

KOLMANNEN JA NELJÄNNEN KOMPRESSIOLUOKAN PAINESUKAT

Valmistusmenetelmät, rakenteet ja paineen
mallintaminen

Mart Kroon

Opinnäytetyö
Kesäkuu 2013
Paperi-, tekstiili- ja kemian-
tekniikka
Tekstiilitekniikka

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Paperi-, tekstiili- ja kemiantekniikan koulutusohjelma
Tekstiilitekniikan suuntautumisvaihtoehto

KROON, MART:

Kolmannen ja neljännen kompressioluokan painesukat
Valmistusmenetelmät, rakenteet ja paineen mallintaminen

Opinnäytetyö 48 sivua, joista liitteitä 0 sivua

Kesäkuu 2013

Opinnäytetyön tarkoitus oli koota tietoa painesukkien valmistamisesta, rakenteista, niiden valmistukseen käytetyistä raaka-aineista ja puristuspaineen mallintamisesta. Sisällön tavoitteena on tukea Tampereen teknillisessä yliopistossa käynnissä olevaa projektia. Opinnäytetyössä keskitytään kolmannen ja neljännen kompressioluokan painesukkiin.

Jalkojen laskimo-oireita hoitavien ja ennaltaehkäisevien painesukkien toiminta perustuu puristuspaineseen, joka on suurimmillaan nilkan kohdalla ja laskee siitä jalkaa ylöspäin noustessa. Oikeanlainen painejakauma on erittäin oleellinen painesukan lääkinällisen tehokkuuden kannalta, mutta jalkojen yksilöllisten erojen vuoksi hoidon kannalta tehokkaan paineen luominen ja sen ylläpitäminen on haastavaa. Painesukat jaotellaan kompressioluokkiin ja yleisesti käytössä oleva eurooppalainen esistandardi jakaa painesukat viiteen kompressioluokkaan. Kolmannen ja neljännen kompressioluokkien painesukkaa kutsutaan myös lääkinällisiksi kompressiosukiksi. Ne määrää yleensä lääkäri ja niitä käytetään vaikeisiin vaivoihin.

Suurin osa painesukista on kudeneuloksia ja ne valmistetaan pyörö- ja tasoneuloksina. Yleisesti käytettyjä sidoksia ovat muun muassa interlock-sidos, sileä neulos ja joustineulos. Puristusaine luodaan elastisen vuorilangan avulla, joka voidaan valmistaa elastaanista, elastodieenistä tai luonnonkumista, kun muut langat valmistetaan puuvillasta ja polyamidista. Antimikrobisten ominaisuuksien saamiseksi lanka tai kuidut voidaan päällystää hopealla. Painesukkien peseminen ja käyttö vaikuttavat painejakaumaan ja puristuspaineen suuruuteen. Puristuspaineen laskennallinen mallintaminen tapahtuu parhaiten Laplacen yhtälön avulla, kun lasketaan puristusaine tietyssä pisteessä. Tuotekehitystyön haaste on yksilöiden ja yksittäisten tapausten erojen ja tarpeiden huomiointi, jotta painejakaumat ja puristuspaineen suuruudet olisivat hoidon kannalta optimaalisia jokaiselle potilaalle.

Asiasanat: painesukka, paineenmallinnus, painejakauma.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Paper, Textile and Chemical Engineering
Option of Textile Engineering

KROON, MART:

Compression Stockings of Third and Fourth Compression Classes
Manufacturing, Structures and Pressure Modeling

Bachelor's thesis 48 pages, appendices 0 pages
June 2013

The purpose of this study was to gather information about manufacturing, structures, raw-materials and pressure modeling of compression stockings. The objective is to support a ongoing project in Tampere University of Technology. The focus is on compression stockings of third and fourth compression classes.

The function of compression stockings is based on pressure, that gradually decreases from the ankle up. For medical purposes it is important for the pressure reduction to be accurate. Because of individual differences of human legs it is challenging to create and maintain effective pressure and pressure reduction for the treatment. Compression stockings can be used to prevent and treat venous diseases in legs. Compression stockings are divided into compression classes. The Commonly used European prestandard for Medical compression hosiery uses five compression classes. Compression stockings of the third and fourth compression classes are usually prescribed by a physician and are used for serious illnesses.

Most compression stockings are weft knitted and made as circular or flat knitted fabrics. Common stitches used are interlock, single and rib. The pressure is created with a elastic inlay-yarn made of elastane, elastodiene or natural gum. Other yarns are made of cotton or polyamide. To achieve antimicrobial activity the yarns or fibers can be coated with silver. Washing and usage of the compression stockings will affect the pressure reduction and amount of applied pressure. Best result for mathematical modeling of applied pressure is achieved when Laplaces law is used to compute applied pressure in a single point. The biggest challenge in the field is to take into consideration the differences between individual patients and their needs to achieve optimal applied pressures and pressure distribution.

Key words: compression stocking, pressure modeling, pressure reduction

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	KÄYTTÖTARKOITUS, PAINEJAKAUMA JA KOMPRESSIOLUOKAT	6
	2.1 Painesukat hoitovälineenä.....	6
	2.2 Painejakauma	8
	2.3 Kompressioluokat	11
3	LUOKITTELU KÄYTTÖTARKOITUKSEN MUKAAN.....	13
	3.1 Lääkinnälliset tukisukat	13
	3.2 Antitromboosisukat.....	13
	3.3 Lääkinnälliset kompressiosukat	14
4	VALMISTUSMENETELMÄT, RAKENNE JA RAAKA-AINEET	15
	4.1 Yleisesti valmistusmenetelmistä, rakenteista ja raaka-aineista	15
	4.1.1 Tasoneulonta	16
	4.1.2 Pyöröneulonta	17
	4.1.3 Rakenteet ja raaka-aineet	18
	4.1.4 Silmukan pituuden vaikutus paineen syntymiseen ja säilymiseen.....	22
	4.1.5 Painesukkien antibakteerisuus	23
5	MITOITTAMINEN, PUKEMINEN, PESU JA HUOLTO	24
	5.1 Painesukkien mitoittaminen.....	24
	5.2 Painesukkien pukeminen	25
	5.3 Painesukkien peseminen ja pesemisen vaikutukset	27
	5.4 Toistuvan käytön vaikutukset	29
6	PAINEEN MALLINTAMINEN	31
	6.1 Laskennallinen mallintaminen	31
	6.2 Mittalaitteet	32
	6.2.1 Elektronisen mittalaitteen prototyyppi.....	32
	6.2.2 PicoPress	33
	6.2.3 Kikuhime-mittalaite	35
	6.2.4 FlexiForce	36
	6.2.5 MST MK IV	37
7	TUOTE-ESIMERKKEJÄ	38
	7.1 Juzo Expert Strong & Expert Strong Silver.....	38
	7.2 Sigvaris Cotton.....	39
	7.3 Sigvaris Traditional.....	41
8	POHDINTA.....	43
	LÄHTEET.....	46

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin Tampereen teknillisen yliopiston materiaaliopin laitokselle. Opinnäytetyön ohjasivat Tomi Hakala (tutkija, TTY) ja Marja Vanhatalo (lehtori, TAMK).

Painesukat ovat oleellinen osa laskimosairauksien ennaltaehkäisyä ja hoitoa. Onnistuneen hoidon kannalta on tärkeää, että painesukan painejakauma on oikeanlainen. Puristusaine luodaan materiaalivalintojen ja painesukan rakenteen avulla. Koska lääkinnällisiä painesukkia käytetään koko päivän ajan, on puristusaineen ja painejakauman pysyttävä samana sekä potilaan liikkeessä, että ollessaan paikallaan. Myös ihmisten jalkojen vaihtelevat muodot tekevät sukkiensa valmistamisesta, mitoittamisesta ja paineen laskennallisesta mallintamisesta haastavaa.

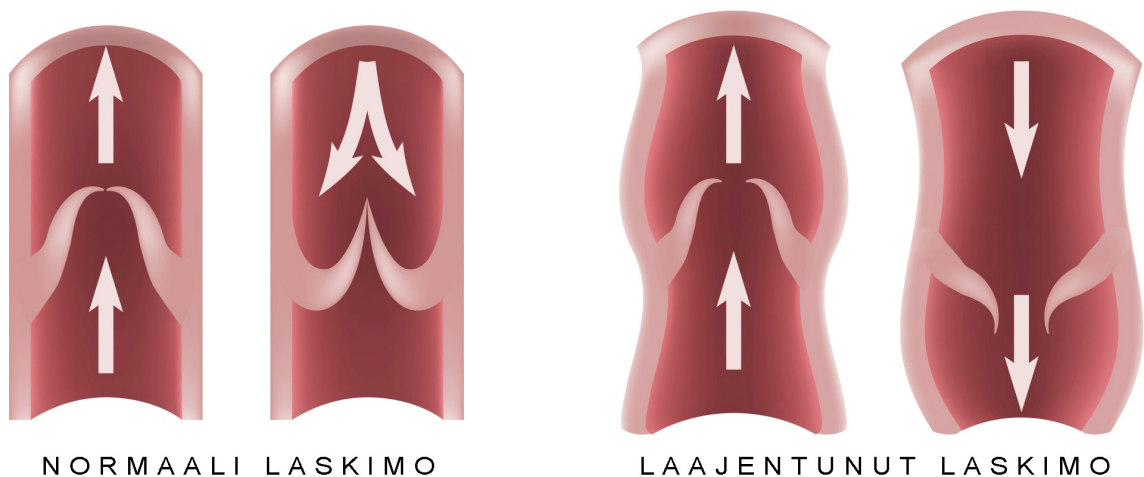
Opinnäytetyön tarkoituksena on koota tietoa painesukista keskittyen kolmannen ja neljännen kompressioluokan painesukkiin tukemaan Tampereen teknillisessä yliopistossa käynnissä olevaa projektia. Lähteinä käytetään kirjallisuutta, artikkeleita, patenteja, tuote-esitteitä ja verkkosivuja. Opinnäytetyössä muun muassa esitellään tuotteita ja kerrotaan painesukkiensa valmistamisesta, rakenteista, käytettävistä raaka-aineista ja puristusaineen mallintamisesta.

2 KÄYTTÖTARKOITUS, PAINEJAKAUMA JA KOMPRESSIOLUOKAT

2.1 Painesukat hoitovälineenä

Painesukista on tullut erittäin tärkeä osa laskimosairauksien ennaltaehkäisyä ja lääkinällistä hoitoa. Painesukat kuuluvat itsestään selvästi laskimovaivojen ja akuutin tromboosin eli paikallisesti kehittyneen verihyytymän hoitoon sekä veritulppien ennaltaehkäisyyn. (Miksi tukisukat 2013.)

Pohjelihaksia tarvitaan laskimoiden tehokkaaseen toimintaan. Liikkuessa pohjelihas jännittyy ja rentoutuu toimien pumppuna, joka pumppaa verta kohti sydäntä. (Miksi tukisukat 2013.) Isoimmissa laskimoissa on läpät (kuvio 1), jotka estävät veden takaisinvirtaamisen (Marieb 2009, 376).



KUVIO 1. Normaali ja laajentunut laskimo (What are varicose veins? 2013, muokattu)

Terveet läpät ja voimakas pohjelihas takaavat, että verenkierto toimii normaalisti ja veri virtaa tehokkaasti myös ylöspäin. Jos läppien toiminta heikkenee, syntyy laskimoiden vajaatoiminta ja paine suonistossa kasvaa. Suonet laajenevat ja verenkierto hidastuu. Suonien laajentuessa suonien seinämät voivat vahingoittua, nestettä alkaa tihkua jalkoihin ja jalat turpoavat. Mitä hitaammin veri kiertää, sitä suurempi on riski, että veri hyytyy ja syntyy veritulppa. Veritulppa nostaa painetta suonistossa erittäin voimakkaasti, sillä seurauksella, että myös läpät vahingoittuvat pahoin. (Miksi tukisukat 2013.) Veren hyytyminen voi johtaa myös säärihaavan syntyyn. Tärkeimpinä syinä siihen pidetään laskimovaivoja ja liian korkeaa verenpainetta. (Collins & Seraj 2010, 989.) Laskimo-

vaivat pintasuonistossa ilmenevät usein suonikohjuina (kuva 1). Syvemmällä suonistossa esiintyvät ongelmat eivät kuitenkaan välttämättä edes näy ulkopuolelle. (Miksi tukisukat 2013.)



KUVA 1. Vasemmalla. Suonikohjuja (Before & After Photos 2013, muokattu)

KUVA 2. Oikealla. Säärihaava (Varicose ulcer 2013, muokattu)

Jokaisen potilaan kohdalla on selvitettävä potilaan soveltuvuus painehoitoon lääkärin-tarkastuksessa ja tehtävä hänelle henkilökohtainen suunnitelma painehoitoa varten.

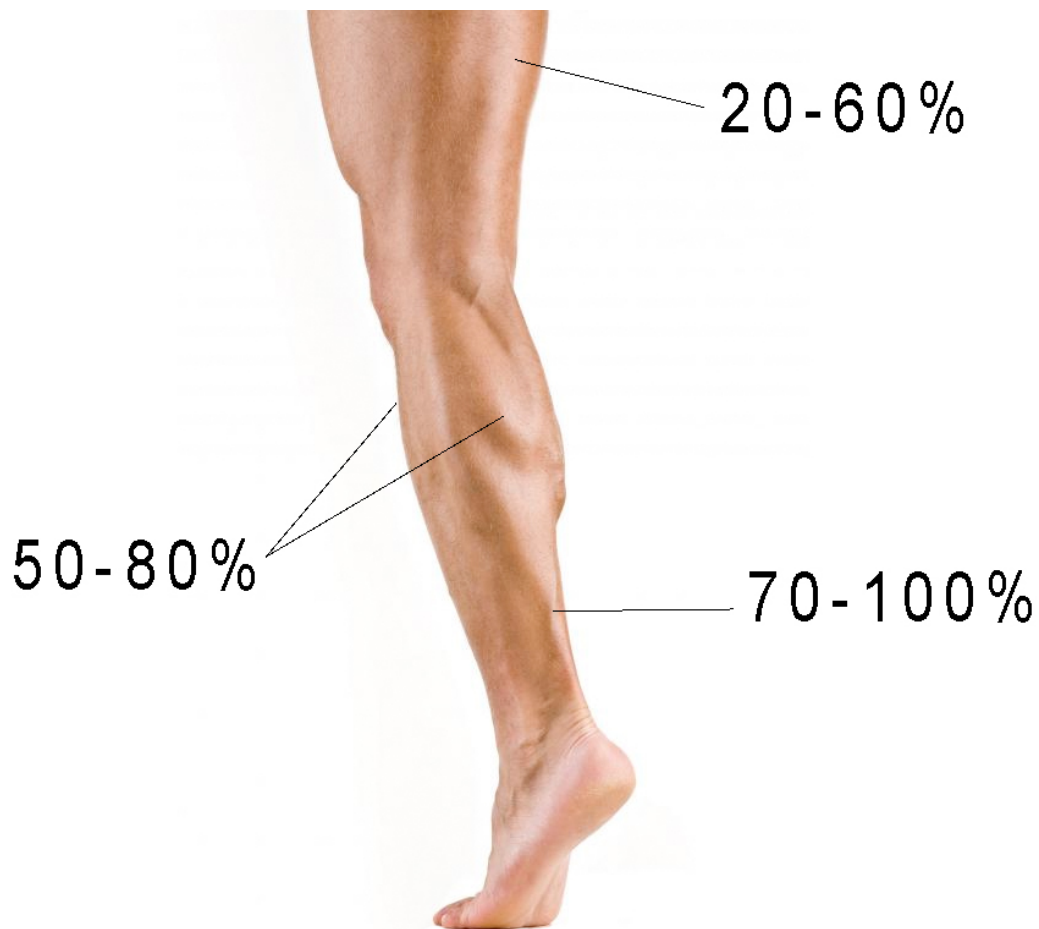
Kompressioluokan määrittämiseksi jalkojen ääreisverenkierto tutkitaan ultraäänen avulla ja tarkastetaan ihon kunto haavojen tai muiden herkkien alueiden varalta.

Mahdolliset allergiat on otettava huomioon. Polyamidi- ja elastaanilangat voidaan päällystää puuvillalla tai painesukan alle voidaan pukea puuvillainen putkirakenteinen sidesukka ärsytyksen vähentämiseksi. Painesukan mallia valittaessa on otettava huomioon potilaan ikä ja liikunnalliset rajoitteet, sillä joidenkin painesukkien pukeminen on haastavaa.

Suunnitelmaa laatiessa on selvitettävä, kuinka paljon potilas tietää omasta diagnoosistaan ja painehoidosta. Etenemällä järjestelmällisesti voidaan löytää potilaalle oikean mallinen painesukka sopivasta kompressioluokasta. (Johnson, 2002.)

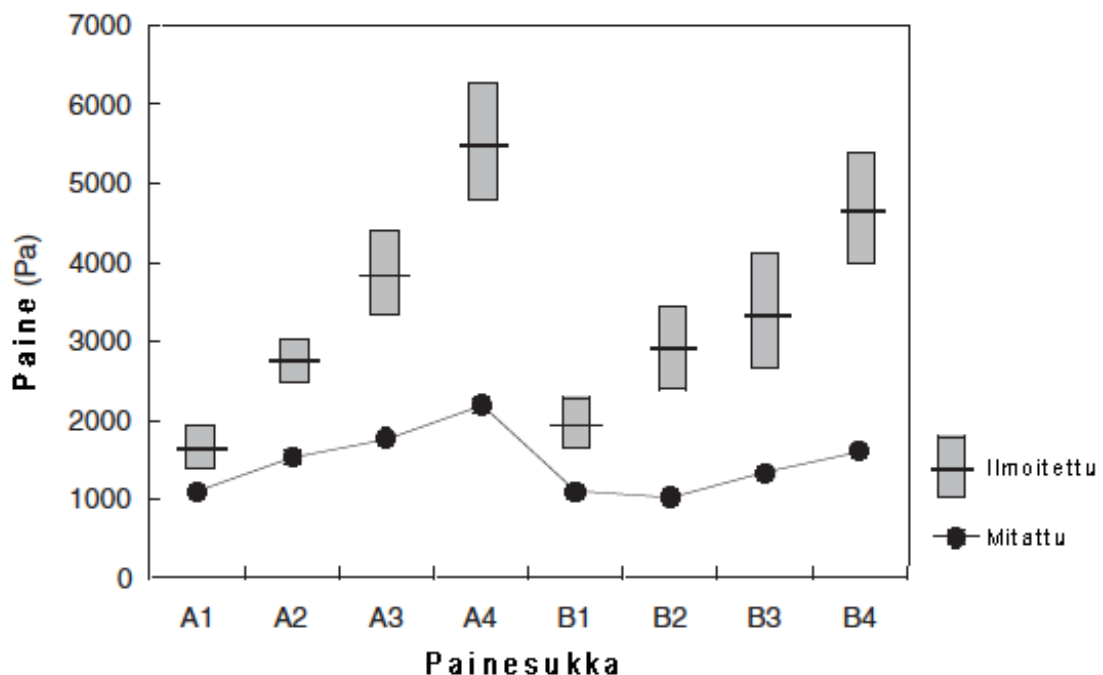
2.2 Painejakauma

Painesukka tukee jalkoja ja niiden suonistoa, parantaa verenkiertoa ja vähentää turvotusta. Painesukissa tulee paineen olla suurimmillaan nilkan kohdalla ja laskea sitten vähitellen polvea kohti. Painesukka nopeuttaa normaalia verenkiertoa ja tehostaa pohjelihaksen toimintaa. (Miksi tukisukat 2013.) Kuvaan 3 on merkitty puristusaineet jalan eri kohdissa Eurooppalaisen esistandardin DD ENV 12718:2001 mukaisesti. Puristusaine on 100 % nilkan kohdalla ja laskee siitä noustessa. Paine on 70-100 % akillesjänteen ja pohjelihaksen yhtymäkohdassa, 50-80 % pohkeen paksuimmassa kohdassa ja polvilumpion alapuolella ja 20-60 % reiden paksuimmassa kohdassa. (DD ENV 12718, 2001.)



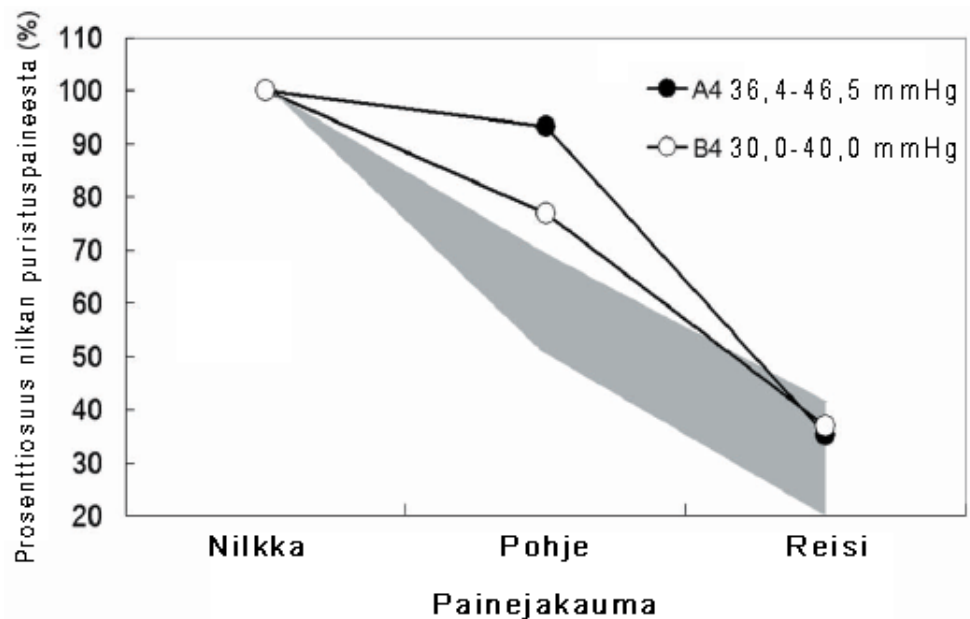
KUVA 3. Puristusaineet jalan eri korkeuksilla (What are leg spasms? 2013, muokattu)

Liun, Kwokin, Lin, Laon, Zhangin ja Dain (2005, 615) tutkimuksessa mitattiin kahdeksan erilaisen painesukan painejakaumaa kuudella terveellä koehenkilöllä. Koejärjestyksessä oli käytössä 16 FlexiForce-paineanturia sijoitettuna eri puolille jalkaa eri korkeuksille. Kaikkien sukkiin paine laski nilkasta ylöspäin noustessa, mutta useilla sukilla painejakauma ei ollut oikeanlainen nilkan ja pohkeen välillä. Luista ja lihaksista johtuvien jalan poikkileikkauksen vaihtelevien muotojen vuoksi puristusaine jalan etuosassa oli paljon suurempi kuin jalan sivuilla. Sama ilmiö on havaittavissa jalan eri korkeuksilla. Nilkan ympäriltä mitattujen puristusaineiden keskiarvot eivät vastanneet valmistajien ilmoittamia lukuja. Kuvion 2 vaaka-akselilla on esitetty testatut painesukat ja pystyakselilla mitatut puristusaineet. Ympyröillä on merkitty mitatut puristusaineet ja laatikoilla valmistajan ilmoittamat puristusaineet. Kuten kuviosta näkyy, kaikkien testattujen painesukkiin puristusaineet jäivät alle valmistajan ilmoittamien arvojen. (Liu ym. 2005, 615-618.)



KUVIO 2. Puristusaineet nilkan korkeudella (Liu ym. 2005, 619)

Kuvioon 3 (s. 10) on merkitty pisteillä kahden neljännen kompressioluokan painesukan mitattu painejakauma. Harmaa alue vastaa Eurooppalaisen esistandardin DD ENV 12718:2001 mukaista painejakaumaa. Tutkimuksessa havaittiin, että 75 % testattujen painesukkiin painejakaumasta ei vastannut standardia. Kaikkien sukkiin puristusaineiden kohdalla oli standardin mukainen, mutta puristusaine ei laskenut riittävän jyrkästi nilkasta ylöspäin noustessa. (Liu ym. 2005, 619.)



KUVIO 3. Painejakauma neljännessä kompressioluokassa (Liu ym. 2005, 620)

Vertaillessa magneettikuvauksessa otettuja jalan poikkikuvia ja mitattuja puristuspaineita havaittiin, että pienemmästä pinnan kaarevuudesta seuraa suurempi puristuspainee (Liu ym. 2005, 620). Esimerkiksi nilkkanivelten yläpuolella jalan etuosassa sääriluun kohdalla on suurempi puristuspainee kuin jalan sivussa samalla korkeudella.

Ihmisen jalka on epäsäännöllisen muotoinen ja mitat vaihtelevat yksilöittäin. Siitä johtuen puristuspainee ei jakaudu tasaisesti jalan ympärille kuten ei myöskään painejakauma nilkasta ylöspäin. Jalan sisäpuolisella havaittiin käännteistä painejakaumaa eli painee kasvoi nilkasta ylöspäin noustessa. Tämä voi heikentää verenkiertoa potilaalla, jolla on suonikohjuja jalan sisäpuolen alaosan laskimossa ja sen sivuhaaroissa. (Liu ym. 2005, 620-621.)

On useita syitä, miksi tutkimuksessa mitatut puristuspaineeet poikkeavat valmistajien ilmoittamista arvoista. Esimerkiksi testauksessa käytetyt mallit ja menetelmät saattavat poiketa valmistajien käyttämistä. Artikkelin mukaan useat painesukkien valmistajat käyttävät puista mallijalkaa, jonka sisään on asennettu paineantureita. Tässä tutkimuksessa käytettiin malleina oikeita ihmisiä, jolloin mallien jalkojen muodot ovat olleet vaihtelevia. Tämä on tutkimuksen mukaan suurin syy, miksi painejakauma ja paineen suuruus poikkeaa valmistajan ilmoittamista arvoista. Myös tutkimuksessa käytetyt valmistajien käyttämistä antureista poikkeavat paineanturit voivat olla

osasyynä paine-eroihin. Myös kiinalaisten koehenkilöiden ja eurooppalaisten jalkojen anatomisilla eroilla voi olla merkitystä. (Liu ym. 2005, 620-623.)

2.3 Kompressioluokat

Painesukkien paineen mittayksiköinä käytetään elohopeamillimetrejä (mmHg). Joissain lähteissä käytetään elohopeamillimetrien rinnalla myös hehtopascalaita (hPa). Mäkelän, Soinisen, Tuomolan ja Öistämön (2008, 183) mukaan elohopeamillimetrit voidaan muuttaa hehtopascaliksi yhtälön (1) avulla.

$$1 \text{ mmHg} = 1,33322 \text{ hPa} \quad (1)$$

Coullin ja Clarkin (2005, 72) mukaan yleisemmät tekniset standardit painesukkien paineen mittaamiseen ovat Brittiläinen standardi BS-6612:1985 ja Eurooppalainen esistandardi DD ENV 12718:2001, jonka kompressioluokat on määritelty taulukon 1 mukaan. Opinnäytetyössäni tulen käyttämään selkeyden vuoksi Eurooppalaista esistandardia DD ENV 12718:2001.

TAULUKKO 1. Kompressioluokat (DD ENV 12718:2001, 7)

KOMPRESSIOLUOKKA	PAINE NILKAN KOHDALLA (mmHg)
A	10-14
I	15-21
II	23-32
III	34-46
IV	49<

Kompressioluokka A on käytössä joissain Euroopan maissa. Standardin mukaan sen käytön tukemiseksi ei kuitenkaan ole riittävästi tieteellisiä todisteita. (DD ENV 12718, 2001, 7.)

Eri mittaiset sukat merkitään omilla tunnuksillaan (taulukko 2). Painesukissa on usein tarjolla eri väri vaihtoehtoja, joista asiakkaat useimmiten valitsevat ihonsa värisen. Sukkien varvasosa voi olla joko avoin tai suljettu potilaan toiveen mukaan ja yksilöllisiä muutoksia voidaan tehdä lisämaksusta mittatilaustyönä. (Johnson, 2002.)

TAULUKKO 2. Erimittaisten sukkien tunnukset (DD ENV 12718:2001, 14)

SUKAN MALLI	TUNNUS
Polvisukka	AD
Ylipolvensukka	AF
Reisisukka	AG
Yhden jalan sukkahousu	AGTL/AGTR (vasen/oikea)
Sukkahousut	AT

3 LUOKITTELU KÄYTTÖTARKOITUKSEN MUKAAN

3.1 Lääkinnälliset tukisukat

Lääkinnälliset tukisukat (kuva 4) kuuluvat kompressioluokkaan 1 eli niiden puristuspainne on 15-21 mmHg nilkassa ja laskee polvea kohden. Niitä käytetään ongelmien ennaltaehkäisyyn. Ne soveltuvat erityisesti lievittämään väsymyksen tunnetta ja vähäistä turvotusta jaloissa, alkavien suonikohjujen hoitoon, staattisesti rasittavaan työhön, kuntoiluun ja urheiluun. Lääkinnällisiä tukisukkia voidaan käyttää myös totuteltaessa painesukkien käyttöön ennen siirtymistä korkeamman kompressioluokan tuotteisiin. Sukkia myydään kengännumeron perusteella, mutta oikean paineen takaamiseksi tulisi myös nilkan ja pohkeen mitta tarkistaa oikean koon määrittämiseksi. (Tukisukilla on monta nimeä, 2013.)



KUVA 4. NR Medisox kompressioluokka 1 (Napramedi 2013)

3.2 Antitromboosisukat

Antitromboosisukissa on yleensä avoin varvasosa ja 15-21 mmHG paine nilkan kohdalla eli ne kuuluvat kompressioluokkaan 1. Antitromboosisukat soveltuvat käytettäväksi erityisesti ennen leikkauksia ja niiden jälkeen, haavahoidossa kompressiositeenä ja jalkojen veritulppien hoidossa. Näitä sukkaa voi hyvin käyttää myös ideaalisiteen tilalla. Ne toimivatkin useimmiten sidettä paremmin, koska ne pysyvät hyvin paikoillaan ja antavat hyvän tuen. Sukat valitaan nilkan ja pohkeen mittojen mukaan. Eri mitoitus-

tunnistetaan sukissa yleensä varvasosan väriraidan perusteella. (Tukisukilla on monta nimeä, 2013.) Esimerkiksi kuvan 5 sukan harmaa väriraita varvasosassa kertoo sukan ympäröimän olevan nilkan kohdalta 22-28 cm ja pohkeen kohdalta 34-51 cm (NR Medisox Antitrombos, 2013). Merkinnät ja mitat voivat vaihdella valmistajien välillä.



KUVA 5. NR Medisox Antitrombos kompressioluokka 1 (Napramedi 2013, muokattu)

3.3 Lääkinnälliset kompressiosukat

Lääkinnälliset kompressiosukat (kuva 6) määrää useimmiten lääkäri ja niitä käytetään vaikeisiin vaivoihin, mm. merkittävään turvotukseen, ennen suonikohjuleikkauksia ja niiden jälkeen, suonikohjujen injektiohoitojen yhteydessä sekä veritulppien ja säärihaavojen hoidossa. Lääkinnällisiä kompressiosukkia on saatavana kaikissa kompressioluokissa 1-4. Oikea mitoitus on ratkaisevaa hoidon tehokkuuden kannalta, joten asiantuntevia mitoitusohjeita ja neuvoja tulee noudattaa tarkasti. (Tukisukilla on monta nimeä, 2013.)



KUVA 6. Acti Lymph painesukka kompressioluokka 3 (Daylong 2013)

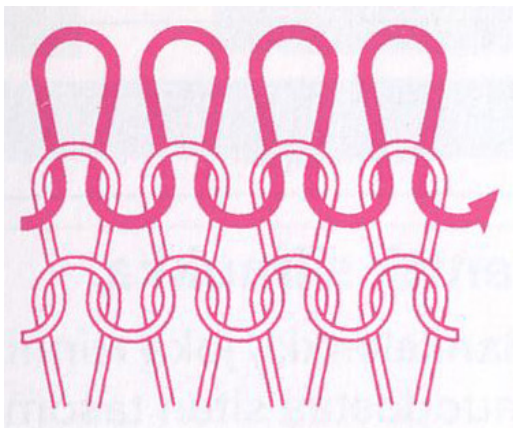
4 VALMISTUSMENETELMÄT, RAKENNE JA RAAKA-AINEET

4.1 Yleisesti valmistusmenetelmistä, rakenteista ja raaka-aineista

Painesukissa käytettävät materiaalit vaikuttavat merkittävästi niiden ominaisuuksiin. On olemassa erittäin elastisia, keskitasoisen elastisia ja matalaelastisia painesukkia. Mitä vähemmän elastisuutta sukassa on, sitä tehokkaammin se vaikuttaa, koska se ei jousta yhtä paljon pohjelihaksen jännittyessä. (Miksi tukisukat 2013.)

Painesukkia valmistetaan yleisimmin kudeneuloksina (Knitting 2013). Kudeneuloksia valmistetaan pyörö- ja tasoneuloksina, joissa lanka kulkee tuotteen poikittaissuunnassa muodostaen pystysuorasti toisissaan kiinni olevia silmukkarivejä (kuva 7) (Eberle ym. 2007, 83, 96).

Tasoneulonnassa käytetään paksumpia lankoja kuin pyöröneulonnassa. Näin valmistetaan paksuja ja jäykkiä kankaita. Pyöröneulonnassa käytetään ohuempia lankoja, jolloin tuotteen ulkonäkö on parempi. (Clark & Krimmel 2006, 3.)



KUVA 7. Kudeneulos (Eberle ym. 2007, 83)

Painesukkia voidaan valmistaa myös loimineuloksena verkkorakenteena. Tasomaisesta rakenteesta leikataan sopivan suuruinen kappale, joka saumataan oikean suuruiseksi sukaksi. Verkkoneuloksista tehdään painesukkia vain mittatilaustyönä. (Johnson, 2002.) Loimineulontatekniikka mahdollistaa joustavien verkkojen valmistamisen. Tuotteen rakenne voi olla hyvinkin tiivis tai ilmava. Monipuolisen tekniikan avulla tuotteille saadaan halutut ominaisuudet. (Net Textiles, 2009.)

4.1.1 Tasoneulonta

Mittatilaustyönä valmistetut painesukat (kuva 8) on useimmiten neulottu tasoneuleko-neilla. Vaihtelemalla neulontan aikana käytettävien neulojen määrää voidaan vaikuttaa tuotteen muotoon. Neuloja on yleensä tuumalla 14-16 kappaletta ja neulomiseen käytetään melko paksuja lankoja. Tämä tekee tasoneulotuista sukista harvarakenteisia. Neulos on tällöin paksumpi ja jäykempi, jolloin se on hellävaraisempi iholle. Ohuet langat saattavat leikkaantua ihoon. Vuorilanka, joka tunnetaan myös kudelankana ja täytelankana, syötetään neulokseen lähes ilman kireyttä, joten se ei vaikuta tuotteen muotoon. Neulomisen jälkeen tasorakenne on ommeltava takaa kiinni putkimaiseksi rakenteeksi. (Clark & Krimmel 2006, 3.)



KUVA 8. Saumaamaton painesukka. Tasoneulos (Clark & Krimmel 2006, 3)

Tasoneulottujen painesukkien materiaaleina käytetään polyamidia, puuvillaa ja polyamidipäälysteisiä lankoja. Polyamidisukissa on heikoin paine nilkan kohdalla, mutta ne ovat kestävimpiä. Puuvillasukat ovat mukavimpia. Venyvyyden ansiosta tasoneulottujen sukien pukeminen on usein helpompaa kuin pyöröneulottujen sukien. (Johnson, 2002.)

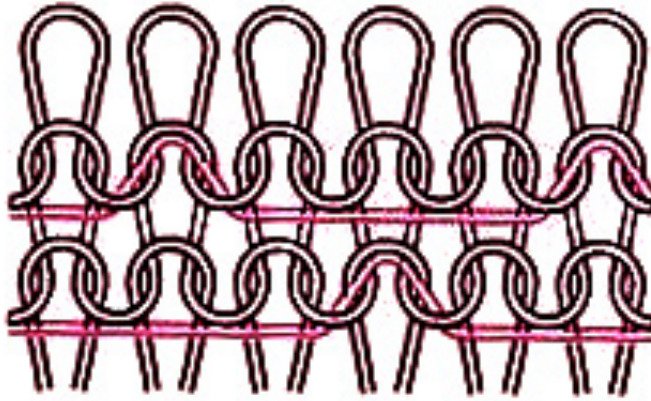
4.1.2 Pyöröneulonta

Pyöröneulokset (kuva 9) valmistetaan putkimaisena. Neulos käytetään joko letkuna tai auki leikattuna kankaan tapaan (Eberle ym. 2007, 89). Painesukissa lankojen raaka-aineena käytetään polyamidia ja puuvillaa, ja jousto saadaan aikaan elastaanilla tai kumilla. Näistä jälkimmäinen on nykyisin yleisempi vaihtoehto. Pyöröneulotuilla painesukilla on heikko venyvyys, joten niiden pukeminen on hankalaa. (Johnson 2002, 70.)

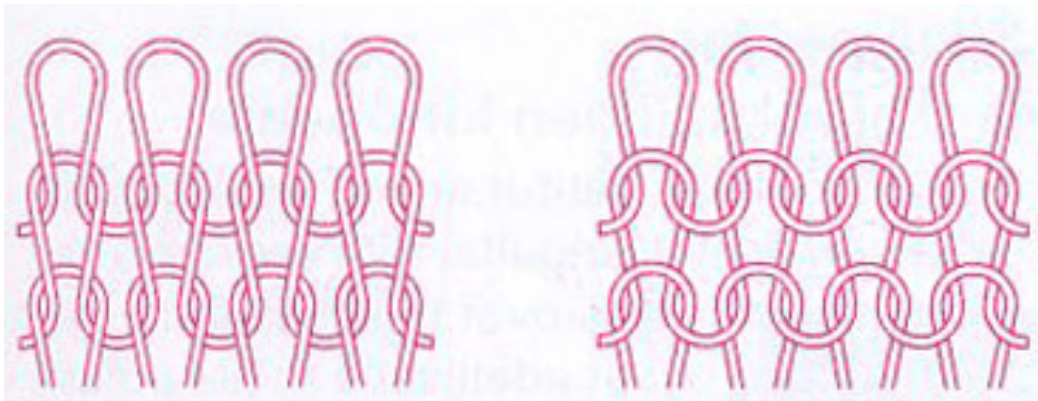


KUVA 9. Painesukka. Pyöröneulos (Clark & Krimmel 2006, 3)

Pyöröneulekoneessa neulojen määrä ja koneen halkaisija on vakio. Neuloja on yleensä 24-31 kappaletta tuumalla. (Maleki, Aghajani, Sadeghi & Jeddi 2011, 30.) Hienojen lankojen ansiosta tuotteista saadaan hyvän näköisiä, mutta varsinkin pitkäaikaisessa käytössä neulos voi leikata ihoon haavoja (Clark & Krimmel 2006, 3). Tuotteen halkaisijaan voidaan vaikuttaa säätämällä vuorilangan (kuva 10, s. 18) kireyttä, silmukan pituutta tai käyttämällä eri tavalla mitoitettua konetta. Yleisin käytetty sidos on sileä neulos (kuva 11, s. 18). (Maleki ym. 2011, 30.)



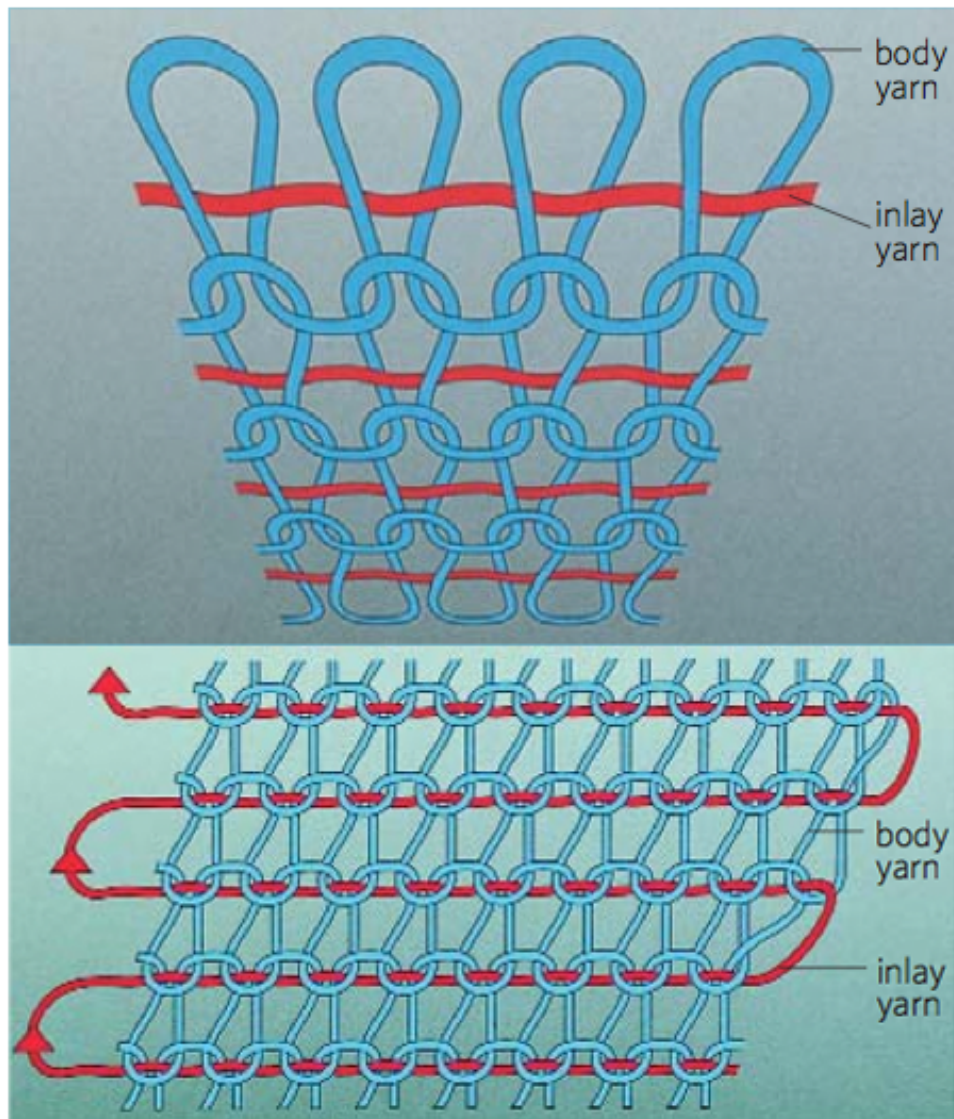
KUVA 10. Vuorilanka (Eberle ym. 2007, 86)



KUVA 11. Sileä neulos (oikea/nurja) (Eberle ym. 2007, 85)

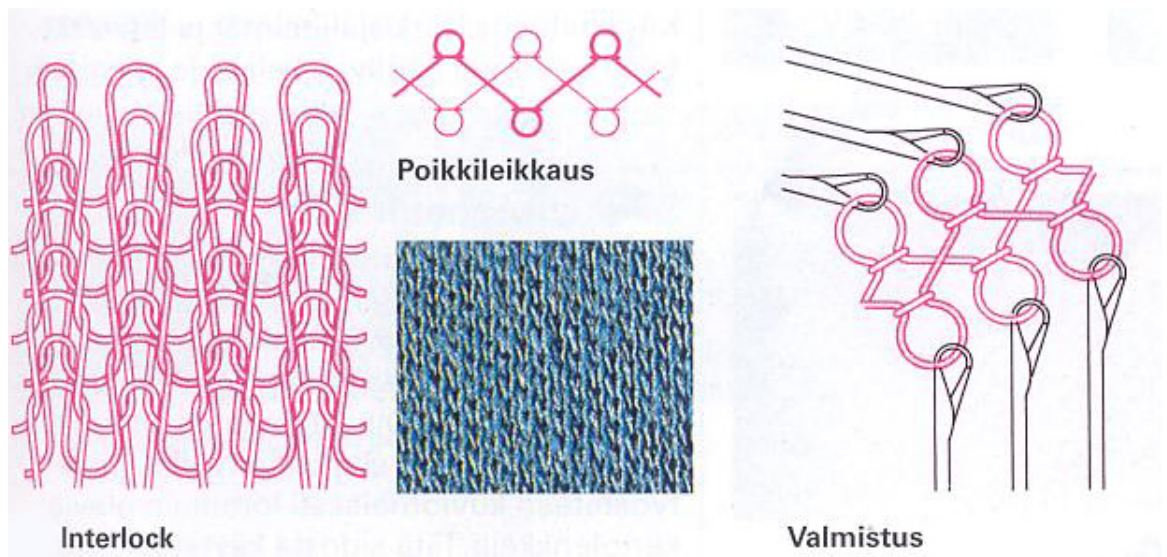
4.1.3 Rakenteet ja raaka-aineet

Painesukkien neuloksissa yhdistellään kahta lankajärjestelmää. Tuotteeseen paksuutta tuovat silmukkarivit muodostetaan paksummasta langasta ja ohuempi vuorilanka pääsääntöisesti luo puristuspaineen (Clark & Krimmel 2006, 2). Kuvassa 12 (s. 19) silmukkarivit on merkitty sinisellä ja vuorilangat punaisella.

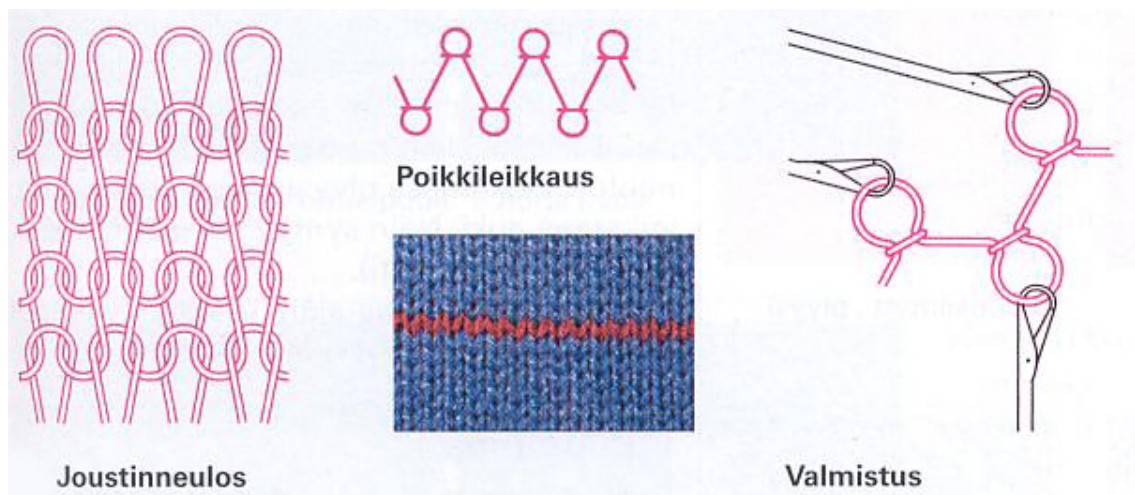


KUVA 12. Silmukkarivit ja vuorilangat. Ylhäällä pyöröneulos ja alhaalla tasoneulos (Clark & Krimmel 2006, 2)

Käytettyjä sidoksia ovat muun muassa sileä neulos (kuva 11, s. 18), interlock-neulos (kuva 13, s. 20) ja joustinneulos eli resorineulos (kuva 14, s. 20). (Maleki ym. 2011, 30, 33; Sigvaris Cotton, 2013, 3.) Malekin ym. (2011, 30) mukaan yleisin käytetty sidos on sileä neulos.

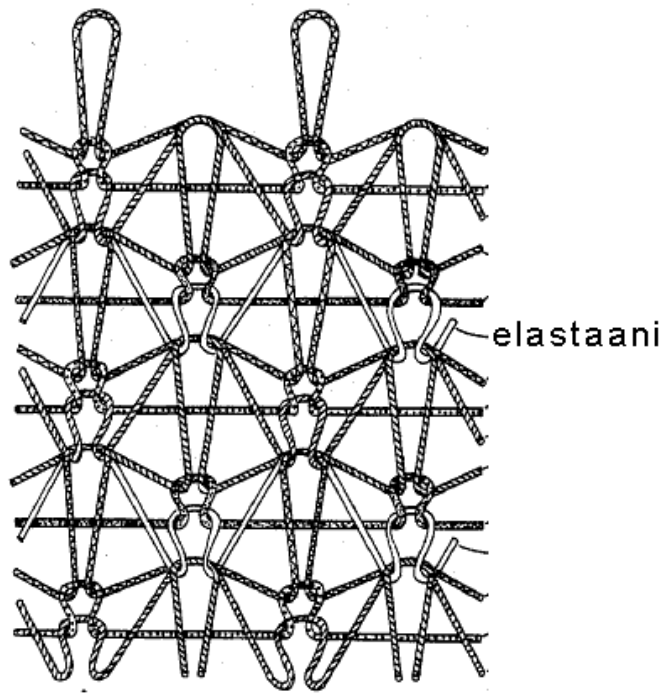


KUVA 13. Interlock-neulos (Eberle ym. 2007, 85, muokattu)



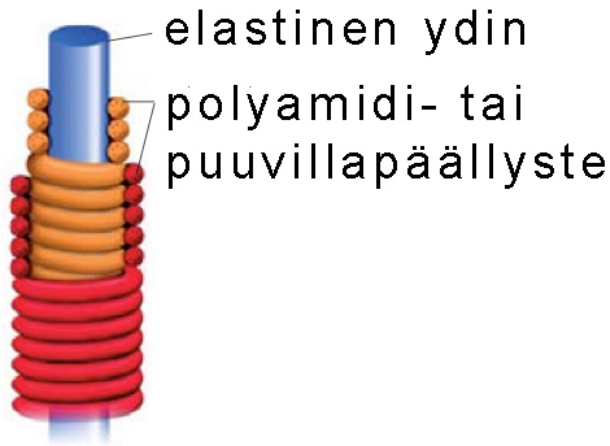
KUVA 14. Joustinneulos (Eberle ym. 2007, 85, muokattu)

Painesukissa käytetään myös monimutkaisempia sidoksia. Lau ja Bradberry (1985, 1) ovat Amerikan Yhdysvalloissa patentoineet sidoksen (kuva 15, s. 21), jonka tarkoitus on minimoida käytetyn elastaanilangan määrä siten, että tuote on kuitenkin joustava ja antaa riittävän suuren puristuspaineen käytettäväksi painesukissa.



KUVA 15. Patentoitu sidos (Lau & Bradberry 2013, 3, muokattu)

Langat valmistetaan kietomalla joustavan elastaani-, luonnonkumi- tai elastodieenilangan ympärille puuvilla- tai polyamidilankaa (kuva 16, s. 22) (Clark & Krimmel 2006, 2-3; Sigvaris Traditional 2013, 6). Päälylystämistä säätämällä voidaan vaikuttaa langan joustavuuteen, vahvuuteen, paksuuteen, tuntuun ja ulkonäköön. Suurin puristusaine saavutetaan käyttämällä paksua elastista lankaa vuorilangan sisällä, mutta myös silmukkarivien langoilla on merkitystä. (Clark & Krimmel 2006, 2-3.) Bakteerien ja sienien kasvun estämiseksi tai heikentämiseksi voidaan käyttää hopea- ja kultapäälylysteitä. Sukkien pukemisen helpottamiseksi langat voidaan päälylystää liukkaalla polytetrafluoroetyleenillä, mikä vähentää sukan ja ihon välistä kitkaa. (Lambertz 2011, 3.) Esimerkkejä lankojen vahvuuksista löytyy Liun ym. (2005, 616) tutkimuksessa käytetyistä painesukista. Kokeessa käytettyjen 1. kompressioluokan painesukan ilmoitettu langan vahvuus on 7,8 texiä, 2. luokan 15,6 texiä ja 3. luokan 31.1 texiä. (Liu ym. 2005, 616.)



KUVA 16. Joustava lanka (Clark & Krimmel 2006, 3, muokattu)

4.1.4 Silmukan pituuden vaikutus paineen syntymiseen ja säilymiseen

Sileissä neuloksissa ja interlock-neuloksissa silmukan pituus vaikuttaa tutkitusti puristuspaineen suuruuteen. Molemmissa neulostyypeissä puristuspainetta laskee silmukan pituuden kasvaessa. Sileissä neuloksissa lyhyet silmukat saavat aikaan suurimman paineen menetyksen, kun neulosta on pidetty jännittyneenä kaksi vuorokautta. Interlock-neuloksissa tilanne on taas päinvastainen eli suurin paineen menetys tapahtuu, kun käytetään pitkiä silmukoita. (Maleki ym. 2011, 33.)

Sileän neuloksen silmukan pituus vaikuttaa kankaan muodonmuutoksiin. Kangas, jossa on lyhyimmät silmukat, kärsii pahimmista muodonmuutoksista, sillä langat eivät mahdu liikkumaan kankaan rakenteeseen. Tämän seurauksena venytys saa lankojen kuidut liikkumaan toisiinsa nähden, mistä seuraa pysyviä muodonmuutoksia kankaassa. Interlock-sidoksen rakenne on väljempi kuin sileällä sidoksella, joten langoilla on enemmän tilaa liikkua. Tästä syystä vastaavan suuruinen venytys ei saa interlock-kankaassa lankojen kuituja liikkumaan toisiinsa nähden, mikä vähentää riskiä pysyville muodonmuutoksille. Jos interlock-sidoksessa käytetään pitkiä silmukoita, voivat langat mahtua liikkumaan rakenteeseen liian paljon, josta voi myös seurata muodonmuutoksia kankaassa. (Maleki ym. 2011, 33.)

4.1.5 Painesukkien antibakteerisuus

Mikrobit viihtyvät kosteassa ruumiinlämpöisessä ympäristössä. Tekstiileissä käytettävät mikrobien vastaiset aineet toimivat kahdella eri tavalla. Ne joko irtoavat kankaasta tai ovat kemiallisesti sitoutuneita kuituihin. Ensimmäinen tapa tuhoaa mikrobeja sekä kankaasta, että sen ympäristöstä. Toinen tapa tuhoaa kuitujen kanssa kosketuksiin joutuvat mikrobit. (Hussain 2006.)

Mikrobienvastaisen käsittelyn haittapuolia ovat muun muassa kankaan heikkeneminen, värimuutokset, ihon ärsyntyminen ja vaikutuksen heikkeneminen käytössä ja pesussa. Mikrobienvastaiset aineet ovat usein erikoistuneita eli ne eivät ole yhtä lailla haitallisia kaikille mikrobeille. (Hussain 2006.)

Hopeaionit voivat heikentää mikro-organismien kasvua, taudinaiheutuskykyä ja aiheuttaa jopa solukuolemaa. Niiden tehokkuus riippuu muun muassa altistusajasta, lämpötilasta, pH:sta, kosteudesta ja mikro-organismien herkkyydestä hopeaioneille. (Antimicrobial Activity of Silver 2005, 1) Hopeaionit voivat siis olla oikeanlaisissa olosuhteissa käytettyinä hyvinkin tehokkaita.

MacKeen, Personin, Warnerin, Snipesin ja Stevensin (1987, 93) mukaan hopeapäällysaineinen polyamidikuitu tappaa bakteereja. Huoneenlämpötilassa vaikutus havaitaan noin tunnin kuluttua ja ruumiinlämpötilassa heti (MacKeen ym. 1987, 93).

Ursachen, Loghinin, Muresanin, Cerempein ja Muresanin (2011, 256) tutkimuksessa käsiteltiin värjättyjä puuvillaneuloksia hopea- ja sinkkisuoloilla. Molempien havaittiin tuhoavan sekä bakteereja, että hometta. Kuitujen esikäsittely kitosaanilla lisäsi suolojen kiinnittymistä kuituihin ja tehosti niiden vaikutusta. (Ursache ym. 2011, 256.) Kitosaanilla itselläänkin on havaittu olevan antimikrobisia vaikutuksia (Hussain 2006).

5 MITOITTAMINEN, PUKEMINEN, PESU JA HUOLTO

5.1 Painesukkien mitoittaminen

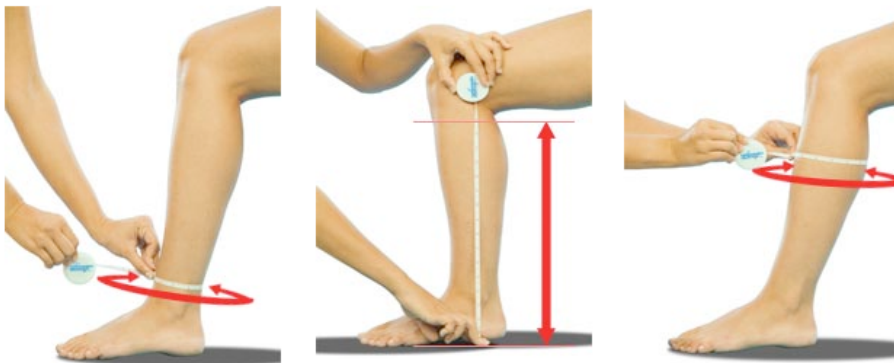
Täsmällinen mitoittaminen on oleellista painesukan istuvuuden ja painejakauman kannalta. Väärin mitoitettu painesukka voi aiheuttaa potilaalle vammoja, kuten haavaumia. (Johnson 2002, 72.)

Ensin on valittava painesukan malli. Sukan pituus määrää suoritettavat mittaukset. Jalkojen turvotus voi vaikuttaa mittaustuloksiin, joten mittaus kannattaa suorittaa joko heti aamulla tai heti mahdollisten painesiteiden poistamisen jälkeen. Mittaustilanteessa potilas pitää jalanpohjat tasaisesti maata vasten. Jalat eivät välttämättä ole keskenään symmetriset, joten molempien jalkojen mitat on otettava erikseen. (Johnson 2002, 72.) Polvisukkien tapauksessa on mitattava (kuva 17):

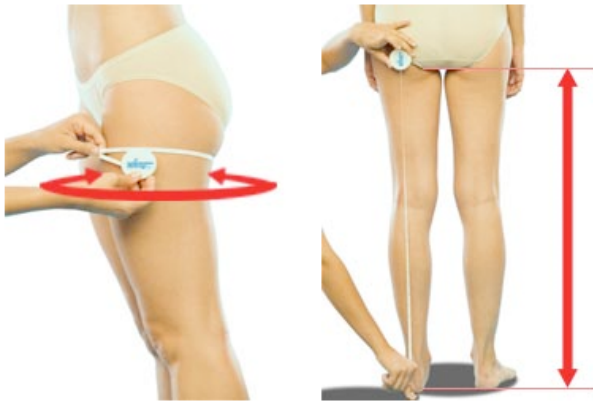
1. nilkan kapeimmasta kohdasta nilkkanivelten yläpuolelta.
2. jalkapohjasta polven alapuolelle.
3. pohje leveimmästä kohdasta. (Johnson 2002, 72.)

Reisisukan mittaamiseksi tarvitaan kolme edellistä mitta ja mitta (kuva 18, s. 25):

4. reiden paksuimmasta kohdasta.
5. kantapäätä pakaraan. (Johnson 2002, 72.)



KUVA 17. Polvisukan mittausohje (How to Measure 2013, muokattu)



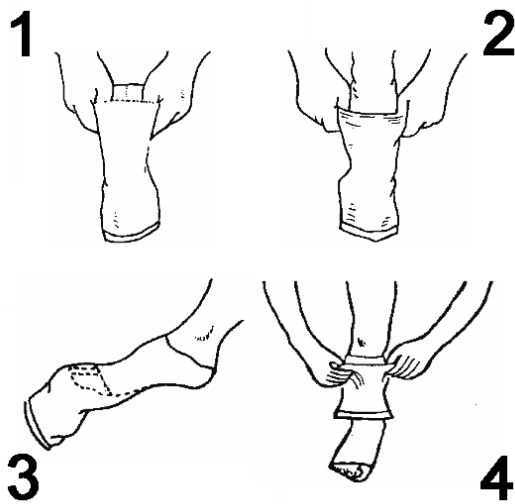
KUVA 18. Reisisukan mittausohje (How to Measure 2013, muokattu)

Mittausten jälkeen voidaan valita oikean suuruiset painesukat vertaamalla mittaustuloksia valmistajien kokotaulukoihin. Jos mittoja vastaavia painesukkia ei löydy, on hankittava sukat mittatilaustyönä. (Johnson 2002, 72.)

5.2 Painesukkien pukeminen

Potilaita on ohjeistettava painesukkien oikeanlaiseen pukemiseen. Ennen pukemista on varmistettava, ettei tuote ole ryppyntynyt ja painesukan turhaa taittamista on vältettävä. Sukan kireimmät kohdat voivat vahingoittaa potilaan ihoa. Jotta pukeminen olisi mahdollisimman helppoa ja turvallista suositellaan seuraavanlaista pukemismenetelmää (kuva 19, s. 26). (Johnson 2002, 72.)

1. Käsi laitetaan sukan sisälle. Otetaan kantapään tasku etusormen ja peukalon väliin.
2. Vedetään kantapään tasku näkyviin.
3. Asetetaan jalka sukkaan. Kantapään on asetuttava kantapään taskuun.
4. Sukka vedetään ylös. (Johnson 2002, 72.)



KUVA 19. Painesukan pukemisoheje (Lymed-sukan pukeminen 2013, muokattu)

Pukemista varten on olemassa erilaisia apuvälineitä ja menetelmiä. Jalasta voi tehdä liukkaamman kosteuttamalla tai levittämällä talkkia. Kumihanskoilla saa paremman otteen sukasta ja säännöllisellä kynsien leikkaamisella voi myös helpottaa pukemista. Sukkien mukana tulee usein pehmeä tohveli, jolla voi helpottaa sukan vetämistä jalkaterän yli. (Johnson 2002, 72.) Tarjolla on myös erilaisia pukeutumisapuvälineitä (kuva 20), jotka helpottavat sukkien pukemista, sillä monilla potilailla vartalon kankeus voi entisestään hankaloittaa sukkien pukemista.

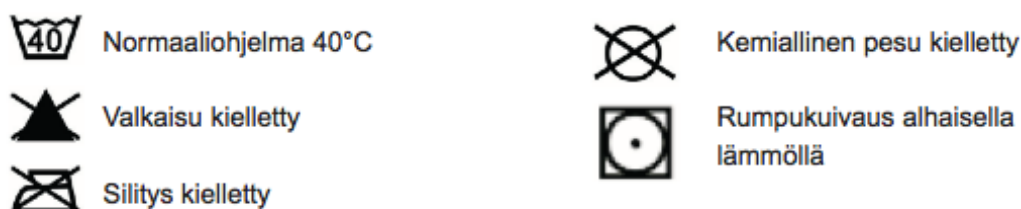


KUVA 20. Juzo EasyFit pukeutumisapuväline (Juzo 2013)

5.3 Painesukkien peseminen ja pesemisen vaikutukset

Painesukka pitää poistaa jalasta yön ajaksi ja se on puettava takaisin heti aamulla (Johnson 2002, 72). Painesukat on hyvä pestä päivittäin, sillä puhdas ja hyvin hoidettu tuote säilyttää ominaisuutensa pidempään. Hiki, tali ja rasvat täyttävät elastaanikuidun huokokset jäykistäen kangasta sekä huonontaan sen elastisuutta. Lymed-painesukkien pesuohje (kuva 21) sallii konepesun. On suositeltavaa kuivata sukat huoneenlämmössä. (Lymed hoito- ja pesuohjeet 2013.) Johnson (2002, 72) mukaan on kuitenkin myös tuotteita jotka suositellaan pestäväksi käsin.

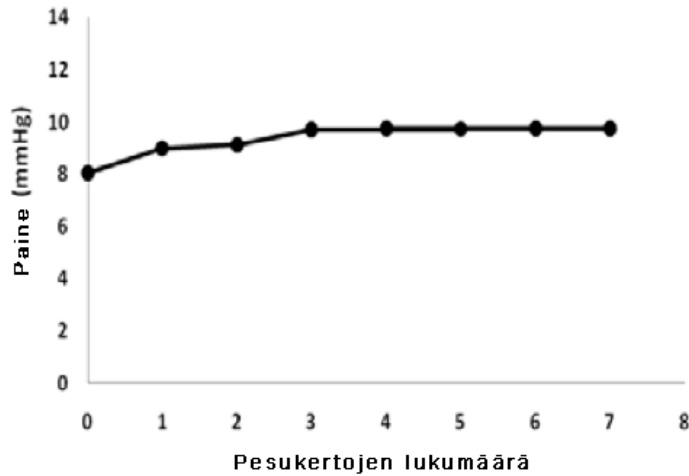
PESUOHJE



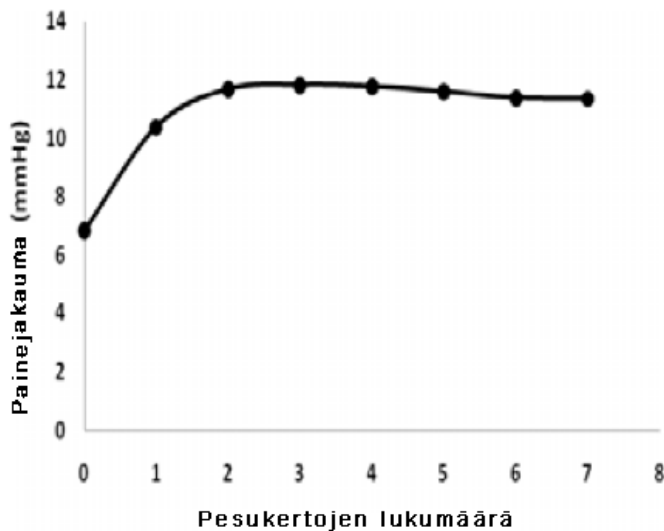
HUUHTELUAINEEN JA HUUHTELUAINETTA SISÄLTÄVÄN PESUAINEEN KÄYTTÖ ON KIELLETTY

KUVA 21. Lymed-painesukkien pesuohje (Lymed hoito- ja pesuohjeet 2013)

Painesukat voivat kutistua pesussa. Kuviosta 4 (s. 28) voidaan lukea sileän neuloksen puristuspaineen kasvavan kolmen pesukerran ajan, jonka jälkeen paine pysyy melko samalla tasolla. Kuviosta 5 (s. 28) vastaavasti nähdään interlock-neuloksen puristuspaineen kasvavan myös kolmanteen pesukertaan asti, jonka jälkeen paine laskee hieman. Molemmilla sidoksilla on havaittavissa pesukutistumaa kolmen pesukerran ajan. Neljännestä seitsemänteen pesukertaan pesukutistuma ei ole merkittävä. Myös toistuva käyttö vaikuttaa merkittävästi paineen suuruuteen. (Maleki ym. 2011, 35.)

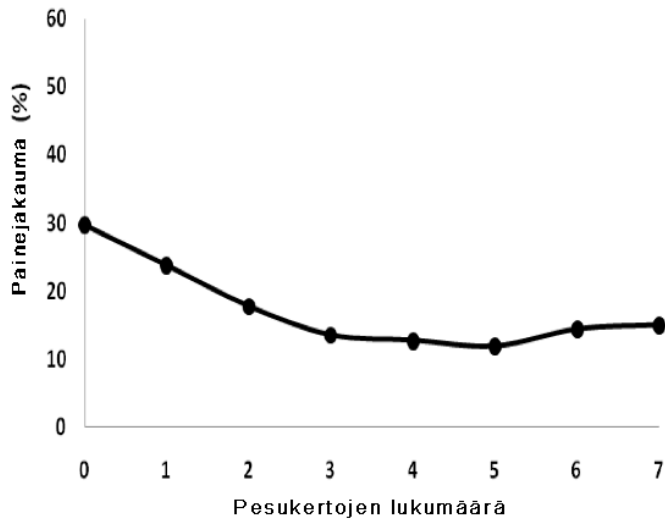


KUVIO 4. Pesemisen vaikutus paineeseen sileällä sidoksella (Maleki ym. 2011, 37, muokattu)

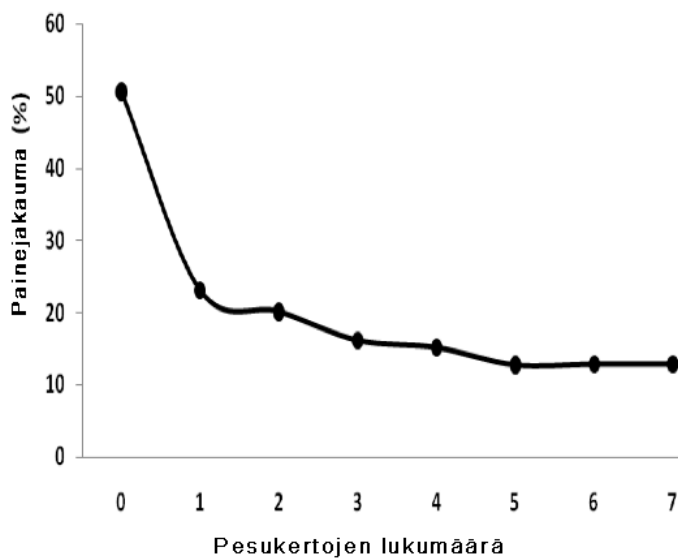


KUVIO 5. Pesemisen vaikutus paineeseen interlock-sidoksella (Maleki ym. 2011, 37, muokattu)

Kuten luvussa 2.1 on mainittu, painesukan paine on suurin nilkan kohdalla ja laskee kohti polvea noustessa. Maleki ym. (2011, 35) ovat havainneet tutkimuksessaan sukan painejakauman tasaantuvan pesukutistuman vuoksi. Kuviosta 6 (s. 29) nähdään sileän neuloksen painejakauman tasaantuvan viidenteen pesukertaan asti. Kuudennen ja seitsemännen pesukerran aikana ei enää esiinny pesukutistumaa. Tällöin kankaassa tapahtuu muodonmuutoksia, jotka luovat hieman paine-eroja painesukan ylä- ja alapään välillä. Kuviossa 7 (s. 29) havaitaan interlock-neuloksen paine-erojen vähenevän merkittävästi viidenteen pesukertaan asti, jonka jälkeen paine-erot pysyvät samanlaisina seitsemänten pesukertaan asti. (Maleki ym. 2011, 35-36.)



KUVIO 6. Puristusaine pesun jälkeen sileällä sidoksella (Maleki ym. 2011, 37, muokattu)



KUVIO 7. Puristusaine pesun jälkeen interlock-sidoksella (Maleki ym. 2011, 37, muokattu)

5.4 Toistuvan käytön vaikutukset

Malekin ym. (2011, 36) tutkimuksessa on havaittu toistuvan käytön vaikuttavan sileiden neulosten puristusaineen jakautumiseen ja suuruuteen. Kokeessa painesukka venytetään käyttöä vastaavaan tilaan, jonka jälkeen sukan annetaan rentoutua. (Maleki ym. 2011, 36.) Lähdeartikkelissa ei ole kerrottu tarkemmin koejärjestelystä, kuten rasituksen- ja rentoutumisen kestosta. Kokeessa on havaittu sileän neuloksen puristusaineen

laskevan neljän ensimmäisen käyttökerran ajan neuloksen venymisen vuoksi. Koetta on jatkettu yhdeksään käyttökertaan asti, mutta puristuspaineen muutokset eivät ole merkittäviä neljännen käyttökerran jälkeen. Toistuva käyttö vaikuttaa myös puristuspaineen eroihin sukan ala- ja yläpään välillä. Paine-erot tasaantuvat viiden ensimmäisen käyttökerran ajan, jonka jälkeen sukan venyminen vähenee ja muutokset eivät ole enää merkittäviä. Ensimmäisen käyttökerran jälkeen paine-erot tasaantuivat 32,3% ja viidennen jälkeen 7,8%. (Maleki ym. 2011, 36.)

6 PAINEEN MALLINTAMINEN

6.1 Laskennallinen mallintaminen

Paine muodostuu vaatteeseen hoidettavan alueen ympärysmittojen ja vaatteen ympärysmittojen suhteesta. Paine lasketaan tuotteeseen matemaattisesti Laplacen yhtälöön ja materiaalin venyvyys- ja palautumisominaisuuksiin perustuen. Tuotteen laskennallinen paine ei välttämättä toteudu samanlaisena elävässä kudoksessa johtuen kudoksen koostumuksen vaihtelusta. (Toimintaperiaate 2013.)

Sylinterimäisen kappaleen sisällä oleva paine (P) voidaan laskea Laplacen yhtälön (2) avulla. (Maleki ym. 2011, 32.)

$$P = \frac{T}{R} \quad (2)$$

Jossa T on pinnan jännitys ja R sylinterin säde. Laplacen yhtälöä käytetään ennustaessa paikallaan olevan painesukan luomaa painetta. Yhtälön mukaan sukan ihoon luoma paine vähenee, kun raajan halkaisija kasvaa eli paine on suurempi nilkan kohdalla kuin pohkeen kohdalla. (Maleki ym. 2011, 32.)

Malekin ym. (2011, 36-37) suorittamien kokeiden mukaan laskennalliset Laplacen yhtälöllä saadut arvot poikkeavat merkittävästi mitatuista arvoista. Mitatut paineen arvot ovat 15-60 % pienemmät kuin laskennalliset. (Maleki ym. 2011, 36.) Lähdeartikkelissa ei kerrota syytä laskennallisten ja mitattujen arvojen poikkeavuuksille. Rigbyn, Anandin ja Miraftabin (2001, 65) tutkimuksessa on käytetty kahta erilaista Laplacen yhtälöön perustuvaa kaavaa puristuspuineen laskemiseksi. Toinen on samanlainen kuin edellä mainitussa tutkimuksessa eli perustuu oletukseen, että jalka on kartion muotoinen. Siinä laskennallinen puristuspuine perustuu jalan ympärysmittaan. Tarkemmat laskennalliset puristuspuineet on saatu, kun puristuspuine on laskettu tietyssä pisteessä, ottaen huomioon jalan pinnan kaarevuus kyseisessä kohdassa. Esimerkiksi sääriluun kohdalla jalan pinnan kaarevuus on pieni, josta seuraa suurempi puristuspuine kuin jalan samalla korkeudella pohkeen puolella, jossa kaarevuus on suurempi. (Rigby, Anand & Miraftab 2001, 65.)

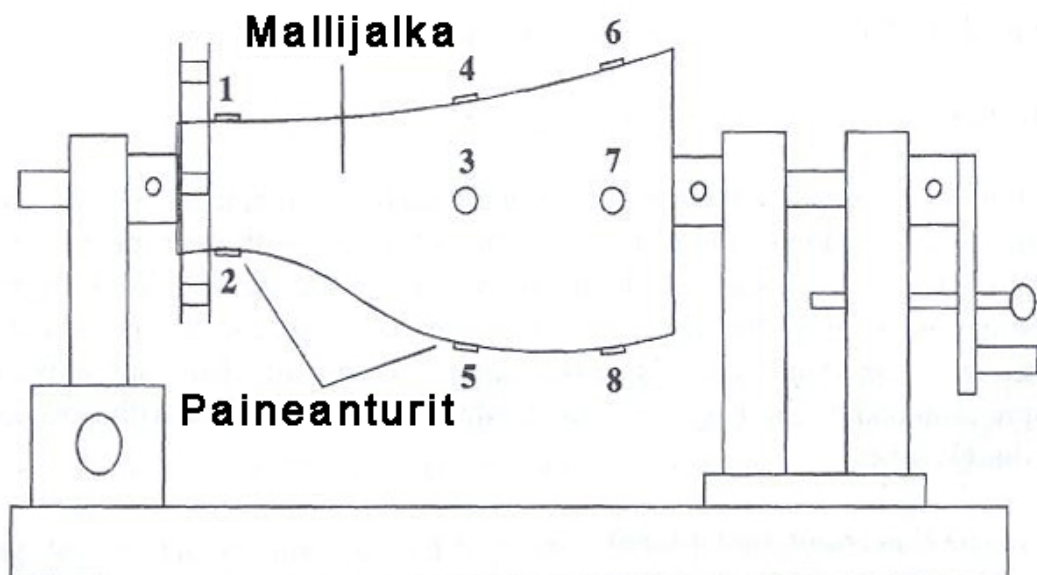
6.2 Mittalaitteet

On olemassa erilaisia mittalaitteita sukan jalkaan kohdistaman paineen mittaamiseksi. Laitteita esitellään seuraavissa luvuissa.

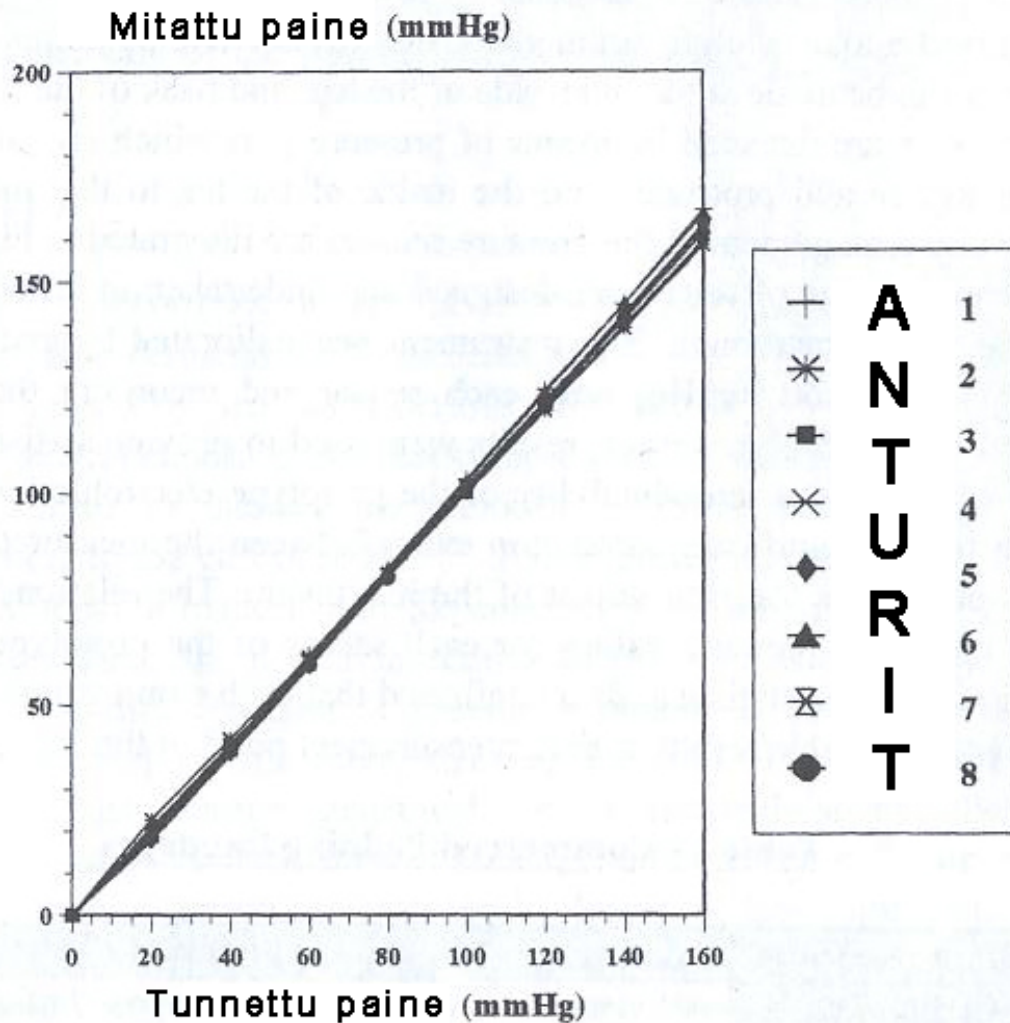
6.2.1 Elektronisen mittalaitteen prototyyppi

Seuraava laite ja menetelmä on kehitetty mittamaan kipsinalusvanun jalkaan luomaa painetta. Menetelmän avulla halutaan mitata paineen suuruuden lisäksi paineen jakautumista. (Rigby ym. 2001, 62.) Vanua käytetään pehmusteena kipsien lisäksi myös lastojen ja siteiden alla. Mielestäni mittaustekniikkaa voisi soveltaa myös painesukkiin.

Mittalaitteessa on jalan muotoinen kappale, johon on asennettu paineen mittaamiseksi kahdeksan venymäliuska-anturia (kuva 22). Oikein suoritetun kalibroinnin jälkeen laitteen on todettu luotettavasti mittaavan painetta. Laite on kalibroitu altistamalla anturit tietylle tunnetulle paineelle välillä 0-160 mmHg. Mittalaitteen ilmoittamien lukemien ja tunnettujen paineiden välillä on havaittu tilastollisesti merkittävä riippuvuus (kuvio 8, s. 33). (Rigby ym. 2001, 63.)



KUVA 22. Elektronisen mittalaitteen prototyyppi. (Rigby ym. 2001, 64)



KUVIO 8. Mitattujen ja tunnettujen paineden välinen suhde. (Rigby ym. 2001, 64)

6.2.2 PicoPress

PicoPress (kuva 23, s. 34) on Medigroupin valmistama laite puristuspaineen mittaamiseksi. Laite kykenee mittaamaan puristuspainetta sekä paikallaan, että liikkeellä olevasta kohteesta. Potilas voi asettaa anturit painesukan alle ja antaa laitteen seurata puristus-paineita. Jos paineissa on odottamattomia poikkeamia voi potilas puuttua asiaan. Laitetta ei tarvitse kalibroida ennen käyttöä ja sen valmistusmateriaalit on valittu allergikoille sopiviksi. (PicoPress 2013.)

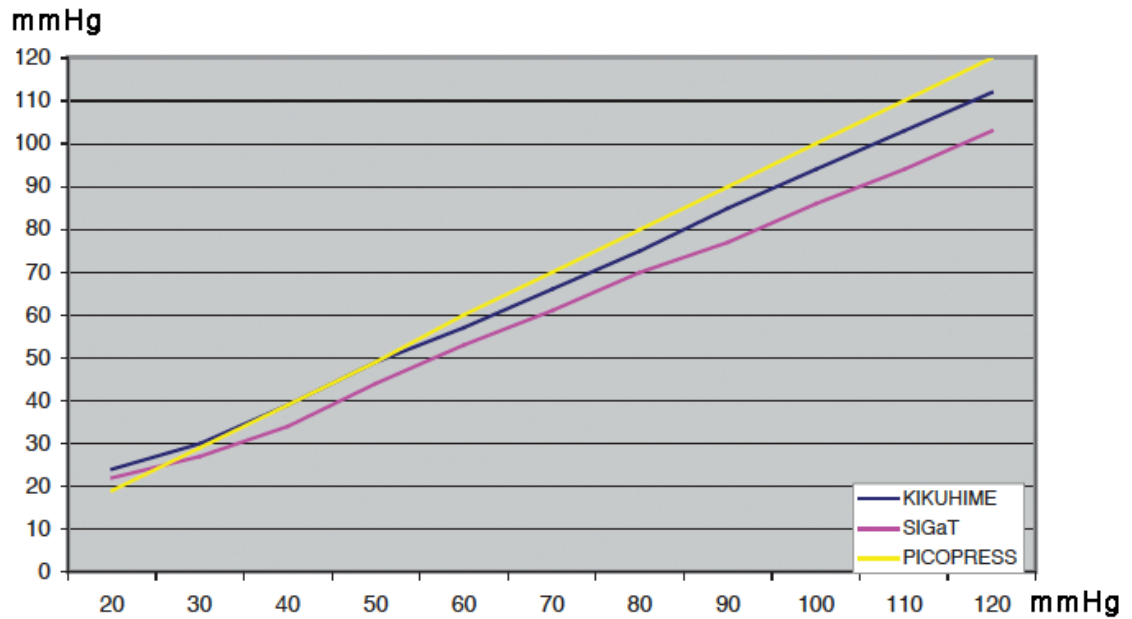


KUVA 23. PicoPress mittalaite (PicoPress 2013)

Anturit (kuva 24) ovat 0,2 mm paksuja ja toimivat paineilmalla. Laitteen muistiin mahtuu 100 mittaustulosta, jotka ovat luettavissa laitteen omalta näytöltä tai tietokoneelta USB-liitännän kautta. Kuviossa 9 (s. 35) vertaillaan kolmen mittalaitteen puristuspaineen mittaustarkkuutta. Mittaamista varten laitteiden anturit on asetettu jalalle ja altistettu tunnetulle paineelle. Mittaukset on toistettu jokaiselle laitteelle kolme kertaa ja kuvioon on piirretty laitteiden mittaustulosten keskiarvot. Pystyakselilla on tunnettu paine, jolle anturit on altistettu ja vaaka-akselilla laitteiden ilmoittamat painelukemat. (PicoPress 2013.)



KUVA 24. PicoPress paineanturit (PicoPress 2013)



KUVIO 9. Mittalaitteiden tarkkuuden vertaamista (PicoPress 2013, muokattu)

6.2.3 Kikuhime-mittalaite

Kikuhime-mittalaitteella (kuva 25) mittaamista varten painesukan ja ihon väliin asetetaan pieni, joustava ja ilmatäytteinen anturi. Anturin halkaisija on 30 mm ja paksuus 3 mm. Laitetta käytetään yleensä painesiteiden ja ihon välisen paineen mittaamiseen. (Maleki ym. 2011, 32.)

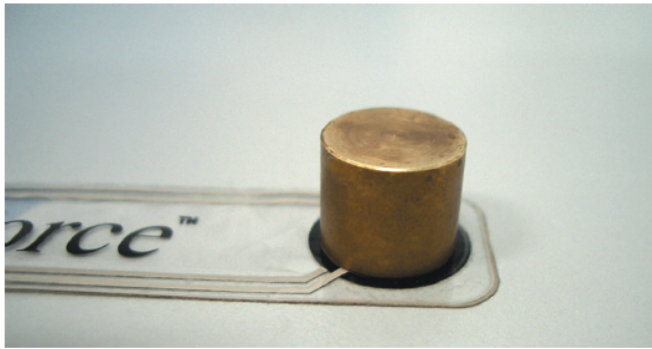


KUVA 25. Kikuhime-mittalaite. (Kikuhime 2013)

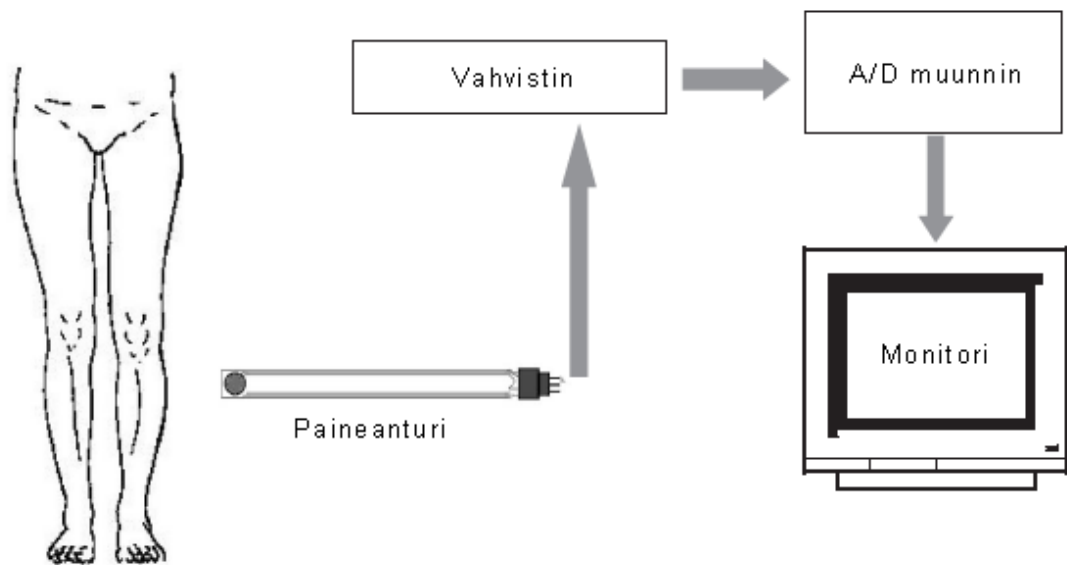
Mittaamista varten painesukka asetetaan pyöreän putken päälle. Kymmenen minuutin kuluttua paineanturi asetetaan kankaan ja putken väliin. Paine mitataan yhden minuutin kuluttua, jotta kangas ehtii rentoutumaan anturin päällä. (Maleki ym. 2011, 32.) Laitteeseen voidaan kytkeä samanaikaisesti useita antureita (Kikuhime 2013).

6.2.4 FlexiForce

Tekscanin valmistama FlexiForce on monikanavainen mittajärjestelmä painesukan ihoon kohdistaman puristuspuheen mittaamiseksi. Paineanturi on 0,127 mm paksu, 12 mm leveä ja 203 mm pitkä joustava piirilevy (kuva 26), jonka päässä on halkaisijaltaan 9,525 mm anturi. Anturista vastaanotetaan tietokoneelle jännitesignaali (kuva 27). Anturit kalibroidaan asettamalla niiden päälle tietyn painoisia punnuksia ja mittaamalla niitä vastaavat jännitteet. Kun tunnetaan anturin pinta-ala ja punnuksen paino, saadaan laskettua puristuspuhe Pascaleina. Pyöreään anturilevyn on oltava täysin ja tasaisesti kosketuksissa ihon kanssa, jotta laitteella saadaan tarkkoja mittaustuloksia. Anturi ei myöskään saa taipua, koska se vaikuttaa mittaustulatuun. (Liu ym. 2005, 617.)



KUVA 26. FlexiForce paineanturi ja 5 g kalibroituspunnus (Liu ym. 2005, 617)



KUVA 27. FlexiForce mittajärjestelmä (Liu ym. 2005, 617)

6.2.5 MST MK IV

Salzmannin valmistama MST MK IV (kuva 28) toimii kuudella litteällä paineanturilla reisisukille ja neljällä anturilla polvisukille. Anturit (kuva 29) on pyritty valmistamaan niin ohuiksi, etteivät ne vaikuttaisi painesukan toimintaan koetilanteessa. Paine lukemat voidaan lukea suoraan laitteen näytöltä (kuva 30) ja laite kykenee ilmaisemaan paine- ja kauman painesukassa. Laite on tehty kannettavaksi. (MST MK IV, 2011)



KUVA 28. MST MK IV mittalaite toiminnassa (MST MK IV, 2011)



KUVA 29. MST MK IV paineanturit (MST MK IV, 2011)



KUVA 30. MST MK IV mittalaite (MST MK IV, 2011)

7 TUOTE-ESIMERKKEJÄ

7.1 Juzo Expert Strong & Expert Strong Silver

Juzon Expert Strong (kuva 31) ja Expert Strong Silver (kuva 32) sukkaa suositellaan käytettäväksi erityisesti vaikeahoitoisen lymfedeeman eli imusuoniston toiminnanvaja-
uksen vaikutuksesta syntyneen turvotuksen hoidossa, jonka sivuoireena on usein kudok-
sen arpeutumista (Juzo Expert Strong 2013a). Sukkia on saatavilla kaikissa kompres-
sioluokissa ja eri mittaisina (kuva 33). Mittatilaustyönä tehtyihin AF- ja AG- mittaisiin
sukkiin on saatavilla myös tahmea koristeellinen silikoninauha tuotteen yläosaan. Se
auttaa pitämään sukat ylhäällä. (Juzo Expert Strong 2013b.) Sukat on valmistettu ta-
soneulonta-menetelmällä ja ne ovat takaa saumattuja. Sukat suojaavat ihoa myös UV-
säteilystä. Niiden suojakerroin on 80. (Juzo Expert Strong 2013a.)



KUVA 31. Juzo Expert Strong (Juzo Expert Strong , 2013a, muokattu)



KUVA 32. Juzo Expert Strong Silver (Juzo Expert Strong Silver, 2013a, muokattu)



KUVA 33. Juzo Expert Strong mallivalikoima (Juzo Expert Strong , 2013b, muokattu)

Expert Strong Silver on neulottu käyttäen antibakteerista hopeapäälysteistä polyamidilankaa. Kuiduista irtoaa hopeaioneja. Tuote on tarkoitettu iho-ongelmista kärsiville potilaille. (Juzo Expert Strong Silver 2013a.)

Expert Strong sukkia on saatavilla eri värisinä. Värivaihtoehtoja on yhteensä yhdeksän. Silver sukkia on saatavilla vain beigen värisinä. (Juzo Expert Strong Silver, 2013b.)

7.2 Sigvaris Cotton

Puuvillavalmisteisia Sigvaris Cotton painesukkia on tarjolla kompressioluokissa 1-3. Sukat on valmistettu joustin- eli resorineuloksena (kuva 14, s. 21). (Sigvaris Cotton, 2013, 2-6.) Neulosvaihtoehtoina ovat väljempi ja hienompi (Sigvaris tuotteet, 2013).

Materialit:

52 % polyamidi, 34 % elastaanikuidut, 14 % puuvilla



Pese päivittäin käyttäen pesupussia



Älä käytä huuhteluaineita



Älä kuivata kuivausrummussa










Älä silitä



Älä pese kemiallisesti

KUVA 34. Sigvaris Cotton pesuohje (Sigvaris Cotton 2013, 6)

Sukkien yläreunassa on silikonipisteitä auttamassa sukkien paikallaan pysymistä. Sukat on valmistettu polyamidista, elastaanista ja puuvillasta (kuva 34). Mallien pituudet vaihtelevat polvisukista sukkahousuihin (kuva 35, s. 40). Väri vaihtoehtoja on yhteensä viisi. (Sigvaris Cotton, 2013, 2-6.)

		COTTON			COTTON XTRA	COTTON MED
CCL		1	2	3	1+2+3	1+2+3
Mallit						
	A-D Polvisukka	pehmeä resori	● ^{1) 2)}	● ²⁾	● ^{1) 2)}	⊙
		stay-up-kiinnitys		● ¹⁾		
	A-G Reisisukka	stay-up-kiinnitys	● ^{1) 2)}	●	■	
		vyötärökiinnitys (vasen tai oikea)				●
	A-T Sukkahousut		■	●	■	
	A-T Äitiys-sukkahousut	raskaana oleville tai suurempia ko- koja tarvitseville	■	●	■	
	A-T Miesten-sukkahousut	sepaluksella (vasen, oikea tai vaaka)		■		
	avokärkinen		●	●	●	●
	umpikärkinen		■	●	■	⊙
yhden koon jalkaterä			⊙		⊙	
maxikoon jalkaterä					⊙	

CCL = Puristusluokka

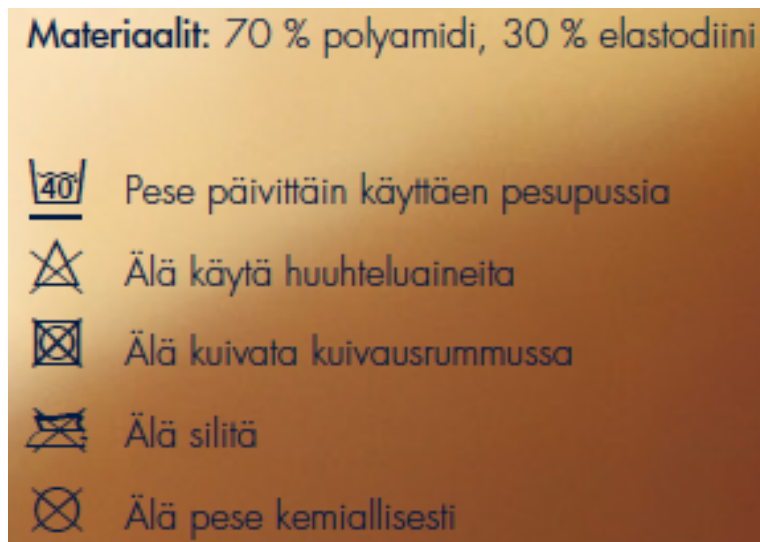
- Sarja- ja mittailaustuottia
- ⊙ Sarjatuotanto
- Mittailaustuote

1) vain NATURE
2) vain avokärkisenä

KUVA 35. Sigvaris Cotton sukkamallit (Sigvaris Cotton 2013, 6, muokattu)










7.3 Sigvaris Traditional

Sigvaris Traditional painesukkia on tarjolla kompressioluokissa 2-4 ja ne soveltuvat esimerkiksi laskimovaivojen ja imusuonisairauksien hoitoon ja veritulpan jälkeiseen hoitoon (Sigvaris tuotteet, 2013). Elastisuus on luotu kaksinkertaisesti kierretyn luonnonkumilangan avulla. Sukat on valmistettu polyamidista ja elastodieenista (kuva 36).



KUVA 36. Sigvaris Traditional pesuohje (Sigvaris Traditional 2013, 6)

Tarjolla on runsaasti eri malleja (kuva 37). Sukissa on yläreunassa silikonipisteitä, jotka auttavat sukkia pysymään paikallaan. Värvaihtoehtona on beige. (Sigvaris Traditional 2013, 2-6.)

CCL		2	3	4	
Mallit					
	A-D Polvisukka	pehmeä resori	●	●	● ¹⁾
	A-F Puolireisi- sukka	pehmeä resori	●	●	● ¹⁾
		stay-up-kiinnitys	●	●	■
	A-G Reisisukka	pehmeä resori	●	●	● ¹⁾
		stay-up-kiinnitys	● ^{X)}	● ^{X)}	■ ^{X)}
		vyötärökiinnitys (vasen tai oikea)	●	● ¹⁾	■
	A-T Sukkahousut		● ^{1)X)}	■ ^{X)}	■ ^{X)}
	A-T Bodyform- muotoilevat sukkahousut	tukeva housuosa	■	■	■
	A-T Äitiyssukka- housut	raskaana oleville tai suurempia kokoja tarvitseville	● ^{1)X)}	■ ^{X)}	■ ^{X)}
	A-T Sukkahousut miehille	sepalus (vasen, oikea tai vaaka)	● ^{1)X)}	■ ^{X)}	■ ^{X)}
	avokärkinen		●	CCL = Puristusluokka ● Sarja- ja mittatilaustuotteita ■ Mittatilauksesta 1) vain PLUS koossa X) myös ilman puristusresoria (A – G neulotut)	
	umpikärkinen		■		
Stay-up-kiinnitys					
Silikonipistekiinnitys (KGT)			●		

KUVA 37. Sigvaris Traditional mallit (Sigvaris Traditional 2013, 6, muokattu)

8 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoite oli koota tietoa painesukkien valmistamisesta, rakenteista, niiden valmistukseen käytetyistä raaka-aineista ja puristuspaineen mallintamisesta. Työ liittyi Tampereen teknillisessä yliopistossa käynnissä olevaan projektiin keskittyen kolmannen ja neljännen kompressioluokan polvisukan mittaisiin painesukkiin. Lähteinä käytettiin kirjallisuutta, artikkeleita, patenteja, tuote-esitteitä ja verkkosivuja. Näistä tärkeimpinä lähteinä toimivat tieteellisten julkaisujen artikkelit.

Pohjelihäs auttaa pumppaamaan verta laskimoissa ylöspäin kohti sydäntä ja laskimoiden läpät estävät veren takaisinvirtaamisen. Jos läppien ja pohjelihaksen toiminta heikkenee, verenkierto hidastuu ja verisuonet laajenevat. Tämän seurauksena veri hyytyy ja paine suonistossa kasvaa, jolloin verisuonisto voi vahingoittua. Painesukkien avulla voidaan tehostaa pohjelihaksen toimintaa ja ennaltaehkäistä tai hoitaa laskimo-oireita. Hoitamattomat oireet voivat johtaa hyvinkin kivuliaisiin ja esteettisesti epämiellyttäviin vaivoihin kuten säärihaavan syntyyn. (Collins & Seraj 2010, 989; Miksi tukisukat 2013.)

Painesukkien toiminta perustuu puristuspaineeseen, joka on suurimmillaan nilkan kohdalla ja laskee siitä jalkaa ylöspäin noustessa. Oikeanlainen painejakauma on erittäin oleellinen painesukan lääkinnällisen tehokkuuden kannalta. On kuitenkin havaittu, etteivät painejakaumat käytännössä aina toteudu valmistajan ilmoittamalla tavalla nilkan ja pohkeen välillä. Vertaillessa koehenkilöiden jaloista otettuja magneettikuvia ja eri puolilta jalkoja mitattuja puristuspaineita havaittiin paineen olevan suurempi pinnoilla, joilla on pieni kaarevuus. Esimerkiksi nilkanivelten yläpuolella sääriluun kohdalla on suurempi paine kuin samalla korkeudella jalan sivuissa. Painesukkaa valmistavissa yrityksissä puristuspainet ja painejakaumat mitataan usein käyttäen ihmisen jalkaa jäljitteleviä malleja. (DD ENV 12718, 2001; Liu ym. 2005, 615-618.) Käytännössä ihmisten jalkojen mitat ja muodot vaihtelevat, joten menetelmä ei ole ehkä riittävän tarkka.

Painesukat luokitellaan viiteen kompressioluokkaan. Eurooppalainen esistandardi DD ENV 12718:2001 (2001, 7) määrittelee kolmannen kompressioluokan puristuspaineksi nilkan kohdalla 34-46 elohopeamillimetriä ja neljännen 49:stä elohopeamillimetristä ylöspäin. Kolmannen ja neljännen kompressioluokan painesukkaa kutsutaan myös lääkinnällisiksi kompressiosukiksi. Ne määrää yleensä lääkäri ja niitä käytetään vaikei-

siin vaivoihin. (Tukisukilla on monta nimeä, 2013.) Eri mittaiset sukat merkitään lyhentein. Esimerkiksi ylipolvensukka merkitään AF. (DD ENV 12718, 2001, 14). Kyseinen standardi on poistettu käytöstä vuonna 2005, mutta korvaavan puuttuessa se on edelleen yleisesti käytössä. On olemassa myös muita painesukkiin liittyviä standardeja, kuten englantilainen ja saksalainen standardi. (Coull & Clark 2005, 72.) Standardeissa kompressioluokittelut poikkeavat toisistaan hieman ja joillain painesukkien valmistajilla on käytössä omia luokitteluasteikkoja. Eri lähteissä käytetään eri standardeja, mikä voi tehdä sisältöjen vertaamisesta hankalaa.

Suurin osa painesukista on kudeneuloksia ja ne valmistetaan pyörö- ja tasoneuloksina (Eberle ym. 2007, 83; Knitting 2013). Tasoneulonnassa käytetään paksumpia lankoja kuin pyöröneulonnassa eli tasoneulokset ovat paksumpia ja jäykempiä kuin pyöröneulokset. Suurin osa mittatilaustyönä valmistetuista painesukista on tasoneuloksia. Pyöröneuloksina valmistetaan enemmän alempien kompressioluokkien painesukkia erityisesti, jos tuotteen ulkonäöllä on paljon merkitystä. (Clark & Krimmel 2006, 3.) Painesukissa tuotteen elastisuus luodaan enimmäkseen käyttämällä elastista luonnonkumista, elastaanista tai elastodieenistä valmistettua vuorilankaa (Clark & Krimmel 2006, 2-3; Sigvaris Traditional 2013, 6). Muut langat valmistetaan muun muassa puuvillasta ja polyamidista (Johnson 2002, 70). Antimikrobisten ominaisuuksien saamiseksi lanka tai kuidut voidaan päällystää hopealla (Lambertz 2011, 3). Menetelmä on todettu toimivaksi varsinkin, kun kuidut on esikäsitelty kitosaanilla, jolloin hopean tarttuvuus kuituihin paranee (MacKeen ym. 1987, 93; Ursache ym. 2011, 256). Painesukissa käytetyistä sidoksista oli melko hankalaa löytää tietoa. Koska painesukissa käytetyt sidokset ovat usein yritysten oman tuotekehityksen aikaansaannoksia, suuri osa tiedosta on todennäköisesti salaista. Käytettyjä sidoksia ovat ainakin sileä neulos, interlock- ja joustinneulos eli resorineulos, joista yleisin on sileä neulos. (Maleki ym. 2011, 30, 33; Sigvaris Cotton, 2013, 3.)

Malekin ym. (2011, 35) interlock-sidoksille ja sileille sidoksille suorittamassa kokeessa havaittiin painesukkien kutistuvan pesussa kolmen ensimmäisen pesukerran ajan. Kutistuminen aiheuttaa puristuspaineen kasvamista kolmen pesukerran ajan ja painejakauman tasaantumista viiden pesukerran ajan. Sukkien toistuva käyttö laskee puristuspainetta ja tasoittaa painejakaumaa. (Maleki ym. 2011, 35-37.) Painesukkien ominaisuudet siis muuttuvat niiden elinkaaren aikana.

Yksinkertaisimmillaan paineen laskennallinen mallintaminen tapahtuu Laplacen yhtälöön perustuen jakamalla painesukan pinnan jännitys jalan poikkipinnan säteellä, jolloin jalan ajatellaan olevan sylinterin muotoinen kappale. Käytännössä jalan poikkileikkauksen vaihtelevat muodot kuitenkin hankaloittavat paineen laskennallista mallintamista. (Maleki ym. 2011, 32.) Rigby, Anand ja Miraftab (2001, 65) käyttivät tutkimuksessaan yhtälöä, jolla lasketaan puristusaine jossain tietyssä pisteessä eikä jalan ympärysmittaan perustuen. Yhtälön avulla pystytään mallintamaan puristusaineita paljon tarkemmin. (Rigby, Anand & Miraftab 2001, 65.)

Painesukat ovat vielä kehittyvä tekstiiliteollisuuden ala, joka vaatii paljon lisätutkimusta. Jo nykyisin käytössä olevilla painesukilla on havaittu olevan laskimosairauksia ennaltaehkäiseviä tai hoitavia vaikutuksia, joten kehityksessä on päästy hyvin alkuun. Iso haaste on yksilöiden ja yksittäisten tapausten erojen ja tarpeiden huomioon ottaminen, jotta painejakaumat ja puristusaineen suuruudet olisivat hoidon kannalta optimaalisia jokaiselle potilaalle. Opinnäytetyö tarkastelee laajaa aihetta melko yleisellä tasolla. Painesukkien rakenteista, raaka-aineista, langoista ja mallintamisesta olisi voinut kirjoittaa paljon laajemmin. Aiheesta kirjoittaminen on ollut mielenkiintoista ja olen oppinut paljon uutta minulle aiemmin melko vieraasta aiheesta.

LÄHTEET

Antimicrobial Activity of Silver. 2005. Technical White Paper. Industrial Microbial Services. Luettu 25.5.2013.

<http://www.autospec.co.za/productmedia/flowcrete/b01490/datasheets/accreditations/antimicrobial.pdf>

Before & After Photos. Mississippi Vein Institute. Luettu 27.3.2013.

<http://www.mississippiveininstitute.com/beforeafter/>

Clark & Krimmel. 2006. Lymphoedema Framework. Template for Practice: Lymphoedema and the construction and classification of compression hosiery. Lontoo: MEP Ltd. 2-4.

Collins, L., Seraj, S. 2010. Diagnosis and Treatment of Venous Ulcers. American Family Physician 81 (8), 989-996.

Coull, A., Clark, M. 2005. Best Practice Statement for compression hosiery. Wounds UK 1(1), 70-77.

Daylong. Luettu 22.5.2013 <http://www.daylong.co.uk/womens/compression-hosiery-style/womens-thigh/acti-lymph-class-3-thigh-compression-stockings-34-46-mmhg.html>

DD ENV 12718:2001. Medical compression hosiery.

Eberle, H., Hermeling, H., Kornberger, M., Kilgus, R., Menzer, D. & Ring, W. 2007. 1.-4. painos. Ammattina Vaate. Helsinki: Werner Söderström Osakeyhtiö.

How to measure. Luettu 23.5.2013.

http://www.compressionstockings.com/how_to_measure.php

Hussain, T. 2006. Luettu 25.5.2013.

http://www.freewebs.com/tanveer/antimicrobial_finishes.htm

Lau, W-Y.T. & Bradberry, L.E. 1985. Knit construction. Amerikan Yhdysvaltojen patentti 4,494,388.

Lymed hoito- ja pesuohjeet. Luettu 23.5.2013. http://www.lymed.fi/wp-content/uploads/2013/03/Hoito-ja_pesuohjeet.pdf

Johnson, S. 2002. Review article: Compression hosiery in the prevention and treatment of venous leg ulcers. Journal of Tissue Viability 21 (2), 67-74.

Juzo. Luettu 23.5.2013.

http://www.juzo.com/en/company/news/?no_cache=1&tx_juzonews_pi1%5Bid%5D=478

Juzo Expert Strong. 2013a. Luettu 26.5.2013.

<http://www.juzo.com/en/products/compression-stockings/juzo-expert-strong/>

Juzo Expert Strong. 2013b. Luettu 26.5.2013.

http://www.juzo.com/en/products/compression-sockings/juzo-expert-strong/?tx_juzoproducts_pi1%5Bsort%5D=1&no_cache=1

Juzo Expert Strong Silver. 2013a. Luettu 26.5.2013.

<http://www.juzo.com/en/products/compression-sockings/juzo-expert-strong/juzo-expert-strong-silver/>

Juzo Expert Strong Silver. 2013b. Luettu 26.5.2013.

http://www.juzo.com/en/products/compression-sockings/juzo-expert-strong/juzo-expert-strong-silver/?tx_juzoproducts_pi1%5Bsort%5D=1&no_cache=1

Kikuhime. Luettu 25.4.2013. http://www.advancis.co.uk/our_products/other/kikuhime/

Knitting. Luettu 8.4.2013

<http://textechdip.wordpress.com/contents/welcome-to-knitting/>

Lambertz, B.W. 2011. Compression Clothing. Amerikan Yhdysvaltojen patentti 2011/0196416 A1.

Liu, R., Kwok, Y.L., Li, Y., Lao, T.T.H., Zhang, X. & Dai, X.Q. 2005. Objective Evaluation of Skin Pressure Distribution of Graduated Elastic Compression Stockings. *Dermatol Surg* 31 (6), 615-624.

Lymed-sukan pukeminen 2013. Luettu 23.5.2013. <http://www.lymed.fi/wp-content/uploads/2013/03/Pukemisohteet.pdf>

MacKeen, P.C., Person, S., Warner, S.C., Snipes, W. & Stevens, S.E. 1987. Silver-Coated Nylon Fiber as an Antibacterial Agent. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy* 31 (1), 93-99.

Maleki, H., Aghajani, M., Sadeghi, A.H. & Jeddi, A.A.A. 2011. On the Pressure Behavior of Tubular Weft Knitted Fabrics Constructed from Textured Polyester Yarns. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics* 6 (2), 30-39.

Marieb, E. N. 2009. *Essentials of human anatomy & physiology*. 9. painos. Amerikan Yhdysvallat: Pearson Education.

Miksi tukisukat? Ab Napra-Rehab Oy. Luettu 19.3.2013.

http://www.tukisukat.fi/fin/Miksi_tukisukat.5.html

MST MK IV. 2011. Tuote-esite. Salzmänn. Luettu 23.5.2013. http://www.salzmänn-group.ch/images/Mesh/Prospekte_MKIV_-d-e-f-i.pdf

Mäkelä, M., Soininen, L., Tuomola, S. & Öistämö, J. 2008. 6. painos. *Tekniikan kaavasto*. Tampere: Tammertekniikka.

Napramedi. Ab Napra-Rehab Oy. Luettu 22.5.2013.

<http://www.napra-rehab.fi/medisox-antitrombos-p-315.html?showInfo=2>

Net Textiles. 2009. Esite. KARL MAYER Textilmaschinenfabrik GmbH. Luettu 9.4.2013.

http://www.karlmayer.com/internet/docs/Sonderdruck_NetTextiles_engl_0709.pdf

PicoPress. 2013. Tuote-esite. Luettu 24.5.2013.

http://www.medigroup.com.au/Media/MediGroup_PicoPress.pdf

Rigby, A.J., Anand, S.C. & Miraftab, M. 2001. Evaluation of the Pressure Distribution Performance of Padding Bandage Materials. Medical Textiles (artikkelikokoelma). Englanti: Woodhead Publishing Ltd. 62-73.

Sigvaris Cotton. Tuote-esite. Luettu 26.5.2013.

http://www.sigvaris.fi/COTTON_SIGVARIS_valikoima.pdf

Sigvaris tuotteet. Luettu 26.5.2013. <http://www.sigvaris.fi/tuotteet.html>

Sigvaris Traditional. Tuote-esite. Luettu 26.5.2013.

http://www.sigvaris.fi/TRADIDIONAL_SIGVARIS_valikoima.pdf

Toimintaperiaate. Lymed Oy. Luettu 22.5.2013.

<http://www.lymed.fi/kaytto-ja-hoito/toimintaperiaate/>

Tukisukilla on monta nimeä. Ab Napra-Rehab Oy. Luettu 22.5.2013.

http://www.tukisukat.fi/fi/Tukisukilla_on_monta_nimea.6.html

Ursache, M., Loghin, C., Muresan, R., Cerempei, A & Muresan, A. 2011. Investigation on the Effects of Antibacterial Finishes on Dyed Cotton Knitted Fabrics. Tekstil ve Konfeksiyon 3/2011, 249-256.

Varicose ulcer. Global Skin Atlas. Luettu 20.5.2013.

<http://www.globalskinatlas.com/imagetail.cfm?TopLevelid=1378&ImageID=3260&did=458>

What are leg spasms? Wisegeek. Luettu 22.5.2013.

<http://www.wisegeek.com/what-are-leg-spasms.htm>

What are varicose veins? Vascular Surgery Belgium. Luettu 27.3.2013.

<http://vascularsurgery.be/varicose-veins/what-are-varicose-veins/>