (1, s. 269). Keuhkot ovat yhteydessä kylkiluihin ja rintakehään pleuran välityksellä. Pleuran sisempi lehti on kiinni keuhkokudoksessa ja ulompi lehti rintaontelon sisäpinnassa. Lehtien välinen tila eli pleuraontelo on ilmaton ja siellä on ohut kerros pleuranestettä. Pleuralehdet pienentävät kitkaa keuhkopussin sisä- ja ulkopintojen väliltä hengitys- ja rintakehäliikkeiden seurauksena. Ilman pleuralehtien välissä olevaa ilmatyhjiötä keuhkot eivät toimisi. (3.)

2.4 Hengitystilavuudet

Normaali hengitystaajuus aikuisella levossa on noin 12–16 kertaa minuutissa. Yhdellä hengenvedolla vedetään sisään noin puoli litraa ilmaa, jolloin hengityksen minuuttitilavuus on noin 6–7 litraa. Lapset hengittävät tiheämmin. Imeväisten hengitystaajuus levossa on vähintään 30–40 kertaa minuutin aikana. Hengitystiheydet on esitetty tarkemmin taulukossa 1. Lihastyö kasvattaa sekä hengitystaajuutta että hengityksen minuuttitilavuutta. (1, s. 276.)

TAULUKKO 1. Hengitystiheydet (5)

Ikä	Hengitys krt/min
0–1 vuotta	30–60
1–3 vuotta	24–40
3–6 vuotta	22–34
6–12 vuotta	18–30
12–18 vuotta	12–16

Lepotilassa on sisään ja ulos hengitetty ilmamäärä eli normaali hengitystilavuus noin 500 ml (1, s. 276). Maksimaalinen sisäänhengityspaine on normaalisti noin 8 kPa ja maksimaalinen uloshengityspaine noin 10 kPa. Normaalivaihtelun alarajat ovat vastaavasti noin 4 kPa ja 5 kPa. (6.)

3 PATJAN RISKIEN EHKÄISEMINEN VASTASYNTYNEELLE JA IMEVÄISELLE LAPSELLE

Vastasyntyneet ja imeväiset tarvitsevat patjan, jossa on otettu huomioon lapsen viihtyvyys ja turvallisuus. Patjan tulisi ehkäistä kätkytkuolemaa, vinopäisyyttä sekä painehaavoja. Olisi hyvä, jos patja sallisi myös trendelenburgin asennon.

3.1 Kätkytkuolema

Kätkytkuolema on terveenä pidetyn pienen vauvan äkillinen ja odottamaton kuolema. Kuolinsyytä ei löydetä lääketieteellisistä tutkimuksista huolimatta. Lapsi saatetaan löytää sängystään kasvot vuodevaatteiden peitossa tai oksentaneena, mutta kuoleman syynä ei pidetä tukehtumista. Suomessa kätkytkuolema on harvinainen ja siihen kuolee vuosittain alle 20 lasta. Se on silti yleisin imeväisikäisten yksittäinen kuolinsyy. Kätkytkuolema on yleisin kahdesta neljään kuukauteen vanhoilla vauvoilla ja harvinainen alle kuukauden ja yli vuoden ikäisillä. Kätkytkuolema on hieman yleisempi pojilla kuin tytöillä. (7.)

Kätkytkuoleman syytä ei ole löydetty eikä kätkytkuolemaa voi ennakoida millään tavalla. Sitä pidetään useiden, toistaiseksi tuntemattomien tekijöiden yhteisvaikutuksena. On useita tekijöitä, joiden arvioidaan vähentävän kätkytkuoleman riskiä. (7.) Suurimpana syynä kätkytkuoleman vähentymiseen on vastasyntyneen nukuttaminen selällään (8). Keskosuus ja alhainen syntymäpaino ja äidin tupakointi ja alkoholin käyttö raskauden aikana lisäävät kätkytkuoleman riskiä (7). Erään tutkimuksen perusteella kätkytkuoleman riski on 7–9-kertainen, mikäli lapsen äidillä todetaan alkoholiongelma joko raskauden aikana tai lapsen ensimmäisen elinvuoden aikana (9).

Hengitystieinfektiot saattavat olla osasy syy kätkytkuolemaan. Myös lapsen hengityksen ja lämmönsäätelyn kehittymättömyyttä, aineenvaihdunnan poikkeamia ja aivotoininnan häiriöitä tutkitaan osana kätkytkuoleman riskitekijöinä. (7.) Teorian mukaan kätkytkuolemaan tarvitaan piilevä alttius, tietty ikä ja laukaiseva ulkoinen tekijä, jotka yhdessä johtavat kätkytkuolemaan. Paras keino pienentää

kätkytkuoleman riskiä on vauvan nukuttaminen selällään alustalla, joka ei ole pehmeä. (9.)

Kätkytkuolemaa voidaan ehkäistä myös nukuttamalla lasta viileässä, puhtaassa ja hyvin tuuletetussa ilmassa (7). Tällöin hiilidioksidi ei pääse kertymään vauvan vuoteessa hengittämään ilmaan (10). Ylimääräiset pehmeät esineet kuten peitot ja tyynyt tulee poistaa lapsen sängystä ja patjan tulisi olla kova. Lasta ei suositella nukutettavaksi vanhempien sängyssä. Myös imetyksestä ja tutista arvioidaan olevan hyötyä. (8.)

3.2 Trendelenburgin asento

Trendelenburgin asennossa vauva makaa kallistetulla alustalla niin, että pää on alempana kuin lantio (11). Asento estää osittain pulauttelua, oksentelua ja ehkäisee oksennuksen valumista hengitysteihin (12).

Anti-Trendelenburgin asennossa vauva makaa selällään ja jalat ovat kallistettuina muuta vartaloa alemmaksi (13, s. 30).

3.3 Vinokalloisuus

Vinokalloisuus eli plagiokefalia tarkoittaa kallon epäsymmetristä litistymää. Vinokalloisuus on lisääntynyt, kun lapsia on alettu nukuttaa selällään kätkytkuoleman ehkäisemiseksi. Plagiokefaliassa katsottaessa vauvan päätä ylhäältä päin saattaa toinen korva olla toista korvaa edempänä ja pää olla suunnikkaan muotoinen. Kallon muodon vääristymän lisäksi kasvot ovat usein epäsymmetriset, esimerkiksi toinen silmä saattaa olla toista silmää suurempi. (14.)

Kallon epäsymmetrisyyksiä on olemassa erilaisia ja tapauksista käytetään erilaisia nimityksiä. Anteriorinen plagiokefalia tarkoittaa, että litteys esiintyy toispuolisena otsan alueella. Posteriorisella plagiokefalialla tarkoitetaan kallon takaraivon toispuolista litteyttä. Päästä jokin kohta, esimerkiksi takaraivo, on normaalia tasaisempi. (14.) Brachycephaly tarkoittaa tilaa, jossa pää on leveämpi kuin pään syvyys. Dolicocephalyssa pää on muotoutunut pitkän ja kapean mal-

liseksi. Torticollis merkitsee vinokaulaisuutta ja se liittyy usein vinopäisyyteen. (15.)

Vinokalloisuuden syyt ovat useimmiten ulkoisia, mutta ne saattavat johtua myös kallon kehityshäiriöistä (16). Osalla lapsista vinokalloisuus on saattanut kehittyä ulkoisten voimien aiheuttamasta muotoutumisesta kohdussa tai syntymän jälkeen. Pään muotoutuminen synnytyskanavassa saattaa peittää jo olemassa olevan vinouden väliaikaisesti, mutta vinous tulee uudestaan esiin muutaman viikon kuluttua synnytyksestä. (14.) Useimmiten vauvojen vinokalloisuus esiintyy kolmen ensimmäisen elinkuukauden aikana kun vauvan kallon luut eivät ole vielä luutuneet toisiinsa kiinni ja vauva nukkuu suurimman osan ajasta sängyssään selällään. Keskokset ja vasta-syntyneet, jotka siirretään teho-osastolle, ovat alttiita vinopäisyydelle, koska he makaavat enimmäkseen selällään. (15.)

Kun lasta nukutetaan selällään aina samassa makuuasennossa, saattaa tietty kohta takaraivosta litistyä. Lapsen takaraivoon voi litistymisen seurauksena syntyä tasainen kohta, joka voi johtaa kallon pysyvämpään epämuodostumiseen. Kun lasta nukutetaan selällään pää jää usein lepäämään tasaisen kohdan varaan ja kallo alkaa painua vinoon. Lasta suositellaan nukuttamaan selällään, mutta lapsen pään asentoa tulisi muuttaa erilaisiin asentoihin säännöllisesti vinokalloisuuden estämiseksi. Lasta voi nukuttaa välillä myös kyljellään tyyny selän tukena. (16.) Kovalla patjalla nukuttaminen saattaa aiheuttaa pään litistymistä (17).

Suurimmalla osalla lapsista kallon muoto alkaa korjaantua itsestään jo ennen puolen vuoden ikää. Tämä johtuu aivojen nopeasta kasvuvauhdista ja lapsen kääntymisestä itsestään vatsalleen. Pään muotoa voidaan korjata muotoa korjaavalla kypärähoidolla tai kirurgisilla toimenpiteillä. (14.) Vauvan ollessa hereillä kannattaa häntä pitää mahdollisimman paljon mahallaan. Myös vauvan sängyn sijoittaminen välillä eri kohtaan huoneessa on hyvä ratkaisu, koska näin vauvan katse kiinnittyy eri asioihin ja pää ei ole aina samassa asennossa. Myös turvaistuimissa ja sattereissa istumista turhaan pitäisi välttää. (15.)

3.4 Painehaavat

Painehaavat eli makuuhaavat ovat kudosisvaurioita, jotka syntyvät kun potilas ei pysty liikkumaan ja on vuodelevossa. Painehaavat ovat kivuliaita, huonontavat elämänlaatua, lisäävät infektiotilaa sekä kuolemanvaaraa. Painehaavan syntymekanismit ovat monimutkaisia ja painehaavat saattavat syntyä hyvin nopeasti. Painehaava määritellään paikalliseksi tavallisesti luu-ulokkeen kohdalla esiintyväksi ihon tai ihonalaisen kudoksen vaurioksi, jonka aiheuttajana toimii kohdistuva paine tai venytys. (18).

Akuutisti sairaina syntyneillä lapsilla ja lapsilla, jotka eivät liiku on riski saada painehaavoja. Painehaavojen esiintyvyys voi olla jopa 23 prosenttia. Useimpien painehaavat ilmaantuvat kahden päivän sisällä synnytyksestä. Neurologiset sairaudet, leikkaukset tai korkeataajuinen ilmanvaihto aiheuttavat painehaavauumien lisääntynyttä riskiä edellä mainitun liikkumattomuuden vuoksi. Hoitokäytännöt, jotka rajoittavat vauvan käsittelyä, voivat pahentaa ihon rikkoutumista. Riski ihon rikkoutumisesta kasvaa, kun kapillaaripaine ylittää 28–32 mmHg:n. Vauvat sijoitetaan usein patjoille joiden turvallisuudesta ei ole tarpeeksi tietoa: soveltuvatko ne juuri vauvoille vai ovatko tarkoitettu esimerkiksi aikuisella ihmisellä. Perinteiset patjat eivät salli tarvittavaa ilmavirtausta vauvan ympärillä ja painehaavoja syntyy helpommin. (17.)

4 PAINE

Paine kuvaa nestemäisen tai kaasumaiseen aineen aiheuttamaa voimavaikutusta sitä rajoittavaa seinämää kohtaan. Paineesta käytetään SI-järjestelmässä yksikköä 1 N/m² eli 1 pascal (Pa), baari (bar) tai paunaa/neliötuumaa (psi). (19, s. 92.) Se on pintaan kohdistuvaa kohtisuoraa voimaa pinta-alayksikköä kohti. (20, s. 48–49.) Paine voidaan laskea kaavalla 1.

$$\rho = \frac{F}{A} \qquad \text{KAAVA 1}$$

ρ on paine

F on voima

A on pinta-ala

Paine on luonteeltaan absoluuttinen suure, ja siitä käytetään teknisissä yhteyksissä usein paine-eroa (p_e). Yleensä tilan painetta verrataan ilmanpaineeseen, jolloin puhutaan yli- tai alipaineesta. (20, s. 48–49.) Kun tilan absoluuttinen paine on ilmanpainetta suurempi, puhutaan ylipaineesta. Absoluuttisen paineen ollessa ilmanpainetta pienempi puhutaan alipaineesta. (21, s. 18.)

Paine syntyy kaasumolekyylien ollessa jatkuvassa liikkeessä. Molekyylit liikkuvat suoraviivaisesti, kunnes ne törmäävät toisiinsa tai astian seinämään. Niistä syntyvä paineen suuruus riippuu molekyylien massasta, liikenopeudesta, suunnasta ja lukumäärästä tilavuusyksikköä kohti. (21, s. 18.)

4.1 Paineanturi

Paineanturi muuttaa paineen sähköiseksi vastineeksi, joka tulkitaan paineen muutoksena (22). Paineantureista syntyvä signaali on riippuvainen nesteen tai kaasun voimasta pinta-alayksikköä kohden. Paineanturien ulkonäkö, hinta, suorituskyky ja teknologia ovat erilaiset sen mukaan, mikä on niiden käyttökohde ja mihin olosuhteisiin ne on tarkoitettu. (23, s. 13.) Paineantureita käytetään sovel-

luksissa, joissa tarvitaan tietoa paineesta, voimasta tai ilmavirtauksesta. Paineanturilla pystytään mittaamaan esimerkiksi autojen renkaiden ilmanpaine ja hydraulisen jousituksen paine sekä mittaamaan nesteiden korkeutta teollisuudessa. Lääketeollisuudessa paineanturia voidaan käyttää mittaamaan verenpainetta, kallon sisäistä painetta ja silmänpainetta. Paineanturia voidaan käyttää myös mittamaan ilman nopeutta ja nesteen virtausta. (22.)

Paineen mittaus jaetaan viiteen eri osa-alueeseen, joille jokaiselle on kehitetty omanlaisensa anturit:

- Absoluuttisen paineen anturi ilmoittaa paineen suhteessa täydelliseen tyhjiöön.
- Ylipaineanturi on yleisimmin käytössä oleva anturityyppi. Ylipaineanturin nollakohta on ilmakehän paine riippumatta anturin sijainnista.
- Alipaineanturi vertaa, paljonko mitattava paine on normaalia ilmakehän painetta alempana.
- Paine-eroanturi mittaa kahden tai useamman paineen välistä erotusta.
- Suljettu paineanturi ilmaisee mitattavan paineen suhteessa ilmakehän paineeseen merenpinnan tasolla. Anturin valmistaja on kalibroinut tuotteen siten, ettei siihen voi tehdä muutoksia. (23, s. 14.)

4.2 Paineen mittaaminen

Paineen mittaaminen on aina paine-eron mittaamista. Vertailuarvosta riippuen paineelle käytetään erilaisia nimityksiä ja mittauslaitteita. (24, s. 6.) Paineantureilla voidaan mitata painetta suhteessa absoluuttiseen paineeseen, ilmakehän paineeseen sekä johonkin muuhun mitattuun paineeseen. (22.)

4.3 Paineanturin kalibrointi

Jokaiselle sensorille voidaan suorittaa kalibrointi, jotta saadaan mahdollisimman tarkkoja mittaustuloksia. Kalibrointi suoritetaan mittaamalla sensorin antamaa ulostuloa suhteessa tunnetun suuruiseen suureeseen. Paineanturille voidaan vesipatsaan avulla tuottaa hydrostaattinen paine, jota pystytään käyttämään

kalibroinnissa. Paineanturiin, jossa on letkuliitäntä, voidaan liittää letku ja laittaa letkun U-mutkaan vettä. Painetta mitataan toisesta päästä ja letkun avointa päästä nostamalla tuotetaan korkeuseroja vesipintojen välille. (25.)

Kalibroimalla voidaan selvittää laitteen näyttämään liittyvä virhe joko näyttölaitteen lukeman perusteella tai ulostulosignaalin perusteella. Kalibroinnin tavoitteena on määrittää mittarin näyttämiin käytön aikana tehtävien korjausten suuruudet tai selvittää, voidaanko mittaria käyttää sellaisenaan vai tarvitseeko se säätöä. (24, s. 21–22.)

Mittaustulosten tulee olla vertailukelpoisia olosuhteista ja testaustavoista riippumatta. Kalibroinnissa käyttömittauslaitetta verrataan paikalliseen varmennettuun käyttönormaaliiin. Käytettyä mittalaitetta on vertailtu toiseen, kalibroitiketjussa sitä aikaisemmin olevaan mittalaitteeseen. Kalibroinnilla pyritään selvittämään referenssinormaaliiin ja mittalaitteen näyttämien väliset yhteydet, systemaattiset virheet ja epälineaarisuudet tiettyinä ajankohtina ja tunnetuissa olosuhteissa. Luotettavan mittausvarmuuden saamiseksi on kalibrointeja tehtävä useita. (23, s. 27–29.)

Valmistajat ilmoittavat antureiden vahvistukset, tarkkuudet ynnä muut suoritusarvot. Kalibroinnissa havaitun poikkeaman korjaamiseksi mittalaite täytyy virittää. Virittämisellä voidaan eliminoida mittalaitteen aiheuttamat systemaattiset virheet mittauksessa. Kaikkia nykyisin saatavilla olevia antureita ei voi kalibroida. Mikäli systemaattista virhettä on kuitenkin havaittavissa, mittalaitteen viritys voidaan korvata esimerkiksi korjauskertoimella, joka kompensoi virheen. Tavallisesti mittalaitteen signaali on eri yksikköjärjestelmässä kuin mitattava suure, jolloin on määriteltävä muunto- tai kalibroitikertoimet. (23, s. 27–29.)

5 PATJAT

Mittauksissa tutkittiin kuutta erilaista vauvan turvapatjaa, joiden paksuutta, materiaalia ja päällysteitä tutkimalla etsittiin vauvan kannalta paras vaihtoehto. Patjat on esitetty tarkemmin alapuolella olevissa luvuissa 5.1–5.6. Kaikkien patjojen mitat on esitetty taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Patjojen koot

Patjan nro.	Patjan koko
1	71cm x 32 cm x 3 cm
2	70 cm x 43 cm x 4 cm
3	71 cm x 32 cm x 4cm
4	71 cm x 43 cm x 4 cm
5	90 cm x 40 cm x 4,5 cm
6	83 cm x 58 x cm x 2-12 cm

5.1 Patja 1

Patja 1 on materiaaliltaan tavallista vaahtomuovia ilman päällyys materiaalia (kuva 1).



KUVA 1. Patja 1: Vaahtomuovipatja

5.2 Patja 2

Patja 2 on muuten samanlainen kuin patja 1, mutta leveydeltä ja paksuudelta suurempi (kuva 2). Tämänhetkisen äitiyspatjan koko on patjan 2 mukainen.



KUVA 2. Patja 2: Vaahtomuovipatja

5.3 Patja 3

Patja 3 on muuten samankokoinen kuin patja 1, mutta 1 cm:n paksumpi (kuva 3). Patja on materiaaliltaan tavallista vaahtomuovia, jossa on päällinen. Päällisen materiaali valmistetaan Liettuassa ja se on sisältä kosteutta pitävää materiaalia ja ulkopuolelta polyuretaania.



KUVA 3. Patja 3: Vasemmassa kuvassa on patjan päällispuoli, ja oikeassa kuvassa on sisältä kosteutta pitävä materiaali.

5.4 Patja 4

Patja 4 on sisältä tavallista vaahtomuovia (kuva 4). Patjan toisen puolen päällinen on lakanakangasta ja toisen puolen päällinen on verkkomaista materiaalia, joka on polyuretaania. Tälle patjalle tehtiin mittauksia kummaltakin puolelta patjaa.



KUVA 4. Patja 4: Vaahtomuovipatja. Vasemmassa kuvassa on lakanamateriaali ja oikeassa kuvassa on verkkomateriaali.

5.5 Patja 5

Patja 5 on Sleep Fresh -patja, jonka on valmistanut saksalainen yritys Träume-land (kuva 5). Patja on materiaaliltaan vaahtomuovia. Patjan päällinen on tikattua puuvillafleeceä ja alapuoli on lakanamateriaalia. Patjan sisällä olevassa vaahtomuovissa on ilmakehviä 5 cm:n välein, jotta patja olisi hengittävä. Tässä patjassa kosteus imeytyy patjan pintaan eikä mene patjan läpi. Patja on turvallinen, ja lapsen on hyvä hengittää nukkuessa. Patjaan on kudottu hopealankoja, joiden avulla se on antibakteerinen. (26.) Tälle patjalle tehtiin mittauksia kummaltakin puolelta patjaa.



KUVA 5. Patja 5: Sleep Fresh -patja. Vasemmalla puolella on patjan päällinen, ja oikealla puolella on päällisen sisällä oleva vaahtomuovipatja.

5.6 Patja 6

Patja 6 on Lifenest sleeping system covers -patja (kuva 6), jonka on valmistanut saksalainen yritys Ubimed. Lifenest-patja on uusin ja kehittynein vastasyntyneiden patja, jonka tutkimus- ja kehitystyössä on ollut mukana lääkäreitä. Patjan muotoilun ja materiaalin luvataan vähentävän kätkytkuolemia, vinokalloisuutta, ihon rikkoutumista, hikoilua ja pulauttelua sekä ehkäisevän oksennuksen valumista hengitysteihin. (17.)

Patjan rakenne koostuu seuraavista osista: tiheästä ja rakenteeltaan lujasta vaahtomuovista, pehmeästä vedenpitävästä päällisestä ja verkosta, joka antaa tukea ja mahdollistaa vapaan ilmavirran. Ilmavirta estää ihon rikkoutumisen ja helpottaa lapsen hengitystä. Ilmavirran salliminen poistaa hiilidioksidia ja tarjoaa paremman hapensaannin vauvalle tinkimättä lakanan läpäisevyydestä. Patjan päällinen on vesisuojava, hypoallerginen, hygieeninen sekä hengittävä ja se on suunniteltu estämään sairaalainfektioita. (17.)

Patjan keskellä on tyhjä tila, joka on päällystetty verkkomateriaalilla, jossa vauvan pää voi liikkua vapaasti. Patjan sivussa on ilma-aukot, joita pitkin hiilidioksidi pääsee kulkeutumaan ulos patjasta, mikäli vauva kääntyy nukkuessaan mahaan. Patja on tarkoitettu ennen kaikkea keskosille ja kriittisesti sairaille vauvoille. Patjan pinta on 100-prosenttisesti röntgensäteilyä läpäisevä ja mahdollistaa myös valohoidon verkon kautta. (17.)

Patja antaa suuremman tuen lapsen keskivartalolle kuin tavallinen patja ja pienentää samalla paineen kohdistusta tietyille ruumiinosalle. Lapsella niskakyhmy on suurin luinen alue, jolle paine kohdistuu ja joka on yleisellä paikalla painehaavojen kehittymiselle. Lifenest-patjalla lapsen päähän kohdistuu vähemmän painetta suuremman kontaktipinnan takia, mikä auttaa estämään ihon haavereita ja vinopäisyyttä. (17.)

Käyttäjien tutkimuksissa patja sai erinomaiset arviot helppokäyttöisyyden, pehmeiden, paksuuden ja ihoa suojaavan verkon ansiosta. Lifenest-patja on ollut myynnissä kotitalouksiin jo kahden vuoden ajan, ja se on tutkimuksen mukaan osoittanut tehonsa vinokalloisuuden ehkäisemiseen. (17.)



KUVA 6. Patja 6: Lifenest-patja. Vasemmalla puolella patja kuvattuna yläpuolelta. Oikealla puolella näkyy sivulla oleva ilmakehanava.

6 MITTAUSJÄRJESTELYT

Seuraavissa luvuissa kerrotaan tarkemmin käytetystä paineanturista, Arduinos-
ta ja mittaustapahtumasta.

6.1 Paineanturi

Työ aloitettiin oikeanlaisen paineanturin etsinnällä. Vaatimuksina olivat anturin
liittäminen arduinolle, riittävä mittausherkyys, oikeanlainen painealue ja sopiva
käyttöjännite käytettäväksi arduinolla.

Oikeanlainen anturi löytyi Elfaelektronikka.fi-sivustolta. Paineanturiksi valittiin
helppokäyttöinen letkuliitännällä toimiva 73-976-74-anturi, joka mittaa manomet-
ripainetta. Tyypillinen käyttöjännite tälle anturille on 5 V, ja se mittaa painetta 0–
2 psi:n eli 0–13,79 kPa:n alueelta. Anturi rikkoontuu vasta paineella 10 psi eli
68,95 kPa, joka ei hengitettäessä ylity. Anturin mittaustulosten lineaarisuus on 1
%:n tarkkuusluokkaa, joten kalibrointia ei tarvitse tehdä, koska tulokset ovat
riittävän tarkkoja. (27.) Anturi mittaa siihen hengitettyä ilmaa vertaamalla sitä
ulkoilmanpaineeseen. Lisää paineanturin ominaisuuksia on esitetty taulukossa
3.

TAULUKKO 3. Paineanturin ominaisuuksia (27)

Parametri	Min.	Tyypillinen	Max.
Syöttöjännite	2.7 V	5 V	5.2 V
Syöttöjännitevirta			2.0 mA
Painealue	0 psi		2 psi
Nolla ulostulo	0.15 Vdc	0.2 Vdc	0.25 Vdc
Tarkkuus			1.5 %FS/100°C
Lineaarisuus		±1.0 %FS	
Vasteaika		5 ms	
Paineen ylikuormi- tus			10 psi
Käyttölämpötila	- 20°C		85°C
Säilytyslämpötila	- 40°C		125°C

6.2 Arduino

Arduino on mikrokontrollerikehitysalusta, joka toimii avoimella lähdekoodilla (kuva 7). Arduino-alustat ovat helppoja ohjelmitavia, koska ne toimivat USB-kaapeleilla. Ohjelmointi tapahtuu C-kielellä. (28.)

Tähän työhön käytettäväksi valittiin Arduino Uno, joka on päivitetty versio Arduino Duemilanovesta. Arduino Unossa on 14 tulo-lähtöpinniä, 6 analogista tuloa, 16 MHz:n kideoskillaattori, USB-liitäntä, DC-virtaliitin, ICSP-ohjelmointiliitäntä ja reset-painonappi. Arduino Uno toimii 5 V:n jännitteellä. (29.)



KUVA 7. Arduino ja siihen liitetyt johtimet paineanturilta

6.3 Kytkenä

Paineanturi liitettiin viidellä pinnillä piirilevyille juottamalla ja siitä johdinten avulla Arduinolle (kuva 8). Jalka 2 liitettiin 5 V:n jännitteeseen, jalka 3 ulostuloon ja jalka 4 maahan (kuva 7).



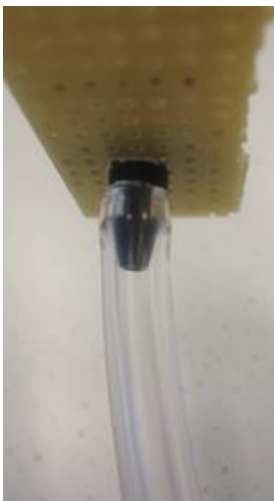
KUVA 8. Paineanturi

Pinnien järjestys on esitetty taulukossa 4.

TAULUKKO 4. Pinnien järjestys (27)

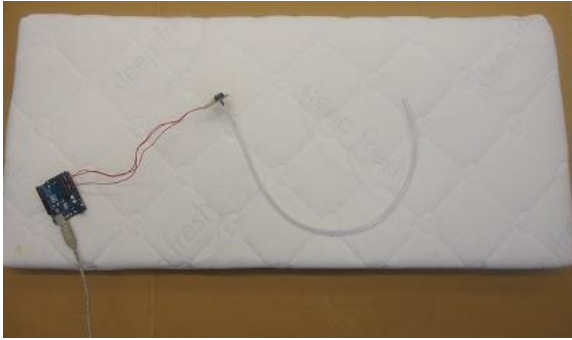
Pinni nro	Selitys
1	-
2	Vcc
3	Out
4	Gnd
5	-

Anturin toiseen päähän liitettiin läpinäkyvä letku, jota pitkin hengitys kulkeutui anturille (kuva 9). Anturin halkaisija on 4,78 mm siltä kohdalta, mihin letku liitettiin. Letku liitettiin ilmatiiviisti anturin ympärille, niin ettei ilma päässyt kulkeutumaan liitoksen kohdalta ulos.



KUVA 9. Letku liitettynä paineanturiin

Valmiissa kytkennässä tietokoneelle liitettiin Arduino Uno ja tietokone luki tulokset Arduino-ohjelmaan. Arduinoon liitettiin paineanturi, johon hengitys kulkeutui letkun kautta ja se näkyi ohjelmassa paineen muutoksena. Valmis kytkentä on esitetty kuvassa 10. Hengitykset on tehty siltä kohdalta patjaa missä letkunpää kuvassa 10 sijaitsee.



KUVA 10. Valmis kytkentä

6.4 Koodi

Ohjelmointikoodia alettiin rakentaa valmiin koodin pohjalta, johon tehtiin tarvittavat muutokset. Arduinolle kirjoitettiin koodi, joka lukee sensorin, muuntaa lukeman kPa-muotoon ja palauttaa kyseisen painearvon sarjaportille. Valmis koodi on esitetty liitteessä 1.

6.5 Mittaustapahtuma

Aluksi ongelmana oli sopivan ilmavirran löytäminen, joka olisi mahdollisimman lähellä vastasyntyneen hengitystä. Ratkaisuksi mietittiin ilmavirran tuottamista niin, että laite tuottaisi vakiona flow-painetta. Sopiva ratkaisu löytyi kun paineanturiin hengitettiin aikuisen ihmisen hengityksellä. Tämä todettiin sopivaksi ratkaisuksi, kun tuloksia alettiin verrata keskenään ja tulokset olivat hyvin samankaltaisia useammassa mittauksessa.

Mittauksia suoritettiin yhteensä kolmekymmentä kappaletta. Mittauksista viisi suoritettiin pöydän päällä ja loput 25 mittausta suoritettiin lattialla makuuasennossa. Patjan alle asetettiin pahvi, joka vastasi äitiyspakkauksen materiaalia. Kaikki kuusi patjaa mitattiin aina samaan mittaukseen tulosten analysoinnin helpottamiseksi. Jokaiselle patjalle tehtiin seitsemän uloshengityksen sarja ja jokaisen patjan välissä pidettiin riittävän suuri tauko. Riittävän suurien taukojen ansiosta mittauksien lukeminen helpottui ja jonkin tietyn uloshengityksen arvojen etsiminen mittauksesta löytyi helposti.

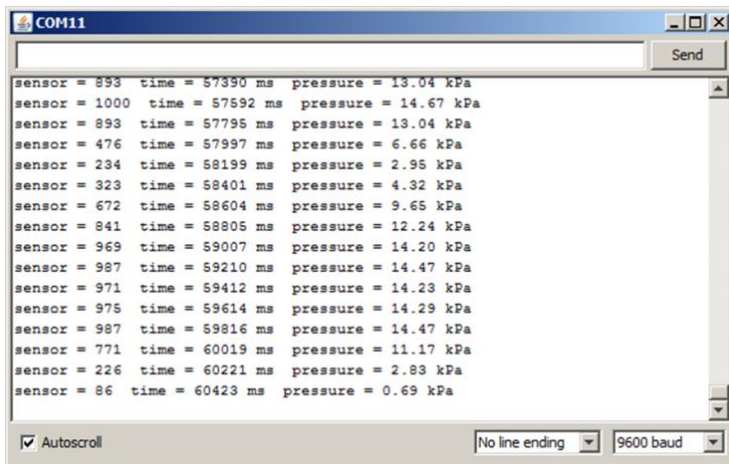
Tuloksista saatiin luotettavampia kuin mittaussarjoja tehtiin erilaisilla hengitystekniikoilla: rauhallinen ja hieman normaalia syvempi hengitys, hidas ja raskas hengitys, nopea ja tiheä hengitys sekä normaalia hengitystiheyttä vastaava hengitys. Hengitys pyrittiin pitämään mahdollisimman vakiona jokaisen mittauksen aikana. Hengitystekniikoiden lisäksi tuloksien luotettavuutta varten osa mittauksista suoritettiin eri henkilöllä. Myös patjojen järjestystä vaihdettiin useampaan kertaan.

Mittaus tapahtui asettamalla letku suunpieleen ja avaamalla suu patjaa vasten. Mittaustapahtuma on esitetty kuvassa 11.



KUVA 11. Mittaustapahtuma

Uloshengitykset näkyivät paineen vaihteluina Arduinon Serial monitorissa (kuva 12). Serial monitorissa näkyy sensorin numero, aika (ms) sekä paine (kPa). Tulokset luettiin Putty-ohjelmalla, josta tulokset siirrettiin Exceeliin ja piirrettiin jokaisesta mittauksesta kuvaaja.



KUVA 12. Serial monitor

6.6 Mittaukset

Mittaustuloksia saatiin yhteensä 30 kappaletta. Mittauksissa 1–25 patja 4 mitattiin lakanakankaan puolelta. Mittaukset 26–30 olivat lisämittauksia, joissa patjan 4 mittaukset tehtiin lakanapuolen lisäksi verkkomateriaalin puolelta. Lisäksi patjalle 5 tehtiin mittaukset päällyspuolen lisäksi alapuolelta, josta toinen mittaus suoritettiin reiän kohdalta ja toinen neljän reiän keskeltä. Patjat on merkitty tuloksiin taulukoiden 5 ja 6 osoittamalla tavalla.

TAULUKKO 5. Mittaussarjojen 1–25 patjojen merkitseminen tuloksiin

Patja	Merkkaaminen	
Patja 1	1	
Patja2	2	
Patja 3	3	
Patja 4	4	(Lakanakankaan puolelta)
Patja 5	5	
Patja 6	6	

TAULUKKO 6. Mittaussarjojen 26–30 patjojen merkitseminen tuloksiin

Patja	Merkkäminen	
Patja 1	1	
Patja 2	2	
Patja 3	3	
Patja 4	4a	(Lakanakankaan puolelta)
Patja 4	4b	(Verkkokankaan puolelta)
Patja 5	5a	
Patja 5	5b	(Lakanakankaan puolelta, reiän kohdalta)
Patja 5	5c	(Lakanakankaan puolelta, neljän reiän keskeltä)
Patja 6	6	

6.6.1 Rauhallinen, hieman normaalia syvempi hengitys

Rauhallisella ja hieman normaalia syvemmällä hengityksellä mittauksia tehtiin yhteensä kahdeksan kappaletta ja kaikki mittaukset (1–5 ja 11–13) kuuluivat mittaussarjaan 1–25. Näissä mittauksissa patjojen mittausjärjestys oli 1, 2, 3, 4, 5 ja 6. Kaikki mittaukset suoritti sama henkilö.

6.6.2 Hidas, raskas ja voimakas hengitys

Hitaalla, raskaalla ja voimakkaalla hengityksellä mittauksia tehtiin yhteensä kolme kappaletta. Ensimmäisen mittauksen (mittaus 6) patjojen mittausjärjestys oli 1, 2, 3, 4, 5 ja 6. Toisen mittauksen (mittaus 24) patjojen mittausjärjestys oli 3, 4, 5, 1, 2 ja 6. Ensimmäinen ja toinen mittaus kuuluivat mittaussarjaan 1–25. Kolmannen mittauksen (mittaus 30) patjojen mittausjärjestys oli 1, 2, 3, 4a, 4b, 5a, 5b, 5c ja 6 ja mittaus kuului mittaussarjaan 26–30. Ensimmäisen mittauksen suoritti eri henkilö kuin toisen ja kolmannen mittauksen.

6.6.3 Nopea, kevyt ja tiheä hengitys

Nopealla, kevyellä ja tiheällä hengityksellä tehtiin yhteensä kahdeksan mittaus- ta, joista kaksi mittaus- ta epäonnistui kontaktivirheen takia. Tuloksissa tarkastel- laan kuuden mittauksen mittaus- tuloksia. Kahden ensimmäisen mittauksen pat-

jojen mittausjärjestys oli 1, 2, 3, 4, 5 ja 6, ja ne kuuluivat mittaussarjaan 1–25. Kaksi ensimmäistä mittausta suoritti eri henkilö, ja neljä viimeistä mittausta suoritettiin toisella henkilöllä. Kolmannen mittauksen patjojen mittausjärjestys oli 6, 5, 4, 3, 2 ja 1. Neljännen mittauksen patjojen mittausjärjestys oli 3, 4, 5, 1, 2 ja 6. Kumpikin mittaus kuuluu mittaussarjaan 1–25. Viidennen ja kuudennen mittauksen patjojen mittausjärjestys oli 1, 2, 3, 4a, 4b, 5a, 5b, 5c ja 6 ja kumpikin mittaus kuului mittaussarjaan 26–30.

6.6.4 Normaali hengitys

Normaalilla hengityksellä suoritettiin 11 mittausta, joista kaksi mittausta epäonnistui kontaktivirheen takia. Tuloksissa tarkastellaan yhdeksän mittauksen mitaustuloksia. Kahden ensimmäisen mittauksen patjojen mittausjärjestys oli 1, 2, 3, 4, 5 ja 6. Kaksi ensimmäistä mittausta suoritti eri henkilö ja seitsemän viimeistä mittausta suoritettiin toisella henkilöllä. Kolmannen mittauksen patjojen mittausjärjestys oli 1, 2, 3, 4, 5 ja 6 ja neljännen mittauksen patjojen mittausjärjestys oli 6, 5, 4, 3, 2 ja 1. Kolmen seuraavan mittauksen patjojen järjestys oli 3, 4, 5, 1, 2 ja 6. Kaikki edellä mainitut seitsemän mittausta kuuluivat mittaussarjaan 1–25. Kahden viimeisen mittauksen patjojen mittausjärjestys oli 1, 2, 3, 4a, 4b, 5a, 5b, 5c ja 6 ja kumpikin mittaus kuului mittaussarjaan 26–30.

7 MITTAUSTULOKSET

Työn tuloksena saatiin erilaisia hengitystekniikoita käyttäen mittaustuloksia, joista selviää, miten paine nousee kunkin patjan kohdalla patjan pintaan hengitetäessä. Mittaustuloksia vertailtiin keskenään. Lisäksi haettiin jokaiselle uloshengitykselle painemaksimi ja niistä laskettiin keskiarvot jokaisen mittauksen kohdalla erikseen.

Mittaustulosten taulukot (1–26) on esitetty liitteessä 2. Niistä selviää jokaisen mittauksen patjojen paremmuus. Taulukon oikeanpuoleisessa sarakkeessa on esitetty maksimipaineen keskiarvot, jotka on laskettu jokaisen uloshengityksen maksimiarvoista. Liitteessä 3 on esitetty kaikista mittaustuloksista Excelillä piirretyt kuvaajat, joista voi huomata paineenvaihtelun patjojen välillä.

7.1 Rauhallinen, hieman normaalia syvempi hengitys

Rauhallisella ja hieman normaalia syvemmällä hengityksellä tehtiin mittaukset 1–5 ja 11–13 ja tulokset on esitetty taulukoissa 7 ja 8. Tuloksista voidaan nähdä, että patja 6 on ollut paras kaikissa muissa paitsi yhdessä mittauksessa, koska patjan paine ei ole noussut ollenkaan viidessä mittauksessa ja maksimipaineen keskiarvo on suurimmillaan vain 0,0114 kPa mittauksessa 12. Seuraavaksi paras patja on patja 1, jonka paine ei ole noussut kolmessa mittauksessa ollenkaan ja maksimipaineen keskiarvo on suurimmillaan 0,0857 kPa. Patja 2 on kolmanneksi paras, ja sen maksimipaineen keskiarvo on suurimmillaan 0,0789 kPa. Paineet ovat vaihdelleet jokaisessa kahdeksassa mittauksessa, vaikka kaikki mittaukset on yritetty tehdä mahdollisimman samanlaisella hengitystekniikalla. Patjat 3–5 ovat lähes kaikissa mittauksissa kolmen viimeisen huonoimman joukossa. Vain patja 3 yltää toiseksi yhdessä mittauksessa. Patjan 5 paineet nousevat korkeimmalle näissä mittauksissa, eli patja on paineen nousun kannalta huonoiten soveltuva patja vauvalle. Näiden mittaustulosten perusteella patja 6 on parhaiten soveltuva patja vauvalle.

Taulukossa 7 on esitetty yhteenveto siitä, miten patjat ovat mittauksissa 1–5 ja 11–13 sijoittuneet. Mittauksia on ollut yhteensä kahdeksan kappaletta, mutta patjojen 1 ja 6 paineet eivät ole nousseet jokaisessa mittauksessa, joten ne ovat sijoittuneet kahdessa mittauksessa kumpikin parhaaksi. Tästä johtuu myös se, ettei kummassakaan mittauksessa ole ollut huonointa patjaa.

TAULUKKO 7. Mittauksien 1–5 ja 11–13 patjojen paremmuus

	Paras	2. paras	3. paras	4. paras	5. paras	Huonoin
Patja 1	3	3	2			
Patja 2		3	5			
Patja 3		1	1	2	2	2
Patja 4				5	3	
Patja 5				1	3	4
Patja 6	7	1				
Yhteensä	10	8	8	8	8	6

Taulukossa 8 on esitetty jokaisen mittauksen maksimipaineiden keskiarvot pienimmästä suurimpaan mittauksista 1–5 ja 11–13. Tästä voidaan nähdä millä patjalla paineen vaihtelu on ollut suurinta ja millä pienintä.

TAULUKKO 8. Mittauksien 1–5 ja 11–13 maksimipaineen keskiarvot pienimmästä suurimpaan

	Maksimipaineen keskiarvot pienimmästä suurimpaan								Yksikkö
Patja 1	0	0	0	0,0243	0,03	0,03587	0,0414	0,0857	kPa
Patja 2	0,0057	0,019	0,0229	0,0243	0,0386	0,04	0,0686	0,0786	kPa
Patja 3	0,0229	0,0271	0,0286	0,0957	0,1057	0,1314	0,1714	0,2214	kPa
Patja 4	0,0371	0,0457	0,0514	0,0843	0,1229	0,1229	0,1243	0,1343	kPa
Patja 5	0,0529	0,0586	0,07	0,0986	0,13	0,1514	0,1771	0,1843	kPa
Patja 6	0	0	0	0	0	0,0029	0,0086	0,0114	kPa

7.2 Hidas, raskas ja voimakas hengitys

Hitaalla, raskaalla ja voimakkaalla hengityksellä tehtiin mittaukset 6, 24 ja 30. Mittausten 6 ja 24 tulokset on esitetty taulukoissa 9 ja 10. Mittauksen 30 tulokset on esitetty kohdassa 7.6 muiden lisämittaustulosten yhteydessä. Mittauksissa 6 ja 24 tulokset ovat muuten samoja paitsi 5. paras ja huonoin tulos vaihtuvat keskenään, eli patjat 3 ja 4 ovat paineen nousun kannalta huonoiten soveltuvia patjoja vauvalle. Kummassakin mittauksessa patja 6 on parhaiten soveltuva patja vauvalle, vaikka paineet ovatkin nousseet mittauksissa. Paineiden nousu on silti vähäistä verrattuna toisten patjojen mittaustuloksiin. Taulukossa 9 on esitetty yhteenveto siitä, miten patjat ovat mittauksissa 6 ja 24 sijoittuneet. Tulokset ovat hyvin samankaltaisia kummallakin mittauskerralla.

TAULUKKO 9. Mittauksien 6 ja 24 patjojen paremmuus

	Paras	2. paras	3. paras	4. paras	5. paras	Huonoin
Patja 1		2				
Patja 2			2			
Patja 3					1	1
Patja 4					1	1
Patja 5				2		
Patja 6	2					
Yhteensä	2	2	2	2	2	2

Taulukossa 10 on esitetty mittauksien 6 ja 24 maksimipaineiden keskiarvot pienimmästä suurimpaan. Taulukosta voidaan nähdä, että patjalla 3 paineen vaihtelu on pienintä ja patjalla 4 suurinta. Hitaalla, raskaalla ja voimakkaalla hengityksellä paineet ovat nousseet kaikista käytetyistä hengitystekniikoista korkeimmalle.

TAULUKKO 10. Mittauksien 6 ja 24 maksimipaineiden keskiarvot pienemmästä suurempaan

	Maksimipaineen keskiarvot		Yksikkö
Patja 1	0,0074	0,0514	kPa
Patja 2	0,0829	0,1257	kPa
Patja 3	0,3	0,3057	kPa
Patja 4	0,2214	0,38	kPa
Patja 5	0,1029	0,2286	kPa
Patja 6	0,0029	0,0143	kPa

7.3 Nopea, kevyt ja tiheä hengitys

Nopealla, kevyellä ja tiheällä hengityksellä tehtiin mittaukset 7–8, 20–21 ja 28–29. Mittausten 7–8 ja 20–21 tulokset on esitetty taulukoissa 11 ja 12. Mittauksien 28–29 tulokset on esitetty kohdassa 7.6 muiden lisämittaustulosten yhteydessä. Tämä hengitystekniikka vastasi tiheydeltään eniten vauvan hengitystä. Patjan 6 paineet nousevat vähiten viidessä mittauksessa ja yhdessä mittauksessa patja 6 sijoittuu toiseksi. Patjat 1 ja 2 sijoittuvat jokaisessa mittauksessa kolmen parhaan joukkoon. Patjoilla 3, 4 ja 5 paineet nousevat korkeimmiksi. Näissäkin mittaussarjoissa patja 6 on parhaiten soveltuva patja vauvalle, vaikka paineet nousevat matalalle. Taulukossa 11 on esitetty yhteenveto siitä, miten patjat ovat mittauksissa 7–8 ja 20–21 sijoittuneet.

TAULUKKO 11. Mittauksien 7–8 ja 20–21 patjojen paremmuus

	Paras	2. paras	3. paras	4. paras	5. paras	Huonoin
Patja 1	1	2	1			
Patja 2		1	3			
Patja 3				1	1	2
Patja 4					2	2
Patja 5				3	1	
Patja 6	3	1				
Yhteensä	4	4	4	4	4	4

Taulukossa 12 on esitetty mittauksien 7–8 ja 20–21 maksimipaineiden keskiarvot pienimmästä suurempaan. Taulukosta voidaan nähdä, millä patjalla paineen vaihtelu on ollut suurinta ja millä pienintä.

TAULUKKO 12. Mittauksien 7–8 ja 20–21 maksimipaineiden keskiarvot pienimmästä suurimpaan

	Maksimipaineen keskiarvot pienimmästä suurimpaan				Yksikkö
Patja 1	0,0226	0,0314	0,0429	0,0471	kPa
Patja 2	0,0086	0,0614	0,0617	0,0717	kPa
Patja 3	0,08	0,1443	0,15	0,18	kPa
Patja 4	0,07	0,0757	0,1629	0,3129	kPa
Patja 5	0,0586	0,0786	0,1243	0,2457	kPa
Patja 6	0,0057	0,0057	0,0333	0,0443	kPa

7.4 Normaali hengitys

Normaalilla hengityksellä suoritettiin mittaukset 9–10, 18–19, 22–23, 25 ja 26–27. Mittauksien 9–10, 18–19, 22–23 ja 25 tulokset on esitetty taulukoissa 13 ja 14. Mittauksien 26–27 tulokset on esitetty kohdassa 7.6 muiden lisämittaustulosten yhteydessä. Seitsemästä mittauksesta patja 6 on paras kuudessa mittauksessa. Kahdessa mittauksessa sen paine ei nouse ollenkaan ja maksimipaineen keskiarvo on suurimmillaan 0,02 kPa. Patja 1 on toiseksi paras kuudessa mittauksessa, ja patja 2 on kolmanneksi paras viidessä mittauksessa. Patjoilla 3, 4 ja 5 paineet ovat nousseet korkeimmiksi. Normaalilla hengityksellä tulokset ovat eniten säännöllisiä: viidellä mittauksella patja 6 on paras, patja 1 toiseksi paras ja patja 2 kolmanneksi paras. Myös viidessä mittauksessa patja 5 on neljänneksi paras, patja 4 viidenneksi paras ja patja 3 huonoin. Patjalla 3 paineet nousevat eniten, joten se on paineen nousun kannalta huonoiten soveltuva patja vauvalle. Näiden mittaustulosten perusteella patja 6 on parhaiten soveltuva patja vauvalle.

Taulukossa 13 on esitetty yhteenveto siitä miten patjat ovat mittauksissa 9–10, 18–19, 22–23 ja 25 sijoittuneet. Tulokset ovat hyvin samankaltaisia jokaisella mittauskerralla.

TAULUKKO 13. Mittauksien 9–10, 18–19, 22–23 ja 25 patjojen paremmuus

	Paras	2. paras	3. paras	4. paras	5. paras	Huonoin
Patja 1		6	1			
Patja 2	1	1	5			
Patja 3				1		6
Patja 4				1	6	
Patja 5				5	1	1
Patja 6	6		1			
Yhteensä	7	7	7	7	7	7

Taulukossa 14 on esitetty mittauksien 9–10, 18–19, 22–23 ja 25 maksimipaineiden keskiarvot pienimmästä suurimpaan. Taulukosta voidaan nähdä, millä patjalla paineen vaihtelu on ollut suurinta ja millä pienintä.

TAULUKKO 14. Mittauksien 9–10, 18–19, 22–23 ja 25 maksimipaineiden keskiarvot pienimmästä suurimpaan

	Maksimipaineen keskiarvot pienimmästä suurimpaan							Yksikkö
Patja 1	0,0086	0,0114	0,0143	0,01711	0,02	0,0214	0,0386	kPa
Patja 2	0,0086	0,0171	0,0214	0,0229	0,0257	0,0343	0,06	kPa
Patja 3	0,0571	0,0643	0,1371	0,1414	0,1543	0,1614	0,19	kPa
Patja 4	0,06	0,0743	0,0829	0,0971	0,1029	0,1114	0,1271	kPa
Patja 5	0,0357	0,0586	0,0643	0,0757	0,0757	0,09	0,0986	kPa
Patja 6	0	0	0,0086	0,0114	0,02	0,02	0,02	kPa

7.5 Yhteenveto mittauksista 1–25

Vähiten paineet nousivat patjoilla 1, 2 ja 6. Patjat 1 ja 2 ovat vaahtomuovipatjoja ilman minkäänlaisia päällyksiä. Patja 6 on Lifenest-patja, joka on ainoana suunniteltu ennaltaehkäisemään kätkytkuolemia, vinopäisyyttä ja painehaavoja. Näiden tulosten perusteella patjalla 6 uloshengityksen paineet nousevat vähiten, joten se on kätkytkuolemien kannalta paras vaihtoehto lapselle.

Patjat 3, 4 ja 5 ovat kaikki päällystetty erilaisilla materiaaleilla, ja näillä patjoilla uloshengityksen paineet nousivat kaikista eniten. Patja 3 on 10 kertaa huonoin 25 mittauksesta ja sijoittuu muutenkin huonosti. Patja 6 on 18 kertaa paras 25 mittauksesta, ja sen muutkin sijoitukset yltyvät kolmen parhaan joukkoon.

Tulokset ovat vaihtelevia ja patjojen paremmuusjärjestys muuttuu lähes jokaisessa mittauksessa. Silti eri mittaussarjoissa on samankaltaisia tuloksia ja eri hengitystekniikoilla tehdyt tulokset tukevat toisiaan. Maksimipaineen keskiarvot eivät ole tasaisia, koska jokaisella ulospuhalluksella paine on noussut eri luke-miin ja tuloksista on poimittu vain suurimmat arvot, joista keskiarvot on laskettu. Maksimipaineen keskiarvot antavat kuitenkin suuntaa millä patjalla paineet nousevat eniten. Parhaiten paineenvaihteluiden erot tulevat näkyviin kuvaajista, jotka ovat esitetty liitteessä 3.

Taulukossa 15 on esitetty yhteenveto siitä, miten patjat ovat mittauksissa 1–25 sijoittuneet. Mittauksia on ollut yhteensä 21 kappaletta, mutta patjojen 1 ja 6 paineet eivät ole nousseet jokaisessa mittauksessa, joten ne ovat sijoittuneet kahdessa mittauksessa kumpikin parhaaksi. Tästä johtuu myös se, ettei kummassakaan mittauksessa ole ollut huonointa patjaa.

TAULUKKO 15. Yhteenveto mittauksien 1–25 patjojen paremmuudesta

	Paras	2. paras	3. paras	4. paras	5. paras	Huonoin
Patja 1	4	13	4			
Patja 2	1	5	15			
Patja 3		1	1	4	5	10
Patja 4				6	11	4
Patja 5				11	5	5
Patja 6	18	2	1			
Yhteensä	23	21	21	21	21	19

7.6 Lisämittaukset 26–30

Mittaustulokset ovat hyvin samanlaisia kuin aiemmissa mittauksissa, mutta patjalla 4 saadaan parempia tuloksia, kun mittaukset tehdään verkkokankaan puolelta (4b). Patjan 5 lisämittaukset (5b ja 5c) lakanakankaan puolelta eivät paranna patjan tuloksia, vaan maksimipaineen keskiarvo nousee jopa 0,4843 kPa:iin. Mittauksissa 26–30 parhaita tuloksia on saatu patjoilla 1, 2, 6 ja 4b. Lisämittaukset antavat muuten samankaltaisia tuloksia kuin mittaukset 1–25, mutta patja 4 antaa parempia tuloksia toisinpäin mitattuna. Lisämittauksia olisi voinut tehdä enemmänkin tuloksien vahvistamiseksi.

Taulukossa 16 on esitetty yhteenveto siitä miten patjat ovat mittauksissa 26–30 sijoittuneet. Mittauksia on ollut yhteensä viisi kappaletta, mutta patjat 1 ja 4b ovat sijoittuneet yhdessä mittauksessa kumpikin toiseksi parhaaksi. Tästä johdetaan myös se, ettei kummassakaan mittauksessa ole ollut huonointa patjaa.

TAULUKKO 16. Yhteenveto mittauksien 26–30 patjojen paremmuudesta

	Paras	2. paras	3. paras	4. paras	5. paras	6. paras	7. paras	8. paras	Huonoin
Patja 1		4	1						
Patja 2			2	3					
Patja 3						3		1	1
Patja 4a						2	2	1	
Patja 4b		2	2	1					
Patja 5a				1	2		1		1
Patja 5b					2		1	1	1
Patja 5c					1		1	2	1
Patja 6	5								
Yhteensä	5	6	5	5	5	5	5	5	4

Taulukossa 17 on esitetty mittauksien 26–30 maksimipaineiden keskiarvot pienimmästä suurimpaan. Taulukosta voidaan nähdä millä patjalla paineen vaihtelu on ollut suurinta ja millä pienintä. Patjan 5 lisämittauksissa (5b ja 5c) paineet nousevat enemmän kuin alkuperäisessä mittauksessa 5a.

TAULUKKO 17. Mittauksien 26–30 maksimipaineiden keskiarvot pienimmästä suurimpaan

	Maksimipaineen keskiarvot pienimmästä suurimpaan					Yksikkö
Patja 1	0,0089	0,0089	0,0171	0,0243	0,09	kPa
Patja 2	0,0214	0,0229	0,0257	0,0286	0,1543	kPa
Patja 3	0,0414	0,1	0,1043	0,1429	0,3286	kPa
Patja 4a	0,0486	0,05	0,1043	0,1343	0,3786	kPa
Patja 4b	0,0114	0,02	0,0243	0,0514	0,0843	kPa
Patja 5a	0,0543	0,06	0,0829	0,0843	0,2343	kPa
Patja 5b	0,03	0,0371	0,1357	0,1429	0,3829	kPa
Patja 5c	0,0471	0,07	0,1286	0,13	0,4843	kPa
Patja 6	0	0,0029	0,0029	0,0057	0,0057	kPa

8 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, minkälainen paine hengittämällä saadaan kohdistettua erilaisten patjojen pinnoille. Mittaukset suoritettiin kytkennällä, johon oli liitetty paineanturi ja Arduino, joka luki uloshengityksen painevaihteluiden tulokset. Mittaukset suoritettiin Oulun seudun ammattikorkeakoulun tiloissa. Saatuja tuloksia vertailtiin keskenään piirtämällä jokaisesta mittauksesta kuvaaja Excelillä ja etsimällä jokaiselle uloshengitykselle painemaksimit, joista laskettiin keskiarvot. Yhteen kuvaajaan tuli jokaisesta kuudesta patjasta seitsemän uloshengityksen sarja. Näin oli helppo nähdä, minkä patjan kohdalla paine nousi korkeimmalle ja minkä patjan kohdalla paine jäi matalalle.

Tiedon etsiminen mittausjärjestelmän rakentamiseen alkoi takkuillen. Sopivan paineanturin löydyttyä kytkentä saatiin rakennettua ja anturin toimintaa päästiin testaamaan. Suurimpana ongelmana oli sopivan ilmavirran löytäminen, joka olisi mahdollisimman lähellä vastasyntyneen hengitystä. Ratkaisuksi mietittiin ilmavirran tuottamista niin, että laite tuottaisi vakiona flow-painetta, mutta tekemällä testimittauksia omalla hengityksellä tultiin tulokseen, että tulokset ovat riittävän tarkkoja varsinaisiin mittauksiin. Mittaukset oli tarkoitus suorittaa myös niin, että patjan päälle olisi asetettu vauvan painoa vastaava nukke, joka olisi ollut patjalla trendelenburgin asennossa. Koska mittauksia ei suoritettu ilmavirralla, joka olisi simuloinut vauvan hengitystä, jätettiin mittaukset trendelenburgin asennossa tästä työstä pois.

Patjaan 3 hengittäminen tuntui hyvin raskaalta ja tuntui kuin ilma ja hiilidioksidi olisivat jääneet pyörimään patjan pintaan. Hengittäminen patjaan 6 tuntui helpolta ja ilma kulkeutui hyvin patjan pinnalta ulos.

Neljässä mittauksessa tapahtui jonkinlainen kontaktivirhe paineanturin ja Arduinon välillä, joten näitä ei huomioitu tuloksissa, koska paineet eivät olleet nousseet ollenkaan. Ensimmäisessä sarjassa mittauksia tehtiin 25 kappaletta, joista onnistui 21 kappaletta. Toisessa sarjassa tehtiin patjoille 4 ja 5 lisämittauksia patjan toiselta puolen ja näistä mittauksista onnistuivat kaikki.

Vähiten uloshengityksen paineet nousivat patjoilla 1 ja 2 eli tavallisilla vaahtomuovipatjoilla sekä patjalla 6 eli Lifenest-patjalla. Patjoissa 3, 4 ja 5 oli kaikissa erilainen päällinen ja patjat olivat sisältä vaahtomuovia. Näillä kolmella patjalla uloshengityksen paineet nousivat huomattavasti korkeammalle kuin patjoilla 1,2 ja 6. Parhaaksi patjaksi osoittautui patja 6, jonka kohdalla useassa mittauksessa paine ei noussut ollenkaan tai se nousi 0,02 kPa. Ensimmäisessä sarjassa oli onnistuneita mittauksia 21 kappaletta ja patja 6 oli paras 18 kertaa. Lisämittauksia tehtiin viisi kappaletta ja patja 6 oli paras kaikissa näissä mittauksissa. Lisämittauksissa patjan 4 paineet nousivat vähemmän, kun patja käännettiin toisinpäin. Patja 5 toisinpäin käännettynä antoi huonompia tuloksia, eli paineet nousivat korkeammiksi.

Kehitettäessä uudenlaista vauvan patjaa olisi hyvä huomioida myös sisäänhengityksen vaikutus ja hiilidioksidin kertymä. Tämä vaatisi suurempia mittausjärjestelyjä ja paljon aikaa. Näillä mittauksilla pystytään kuitenkin antamaan suuntaa antava tulos siitä, että patja 6 näyttäisi olevan paras vaihtoehto uloshengitetyn paineen arvoja vertaamalla. Lapsen kääntyessä vatsalleen hengittäminen on helpompaa kuin muilla viidellä patjalla ja tukehtumisen vaara on pienempi ilmakehien ansiosta.

Opinnäytetyön tekeminen oli mielenkiintoista ja haastavaa. Kätkytkuolema oli tuttu aihe ennestään, mutta muuten opinnäytetyöhön perehtyminen vaati paljon aikaa. Arduinoon tutustuminen ja toimintaan saaminen vei huomattavan osan ajasta, koska siitä oli hyvin vähän kokemusta ennestään. Työn aihe oli mielenkiintoinen, koska olen itse kahden pienen lapsen äiti ja toivon tulosten olevan avuksi uudenlaisen turvapatjan kehittämisessä äitiyspakkaukseen.

LÄHTEET

1. Arstila, Antti – Björkqvist Stig-Eyrik – Hänninen, Osmo – Nienstedt, Walter 2009. Ihmisen fysiologia ja anatomia. Helsinki: WSOY. S.259–276.
2. Lehtinen, Päivi – Lillrank, Benita – Martin, Minna – Seppä, Maila – Törö, Tiina 2010. Hengitys itsesäätelyn ja vuorovaikutuksen tukena. Mediapinta. Saatavissa: <http://www.mediapinta.fi/naytteet/pdf/9789522352590.pdf>. Hakupäivä: 8.4.2013. s. 15–18.
3. Keskinen, Kari L. Kuormitusfysiologia. Saatavissa: <https://www.jyu.fi/sport/opiskelijavalinta/hakuopas/liikuntapedagogiikan-ja-liikuntabiologisen-aineryhman-14.5.2013-kirjalliseen-kokeen-aineisto/kuormitusfysiologia>. Hakupäivä: 11.4.2013.
4. Keuhkojen rakenne ja toiminta. Keuhkosyöpa.fi. Saatavissa: www.keuhkosyopa.fi/yleista/keuhkojen-rakenne-ja-toiminta/. Hakupäivä: 21.4.2013.
5. Pediatric respiratory rates. Saatavissa: www.health.ny.gov/professionals/ems/pdf/assmttools.pdf. Hakupäivä: 18.4.2013.
6. Maksimaaliset hengitystiepainet, suu- ja nenäpainet. 2010. Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri. Saatavissa: <http://huslab.fi/ohjekirja/20210.html>. Hakupäivä: 11.4.2013.
7. Tukipaketti kätkytkuolemasta. Käpy ry. Saatavissa: <http://www.kapy.fi/index.php?page=tukipaketti-kaetkytkuolemasta>. Hakupäivä 4.3.2013.

8. Kätkytkuoleman ehkäiseminen. Libero. Saatavissa:
<http://www.libero.fi/Sinun-vaiheesi/Artikkeli/?contentId=271232>. Hakupäivä 4.3.2013.
9. Alkoholiongelmät lisäävät kätkytkuolemia. Terve.fi. Saatavissa:
www.terve.fi/vauvaika/alkoholiongelmät-lisaavat-katkytkuolemia. Hakupäivä: 24.4.2013.
10. Jansson, Marianne 2008. Tuuletin voi vähentää kätkyt kuolemia. Lääkärilehti. Saatavissa:
http://www.laakarilehti.fi/uutinen.html?opcode=show/news_id=6333/type=1. Hakupäivä 4.3.2013.
11. Trendelenburgin asento. 2011. Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Saatavissa:
http://www.duodecim.fi/kotisivut/sivut.koti?p_navi=125207&p_sivu=94328&p_sivusto=640. Hakupäivä 5.3.2013.
12. Similä, Seppo. Info. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Satu Leskinen ja Jaakko Kaski. 5.11.2012.
13. Pellonpää, Sanna – Ylitalo, Sari 2011. Turvalliset leikkausasennot -opas henkilökunnalle. Vaasa: Vaasan ammattikorkeakoulu, Hoitotyön koulutusohjelma. Opinnäytetyö. s. 30.

14. Hukki, Jyrki – Kangasniemi, Marko – Niemelä, Mika – Saarinen, Pia 2007. Yksinkertaiset kraniosynostoosit. Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim. Saatavissa:
http://www.duodecimlehti.fi/web/guest/arkisto?p_p_id=dlehtihaku_view_article_WAR_dlehtihaku&p_p_action=1&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_dlehtihaku_view_article_WAR_dlehtihaku__spage=%2Fportlet_action%2Fdlehtihakuartikkeli%2Fviewarticle%2Faction&_dlehtihaku_view_article_WAR_dlehtihaku_tunnus=duo96419&_dlehtihaku_view_article_WAR_dlehtihaku_p_frompage=uusinnumero. Hakupäivä 5.3.2013.
15. About plagiocephaly. 2012. Ubimed. Saatavissa:
<http://www.ubimed.com/flat-head-plagiocephaly.asp>. Hakupäivä 5.3.2013.
16. Lattapäisyys vaivaa selällään nukkuvia lapsia. 2011. Tohtori. Saatavissa:
<http://www.tohtori.fi/?page=6771267&id=5973208>. Hakupäivä 5.3.2013.
17. Lifenest, the new standard. 2013. Ubimed.
18. Soppi, Esa 2010. Painehaava – esiintyminen, patofysiologia ja ehkäisy. Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim. Saatavissa:
www.duodecimlehti.fi/web/guest/etusivu?p_p_id=dlehtihaku_view_article_WAR_dlehtihaku&p_p_action=1&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&_dlehtihaku_view_article_WAR__spage=%2Fportlet_action%2Fdlehtihakuartikkeli%2Fviewarticle%2Faction&_dlehtihaku_view_article_WAR_dlehtihaku_tunnus=duo98591. Hakupäivä 17.5.2013.
19. Aumala, Olli 2003. Mittaustekniikan perusteet. Helsinki: Otatieto. S.92.

20. Luukkainen, Jukka – Wallin, Pekka – Äijälä, Anu 1994. Anturitekniikan perusteita. Espoo: TTK OFFSET. S.48–49.
21. Kempainen, Kalle 2010. Värähtely- ja paineantureiden testausohjelman käyttöönotto. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Automaatioteknologia Ylempi AMK, Tekniikan ja liikenteen osasto. Opinnäytetyö. s. 18.
22. Paineanturi. 2010. Kompo2010. Saatavissa:
<http://kompo2010.wikispaces.com/Paineanturi>. Hakupäivä: 1.1.2013.
23. Pylkkänen, Pekka 2009. Kiertovoitelujärjestelmän mittaaminen ja mittauksien käsittely. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikka, kone- ja laiteautomaatio. Tutkintotyö. s. 13–29.
24. Rantanen, Markku – Saxholm, Mari 2011. Paineen mittaus. Espoo. Mittatekniikan keskus. Saatavissa:
http://www.mikes.fi/documents/upload/j1_2011.pdf. Hakupäivä: 1.1.2013. s. 6–21.
25. Kaski, Jaakko 2013. T708306 Projektityö 4, 6 op. Opintojakson oppimateriaali keväällä 2013. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
26. Sleep fresh. Träumeland. Saatavissa:
http://www.traeumeland.com/en_page/matratzen/kleine_matratzen/sleep_fresh/. Hakupäivä: 4.4.2013.
27. Datasheet SPD002GAsil. 2011. Elfaelektronikka. Saatavana:
https://www1.elfa.se./data1/wwwroot/assets/datasheets/spd002gasil_eng_tds.pdf. Hakupäivä: 15.4.2013.

28. Jämsä, Lauri 2010. Arduino alustat esittelyssä. Ruuvipenkki.fi. Saatavissa: www.ruuvipenkki.fi/2010/08/12/arduino-alustat-esittelyssa. Hakupäivä: 17.4.2013.

29. Arduino Uno esittely. Partco. Saatavissa: www.partco.biz/verkkokauppa/article_info.php?articles_id=12. Hakupäivä: 17.4.2013

Arduinossa käytetty koodi:

```
// These constants won't change. They're used to give names
// to the pins used:

const int analogInPin = A0; // Analog input pin that the potentiometer is at-
tached to

int sensorValue = 0; // value read from the sensor

int askel = 200; // aika-askel (ms)

double paine = 0; // paine (Pa) 2psi = 13.7895 kPa ja muunnos sensorista
paineeksi on lineaarinen

double kulmakerroin = 0.0153;

double vakio = -0.6268;

long aika = 0; // aikaleimaa varten

long aikaNolla = 0; // ajan laskemista varten

// Muodostetaan yhteys:
void setup() {
  // initialize serial communications at 9600 bps:
  Serial.begin(9600);
}

// Mittauksen määrittelevä osuus:
void loop() {
  // read the analog in value:
  if(aikaNolla == 0){
    aikaNolla = millis();
  }

  sensorValue = analogRead(analogInPin);

  aika = millis() - aikaNolla;
```

```
//Kalibrointi  
paine = kulmakerroin * sensorValue + vakio;  
delay(askel);  
Serial.print("sensor = " );  
Serial.print(sensorValue);  
Serial.print(" time = " );  
Serial.print(aika);  
Serial.print(" ms pressure = " );  
Serial.print(paine);  
Serial.println(" kPa" );  
  
}
```

TAULUKKO 1. Mittauksen 1 tulokset

Tulos		Maksimipaineen keskiarvo
Paras	6	0 kPa
2. paras	1	0,0243 kPa
3. paras	2	0,04 kPa
4. paras	5	0,0586 kPa
5. paras	4	0,1229 kPa
Huonoin	3	0,1714 kPa

TAULUKKO 2. Mittauksen 2 tulokset

Tulos		Maksimipaineen keskiarvo
Paras	6	0 kPa
2. paras	1	0,03 kPa
3. paras	2	0,0686 kPa
4. paras	4	0,1243 kPa
5. paras	3	0,1314 kPa
Huonoin	5	0,1771 kPa

TAULUKKO 3. Mittauksen 3 tulokset

Tulos		Maksimipaineen keskiarvo
Paras	6	0 kPa
2. paras	2	0,0786 kPa
3. paras	1	0,0857 kPa
4. paras	4	0,1343 kPa
5. paras	5	0,1843 kPa
Huonoin	3	0,2214 kPa

TAULUKKO 4. Mittauksen 4 tulokset

Tulos		Maksimipaineen keskiarvo
Paras	1 ja 6	0 kPa
2. paras	3	0,0229 kPa
3. paras	2	0,0243 kPa
4. paras	4	0,0371 kPa
Huonoin	5	0,0529 kPa

TAULUKKO 5. Mittauksen 5 tulokset

Tulos		Maksimipaineen keskiarvo
Paras	1	0 kPa
2. paras	6	0,0029 kPa
3. paras	2	0,0229 kPa
4. paras	3	0,0271 kPa
5. paras	4	0,0514 kPa
Huonoin	5	0,0986 kPa

TAULUKKO 6. Mittauksen 6 tulokset

Tulos		Maksimipaineen keskiarvo
Paras	6	0,0029 kPa
2. paras	1	0,0074 kPa
3. paras	2	0,1357 kPa
4. paras	5	0,2286 kPa
5. paras	3	0,3 kPa
Huonoin	4	0,38 kPa

TAULUKKO 7. Mittauksen 7 tulokset

Tulos		Maksimipaineen keskiarvo
Paras	1	0,0314 kPa
2. paras	6	0,0443 kPa
3. paras	2	0,0717 kPa
4. paras	5	0,1243 kPa
5. paras	3	0,1443 kPa
Huonoin	4	0,1629 kPa

TAULUKKO 8. Mittauksen 8 tulokset

Tulos		Maksimipaineen keskiarvo
Paras	6	0,0333 kPa
2. paras	1	0,0471 kPa
3. paras	2	0,0614 kPa
4. paras	3	0,16 kPa
5. paras	5	0,2457 kPa
Huonoin	4	0,3129 kPa

TAULUKKO 9. Mittauksen 9 tulokset

Tulos		Maksimipaineen keskiarvo
Paras	6	0 kPa
2. paras	1	0,0086 kPa
3. paras	2	0,0214 kPa
4. paras	3	0,0571 kPa
5. paras	4	0,06 kPa
Huonoin	5	0,0757 kPa

TAULUKKO10. Mittauksen 10 tulokset

Tulos		Maksimipaineen keskiarvo
Paras	6	0 kPa
2. paras	1	0,0171 kPa
3. paras	2	0,0229 kPa
4. paras	5	0,0757 kPa
5. paras	4	0,1271 kPa
Huonoin	3	0,1371 kPa

TAULUKKO 11. Mittauksen 11 tulokset

Tulos		Maksimipaineen keskiarvo
Paras	1 ja 6	0 kPa
2. paras	2	0,0057 kPa
3. paras	3	0,0286 kPa
4. paras	4	0,0457 kPa
Huonoin	5	0,07 kPa

TAULUKKO 12. Mittauksen 12 tulokset

Tulos		Maksimipaineen keskiarvo
Paras	6	0,0114 kPa
2. paras	2	0,019 kPa
3. paras	1	0,0414 kPa
4. paras	3	0,1057 kPa
5. paras	4	0,1229 kPa
Huonoin	5	0,1514 kPa

TAULUKKO 13. Mittauksen 13 tulokset

Tulos		Maksimipaineen keskiarvo
Paras	6	0,0086 kPa
2. paras	1	0,0357 kPa
3. paras	2	0,0386 kPa
4. paras	4	0,0843 kPa
5. paras	3	0,0957 kPa
Huonoin	5	0,13 kPa

TAULUKKO 14. Mittauksen 18 tulokset

Tulos		Maksimipaineen keskiarvo
Paras	6	0,02 kPa
2. paras	1	0,0386 kPa
3. paras	2	0,06 kPa
4. paras	5	0,0643 kPa
5. paras	4	0,1114 kPa
Huonoin	3	0,19 kPa

TAULUKKO 15. Mittauksen 19 tulokset

Tulos		Maksimipaineen keskiarvo
Paras	6	0,0086 kPa
2. paras	1	0,0114 kPa
3. paras	2	0,0343 kPa
4. paras	4	0,0971 kPa
5. paras	5	0,0986 kPa
Huonoin	3	0,1614 kPa

TAULUKKO 16. Mittauksen 20 tulokset

Tulos		Maksimipaineen keskiarvo
Paras	6	0,0057 kPa
2. paras	1	0,0429 kPa
3. paras	2	0,0617 kPa
4. paras	5	0,0586 kPa
5. paras	4	0,0757 kPa
Huonoin	3	0,15 kPa

TAULUKKO 17. Mittauksen 21 tulokset

Tulos		Maksimipaineen keskiarvo
Paras	6	0,0057 kPa
2. paras	2	0,0086 kPa
3. paras	1	0,0226 kPa
4. paras	5	0,0786 kPa
5. paras	4	0,07 kPa
Huonoin	3	0,08 kPa

TAULUKKO 18. Mittauksen 22 tulokset

Tulos		Maksimipaineen keskiarvo
Paras	2	0,0086 kPa
2. paras	1	0,0143 kPa
3. paras	6	0,02 kPa
4. paras	5	0,09 kPa
5. paras	4	0,1029 kPa
Huonoin	3	0,1414 kPa

TAULUKKO 19. Mittauksen 23 tulokset

Tulos		Maksimipaineen keskiarvo
Paras	6	0,02 kPa
2. paras	1	0,0214 kPa
3. paras	2	0,0257 kPa
4. paras	5	0,0357 kPa
5. paras	3	0,0643 kPa
Huonoin	4	0,0829 kPa

TAULUKKO 20. Mittauksen 24 tulokset

Tulos		Maksimipaineen keskiarvo
Paras	6	0,0143 kPa
2. paras	1	0,0514 kPa
3. paras	2	0,0829 kPa
4. paras	5	0,1029 kPa
5. paras	4	0,2214 kPa
Huonoin	3	0,3057 kPa

TAULUKKO 21. Mittauksen 25 tulokset

Tulos		Maksimipaineen keskiarvo
Paras	6	0,0114 kPa
2. paras	2	0,0171 kPa
3. paras	1	0,02 kPa
4. paras	5	0,0586 kPa
5. paras	4	0,0743 kPa
Huonoin	3	0,1543 kPa

TAULUKKO 22. Mittauksen 26 tulokset

Tulos		Maksimipaineen keskiarvo
Paras	6	0,0029 kPa
2. paras	1	0,0089 kPa
3. paras	4b	0,02 kPa
4. paras	2	0,0214 kPa
5. paras	5b	0,0371 kPa
6. paras	3	0,0414 kPa
7. paras	5c	0,0471 kPa
8 paras	4a	0,0486 kPa
Huonoin	5a	0,0543 kPa

TAULUKKO 23. Mittauksen 27 tulokset

Tulos		Maksimipaineen keskiarvo
Paras	6	0,0057 kPa
2. paras	4b	0,0114 kPa
3. paras	1	0,0171 kPa
4. paras	2	0,0229 kPa
5. paras	5b	0,03 kPa
6. paras	4a	0,05 kPa
7. paras	5a	0,06 kPa
8 paras	5c	0,07 kPa
Huonoin	3	0,1043 kPa

TAULUKKO 24. Mittauksen 28 tulokset

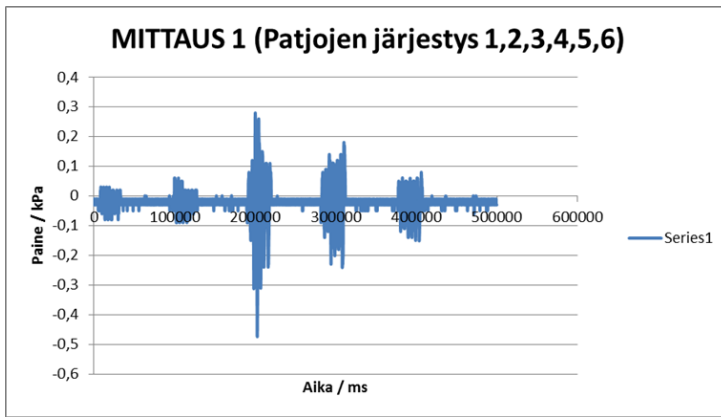
Tulos		Maksimipaineen keskiarvo
Paras	6	0,0029 kPa
2. paras	1 ja 4b	0,0243 kPa
3. paras	2	0,0286 kPa
4. paras	5a	0,0843 kPa
5. paras	5c	0,13 kPa
6. paras	4a	0,1343 kPa
7. paras	5b	0,1357 kPa
Huonoin	3	0,1429 kPa

TAULUKKO 25. Mittauksen 29 tulokset

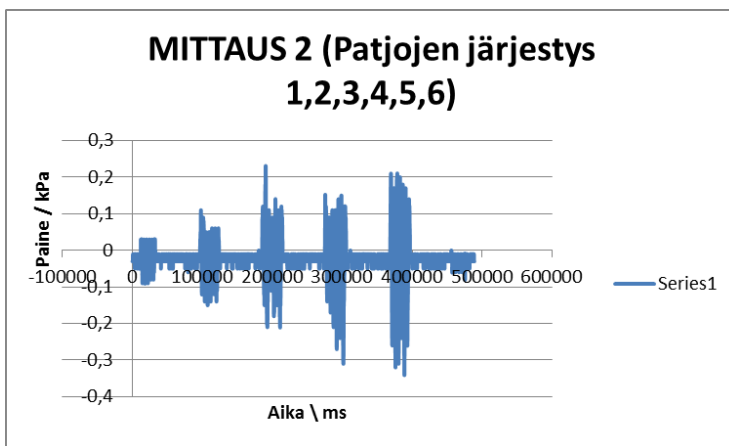
Tulos		Maksimipaineen keskiarvo
Paras	6	0 kPa
2. paras	1	0,0086 kPa
3. paras	2	0,0257 kPa
4. paras	4b	0,0514 kPa
5. paras	5a	0,0829 kPa
6. paras	3	0,1 kPa
7. paras	4a	0,1043 kPa
8 paras	5c	0,1286 kPa
Huonoin	5b	0,1429 kPa

TAULUKKO 26. Mittauksen 30 tulokset

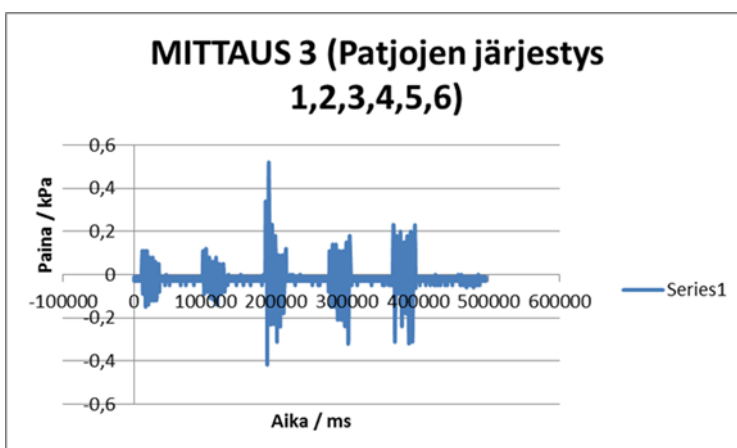
Tulos		Maksimipaineen keskiarvo
Paras	6	0,0057 kPa
2. paras	1	0,09 kPa
3. paras	4b	0,0843 kPa
4. paras	2	0,1543 kPa
5. paras	5a	0,2343 kPa
6. paras	3	0,3286 kPa
7. paras	4a	0,3786 kPa
8. paras	5b	0,3829 kPa
Huonoin	5c	0,4843 kPa



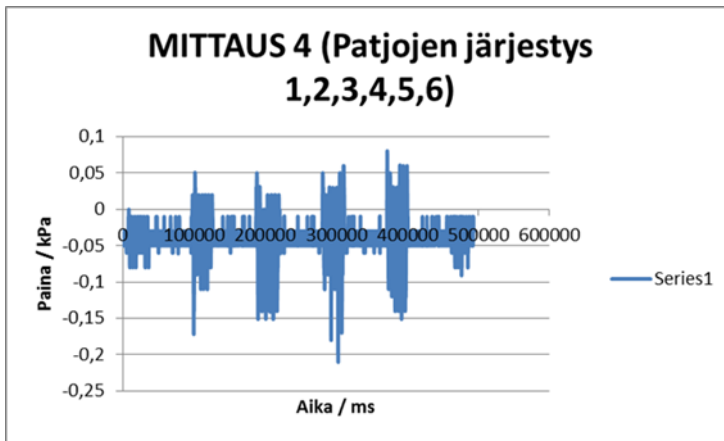
KUVA 1. Mittauksen 1 kuvaaja



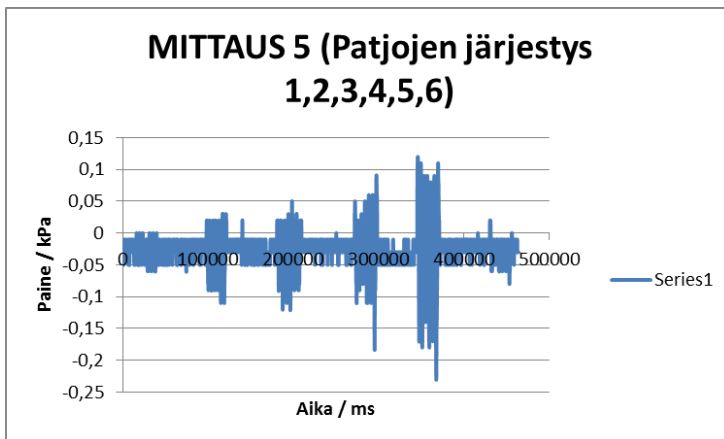
KUVA 2. Mittauksen 2 kuvaaja



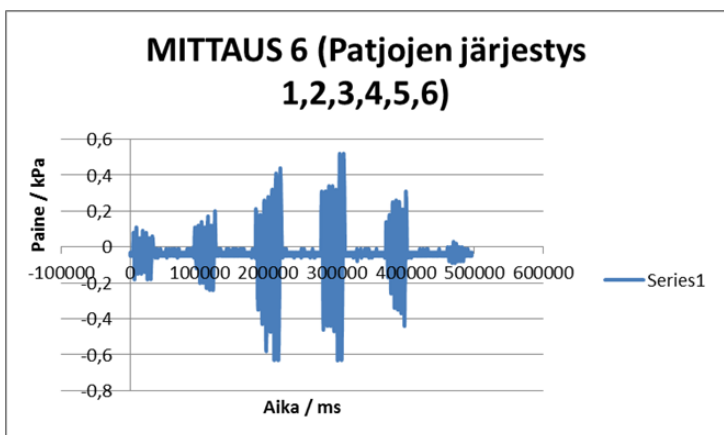
KUVA 3. Mittauksen 3 kuvaaja



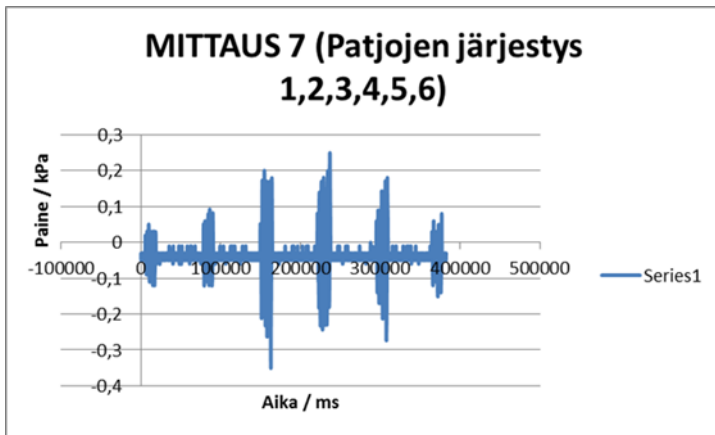
KUVA 4. Mittauksen 4 kuvaaja



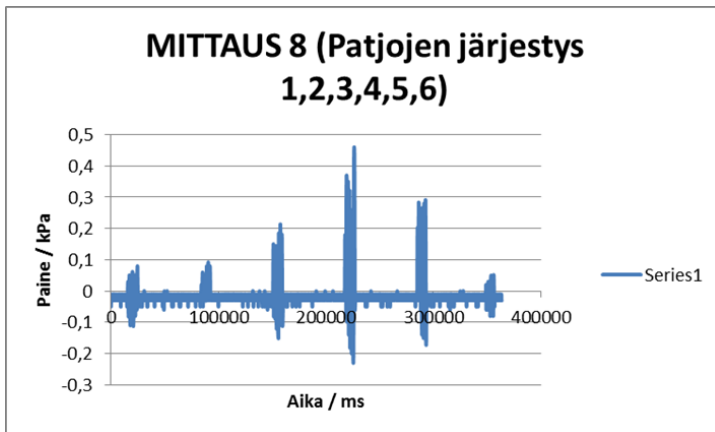
KUVA 5. Mittauksen 5 kuvaaja



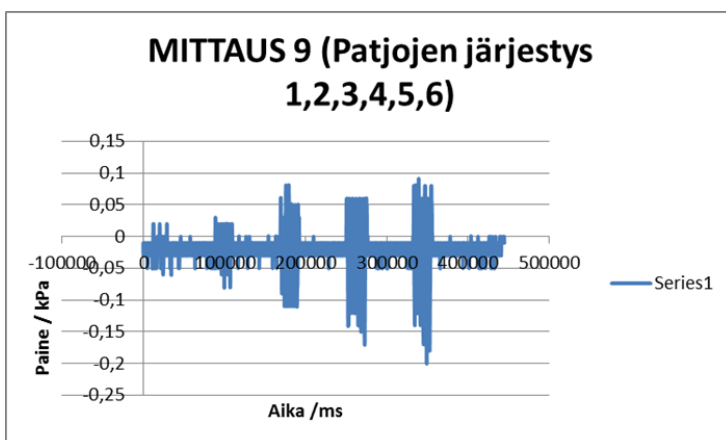
KUVA 6. Mittauksen 6 kuvaaja



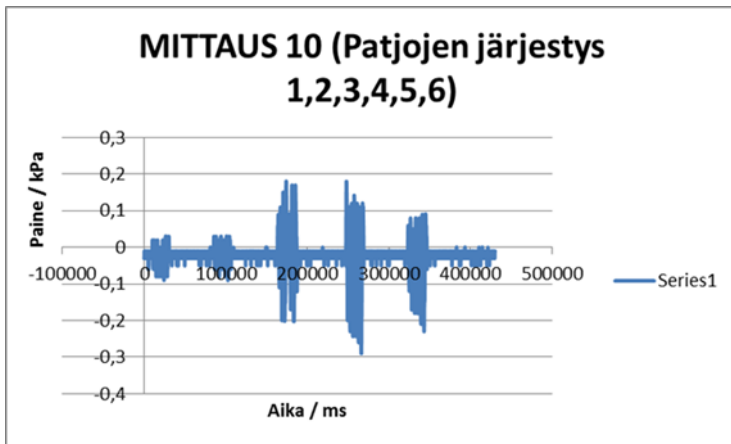
KUVA 7. Mittauksen 7 kuvaaja



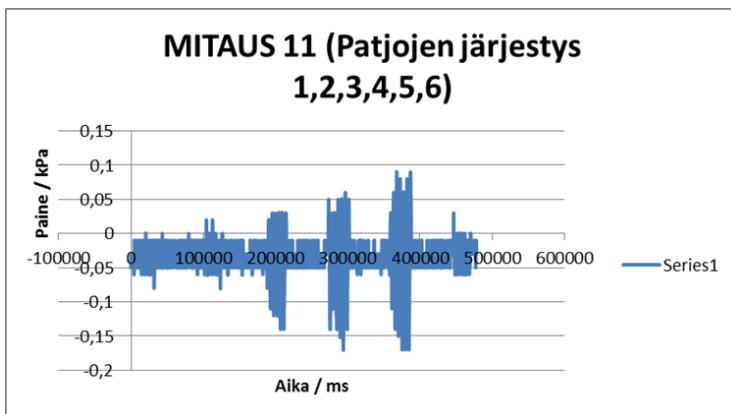
KUVA 8. Mittauksen 8 kuvaaja



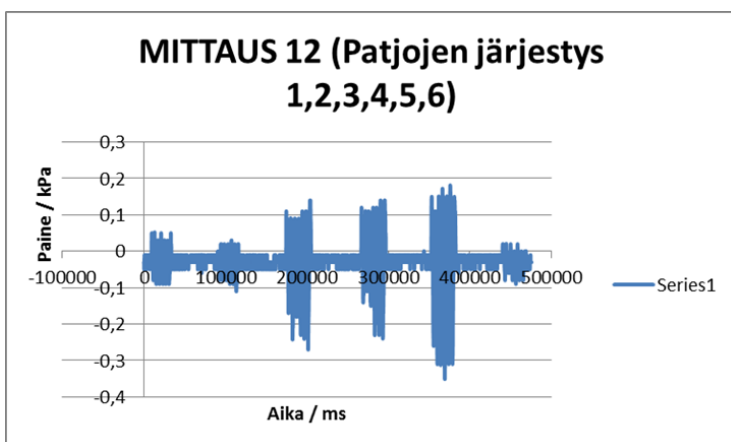
KUVA 9. Mittauksen 9 kuvaaja



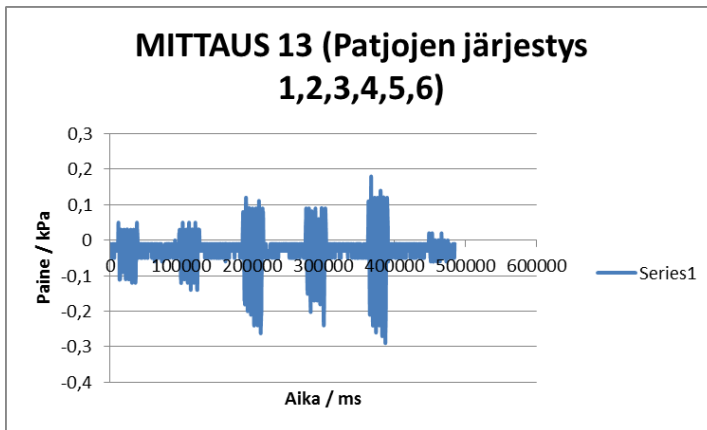
KUVA 10. Mittauksen 10 kuvaaja



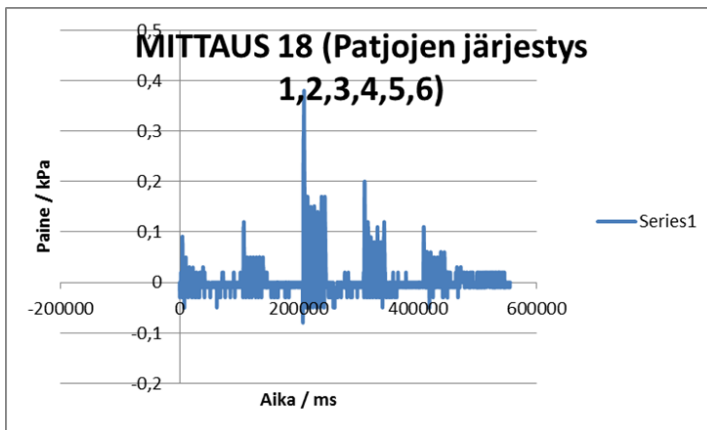
KUVA 11. Mittauksen 11 kuvaaja



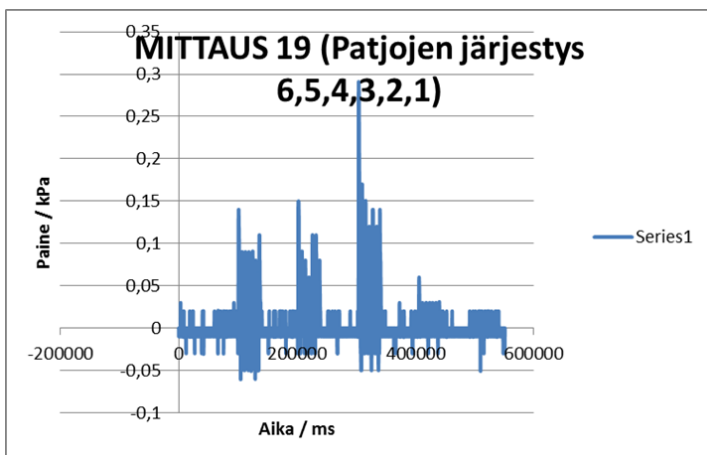
KUVA 12. Mittauksen 12 kuvaaja



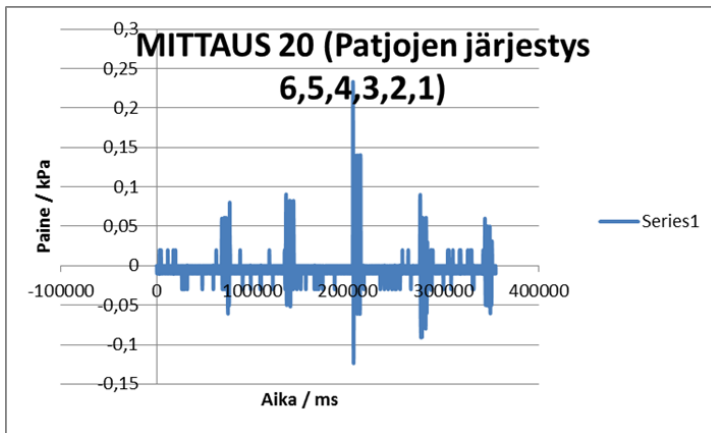
KUVA 13. Mittauksen 13 kuvaaja



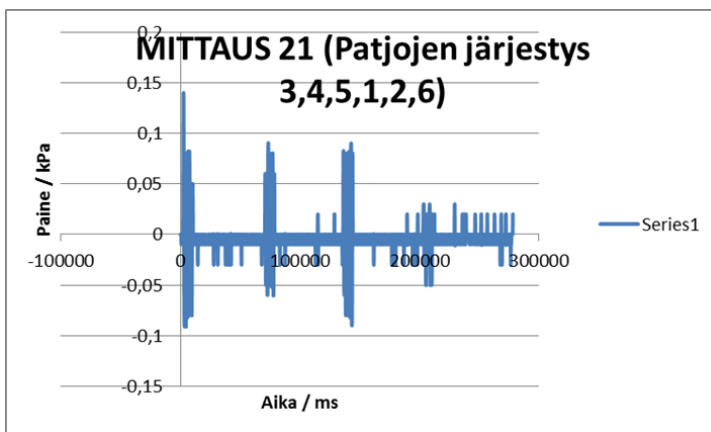
KUVA 14. Mittauksen 18 kuvaaja



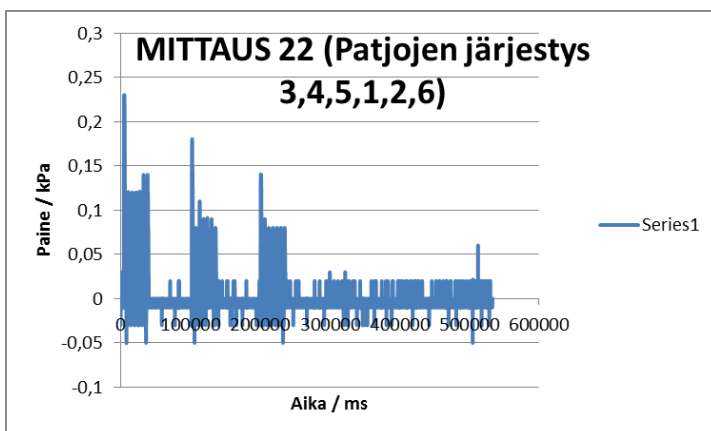
KUVA 15. Mittauksen 19 kuvaaja



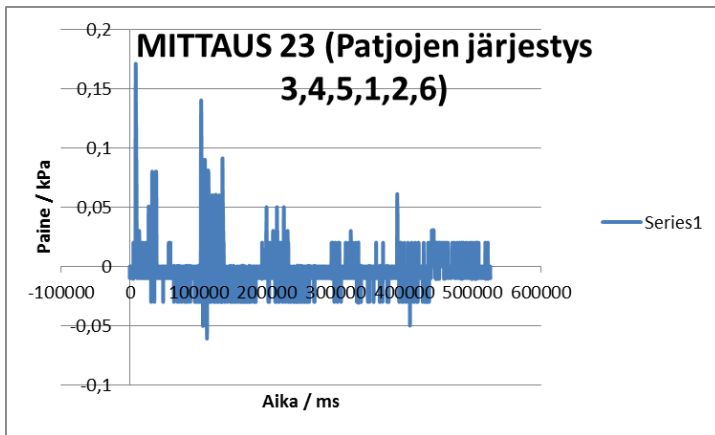
KUVA 16. Mittauksen 20 kuvaaja



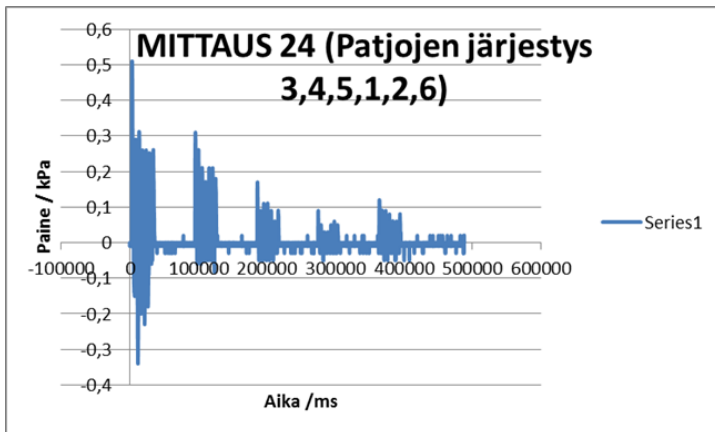
KUVA 17. Mittauksen 21 kuvaaja



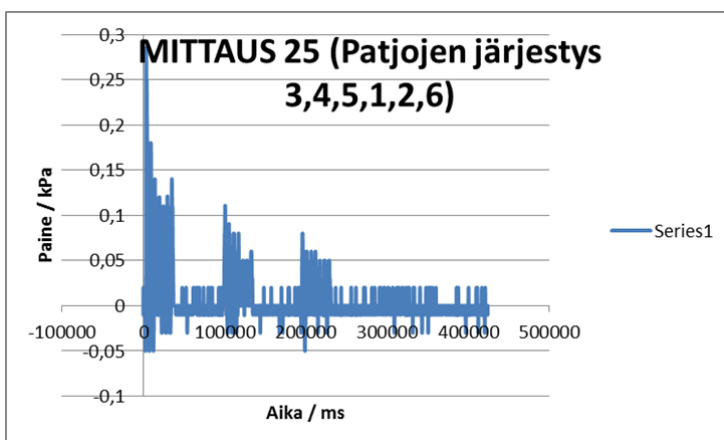
KUVA 18. Mittauksen 22 kuvaaja



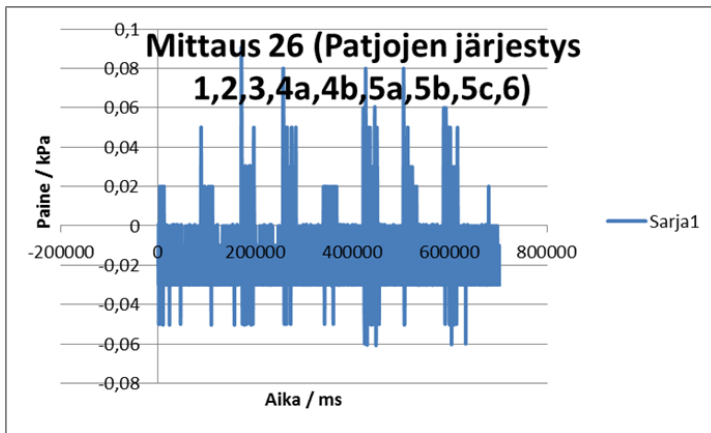
KUVA 19. Mittauksen 23 kuvaaja



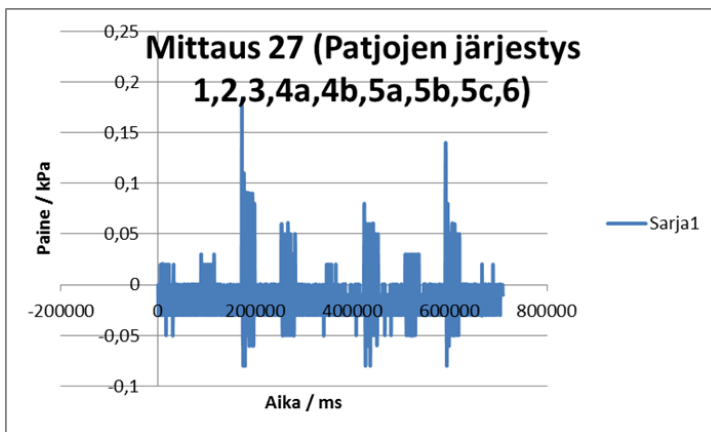
KUVA 20. Mittauksen 24 kuvaaja



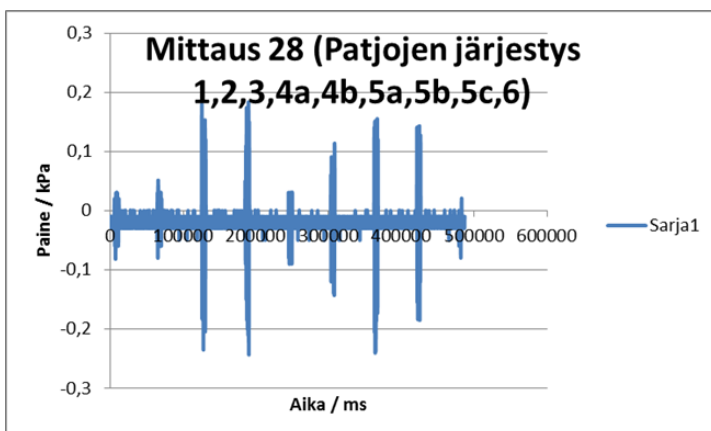
KUVA 21. Mittauksen 25 kuvaaja



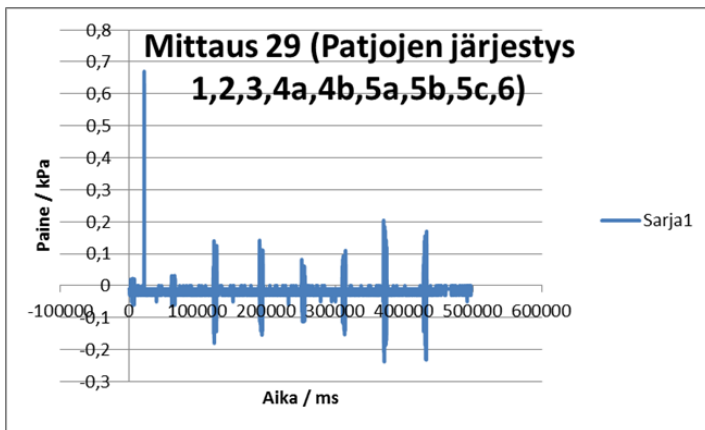
KUVA 22. Mittauksen 26 kuvaaja



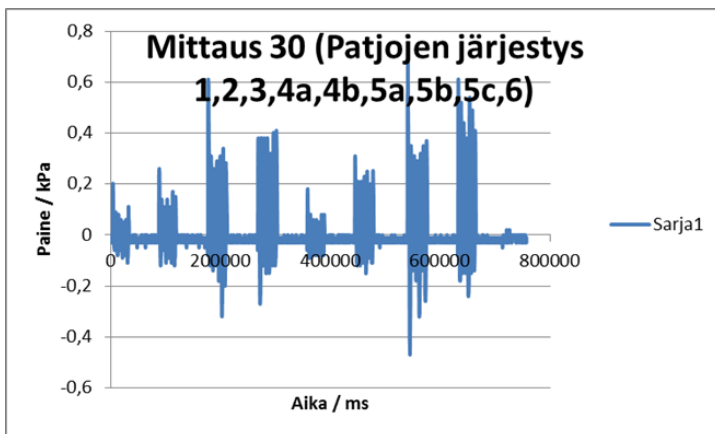
KUVA 23. Mittauksen 27 kuvaaja



KUVA 24. Mittauksen 28 kuvaaja



KUVA 25. Mittauksen 29 kuvaaja



KUVA 26. Mittauksen 30 kuvaaja