

Polyuretaanivaahdot ja korkea-luokkainen vaahtomuovipatja

Perustuu artikkeliin:

Soppi E, Lehtiö J, Saarinen H. An overview of polyurethane foams in higher specification foam mattresses. *Ostomy Wound Management* 61(2): 38-46, 2015

ESA SOPPI

LKT, dos

JUHA LEHTIÖ

HANNU SAARINEN

KTM, DI

Käsitteitä:

Terveysthuollossa käytettävä makuualusta: CE -merkitty makuualusta (*Terveysthuollon laite tai tarvike, laki 629/2010*), josta on olemassa kliinisen arvioinnin raportti (*laki 629/2010*). Kotikäyttöön tarkoitettujen makuualustat eivät yleensä ole terveysthuollon laitteita eikä niitä tule käyttää terveysthuollossa.

Korkealuokkainen vaahtomuovipatja (higher specification foam mattress, HSFM): vähintään kaksikerroksinen erilaisista vaahtomuovilaaduista (HR- ja viskoelastinen vaahdot) valmistettu makuualusta, jonka vaahtomuovien ominaisuudet TÄYTTÄVÄT tässä julkaisussa esitetyt vaatimus- ja laatuvaatimukset (alla).

Korkealaatuinen vaahtomuovipatja: Tämä on eri asia kuin korkealuokkainen vaahtomuovipatja. Laatu tarkoittaa sitä, että makuualustasta on olemassa kliinisen arvioinnin raportti ja että käytetyistä vaahtomuoveista on tiedossa tiheys, kimmoisuus, kovuus sekä progressiivinen kovuus. Materiaalit ovat korkealaatuisia, kun niiden murtovenymä ja vetolujuus ovat taulukon 2 mukaiset. Yksittäisten vaahtomuovimateriaalien tuotantoerien välinen vaihtelu ei saa olla enempää kuin $\pm 10\%$. Lisäksi edellytetään, että monikerroksisissa makuualustoissa kerrokset on liimattu kiinni toisiinsa.

Tavanomainen vaahtomuovipatja (standard hospital mattress) eli hygieniapatja; makuualusta voi olla yhdestä tai useammasta vaahtomuovikerroksesta valmistettu makuualusta, jonka vaahtomuovien ominaisuudet EIVÄT täytä tässä julkaisussa esitettyjä HSFM-patjan vaatimus- ja laatuvaatimukset. Myös pelkästään viskoelastisesta eli geelivaahdosta valmistetut makuualustat kuuluvat tähän makuualustaluokkaan.

HR-vaahdot: Kimmovaahdot, joka täyttää seuraavat vähimmäisvaatimukset; tiheys $> 40 \text{ kg/m}^3$, kimmoisuus $> 60\%$, SAG-indeksi $> 2,4$.

Viskoelastinen- eli geelivaahdot: Vaahdon kimmoisuus $< 20\%$, Vaahdon ominaisuudet muuttuvat hitaasti kosteuden ja (vartalon) lämpötilan mukaan. Asento muuttaessa aiemman asennon vartalon kuvio jää makuualustaan ja uuteen asentoon mukautuminen tapahtuu hitaasti.

Uppouma (immersio): Kuinka syväälle vartalo uppoaa makuualustaan, riippuu keskeisesti myös makuualustan myötäilevyysominaisuuksista.

Myötäilevyys (envelopment): Vaahtomuovien kyky mukautua henkilön vartalon mukaisesti, riippuu keskeisesti myös makuualustan uppoumaominaisuuksista.

Paineen tasaamisominaisuus (pressure equalization): Paine-erot ja leikkaavat voimat eivät kasva oleellisesti kudoksissa, kun potilas asettuu makuualustalle.

Paineen uudelleenjakautuminen (pressure redistribution): Paineen jakautuminen tapahtuu makuualustan sisällä, kun potilas asettuu makuualustalle.

Yksilöllinen riski saada painevaurio (individual injury threshold): Riippuu osittain kunkin yksilön geneettisistä ominaisuuksista. Siihen vaikuttavat myös mm. vartalotyyppi, ihon laatu, aliravitsemus, kosteusaltistus, diabetes, painehaavan aiempi esiintyminen.

Muovautumiskynnys (deformation threshold): Kudoksissa tapahtuvan paineen kasvun ja leikkauksvoimien lisääntymisen vuoksi tapahtuu solujen muodonmuutosta ja venytystä ja näiden vaikutuksesta käynnistyy ohjelmoitu solukuolema eli apoptoosi ("solujen itsemurha"). Painevaurio voi syntyä hyvin nopeasti.

Happeutumiskynnys (oxygenation threshold): Paineen aiheuttama kudostressi aiheuttaa kudoksissa verenkierto- ja aineenvaihduntamuutoksia. Kudosten hapen tarpeen ja saannin välille syntyy epäsuhta, joka aiheuttaa painevaurion syntymisen mutta hitaammin kuin jos muovautumiskynnys olisi myös ylittynyt.

Johdanto

Maa- ja maatalousministeriön tavallisin terveysthuollossa käytettävä patjojen valmistusmateriaali on polyuretaani-vaahdot. Saatavana on hyvin runsas valikoima erilaisia pehmeitä polyuretaani-vaahdot patjojen valmistukseen.^{1,2} Makuualustojen valmistajat ovat hyödyntäneet tätä vaahdotjen valikoiman kirjoja ja tuottaneet lukemattomia erilaisia yksi- ja monikerroksisia vaahdotmuovipatjoja kuluttajien käyttöön. Vuonna 2009 kaksi organisaatiota, National Pressure Ulcer Advisory Panel (NPUAP) ja European Pressure Ulcer Advisory Panel (EPUAP)³, ilmoittivat alustavasti, että korkealuokkaiset vaahdotmuovipatjat eli higher specification foam mattresses (HSFM) toimivat tehokkaammin painehaavojen estämiseksi kuin sairaaloiden standardivaahdotmuovipatjat ja totesivat, että kaikkien painehaavariskissä olevien potilaiden pitää käyttää korkealuokkaisia vaahdotmuovipatjoja. On kuitenkin ollut vaikea määrittellä, millaisen korkealuokkaisen vaahdotmuovipatjan pitää olla, ja tähänastiset määrittelyyritykset ovat johtaneet ristiriitaisuuksiin.⁴⁻⁶ Kirjoittajien tietojen mukaan ei ole julkaistu yhtään vaahdotmuovipatjatutkimusta, jossa olisi otettu huomioon kuin korkeintaan kaksi polyuretaani-vaahdotjen ominaisuutta – yleensä nämä ovat olleet tiheys ja suhteellinen kovuus – joista jälkimmäinen viittaa vaahdotjen tyyppiin; tavanomainen tai viskoelastinen.⁴⁻¹¹ Koska kunnan tutkimustuloksia erilaisista vaahdotmuoveista tässä yhteydessä ei ole käytettävissä, tutkijoiden ja valmistajien on keskenään pyrittävä päättämään, mi-

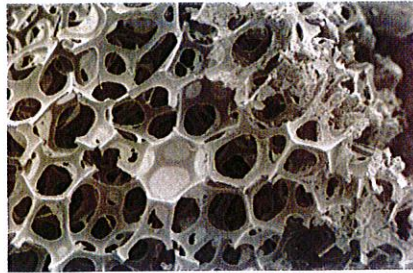
ten eri vaahdot ja vaahtomuovipatjat luokiteltaisiin ja mitä ominaisuuksia korkealuokkaisilta vaahtomuovipatjoilta vaaditaan.¹²

Tässä katsauksessa pyrimme vastaamaan ilmeiseen tiedon tarpeeseen. Kävimme läpi patjojen rakennetta ja tuotantoa sekä painehaavojen etiologiaa ja kehittymistä kattavan kirjallisuuden. Yhdistimme nämä tiedot omiin, polyuretaanivaahdon tuotantoa ja valmistajien kanssa tekemämme yhteistyötä koskeviin, lähes 100 vuoden kumulatiivisiin kokemuksiimme.

Hoitosuosituksia ja kirjallisuuskatsaus

Kirjallisuuskatsausta varten paneudimme julkaistuihin katsausartikkeleihin ja polyuretaanipohjaisten makuualustojen käyttösuosituksiin,^{3,6,12-16} Tämän lisäksi teimme kirjallisuushaun tietokannoista Web of Science, Scopus, Medline/Ovid ja PubMed hakusanoilla polyurethane tai foam tai flexible tai density tai resilience tai mattress tai support tai surface (polyuretaani tai vaahto tai joustava tai tiheys tai kimmoisuus tai patja tai tuki tai pinta). Tuloksena oli 1301 erillistä viitettä vuoden 1970 jälkeen. Joukossa oli 547 englanninkielistä yhteenvedoa ja näistä paneuduttiin 85 artikkeliin (joista suurin osa oli ennestään tiedossa). Löysimme kaksi tutkimusta^{14,6} jotka toivat lisätietoja tähän katsausartikkeliin. Hakujen perusteella löytämistämme julkaisuista viittaamme tässä katsausartikkelissa 41 viitteeseen, sillä muista haetuista julkaistuista emme saaneet hyödyllistä lisäinformaatiota.

Polyuretaanivaahdot. Pehmeät polyuretaanivaahdot ovat kompleksirakenteisia, muovienkaltaisia materiaaleja, jotka syntyvät kahden pääkomponentin polyoli[e]n ja isosyanaat[t]i[e]n reagoitessa veden kanssa. Polyuretaani sisältää myös useita muita komponentteja, jotka toimivat valmistusprosessin katalyyt-



Kuva 1. Pyyhkäisyelektronimikroskooppikuva avosoluisen pehmeän vaahtomuovin rakenteesta (Kuvan ystävällisesti luovuttanut Herman-Joseph Christen, Kabelwerk Eupen AG).

teina sekä surfaktantteja, täytteitä ja palonestoaineita.¹² Reaktio alkaa heti, kun komponentit sekoittuvat keskenään: muodostuu vaahtoa ja kuplia, ja seos laajenee. Polyuretaanien ominaisuudet riippuvat myös ulkoisista olosuhteista, kuten valmistuspaikan lämpötilasta ja kosteudesta, mutta kiistatonta, tieteelliseen tietoon perustuvaa kuvaa ei ole siitä, miten formulaatioprosessin muutokset vaikuttavat vaahtojen ominaisuuksiin. Tästä sekä lukuisista tuotannossa tarvittavista eri tuotantokomponenteista johtuen ei ole yllättävää, että kokeelliset tutkimukset^{2,17} ovat osoittaneet, miten vaikeaa on tuottaa polyuretaanivaahdot, jossa ei olisi eräkohtaista vaihtelua. Useimpien, ellei kaikkien polyuretaanintuottajien kokemusten mukaan ± 10 %:n erien välisen vaihtelun saavuttaminen on erittäin vaativa laatukriteeri.

Koska lukuisten valmistusaineiden ominaisuudet vaihtelevat, valmistusprosessin lopputuloksena syntyy valtava määrä eriluokkaisia pehmeitä polyuretaanivaahdot. Pehmeät polyuretaanivaahdot koostuvat umpiniaisesta solu- tai kuplarakenteesta joka on joko ehyt tai ”rikkoutunut”.¹ Tällaiset vaahdot koostuvat soluverkostosta joissa on mikroskooppinen polyuretaanitukiverkosto ja soluseinämissä aukkoja (kuva 1). Vaahdon tiheys ja muut ominaisuudet riippuvat juuri solujen eli kuplien koosta, tukirakenteen paksuudesta ja solujen rakenteesta. Soluissa olevat reiät tekevät soluista avoimia ja tämä sallii ilman

kulkeutumisen hitaasti vaahton lävitse – vaahtomuovi ”hengittää”. Ilmavirtauksen määrä ilmaistaan tilavuutena aikayksikköä kohden ja se mitataan polyuretaanivaahdokappaleella, joka on kooltaan $2 \times 2 \times 1$ tuumaa ja jossa vallitsee $0,5$ vesituuman painegradientti.¹⁷ Teollisuusstandardin mukaan ilman vaihtuminen pehmeissä polyuretaanivaahdoissa on riittävä, kun se on vähintään $2,0$ kuutiojalkaa (55 litraa) minuutissa.¹⁷

Joustavien polyuretaanivaahtojen keskeiset ominaisuudet. Polyuretaanivaahtojen ominaisuuksien ja niiden mittaamisen menetelmien luokittelu vaihtelee eri maanosien välillä. Teollisuus on laatinut omat standardinsa¹⁷ ja American Society for Testing and Materials (ASTM) ja International Organization for Standardization (ISO) ovat laatineet vaahtojen ominaisuuksien testauksen ohjeistukset.

Kimmoisuus. Kimmoisuus arvioidaan muovivaahdon pinnan elastisuudella eli joustolla.¹⁷ Kimmoisuutta mitataan pudottamalla standardikokoinen teräspallo määräkokoiselle muovivaahdokappaleelle ja mittaamalla rekyyli, eli kuinka korkealle suhteessa lähtökorkeudesta teräspallo kimppaa takaisin vaahtomuovin pinnasta.^{18,19} Kimmoisuus vaihtelee n. 30 %:sta yli 60 %:iin. Suuren kimmoisuuden vaahtomuovit ovat ns. kimmovaahdot ja eli high resilience (HR) vaahtoja.^{17,20} Yleensä kimmoisuus on $20/30 - 60$ %¹⁸⁻²⁰ tavanomaisissa standardityyppisissä, teollisesti valmistetuissa pehmeissä, avosoluisissa vaahtomuoveissa.

Tiheys. Tiheys (kg/m^3) on vaahtojen tärkeimpiä ominaisuuksia.^{1,2,17,21,22} Tiheys on vaahtojen valmistuksessa sovellettavan kemian ja synteesissä käytettävien lisäaineiden funktio. Vaahdon tiheys vaikuttaa monimutkaisella tavalla sekä sen fysikaalisiin ominaisuuksiin että sen kestävyteen ja tukevuteen.^{1,2,17} Yleisesti voidaan todeta, että mitä tiheämpi polymeerin tiheys

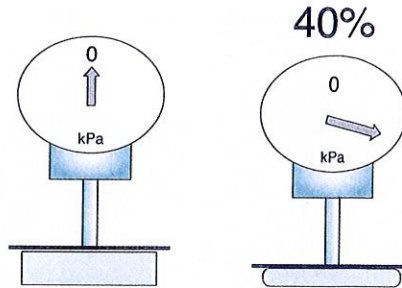




on, sitä paremmin vaahto säilyttää alkuperäiset ominaisuutensa: se kestää pidempään ja säilyttää tukevuutensa, kuten sen on alun perin tarkoitettu. ^{1,2,21} HR-vaahtojen tiheys on tyyppillisesti $>40 \text{ kg/m}^3$, viskoelastisten vaahtojen $30 - 100 \text{ kg/m}^3$ ja tavallisten vaahtojen ^{2,17,20} $25 - 65 \text{ kg/m}^3$.

Kovuus. Kovuutta (compression load deflection, CLD) mitataan kilopascalina (kPa). Siinä mitataan voimaa, joka tarvitaan määräkokoisen vaahdotuovikappaleen puristamiseksi määräosuuden (prosentteina) verran alkuperäisestä tilavuudestaan käyttäessä puristuslevyä, joka on puristettavaa vaahdotuovikappaletta suurempi (kuva 2). ^{17,22,23} Vaahto puristetaan (komprimoidaan) kolmasti 70 %:iin tilavuudestaan ja kolmannen kompression jälkeen rekisteröidään voimalukema 65 %:n, 40 %:n tai 25 %:n puristumien kohdalla. ²³ Vaahtojen kovuutta säädellään tuotantovaiheessa muuttelemalla kemiallista formulaatiota ja prosessitekniikkaa. CLD-kovuus ei riipu tiheydestä ja suuri tiheyksisen vaahdon CLD-arvo voi olla suuri tai pieni riippuen tuotantomenetelmästä. ^{1,2,24} CLD-kovuus kuvastaa, kuinka syväle potilas uppoaa vaahtoon – mitä suurempi uppouma, sen pienempi on CLD-arvo ja päinvastoin. Suuri CLD-arvo heijastaa myös vaahdon tukevuutta ja kykyä estää potilasta joutumasta pohjakosketukseen kovaa alustaa vastaan.

Jänteveys ja progressiivinen kovuus. Jänteveys (indentation force/load deflection eli IFD tai ILD) mitataan Newton-yksiköissä ja se määritellään voimana, joka tarvitaan määräkokoisen vaahdotuovikappaleen puristamiseksi (komprimoiduksi) kappaletta pienemmän puristuslevyn avulla. ^{17,25,26} IFD/ILD ei riipu vaahdon tiheydestä (ominaispainosta), olkoonkin, että usein ajatellaan, että suuren tiheyden vaahdot ovat jäntevämpiä kuin pienen tiheyden vaahdot. ^{17,25} On näet mahdollistaa valmistaa suuren tiheyden vaahtoja, jotka ovat eivät



Kuva 2. Kovuus (Compression load deflection, CLD). CLD-kovuus mitataan käyttäen puristuslevyä, joka on puristettavaa vaahdotuovikappaletta suurempi. ^{17,23,25}

ole kovin jänteviä ja pienen tiheyden vaahtoja, jotka ovat jänteviä. ^{1,2,26,27} IFD kuvastaa vaahdon pintatuntumaa ja mittaa vaahdon uppouma- eli immersio- ja erityisesti myötäilevyys- eli envelopment-ominaisuuksia (kuva 3).

Progressiivinen kovuus (tukevuus eli SAG-indeksi [joka tulee englannin sanasta to sag eli upota tai vajota]) mitataan jakamalla voima, joka tarvitaan vaahdon komprimoiduksi 65 % lähtökoriudesta voimalla, joka tarvitaan vaahdon komprimoiduksi 25 % lähtökoriudesta (kuva 4). ^{19,26,28} Hyvin kimmoisissa vaahtoissa SAG-indeksi on $>2,4$. ^{17,20} SAG-indeksi kuvastaa, miten hyvin vaahto myötäilee kehoa – mitä parempi myötäilevyys, sen pienempi on SAG-indeksin arvo ja päinvastoin. Suuri SAG-indeksin arvo heijastaa vaahdon tukevuutta ja kykyä estää potilasta joutumasta pohjakosketukseen kovaa alustaa vastaan.

Vetolujuus. Vetolujuudella tarkoitetaan vaahdon kestävyttä ja se määritellään sinä voimana, joka tarvitaan juuri vaahdon murtumishetkellä, kun vaahdotuovikappaletta vedetään vastakkaisiin suuntiin kohdentuvalla voimalla. Tulos ilmoitetaan yleensä yksiköissä PSI, kg/cm^2 tai kPa. ^{19,27,29} Saksan terveydenhuollon korvausstandardi edellyttää kaikilta patjavaahdoilta $>80 \text{ kPa}$:n vetolujuutta. ^{17,30}

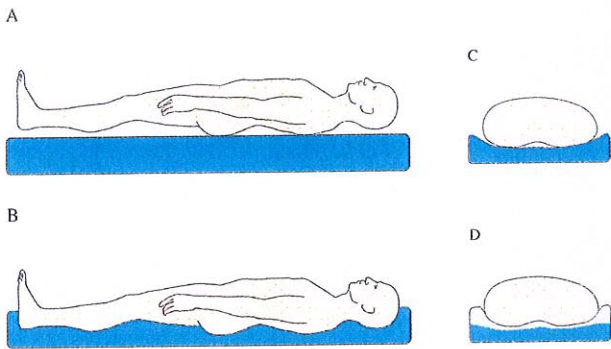
Murtovenymä. Murtovenymä kuvastaa myös vaahdon kestävyttä ja se määritellään vaahdotuovikappaleen

pitenejänä juuri ennen kappaleen murtumista, kun kappaletta vedetään vastakkaisiin suuntiin kohdentuvalla voimalla. Tulos ilmoitetaan prosentina kappaleen alkuperäisestä pituudesta. ^{17,19,29} Murtovenymävaatimus terveydenhuollossa käytettäviltä patjavaahdoilta on $>115 \%$. ^{17,30}

Kliinisesti nämä ominaisuudet merkitsevät korkealaatuista ja kestäväää vaahdotuovia, joka sopii potilaiden patjojen tuotantoon.

Viskoelastinen vaahto. Viskoelastinen vaahto eroaa muista vaahtoista tässä esitettävällä tavalla. Kun keho asettuu viskoelastisen vaahdon päälle, vaahto muovautuu vähitellen kehon muodon mukaisesti ja kun paino poistuu viskoelastisen vaahdon päältä, vaahto yleensä palautuu vähitellen entiseen muotoonsa; tällainen vaahto on ”hitaasti palautuva”. ²⁵ Lämpötila vaikuttaa merkittävästi viskoelastisten vaahtojen ominaisuuksiin. Siksi on tärkeää, että testattaessa viskoelastisten vaahtojen ominaisuuksia otetaan tarkoin huomioon ympäröivän tilan lämpötila, ja on varmistuttava siitä, että eri vaahtoilla tehtävät testaukset suoritetaan samoissa oloissa. Testattava vaahto on esivalmistettava ennen testausta ennalta määritetyissä lämpötila- ja kosteusoloissa. ¹⁷ Pienetkin huonelämpötilan vaihtelut voivat vaikuttaa vaahdon jänteveyttä ja palautusominaisuuksia mittaavien suureiden arvoihin. Vaahdon formulaatiosta riippuu miten hyvin viskoelastisten vaahtojen ”muistiominaisuudet” säilyvät jopa 0°C asteessa, mutta vaahdon ”muistin” kannalta optimaalinen lämpötila on välillä $13^\circ \text{C} - 30^\circ \text{C}$. ¹⁷

Viskoelastisilla vaahtoilla on tyyppisesti alle 20 %:n teräspallorekyä, so. niiden kimmoisuus on pieni (low resilience, LR). On viskoelastisia vaahtoja, jotka absorboivat jopa 90 % teräspallon törmäysenergiasta.



Kuva 3. Kaavamainen esitys uppoumasta (immersio)

A: Ei uppoumaa, kun vartalo on kovalla vaahtomuovialustalla (CLD-arvo on korkea)

B: Uppouma (immersio) ja myötäilevyys (envelopment) vaahtomuovialustalla, jonka tiheys ja CLD-kovuus ovat keskimääräiset

C: Rajoittunut uppouma ja myötäilevyys ovat tyypillisiä tavanomaiselle vaahtomuovipatjalle.

D: Optimaalisempi tuen, uppouman ja myötäilevyyden hallinta kaksikerroksisella korkealuokkaisella vaahtomuovipatjalla.

Vaahdon ominaisuuksien optimaalinen yhdistelmä riippuu sen käyttö-tarkoituksesta, mutta kun käytetään makuualustoissa kimmovaahtoja (HR-vaahtoja), tiheys on tyypillisesti $>40 \text{ kg/m}^3$ ja kovuus (CLD) 4 – 5 kPa. Vastaavasti viskoelastisten vaahtojen tyypilliset arvot ovat $>50 \text{ kg/m}^3$ ja 1–3 kPa.

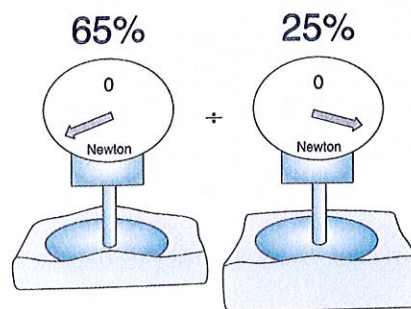
Myötäilevyytensä ja vähäisen kimmoisuutensa ansiosta viskoelastinen materiaali on vartalolle mukava ja antaa samalla hyvän tuen. Liikuntarajoitteiset henkilöt hyötyvät vaahtomuovin painoa ja painetta jakavasta ominaisuudesta ja tämä saattaa vähentää painehaavojen ilmaantumisen riskiä^{4-6,13,14,16}. Valitettavasti taloudelliset seikat usein estävät tällaisten vaahtomuovipatjojen laajamittaisen tuotannon. Päinvastoin kuin tavanomaisten vaahtomuovien, viskoelastisten vaahtomuovien formulaatioiden spesifikaatiot ovat tiukat. Raaka-aineiden muuntelun on tapahduttava tarkoin, jotta tuloksena olisi haluttu vaahtomuovin ominaisuuksien muutos. Koska tällaiset vaahtomuovit palautuvat alkuperäiseen muotoonsa hitaanlaaisesti, on myös vaahtomuovikappaleiden leikkaamiseen, profilointiin ja muuhun käsittelyyn kiinnitettävä erityistä huomiota.^{2,21} Kaikki tällaiset seikat vaikuttavat myös valmistuskustannuksiin.

Potilaiden aiheuttama paineen vaihtelu ja fysiologiset muutokset

Paine rasittaa kudoksia ja aiheuttaa ihon, rasvakudoksen ja lihasten muo-
vautumista ja venytystä. Näiden määrät riippuvat yksilöllisestä vauriokynnyksestä ja kudosten ominaisuuksista (kudosten luontainen elastinen muo-

vautuminen eli elastinen modulus) ja kudoksiin välittyneestä paineesta ja kudossstressistä (leikkausvoimat kudosten sisällä ja välillä). Nämä voivat johtaa ns. muovautumiskynnyksen ylittymiseen, jolloin painehaava voi kehittyä hyvin nopeasti. Kudoksiin kohdistuva paine vaikuttaa myös kudosten verenkiertoon, hapetukseen ja aineenvaihduntaan.^{31,32} Tällöin ns. happeutumiskynnys voi ylittyä, mutta tällöin painehaavan kehittyminen tapahtuu pidemmän ajan kuluessa. Aineenvaihduntatapahtumien määrät vaihtelevat, ja riippuvat kudosten elastisesta modulkuksesta ja leikkausvoimista kudosten sisällä ja kudosten välillä. Leikkausvoimien suuruus riippuu henkilöstä, mm. anatomisista rakenteista, kuten vartalomallista, luumulokkeista ja niiden anatomista, sekä ihon ja kudosten kimmoisuudesta.^{3,33} Näitä seikkoja on tutkittu sekä kokeellisesti että kliinisesti.^{3,31-33}

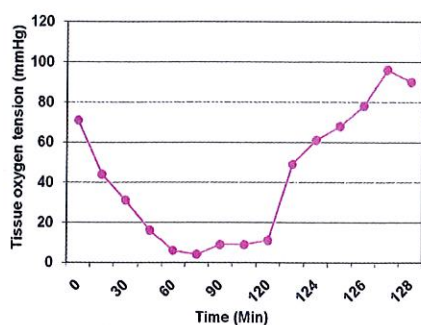
Makuualustojen suunnittelussa on pyrittävä siihen, että kudosten paine ja



Kuva 4. Jänteveys (Indentation Load/Force Deflection, ILD/IFD) ja progressiivinen kovuus (SAG-indeksi) mitataan voimana, joka tarvitaan määräkokoisen vaahtomuovikappaleen puristamiseksi kappaletta pienemmän puristuslevyn avulla. SAG-indeksi = IFD-arvo 65% jaettuna IFD-arvolla 25%.^{17,19,26}

reaktiot ulkopuolisille tekijöille (paine, leikkausvoimat, lämpötila, mikroympäristö) hallitaan oikein. Tämä tarkoittaa mm. paineen oikeaa jakautumista alustan ja kudosten välillä sekä kudosten ja tukialustan pinnan keskinäisten voimavaikutusten huomioimista. On otettava huomioon potilaan uppouma (immersio) ja vartalon aiheuttama alustamateriaalin muokkautuminen (envelopment). Kun henkilö makaa tai istuu alustalla, hänen alustaansa vasten kohdistamansa voima deformoi sekä alustaa että potilaan kudoksia.³¹ Kun potilas uppoaa (immersoituu) tukialustan vaahtomuoviin, on tärkeää, että hänen vartalonsa luumulokkeisin kohdistuva paine tasoittuu niin, että niihin kohdistuva paine ei kasva. Potilas ei saa joutua pohjakosketukseen makuualustan alla sijaitsevaa tasoa vasten. Tämä voidaan estää suurentamalla vaahtomuovialustan CLD-kovuutta, mutta tämä voi johtaa paineen tasaamisominaisuuksien (equalization) häviämiseen (kuva 3a). Vaahdon ominaispainon (tiheyden) ja korkeuden lisääminen voivat hieman auttaa, mutta tämä kasvattaisi patjan painoa. Patjan korkeutta voidaan joko lisätä tai patja voidaan valmistaa useita erilaisista vaahtomuovikerroksista. Jos kuitenkin patja on kovin korkea, potilas vajoaa siihen syvälle. Syvä uppouma (immersio) on viskoelastisten vaahtojen haitta, sillä potilaan on vaikea muuttaa asentoaan jos hän on kovin syvällä (kuva 3). Arvellaan myös että vaahtomuovin ”muisti” – viskoelastisten vaahtomuovien ominaisuus palautua hitaasti alkuperäiseen muotoonsa paineen poistuttua vaahtomuovin päältä – voi kohdistaa ylimää-





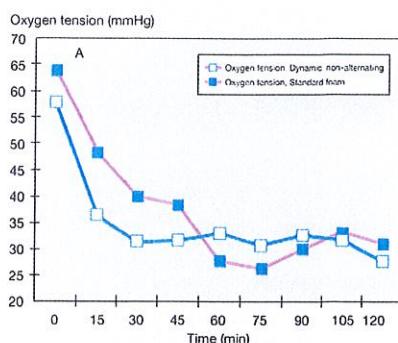
Kuva 5. Sakraalialueen ihonalaisen kudoksen happiosapaine selinmakuulla terveellä vapaaehtoisella tavanomaisella vaahtomuovista valmistetulla (35 kg/m³) sairaalapatjalla.³⁷ Toinen asento 120 minuutista eteenpäin. Kuva julkaistaan Aikakauskirja Duodecim in luvalla.



räisiä leikkausvoimia kudoksiin, kun henkilökunta vaihtaa potilaan asentoa, sillä vaahtomuoviin jäänyt alkuperäinenkin uppoumakuviot säilyy patjassa vielä pitkään asennon vaihdon jälkeen.

Patjan myötäilevyysominaisuudet (envelopment, so. vaahtomuovin kyky myötäillä henkilön vartalon ääri viivoja) kuvastaa materiaalin kykyä muokkautua niin, että se asettuu myös vartalon ääri viivojen ja ulokkeiden mukaan ilman, että kudoksiin kohdistuva paine ja leikkausvoimat suurenevat oleellisesti (kuva 3). Hyvä myötäilevyys tasaa henkilön vartaloon kohdistuvia painehuippuja, ja näin tyypillisiin paikkoihin ilmaantuvien painehaavojen riski vähenee.^{3,12,21,34} Kudoksen sisäinen paine, rasitus ja fysiologinen stressi ja aineenvaihdunta muutokset vähenevät merkittävästi.³² Vaurioituvan kudosten muutokset ja niiden fysiologisten muutosten määrä riippuu siitä, miten hyvin vartalon riskialueille kohdistuvat painehuiput voidaan eliminoida.^{16,31,34}

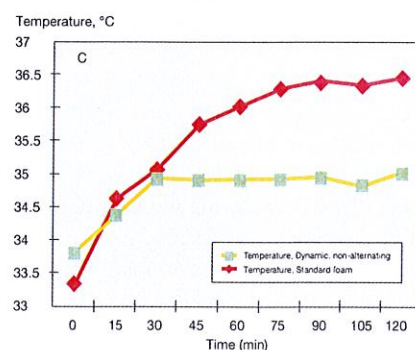
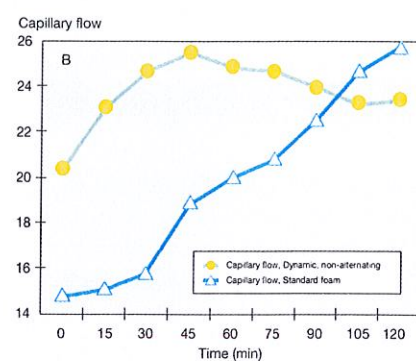
Kudoksiin kohdistuva paine aiheuttaa kudoksiin verenkierron ja aineenvaihdunnallisia muutoksia.^{31,32,35} Kudosten fysiologinen stressi kasvaa paineen seurauksena, ja tämä muuttaa mikroverenkiertoa ja pienentää kliinisten tutkimusten mukaan kudoksen happiosapainetta riippumatta potilaan käyttämästä patjasta.^{35,36} (kuva 3)



Kuva 6. Paineen vaikutuksesta kudoksiin tapahtuvia fysiologisia muutoksia terveillä vapaaehtoisilla koehenkilöillä.^{36,37} Ihonalaisen kudoksen happiosapaine (6a), ihon kapillaarivirtaus (6b), ihon lämpötila (6c), ajan kohdasta 30 min eteenpäin $p < 0.01$ to < 0.001 . Kuva julkaistaan Aikakauskirja Duodecim in luvalla.

Potilaiden välinen vaihtelu kudosten hapensaannin muutoksen suhteen on valtava.^{32,35,37} Elimistö reagoi tilanteeseen fysiologisin vastein, ja nämä pyrkivät lieventämään muutoksia ylläpitämällä kudosten happiosapainetta – fysiologiset vasteet riippuvat suuresti patjan ominaisuuksista (kuvat 5 ja 6).^{36,37} Satunnaistetussa ja kontrolloidussa tutkimuksessa³⁶ 10 tervettä, vapaaehtoista koehenkilöä sijoitettiin tavanomaisesta vaahtomuovista valmistetun patjan päälle, joka tiheys oli 35 kg/m³. Tilannetta verrattiin siihen, kun samat henkilöt asettuivat makuuun dynaamisen, ei-vaihtuvapaineisen ilmapatjan (Carital® Optima, Carital Oy, Helsinki) päälle. Jälkimäinen patja käsittää mikropiirein hallittavan mitta/säätely-yksikön, joka ohjaa säätötoimia ilmapumppuja (toimivat keskimäärin 1 tunnin ajan vuorokaudessa), joiden avulla patjan sisäistä painetta säädetään niin, että patjan sisäinen säilyy automaattisesti esivalitulla tasolla henkilön painosta, muodosta tai asennosta riippumatta. Koehenkilöiden keskimääräistä happiosapainetta³⁹ (kuva 6a), kapillaarivirtausta (joka mitattiin Doppler-tekniikalla³⁶) (kuva 6b) ja ihon lämpötilaa (kuva 6c) mitattiin.

Keskimääräinen kudoksen happiosapaine oli sama molemmilla patjoilla, mutta kapillaarivirtaus suureni, kun koehenkilöt makasivat tavanomais-



ta vaahtomuovista tehdyn patjan päällä koko sen kahden tunnin ajan jonka painealtistus kesti. Kapillaarivirtauksen suureneminen johtui seuraavasta syystä: Kun kudoksesta altistuu paineelle, hapenkulutus ja lämpötila nousevat. Tällöin kudoksesta reagoi lisäämällä veren virtausta, jonka fysiologinen tavoite on tasaisen happiosapaineen säilyminen kudoksessa. Tietenkään tämä kompensatiomekanismi ei voi toimia loputtomiin henkilön makuuun tavanomaisella vaahtomuovista valmistetulla sairaalapatjalla, koska kapillaarivirtaus saavuttaa ennen pitkää maksimirajansa, ja kudoksen happiosapaine laskee.

Dynaaminen, ei-vaihtuvapaineinen ilmapatja on uppouma- ja myötäilevyysominaisuuksiltaan optimaalinen.³⁸ Tällöin kudoksissa sen enempää muovautumis- eli deformaatiokynnyksen kuin happeutumiskynnyksen ylity, koska tapahtuu paineen tasaamista kudoksissa sekä paineen jakautuminen patjan sisällä, koska ilma liikkuu makuualustan sisällä ottaen huomioon vartalon muodot. Satunnaistetun, kontrolloidun kliinisen tutkimuksen mukaan tämä dynaaminen, ei-vaih-

tuvapaineinen ilmapatja ehkäiseekin erittäin tehokkaasti painehaavoja vaikeasti sairailta tehohoitopotilailla.^{6,39} Nämä havainnot merkinnevät, että riittävän korkealle paikalliselle paineelle kohdistuneet kudokset eivät kykene ylläpitämään kompensatorisia verenkiertoreservejään. Paineen tasautuminen kudoksissa ei ole riittävä ja muovatumiskynnys voi ylittyä. Tämä saattaa aiheuttaa apoptoottisen kudovaurion ja seurauksena on painehaavan nopea syntyminen. Näin ei tosin tapahtunut terveille vapaaehtoisille koehenkilöille – eettisistä syistä painealtistuksen kestoajaksi rajoitettiin kahteen tuntiin.^{36,37} On kuitenkin ilmeistä, että mikroverenkierrölliset muutokset tapahtuvat myös terveissä henkilöissä, jos painealtistus kestä riittävän kauan eli happeutumiskynnys voi ylittyä.¹² Nämä havainnot ovat tietenkin erityisen merkittäviä, kun kyseessä ovat vakavasti sairaat, kuumeleivät vuodepotilaat, joiden verenkierto on heikentynyt.^{36,39} Kaiken kaikkiaan tulokset viittaavat siihen, että potilaan uppouman ja alustan myötäilevyyden optimointi ovat ratkaisevia, kun kudoksen muovautumismuutosten, perfuusion ja hapetuksen hallinnasta on kyse. Nämä seikat riippuvat puolestaan pitkälti potilaan käyttämästä patjasta.

Korkealuokkaiset (higher specification) vaahtomuovipatjat

Korkealuokkaisten vaahtomuovipatjojen (higher specification foam mattress HSFM) spesifikaatioita ei toistaiseksi ole tarkoin määritetty. Cochrane-yhteistyönä on julkaistu katsaus⁶, jossa tarkastellaan hoidon tuloksia standardisairaalapatjoja ja muita vaahtomuovipatjoja käyttäneillä potilailla. Katsaus käsitti seitsemän tutkimusta,^{3,4,40-44} joista viisi satunnaistettua^{4,40-44} (taulukko 1). Standardipatjoja ja muita patjoja verranneiden tutkimusten laatu vaihteli, eikä yhdessäkään tutkimuksessa määriteltä riittävän selvästi, mitä tarkoitetaan standardipatjoilla ja ns. HSFM-patjoilla. On syytä mainita, että ns.

HSFM-patjoja käytettiin osassa tutkimuksista standardipatjoina (taulukko 1). Tästä huolimatta meta-analyyssissa päädyttiin siihen,^{3,6,12} että HSFM-patjat vähentävät riskipotilaiden painehaavojen ilmaantuvuutta alle puoleen standardipatjoja käyttävien potilaiden riskistä (riskisuhde = 0.41, P = 0.021).^{3,6}

Russellin ym. julkaisemassa satunnaistetussa, kontrolloidussa avaintutkimuksessa tutkittiin iäkkäitä potilaita, joita hoidettiin akuutin syyn takia ortopedisillä osastoilla ja kuntoutusosastoilla.⁴ Patjoina he käyttivät joko standardivaahtomuovisairaalapatjoja (taulukko 1) tai korkealuokkaisia vaahtomuovipatjoja (HSFM-patjan prototyyppi). Jälkimmäiset koostuivat 7,5 cm:n paksuisesta standardivaahtomuovikerroksesta, jonka päällä oli samanpaksuinen kerros viskoelastista vaahtomuovia. Ensisijainen pääte- muuttuja oli painettaessa vaalenevan punoituksen ilmaantuvuus. HSFM-patjoja käyttäneiden potilaiden kohdalla tämä ilmiö oli merkitsevästi (P=0,004) harvinaisempi kuin vertailuryhmässä. Lisäksi todettiin ei-merkitsevästi vähemmän vaalene- matonta punoitusta HSFM-ryhmässä (10,9 % vs. 8,5%, P=0,17). Seitsemäntenä hoitovuorokautena punoituksen (p=0,0015) ja vaalenemattoman punoituksen (p=0,042) ilmaantuvuus oli tilastollisesti merkitsevästi pienempi HSFM-ryhmässä kuin vertailuryhmässä.⁴

Julkaistut tutkimukset ja katsaukset eivät siis ole päätyneet yhteisymmärrykseen siitä, millaiset laatuvaatimukset HSFM-patjojen tulisi täyttää. Joka tapauksessa tällaisen korkealuokkaisen vaahtomuovipatjan tulee täyttää seuraavat kolme toiminnallista ominaisuutta:

- 1) Uppouma- ja myötäilevyysominaisuuksien on oltava optimaaliset.
- 2) Potilaan on itse voitava vaihtaa asentoaan.
- 3) Potilaan on oltava helppo vaihtaa asentoaan tai hoitohenkilökunnan siirtää potilasta.

Tällä hetkellä ei ole näyttöä siitä, että mikään vaahtomuovi sellaisenaan täyttää nämä kolme vaatimusta optimaalisesti. Vaatimukset täyttyvät ainoastaan, jos yhdistetään vähintään 2 erilaista vaahtomuovikerrosta, kuten myös Russell työtovereineen tuloksillaan esittää.⁴ Taulukossa 2 esitetään keskeiset vaahtomuovien ominaisuudet, joiden HSFM-vaahtomuovipatjojen tulee tämän katsauksen mukaan täyttää. Polyuretaanivaahtojen minimilaatuvaatimukset riippuvat eri polyuretaanivaahtojen ominaisuuksista sekä asiantuntijoiden kokemuksista siitä, miten eri vaahtotyyppit toimivat patjoissa. Ohut kerros viskoelastista vaahtomuovia patjan päällimmäisenä kerroksena tuo esiin viskoelastisen vaahdon hyvät ominaisuudet ja eliminoi samalla sen haittoja (syvä uppouma ja hidas muotoon palautuminen), kun pohjimmaisena on paksu vaahtomuovipatjakerros. Korkealuokkaisen makuualustan (HSFM) vaahtojen keskeiset ominaisuudet käytettäessä pohjavaahtoeroksesta kimmovaahtoa (HR-vaahtoa) ja sen päällä viskoelastista vaahtoeroksesta määrittävät tiheydellä, teräspallon rekyyllillä eli kimmoisuudella, CLD-kovuudella ja SAG-indeksillä.

Patjan päälliset

Myös patjan päällinen on tärkeä, sillä sekin voi muuntaa patjan toiminnallisuutta ja mikroilmastoa.¹² Päällinen voi hävittää HSFM-patjan toiminnallisuuden, ja toisaalta hyväkään päällinen ei tee standardipatjasta HSFM-luokan patjaa. Siksi HSFM-patjan päälliselle on asetettava laatuvaatimukset. Patjan päällisiä ei ole tutkittu tieteellisesti, joten esitämme tässä tavalliset, päällisille asetetut vähimmäisvaatimukset. Päällisen pitää olla hengittävä. Mikroilmaston on pysyttävä oikeana ja sen on oltava riittävän joustava, mutta sen ei tule heikentää patjan toimivuutta eikä se saa aiheuttaa riippumattoefektiä. Hygieniasyistä päällisen tulee olla biologisille nesteille tiivis ja kangasma-





teriaalin pitää kestää virtsassa olevan urean, hien, orgaanisten happojen ja desinfioivien antimikrobisten aineiden vaikutusta. Jos kosteus pääsee makuualustan sisään, aiheuttaa se useimmiten vaahtomuovisen makuualustan homehtumisen. Sekä päällisen että patjan on oltava paloturvallisia ja niiden on täytettävä viranomaisten paloturvallisuusmääräykset.

Pohdinta

Saatavilla on suuri määrä erilaatuisia pehmeitä polyuretaanivaahtoja, jotka soveltuvat patjojen valmistukseen.^{1,2,17,28} Koska terveydenhuollossa käytetään patjoja jatkuvasti, vaahtomuovien kestävyys ja patjat joutuvat tavanomaista suuremman kulutuksen kohteiksi. Tärkeitä vaahtomuovin mitareita ovat tiheys, vetolujuus ja murtovenymä, jotka mittaavat kestävyyttä. Vaahton muodostavat solut ovat kuin mikroskooppisen pieniä jousia, jotka vähitellen menettävät joustonsa ja vaahto ohenee kulutuksen ja materiaaliväsymyksen myötä.^{19,21,45,46} Vaahtomuovipatjojen valmistajat taakaavat, että jatkuvassa käytössä oleva tavanomainen vaahtomuovipatja säilyy toimintakykyisenä 3 – 5 vuotta.⁴⁷ Aikaa myöten tavanomaiset vaahtomuovipatjat käyvät epämukaviksi ja niiden kyky estää paineavaumia heikkenee, vaikka patja saattaa näyttää moitteettomalta.^{45,47} Patjan uppouma- ja myötäilevyysominaisuudet saattavat parantua, jos patjan pintakerrosta profiloidaan ja siihen tehdään viiltoja, mutta profilointi sekä yli 100 kiloa painavat käyttäjät aiheuttavat ylimääräistä rasitusta vaahtomuoville ja patjan rakenteisiin ja tämä saattaa lyhentää patjan käyttöaikaa.^{21,33,45,47} Korkealuokkaisten HSFM-patjojen käyttöön tulee olla yli 5 vuotta. Pohjakosketuksen välttämiseksi yli satakiiloisten potilaiden tulisi käyttää patjaa, jossa on kolmas kerros eli välikerros, jos samalla halutaan ylläpitää patjan korkeus sellaisena että se on säädösten mukaisessa suhteessa vuoteen si-

vulaidan korkeuteen.⁴⁸ Tämä korkeus optimoidaan sellaiseksi, että potilaan vaara pudota vuoteestaan on mahdollisimman pieni.

Patjan koskettaessa kehoa kudoksiin kohdistuu painetta, mikä aiheuttaa fysiologisen vasteen ja muutoksia kudoksiin.³⁴ Muutoksista keskeisin on kudoksen happiosapaineen pieneminen yksilöstä riippuvan määrän verran, keskimäärin happiosapaine laskee arvoon 30 mmHg. Happiosapaine voi laskea tätä huomattavasti matalammallekin, mutta ei ole tietoa siitä, miten tämä mahdollisesti vaikuttaa henkilön painehaavariskiä.^{3,31,32,35-37} Happiosapaineen arvot ovat samantyyppiset patjasta riippumatta, ja niihin vaikuttavat kudoksen sisäinen paine, lämpötila ja kapillaarivirtaus sekä muut seikat. Kun ihoon kohdistuu painetta patjan pinnasta, lämpötila kyseisessä ihon kohdassa nousee ja kapillaariverenkierto muuttuu. Ilmiö korostuu, jos potilaalla on vielä jokin yleisinfektio, joka vapauttaa proinflammatorisia sytokiinejä ja vapaita radikaaleja. Kun elimistön lämpö nousee 0,5° C, kudosten hapenkulutus suurenee 6 % – 7 %, ja ihon ja ihonalaisen kudoksen painehaavaumariski kasvaa.^{3,33,49} Tätä epäedullista biologista tapahtumasarjaa voidaan lieventää parantamalla patjan ja patjan päällisen mikroilmastoympäristöä.¹²

Vaahtomuovien uppouma- ja myötäilevyysominaisuuksien tärkeimmät määreet ovat tiheys (ominaispaino), kimmoisuus ja SAG-indeksillä mitattava progressiivinen kovuus.^{1,17} Toisaalta uppouma- ja myötäilevyysominaisuudet ovat käyttäjän kannalta keskeiset muuttujat ja vaikuttavat ratkaisevasti minkä tahansa patjan toimivuuteen.¹² On kuitenkin erittäin vaikeaa optimoida uppouma- ja myötäilevyysominaisuudet, jos käytetään vain yhtä vaahtomuovilajia ilman profilointia⁵ tai ellei käytetä varsin paksua, yhtä vaahtomuovikerrosta (>15 cm). Profiloinnissa vaahtomuovien

pintaan leikataan kuutioita, aaltojenmallisia viiltoja tai reikiä. Potilasturvallisuuden turvaamiseksi vuoteen sivulaitojen tulee olla vähintään 22 cm patjan pinnan yläpuolella,⁴⁸ mikä ymmärrettävästi pienentää patjan maksimipaksuutta. Vaikka uppouma- ja myötäilevyysominaisuuksien ehdot täytyisivätkin, ei ole mahdollista, että kaksi käyttäjän kannalta oleellista ominaisuutta samalla toteutuisivat: potilaan on voitava vaihtaa asentoaan ja henkilökunnan on voitava muuttaa potilaan asentoa ja siirtää häntä.

Käytettävissä olevat tiedot viittaavat siihen, että kaikki käyttäjän kannalta oleelliset käytön edellytykset täyttyvät parhaiten kun patja koostuu (vähintään) kahdesta vaahtomuovikerroksesta: päällimmäisenä viskoelastinen vaahtomuovikerros ja tämän alla HR-kimmovaahokerros, kuten Russell ym.⁴ esittävät. Vaahtojen tuotannon on oltava mahdollisimman vakioitua, sillä voimakkaat eräkohtaiset laatu- vaihtelut merkitsevät, ettei vaahtomuovien laatuvaatimukset täyty.

Päätelmät

Kirjallisuustietojen mukaan on ilmeistä, että ei ole mahdollista vahvistaa laatuvaatimuksia eikä laatumuuttujien lopullisia määritelmiä tavanomaisille vaahtomuovipatjoille eikä korkealuokkaisille vaahtomuovipatjoille (HSFM-patjoille). Tässä esitetyt korkealuokkaisen vaahtomuovipatjan kriteerit ovat hyvä perusta vastaiselle tutkimustyölle ja ne ovat selkeät verrattuna aiemmin esitettyihin kriteereihin¹² ja kaikkien valmistajien saavutettavissa. Tässä esitettyjen havaintojen toivotaan parantavan terveydenhuollossa makuualustojen toimivuutta ja laatua maailmanlaajuisesti. ♦

Lähteet saatavissa päätoimittajalta.

Taulukko 1. Yhteenveto tutkimuksista, joissa on verrattu tavanomaisia ja korkealuokkaisia (HSFM) vaahtomuovipatjoja

	Potilaat	Riskimittari (Riskipisteet)	Tavanomainen vaahtomuovipatja Ominaisuuksia (N)	Korkealuokkainen vaahtomuovipatja HSFM (N)	Primaari-muuttuja	p-arvo
Hofman ym 1994 ⁴⁰ N= 44	Potilailla reisiluun kaulan murtuma	Hollatilainen konsensusmittari (Pisteet >8)	Tavanomainen SG40 sairaalapatja* (N=23)	Comfortex DeCube patja* (N=21)	PH insidenssi Tavanomainen: 68% (13/19) vs HSFM 24% (4/17)	ns
Gray & Campbell 1994 ⁴¹ N= 170	Ortopediset trauma-, verisuoni- ja ei-kirurgiset onkologiset potilaat, joiden iho oli ehjä	Waterlow (Pisteet > 15)	Tavanomainen NHS vaahtomuovipatja* (paksuus 130 mm) (N=80)	Soft foam patja* (N=90)	PH insidenssi Tavanomainen: 33,8% vs HSFM 6,7%	<0,001
Santy ym 1994 ⁴² N= 505	Yli 55-vuotiaat potilaat, joilla oli lantiomurtuma. Heillä voi olla tai olla olematta painehaava		Tavanomainen* (NHS sopimuspatja) (N= 64)	Clinifloat*, Transfoam*, Therarest*, Vaperm* (N=441)	PH insidenssi Tavanomainen: 26,5% vs HSFM 9,5%	0,002
Collier 1996 ⁴³ N= 90	Yleissätautiosastolle tulevat potilaat		Tavanomainen (Relyon)* (paksuus 130 mm) (N=9)	Clinifloat*, Omnifoam*, Softfoam*, STM5*, Therarest*, Transfoam*, Vapourlux* (N = 81)	PH insidenssi Ei painehaavoja millään patjalla	-
Gray & Smith 2000 ⁴⁴ N= 100	Kirurgiset, ortopediset ja sisätautipotilaat	Waterlow (pisteet ka 14 tavanomaisella; pisteet 13 HSFM)	Transfoam* (N=50)	Transfoamwave* (N=50)	PH insidenssi 2% molemmissa ryhmissä. Lisäksi ei-poispainettavaa punoitusta 2%:lla molemmissa ryhmissä	ns
Russell ym 2003 ⁴ N= 1168	Ikääntyneitä akuuttihoito-, kuntoutus-, ja ortopedisia potilaita	Waterlow (pisteet 15-20)	Useita tavanomaisia patjoja (King's Fund*, Softfoam*, Transfoam*, Linknurse*, tai King's Fund patja, jossa Spenco tai Propad petauspatja) (N=604)	CONFOR-Med: 7,5 cm viskoelastinen vaahto päällä ja 7,5 cm tavallinen polyuretaanivaaho alla* (N=562)	Ei-poispainettavan punoituksen tai pahemman ihomuutoksen insidenssi Ehjä iho, jossa pois-painettava punoitus: Tavanomainen (N=161) 26,6% vs HSFM (N=110/19,6%. Ehjä iho, jossa ei-pois-painettava punoitus: Tavanomainen (N=66) 19,6% vs HSFM (N=48) 9,5%	0,004 kaikki potilaat ja 0,005 niille, joilla ei ollut pois-painettavaa punoitusta tutkimuksen alkaessa
Berthe ym 2007 ⁵ N= 1729	Sisätautisia ja kirurgisia potilaita	Muokattu Ek:n mittari (Kliniplot:lla 14,6%:lla liikkuvuus-pisteet 1 tai 2. Tavanomaisella patjalla olleista vastaavaan ryhmään kuului 11,0%:a potilaista).	Useita tavanomaisia patjoja. Kuvauksia patjoista ei olemassa. (N=1072)	Kliniplot: Blokkirakenteinen vaahtomuovipatja (Bultex)* (korkeus 18 cm). (N=657)	PH insidenssi Tavanomainen: 1,9% vs Kliniplot 3,2%. Aika PH:n kehittymiseen 31 pv Kliniplot vs 18 pv tavanomaiset vaahtomuovipatjat	p=0,154 PH insidenssille P<0,001, aika PH:n kehitymiselle

* Ei tietävästi enää tuotannossa. Muita kuin taulukossa esitettyjä makuualustojen määreitä ei ole saatavissa. Taulukko on tuotettu alkuperäisistä julkaisuista. ns = ei merkitsevä





Taulukko 2. Korkealuokkaisen vahtumuovipatjan eri kerrosten ominaisuudet

Spesifikaatiot	Pohjavaahtokerros	Pintavaahto-kerros	Keski-kerros/ kerrokset	Huomautukset
Eri vaahtokerrosten toiminnalliset ominaisuudet	Vartalon tukeminen (uppouman eli immersion hallinta) ja pohjaamisen estäminen	Myötäilevyysominaisuudet vartalon mukaan (envelopment) ja pistepaineiden vähentäminen	Tuki (immersio ja myötäilevyysominaisuudet vartalon mukaan eli envelopment ja pistepaineiden vähentäminen)	Keskikerroksen vaahtoladulla myös vartaloa tukevaa ja pohjaamista estävää ominaisuutta.
Vaadon tyyppi	HR-vahto (HR=High resiliency, eli korkea kimmoisuus)	Viskoelastinen vahto	Tavoitellun toiminnallisuuden mukaan (yleensä HR- tai viskoelastinen vahto)	Kussakin vahtoluokassa eri vaihtoehtoja on satoja
Tiheys (kg/m ³)	≥ 40	> 50	≥ 40	Mitä suurempi tiheys sitä kestävämpi
Kimmoisuus' (%)	≥ 60	< 20	Tavoitellun toiminnallisuuden mukaan	Mittaa kimmoisuutta eli resilienssia
CLD-Kovuus ² (CLD 40%) (kPa)	4 - 5	1 - 2,5	HR: 4 - 5 Viskoelastinen: 2 - 3	Uppouman kontrolli
Progressiivinen kovuus (IFD) (SAG-indeksi) ³	2,7 - 3,1	< 2,4	Tavoitellun toiminnallisuuden mukaan	SAG-indeksi = IFD65%/IFD25% (Myötäilevyyden kontrolli)
Vetolujuus ⁴ (kPa)	> 80	> 80	> 80	Kuuaa vaahton kestävyttä
Murtovenymä ⁵ (%)	> 115	> 115	> 115	Kuuaa vaahton kestävyttä
Kerroksen paksuus (cm)	≥ 8	> 4 - 5	Tavoitellun toiminnallisuuden mukaan#	Kerrosten liimaus parantaa oleellisesti kestävyttä
Tuotanto-toleranssi (%)	± 10	± 10	± 10	Erittäin vaativa laatuvaatimus tuotannolle tällä hetkellä



Carital-minimipainepatjojen kliniset tutkimukset ja näytön aste ja taso koskevat vain Carital-teknologiaa!

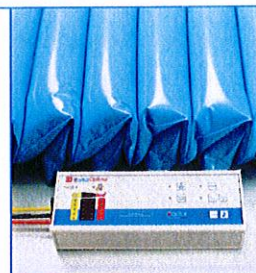


Carital Optima: Näytön aste A1



VAADI NÄYTTÖÄ!

- Optima** Tutkitusti paras minimipainepatja
- OptimaRehab** Optima siirtymistä helpottavalla reunatuella
- OptimaBario** Vahva Optima obeeseille potilaille
- OptimaCot** Optima lapsille (1-3 -vuotiaat)
- OptimaJuve** Optima lapsille (3-12 -vuotiaat)
- OptimaEZ420** Optima pitkäaikaishoittoon
- OptimaProne** Optima-järjestelmä vatsa-asentohoitoon
- Opera** Optima-rakenne leikkauspöydälle
- Palvelut** Vuokraus, huolto, leasing, koulutus, riskikartoitus



Sertifioitu laatu järjestelmä



Tehdas

Haukilahdenkatu 4, 00550 Helsinki
Puh. 0306 40 40 40
asiakaspalvelu@medimattress.fi
www.medimattress.fi

Sertifioitu ympäristöjärjestelmä

