

# Haavojen alipaineimuhoido

Kääntänyt Veera Hjerpe 2017

Tarkastanut Leena Berg, LT, plastiikkakirurgi ja Lea Pulliainen, LL, plastiikkakirurgi

## 1 Johdanto

Alipaineimuhoido on 1990-luvun alkupuolen ensiesittelystään yleistynyt laajaan kliiniseen käyttöön vaikeiden haavojen hoidossa niin avo- kuin sairaalahoidossakin. Alipaineimuhoidon on todettu olevan tehokas haavanhoitomenetelmä monissa erityyppisissä haavoissa, kuten vatsan alueen avoimissa haavoissa, sydänleikkauksiin liittyvissä rintalastahaavoissa sekä vaikeissa huonosti paranevissa haavoissa. Alipaineimuhoidoa hyödynnetään enenevässä määrin avo- ja kotihoito-olosuhteissa. Sen kuvataan lisäävän haavanhoidon tehokkuutta, joka vähentää sairaalahoidon tarvetta merkittävästi.

Vaikka alipaineimuhoidon mahdollisuudet ovat lupaavia ja sitä hyödynnetään kliinisessä hoidossa laajalti, korkeatasoinen tieteellinen näyttö sen tehokkuudesta ja taloudellisista hyödyistä on niukkaa.

Haavanhoitomenetelmien tehokkuudesta ei yleisesti ottaen ole tarpeeksi korkeatasoista tieteellistä näyttöä, ja tämä aiheuttaa kiistanalaisuuksia. Yhteisymmärryksessä ollaan kuitenkin siinä, että kliinisen hoidon pitäisi olla tieteellisesti näyttöön perustuvaa, mikä voi olla hankalaa toteuttaa. Tämä johtuu siitä, että haavanhoidon tehokkuutta voidaan tarkastella monin eri tavoin. Tarve arvioida haavanhoidon toimintasuunnitelmia sekä itse haavanhoitoa on kiireellinen, jotta hoitoa voitaisiin toteuttaa tehokkaasti hoidon taakkaa vähentäen. Potilaskuolleisuus ja terveydenhuollon kustannukset saadaan laskuun, kun potilaiden haavojen komplisoituminen huomataan ajoissa ja aggressiivisiin hoitomenetelmiin ryhdytään nopeasti.

Monimutkaisen potilasaineiston vuoksi haavanhoitomenetelmien tehokkuuden vertailussa on perustavanlaatuisia ongelmia. Tämä on havaittavissa kroonisten haavojen hoitostrategioita käsittelevissä artikkeleissa, mitkä ovat korostaneet perustutkimuksen menetelmällisiä epäjohtomukaisuuksia. Tilannetta hankaloittaa entisestään eri maiden väliset eroavaisuudet terveydenhuoltoalan säännöksissä ja kustannusten korvattavuuksissa. Tämä vaikuttaa maittain sekä tutkimusmenetelmiin että tutkimusten tulosten tulkitsemiseen.

Tilanteen helpottamiseksi EWMA on julkaissut useita poikkitieteellisiä dokumentteja, joiden tavoitteena on korostaa seuraavia seikkoja:

- Haavanhoidollisten ongelmien tarkastelu sekä lääketieteellisesti että terveydenhuoltoalan ammattilaisten ja potilaiden näkökulmasta
- Näyttöön perustuva hoitokäytäntö, jossa parhaasta systemaattisesta tutkimustiedosta saatu kliininen näyttö yhdistyy kliiniseen asiantuntijuuteen
- Haavanhoidollisten ongelmien tarkastelu terveydenhuoltoala ja -politiikka huomioiden

Alipaineimuhoidosta on aiemmin käytetty nimitystä kaupallista nimitystä VAC-hoito (Vacuum-assisted closure therapy). Se on hoitomuoto, joka edistää haavan paranemista ja sitä käytetään pääasiallisena hoitomuotona kroonisille haavoille sekä akuuteille haavoille. Se toimii myös haavan pohjaa valmistelevana hoitona haavoissa, jotka tällä hoidolla suljetaan tilapäisesti ennen kirurgisia toimenpiteitä, kuten ihosiirteitä tai kieleleleikkauksia.

## Tavoite

Alipaineimuhoidon tehokkuudesta julkaistaan tutkimuksia lisääntyvässä määrin. Matalan näytönasteen vuoksi hoitomenetelmä on kiistanalainen terveydenhuollon organisaation kannalta, kun annettavan hoidon tulisi olla tieteellisesti näyttöön perustuvaa.

Ratkaisuna tähän ongelmaan EWMA on perustanut poikkitieteellisen työryhmän, joka esittelee tämänhetkistä tietämystä alipaineimuhoidosta koskien. Lisäksi tavoitteena on tarjota yleiskatsaus alipaineimuhoidon vaikutuksista hoidon järjestämiseen, kirjaamiseen, viestintään, potilasturvallisuuteen sekä terveystalouden näkökulmaan.

Tavoitteisiin päästään, kun:

- Hankitaan järkevä ja tieteellinen tuki jokaiselle annetulle kannanotolle
- Käsitellään avoimesti alipaineimuhoidon anti ja kiistanalaisuudet haavanhoidossa

- Tutkitaan alipaineimuhoidon käyttöönoton ja siihen liittyvien hoitokäytäntöjen vaikutuksia terveydenhuoltojärjestelmään
- Tarjotaan tietoa alipaineimuhoidosta haavanhoitomenetelmänä terveydenhuoltoalan ammattilaisille, poliitikoille, potilaille sekä sairaalan johtoryhmille (jotka ovat suoraan tai epäsuorasti tekemisissä haavanhoidollisten toimenpiteiden kanssa).

## 2 Metodit ja termistö

Tämän dokumentin tutkimusaineistona käytetään yleistä kirjallisuuskatsausta, jota täydennetään yksittäisillä aihetta koskeviin hakusanoihin perustuvilla täydennyksillä, ja huomioon otetaan myös kirjoittajien kliininen asiantuntemus aihetta koskien. Suurin osa haavanhoitoa ja alipaineimuhoidoa koskevista tutkimuksista liittyy akuutteihin haavoihin ja kroonisiin/ongelmallisiin/parantumattomiin haavoihin on keskitytty vähemmän.

Tässä dokumentissa esitetyt lausunnot on luotu yhteisymmärryksessä kaikkien osallistuvien tekijöiden kanssa, pohjautuen näyttöön perustuvaan kirjallisuuteen, tutkimusartikkeleihin sekä kliiniseen kokemukseen. Nämä näkemykset on ulkoisesti arvioitu. Tämä tutkimus ei ole puhtaasti näyttöön perustuva tai arvioi olemassa olevia tuotteita, sillä se vaikeuttaisi tavoitteeseen pääsemistä.

Koska tämän tutkimuksen tekijät ovat eurooppalaisia ja EWMA on eurooppalainen järjestö, on tutkimus keskittynyt pääasiallisesti eurooppalaisiin potilaisiin ja terveydenhuoltojärjestelmiin. Tämä tutkimus keskittyy pääasiassa kliiniseen näkökulmaan, vaikka eläimiin liittyviäkin tutkimuksia mainitaan tarvittaessa.

### Tutkimushistoria ja tiedon kehitys

Tutkimusaineistoon perustuen tiedostamme, että näyttöön perustuvia tutkimuksia tarvitaan lisää tämän hoitosuosituksen tukemiseksi. Kunnnes lisätutkimusta on käytettävissä, täytyy luottaa olemassa olevaan tietoon ja kokemuksiin.

Tutkimuksen jokainen luku on jaettu kirjoittajien kesken, jotka ovat osallistuneet editointivaiheeseen. Tämä prosessi on toistettu useaan otteeseen; työryhmä muokkasi viimeisen

dokumenttiversio ja jokainen kirjoittaja hyväksyi kaikki lausunnot, pohdinnat ja kiistanalaiset kohdat. Viimeinen versio lähetettiin lähdehenkilöille, EWMA:n hallituksen jäsenille sekä tutkimusta tukeneille henkilöille kommentoitavaksi sisäistä vahvistusta varten.

Alkuperäisen aineistohaun lisäksi tutkimukseen lisättiin alipaineimuhoidon käsitteleviä aineistoja, joissa vertailtiin alipaineimuhoidon tutkimusten suunnittelua, tutkimusten päätepiteitä ja lopputuloksia satunnaistetuissa kontrolloiduissa/vertailevissa tutkimuksissa.

## Termistö

Termi ”alipaineimuhoido” tarkoittaa kontrolloitua negatiivista alipainehoitoa, joka kohdennetaan haavaan ulkoisesti. Haava täytetään huokoisella materiaalilla (haavantäyttemateriaali) ja haava peitetään ilmatiiviisti liimautuvalla polyuretaanikalvolla. Haava yhdistetään alipainetta tuottavaan pumppuun imuletkustolla. Pumppu tuottaa imun haavapetiin, mikä muodostaa haavantäytteeseen alipainetta, joka poistaa eritettä. Alipainetekniikasta on esitetty kaksi uutta hoitomuotoa:

- Huuhteleva alipaineimuhoido (NPWTi): alipaineimuhoido, missä on yhdistetty toistuva huuhtelu antibioottiliuoksella, antiseptiliuoksella tai keittosuolaliuoksella yhdistettynä alipaineimujaksoihin tietokoneohjelmoidusti
- Samaa alipaineimutekniikkaa käytetään myös suljetun haavan alipaineimuhoidossa (ciNPWT).

## 3 Alipaineimuhoidon tarkoitus

Voidaan sanoa, että alipaineimuhoido on tullut vakiintuneeksi haavanhoitomenetelmäksi kliiniseen käyttöön 1990-luvun puolivälin tienoilla. Yksinkertaisesti hoitomenetelmä toimii siten, että haavaan asetettuun vaahtosidokseen kohdennetaan alipainetta (yleensä -75mmHg:stä -125mmHg:iin). Haavasidoksen tiivistäminen ilmatiiviiksi estää ilman pääsyn haavaan. Seuraavissa osioissa esitellään perinteinen alipaineimuhoido (NPWT), huuhteleva alipaineimuhoido (NPWTi) sekä suljetun haavan alipaineimuhoido (ciNPWT).

## Lyhyt historia

Vuonna 1979 esiteltiin imua ja huuhtelua käyttävä haavanhoitomenetelmän käyttö venäläisessä julkaisussa. Avomurtumien haavakomplikaatioita hoidettiin Saksassa alipaineimuhoidolla vuonna 1992. Hoidon päätteeksi tyhjentynyt haava täytettiin polyvinyylialkoholivaahtosidoksella (myöhemmin siirryttiin käyttämään polyuretaanivaahtosidoksia), johon oli liitetty läpinäkyvällä sidoksella peitetty imuletku. Imuletkut oli kytketty imulaitteeseen, joka tuotti alipainetta. Tämä hoitomenetelmä mahdollisti haavan yksinkertaisen puhtaanapidon ja edisti granulaatiokudoksen muodostumista. Vuonna 1997 Argentan ja Morykwasin työ mahdollisti alipaineimuhoidon hyödyntämistä koe-eläinmallissa (sika) ja sittemmin haavapotilaissa. Tutkimukset osoittivat alipaineen vaikuttavan positiivisesti haavan verenkiertoon ja haavaa ympäröivään kudokseen, kun mittapuuna käytettiin granulaatiokudoksen muodostumista sekä bakteerikuorman vähenemistä. Vuonna 2000 Joseph ym. Sekä McCallon ym. vertasivat alipaineimuhoidon perinteiseen haavanhoitoon, osoittaen tilastollisesti haavan koon pienenemisen sekä paranemisajan lyhentymisen haavoissa, joita hoidettiin alipaineimuhoidolla. Ensimmäinen haavasidos jota alipaineimuhoidossa käytettiin, oli polyuretaanivaaho. Charikerin tekemässä alipaineimuhoidon käsittelevässä artikkelissa vuodelta 1989 esiteltiin harsosidoksen käyttö alipaineimuhoidossa. Vuonna 2007 julkaistussa artikkelissa esiteltiin 0,2 % antiseptisellä polyheksametyylbiguanidilla (PHMB) kyllästetyn puuvillaharsosidoksen käyttöä alipaineimuhoidossa kaupallisena valmisteena. Alipaineimuhoidon koskevassa tutkimuksessa otettiin tärkeä edistymisaskel, kun uudet alipaineimuhoidon haavasidokset esiteltiin.

## Alipaineimuhoidon käytännönperusteet

Alipaineimuhoidon periaate on tuottaa alipaineimuvaikutus koko haavapinnalle käyttäen apuna huokoista haavasidosta, mikä on mitoitettu haavan koon mukaan. Jotta ilmavuoto voidaan estää haavan ulkopuolelta, on haava ja haavasidos kiinnitetty ilmatiiviisti peittokalvolla (polyuretaanikalvolla), joka on läpinäkyvä, vesitiivis ja suojaa bakteereilta. Haavasidos ja imuletkusto yhdistyvät toisiinsa portilla, joka sijoitetaan pienen peittokalvoon tehdyn reiän päälle.

## Alipaineimuhoidon vaikutusmekanismit

Seuraavaksi esitetyt vaikutukset haavan paranemiseen ja haavaympäristöön ovat onnistuneen alipaineimuhoidon tulosta.

### Vaikutus haavaan

- Haavasieneen kohdistuva alipaine vetää haavan reunoja toisiaan kohti, mikä johtaa haavan pinta-alan pienemiseen
- Granulaatiokudoksen (jyväiskudoksen) kasvun vilkastuminen kosteustasapainoltaan ihanteellisessa haavaympäristössä jopa jänneiden ja luun päälle
- Jatkuva haavan mekaaninen puhdistaminen (pienen kudossjätteiden poisto imuvaikutuksen avulla)
- Tehokas haavan paranemiseen haitallisesti vaikuttavien proteaasien (kuten elastaasin) poisto hoidon ensipäivien aikana
- Luotettava ja jatkuva haavaeritteen poisto suljetussa haavanhoitoympäristössä, mikä myös vähentää haavasidosten vaihtotarvetta.
- Interstitiellin turvotuksen poisto alipainevaikutuksen avulla, mikä johtaa mikroverenkierron paranemiseen, verenkierron vilkastumiseen ja kudoksen parempaan hapen saantiin.

### Käsittely

Alipaineimuhoidon liittyy hygieeninen haavan suojaaminen, joka sulkee haavan ympäristöltä ja estää bakteerien pääsyn haava-alueelle. Tämä estää myös potilaan omien bakteerien leviämisen haavaan. Kontaminaatiolta suojaaminen on erityisen tärkeää metisiliiniresistenssiä *Staphylococcus aureus* (MRSA) – bakteeria kantavien potilaiden kohdalla ja myös näillä bakteereilla infektioituneissa haavoissa. Haavan ilmatiivissulkeminen vähentää risti-infektioriskiä sekä bakteeriresistenssin kehittymistä sairaaloissa.

- Läpinäkyvä sidos mahdollistaa haavaa ympäröivän ihon jatkuvan kliinisen seurannan
- Hajuttoman ja hygieenisen haavansidostekniikan ansiosta haavaerite ei tihku potilaan vaatetukseen tai petivaatteisiin, mikä vähentää hoitohenkilökunnan työmäärää
- Haavasidoksien vaihto 2-3 vuorokauden välein vähentää potilaskohtaista hoitoaikaa erityisesti potilailla, joilla on erittäviä haavoja
- Potilasmukavuus

- Alipaineimuhoidon mahdollistaa potilaiden nopean ja helpon mobilisaation
- Ulkonäöltään miellyttävä, kuiva ja siisti sidostekniikka potilaan mobilisaatiosta huolimatta

### Huuhtelevan alipaineimuhoidon toiminnallinen tarkoitus

Huuhteleva alipaineimuhoidon on tavanomaista alipaineimuhoidon täydentävää hoitoa akuuteille ja kroonisille haavainfektioille, usein ensimmäisen kirurgisen puhdistuksen jälkeen. Huuhteleva alipaineimuhoidon voidaan toteuttaa Fleischmannin ym. menetelmällä, jolla voidaan välttää haavassa olevan kontaminaation leviäminen. Tässä hoidossa haavaa huuhdellaan antisepti- tai antibioottiliuoksella, kuten pyrrolidiini homopolymeeri yhdistelmällä, jossa on jodia tai sitten oktediniini dihydrokloridilla. Huuhteluhoitoa on käytetty kliinisessä hoidossa vuodesta 1996. Siitä lähtien laitteiston kehittymisen myötä on ollut mahdollista toteuttaa hoito automatisoidusti. Tämä hoitomenetelmä mahdollistaa antiseptin tai antibiootin annostelun rasittamatta hoitohenkilökuntaa tai potilasta. Hyödyntäen nykypäivän tietokoneohjelmoitua huuhtelevaa alipaineimuhoidon on mahdollista kontrolloida automaattisesti eri hoidon vaiheita, kuten nesteen määrää, huuhtelun kestoa, liuotusaikaa ja hoitosyklin kertoja yms. Huuhtelulla tapahtuvaa alipaineimuhoidon on käytetty onnistuneesti kirurgisen puhdistuksen jälkeen infektoituneiden haavojen hoidossa. Jotkut tutkijat ovat nykypäivänä sitä mieltä, että myös ei-infektoituneiden haavojen hoitamisessa voitaisiin hyötyä huuhtelevasta alipaineimuhoidosta verrattuna tavanomaiseen alipaineimuhoidon tai tavanomaiseen kostean haavanhoitoon.

### Huuhtelevan alipaineimuhoidon vaikutusmekanismi

Huuhteleva toteutetaan alipaineimuhoidon aikana johtamalla tarkoitukseen sopiva huuhteluneste haavasieneen. Liuotuksen annetaan toimia halutun ajan, eikä samanaikaisesti käytetä alipaineimua. Liuotusneste ja haavaeritteet poistetaan haavasta alipaineimulla. Hoitojakso (huuhtelu-, liuotus- ja alipaineimujakso) voidaan toteuttaa tarpeen mukaisesti. Huuhtelua suositellaankin käytettävän monta kertaa päivässä, esimerkiksi antimikrobisen hyödyn saavuttamiseksi:

- Keittosuolaliuoksen, antiseptin sekä paikallisen antibiootin huuhtelu-aika on keskimäärin noin 10-30 sekuntia
- Liuotusvaihe kestää tarpeen mukaisesti, jopa 20 minuuttia.
- Alipaineimuhoidon imuvaihe voi kestää jopa 2-3 tuntia.

## Suljetun haavan alipaineimuhoidon toimintaperiaate

Perinteisesti kirurgit ovat sulkeneet leikkaushaavat käyttäen pääasiallisesti ompeleita, haavahakasia (aggrafeja), kudossiimoja, kuitukangasteippiä tai näiden yhdistelmiä. Viime aikoina kirurgit ovat ryhtyneet hyödyntämään alipaineimuhoidon leikkaushaavaan välittömästi leikkauksen jälkeen välttääkseen leikkauksen jälkeisiä haavainfektioita. Suljetun haavan alipaineimuhoidolla viitataan mihin tahansa alipaineimuhoidomuotoon, joka kohdentuu suljettuihin leikkaushaavoihin. Vuodesta 2006 alkaen useat tutkimukset ovat osoittaneet alipaineimuhoidon olevan tehokas hoitomuoto suljetuille leikkaushaavoille.

## Suljettujen haavojen alipaineimuhoidon vaikutusmekanismit

Suljettuihin leikkaushaavoihin kohdennettu alipaineimuhoido ilmeisesti hoitaa kirurgista haavaa vähentäen haavanreunojen kiristystä, vähentäen turvotusta ja tarjoten ilmatiiviin suojan haavalle. Tämän on arvioitu estävän kirurgisen haavan komplikaatioita.

## Vaikutusmekanismien erot alipaineimuhoidossa ja suljetun haavan alipaineimuhoidossa

On tärkeää tunnistaa selkeät erot tavanomaisen alipaineimuhoidon ja suljetun haavan alipaineimuhoidon välillä. Näyttö suljetun haavan alipaineimuhoidosta tukee väitteitä alipaineimuhoidon haavaan kohdistuvan sivuttaisjännityksen vähenemisestä, vähäisemmästä verenpurkauma- ja seroomariskistä sekä haavaan liittyvän turvotuksen vähenemisestä.

Perinteinen alipaineimuhoido aiheuttaa haava-alueen reunoille mekaanista jännitystä, mikä muuttaa kudospesuusiota johtaen angiogeneesiin ja granulaatiokudoksen muodostumiseen.

Tutkimuksen tekijöiden tiedon mukaan suljetun haavan alipaineimuhoidosta ei ole samanlaista näyttöä, vaan itse asiassa perfuusio ei muutu. Suljetulla alipaineimuhoidolla on kuitenkin hyviä kliinisiä tutkimustuloksia.

## 4 Katsaus alipaineimuhoidoa koskevaan kirjallisuuteen

Monia kansainvälisiä ja kansallisia tutkimuksia alipaineimuhoidoa koskien on vertaisarvioitu ja niitä on käsitelty monissa kongresseissa maailmanlaajuisesti. Suurin osa alipaineimuhoidoa käsittelevistä tutkimuksista on tehty mielipiteisiin, kokemuksiin tai kongressijulkaisuihin pohjautuen, eli suurta



osaa alipaineimuhoidon käsittelevistä julkaisuista ei ole arvioitu virallisesti vertaisarvioinnin kautta. Seuraava alipaineimuhoidon käsittelevä kirjallisuuskatsaus tarjoaa kokonaiskatsauksen vertaisarvioituihin tähänhetkisiin julkaisuihin. Seuraavassa katsauksessa keskitytään seuraaviin:

- Vuosittaisten julkaisuiden määrän kehittyminen
- Kielialueet, jolla julkaisut on laadittu
- Osuus julkaisuista, jotka keskittyvät alipaineimuhoidon patofysiologiseen taustaan
- Julkaisuiden laatu näyttöön perustuvan lääketieteen pohjalta

### Kirjallisuushaku

Aineistoksi kelpuutettiin vain julkaisut ja tutkimukset, jotka vastasivat seuraaviin vähimmäiskriteereihin: Tutkimus on julkaistu luotettavassa lääketieteellisessä julkaisuissa, ja tutkimus on vertaisarvioitu, tutkimusaineiston analyysi perustuu tietokonepohjaiseen MEDLINE (sisältäen PubMed) haun tuloksiin sekä manuaalisesti toteutettuun laajaan aineistoanalyysiin. Analyysivaiheessa hyödynnettiin niin sanottua ”lumipallomenetelmää”. Riippumatta julkaisukielestä (kaikki kielet mukaan lukien) kirjallisuushaku käsitti randomoidut kontrolloidut tutkimukset ja kokeelliset tutkimukset, systemaattiset ja ei-systemaattiset kirjallisuuskatsaukset, meta-analyysit, asiantuntijamielipiteet, tapauselostukset, kokeelliset julkaisut (sekä kliiniset että koe-eläintutkimukset) ja konsensuskokousten loppuraportit. Yleispätevät biometriset vaatimukset täyttävät tutkimukset (kuten pääasialliset tavoitteet, riittävä tapauksen määrä, tutkimusaineistossa käytetyn potilasaineiston edustavuus, relevantit annokset ja tulosten merkittävyys), otettiin mukaan arviointiin. Tarvittaessa arviointiin otettiin myös julkaisuiden pääasialliset tutkimukselliset tavoitteet/kohde. Arviointikriteereillä oli näissä tapauksissa toissijainen rooli, mikäli julkaisuiden tutkimuskohteet olivat kysymyksen asettelultaan sopivia. Mainittakoon, että joissain tapauksissa tutkimusaineistoksi hyväksyttiin myös julkaisemattomia tutkielmia sekä kongressiesityksiä.

### Tutkimusaineiston keräysajankohta ja avainsanat

Tutkimusaineistona käytettiin julkaisuja, jotka on julkaistu 31.12.2015 mennessä. Avainsanoina aineistohaussa käytettiin seuraavia: **negative wound pressure therapy, vacuum-assisted closure, vac-therapy, v.a.c. therapy, vacuum dressing, topical negative pressure therapy, tnp therapy, sealed surface wound suction, vacuum sealing therapy, subatmospheric pressure therapy, foam suction dressing.**

## Tulokset

### Vuosittaisten julkaisujen kasvu ja kehitys

Aineistohaku tuotti 3287 julkaistua tutkimusta, jotka oli julkaistu 685 eri julkaisussa 1999-31.12.2015 välisenä aikana.

### Alipaineimuhoido ja näyttöön perustuva hoito

#### Kriteerit näyttöön perustuvaan hoitoon

Aineistoksi sopivat tutkimukset valikoitiin Oxfordin luokitteluasteikon (CEBM) mukaan. CEBM-perusteinen luokittelu osoitti, että yli 85% tutkimuksista oli tapausselestuksia tai tapausserjoja näytönasteeltaan 4-5. Luokittelun jälkeen jäljelle jäi n. 200 julkaistua tutkimusta, joiden näytönaste oli yli 4. Tutkimuksista 271 oli vertailevia tutkimuksia. Aineistorajausta jatkettaessa jäljelle jäi vain 76 satunnaistettua kontrolloitua tutkimusta, mitkä keskittyivät ensisijaisiin loppupäätelmien

arviointiin käyttäen kliinisesti merkittäviä päätepiteitä.

- Haavan lopullinen sulkeutuminen
- Valmistautumisaika leikkaustoimenpiteeseen
- Ihosiirteen tarttuminen
- Ihosiirteen laatu
- Viivästetty avovatsan sulku
- Leikkaushaavainfektioiden määrä
- Kuolleisuus

Jäljelle jäi 27 satunnaistettua kontrolloitua tutkimusta.

Satunnaistetut kontrolloidut tutkimukset ovat kirurgiassa harvinaisia. Traumakirurgiaa koskevissa tutkimuksissa satunnaistettuja kontrolloituja tutkimuksia on noin 3% kaikista julkaisuista. Alipaineimuhoidoita koskevissa tutkimuksissa on merkittävä epäsuhta systemaattisten katsausten (n=68) ja satunnaistettujen kontrolloitujen tutkimusten (n=57) välillä. Tästä syystä

alipaineimuhoidon koskevissa tutkimuksissa keskitytään enemmän tiedon etsimiseen kuin luomiseen.

Yksi syy tilanteelle on ero käytännön potilashoidon, tieteellisen tutkimuksen ja näyttöön perustuvan lääketieteen vaatimusten välillä. Lääkärit, jotka käyttävät uusia ja hyväksi havaittuja hoitometodeja julkaisevat hoitomenetelmiä havaiten ne toimiviksi, tapausselostuksia tai havainnointitutkimuksia, jotka heijastavat lääkärin omaa kliinistä kokemusta. Näissä tutkimuksissa keskitytään hoitomenetelmän tarkkaan kuvailuun ja mahdollisiin riskeihin ja hyötyihin. Näyttöön perustuvilla lääketieteen periaatteilla on heidän työssään hyvin pieni rooli. Vain hyvin harvoin klinikoilla on aikaa ja tukea toteuttaa satunnaistettuja kontrolloituja tutkimuksia. Tosiasia on, että monissa ”tunnetuissa” julkaisuissa on julkaistu artikkeleja, joissa kuvastavat alipaineimuhoidon tärkeyttä tämä matala näytönaste huomioiden. Näin on selitettävissä, miksi keskimäärin 66 % alipaineimuhoidon käsittelevistä kansainvälisistä vertaisarvioituista julkaisuista on tapausselostuksia.

#### Alipaineimuhoidon ja huuhtelevan alipaineimuhoidon erityispiirteet

Huuhteleva alipaineimuhoidon on pidemmälle kehitetty versio perinteisestä alipaineimuhoidosta, mikä on luotu täydentäväksi hoidoksi akuutteja ja kroonisia haavainfektioita varten kirurgisen puhdistuksen jälkeen. Huuhtelevaa alipaineimuhoidon on käytetty kliinisessä käytössä vuodesta 1996 ja vuosien 1999–2013 välillä alipaineimulaitteisiin tehdyt parannukset ovat mahdollistaneet automatisoidun huuhteluhoidon käytön. Vuonna 1998 on julkaistu ensimmäinen julkaisu automatisoitua huuhteluhoidon koskien. Tällä hetkellä on olemassa 105 vertaisarvioitua huuhtelevaa alipaineimuhoidon koskevaa artikkelia ja 7 huuhtelevaa alipaineimuhoidon ja alipaineimuhoidon tai muuta haavanhoitoa vertailevaa tutkimusta. Huuhtelevasta alipaineimuhoidon ei ole satunnaistettuja kontrolloituja tutkimuksia.

## Suljetun haavan alipaineimuhoidon erityispiirteet

Suljetun haavan ennaltaehkäisevästä vaikutuksesta leikkaushaavainfektioihin julkaistaan jatkuvasti kirjallisuutta. Tutkimuksissa on osoitettu, että vatsaelinkirurgiassa, plastiikkakirurgiassa, verisuonikirurgiassa ja traumakirurgiassa suljetun haavan alipaineimuhoidosta on ollut ennaltaehkäisevää hyötyä leikkaushaavainfektioiden välttämiseksi. Tällä hetkellä on olemassa 116 vertaisarvioitua artikkelia, joissa käsitellään alipaineimuhoidon yhdistettynä suljettuihin leikkaushaavoihin sekä 27 tutkimusta, joissa vertaillaan suljetun haavan alipaineimuhoidon perinteiseen leikkaushaavojen hoitoon. Suljetun haavan alipaineimuhoidon käyttöaiheet ja hoitomuodot on selitetty yksityiskohtaisemmin luvussa 5.

## 5 Hoito

### Alipaineimuhoidon käyttöaiheiden kehittyminen: Alipaineimuhoidon vuosina 1990-2015

Alipaineimuhoidon koskevat ensimmäiset kliiniset kokemukset ja niiden tämänhetkinen hyödyntäminen ovat lähtöisin vuodesta 1987, kun akuutteja pehmytkudosvaurioita sekä akuutteja ja septisiä haavoja hoidettiin alipaineimuhoidolla. 1990-luvun alkupuolella julkaistiin ensimmäiset alipaineimuhoidon koskevat julkaisut. Pian käyttöaiheita laajennettiin myös kroonisten haavojen, kuten jalkahaavojen ja painehaavojen hoitamiseen. Vuodesta 2000 alipaineimuhoidon käyttöön on otettu käyttöön myös lukuisissa ihotautien sairauksissa ja ongelmallisten haavojen hoitamisessa verisuonikirurgiassa sekä lisääntyvässä määrin myös plastiikkakirurgiassa. Alipaineimuhoidon käyttö on yleistynyt hoitomenetelmäksi lääketieteessä ja nykyään sitä hyödynnetäänkin lähes kaikilla kirurgian aloilla.

On olemassa yli 100 käyttöaihetta, joissa voidaan hyödyntää alipaineimuhoidon käyttöä. Sisäelinleikkauksissa, entero- ja lymfokutaanisten fistelien hoidossa sekä avovatsan hoidossa hyödynnetään alipaineimuhoidon käyttöä. Traumakirurgiassa indikaatioita alipaineimuhoidon käyttämiseen on lisätty implantti-infektioiden hoitoon erityisesti selkärangan alueen leikkauksissa sekä proteesileikkauksissa. Palovammojen (käsipalovammat, tekoihon kiinnittäminen) on huomattu olevan ideaali käyttöaihe alipaineimuhoidolle. Rintaontelo- ja sisäelinkirurgiassa alipaineimuhoidon käyttöä ei käytetä ainoastaan tulehtuneiden leikkaushaavojen hoitoon, vaan myös kehonsisäisten ongelmallisten alueiden hoitamiseksi (esimerkiksi katkaistun keuhkoputken sulkeminen,

haimavammat). Alipaineimuhoidon käytetään hoitomenetelmänä nykyään myös vastasyntyneille ja vanhuksille, kliinisesti vaativissa ongelmissa (henkeä uhkaava verenmyrkytys vatsaontelon elimistä johtavana) sekä myös korkean riskin hoitotilanteissa, kuten pitkittyneiden infektioiden hoitamisessa ja komplikaatioiden ennaltaehkäisemisessä. Alipaineimuhoidon pohjautuu uuteen teknologiaan, kuten pienikokoisiin ja mekaanisesti toimiviin laitteisiin sekä alipaineimuhoidon yhdistettynä huuhteluun.

## Hoidon tavoitteet ja tieteellinen tausta

### Toimintamekanismi: alipaineimuhoidon avohaavoissa

Alipaineimuhoidon toimii eri tavoin haavan paranemisen edistämiseksi. Haava altistetaan imuun, joka kulkee haavasien läpi haavan pohjaan. Tämä imu poistaa haavaeritettä ja luo mekaanisen paineen haavan reunoille, joka johtaa haavan muuttuneeseen perfuusioon, angiogeneesiin sekä granulaatiokudoksen muodostumiseen. Hoidon vaikutusta on osoitettu sekä kokeellisesti että kliinisesti. Vaikutukset voidaan tiivistää seuraavasti:

- Haavan eristäminen ulkopuolisilta tulehdusriskeiltä
- Luodaan kostea haavaympäristö
- Paineensirto sekä haavaeritteen poisto
- Turvotuksen poisto
- Mekaaninen rasitus haavareunoille
- Verenkierron muuttuminen haava-alueella
- Angiogeneesin sekä granulaatiokudoksen muodostuminen

Alipaineimuhoidon eristää haavan ja ehkäisee sen altistumisen infektioille. Alipaineimuhoidon sulkee haavan tiiviisti tarjoten haavalle kostean ympäristön. Luvussa 5 esitellään tarkemmin huuhtelevan alipaineimuhoidon ja suljetun haavan alipaineimuhoidon erityisiä mekanismeja haavanhoidossa.

### Kostean haavaympäristön luominen ja eritteen poisto

Kostea haavaympäristö on avainasemassa haavan paranemisen onnistumiseksi, sillä se helpottaa re-epitelisaatiota. Haava-alue ei kuitenkaan saa olla liian kostea, sillä tämä aiheuttaa tulehdusriskin ja

vettymistä, mikä vahingoittaa haavanreunoja. Haavaeritteen poistaminen on tärkeää nekroottisen kudoksen muodostumisen ja kesimisen estämiseksi, jotta nämä eivät kertyisi haavaan ja muuttaisi sen biokemiallista ja solutason ympäristöä. Haavaeritteen kertyminen lisää osaltaan paiseen muodostumisen riskiä. Nekroottisen kudoksen kertyminen haavaan luo bakteereille oivan kasvualustan ja hidastaa haavan paranemista. Alipaineimuhoito tasapainottaa näitä tekijöitä tarjoten kostean haavan paranemisympäristön samalla poistaen liiallista haavaeritettä tehokkaasti. Useat tutkimukset ovat osoittaneet alipaineimuhoidon poistavan haavaeritettä.

### Turvotuksen poisto

Turvotus lisää painetta haavassa, mikä osaltaan vaikeuttaa mikroverenkiertoa ja hidastaa hapen ja ravinteiden pääsyn haavaan. Tämä vähentää infektion vastustuskykyä ja hidastaa paranemista. Tästä syystä turvotuksen poisto on tärkeää. Alipaineimuhoito aiheuttaa painetta haavaa ympäröiviin kudoksiin, minkä uskotaan vähentävän interstitiellää turvotusta. Kliinikoiden kesken on laaja-alainen yhteisymmärrys alipaineimuhoidon tehokkuudesta turvotuksen poistamisessa. On kuitenkin olemassa vain kourallinen tutkimuksia, jotka ovat konkreettisesti mitanneet tätä vaikutusta. Alipaineimuhoito on tuottanut lisääntyntä perfuusiota käsipalovammoissa ja tästä on päätelty turvotuksen vähentyneen. Eräässä kokeellisessa tutkimuksessa sikojen vatsaonteloperäisissä sepsiksissä todettiin alipaineimuhoidoilla olevilla sioilla olevan vähemmän kudosturvotusta kuin verrattuna passiivisella dreneerauksella hoidettuihin sikoihin. Alipaineimuhoidolla olevien painehaavapotilaiden haavaa ympäröivän kudoksen turvotuksen vähenemistä on määrällisesti pystytty arvioimaan korkeataajuusultraäänien avulla. Luultavasti haavaeritteen poistaminen vaikuttaa suoraan turvotukseen ja turvotusta poistuu myös epäsuorasti muuntuneiden verenkierto-olosuhteiden vuoksi.

### Mekaaniset vaikutukset haavan reunoihin

Alipaineimuhoito stimuloi haavan pohjaa mekaanisesti ja aiheuttaa imua haavan reunoille, mikä johtaa haavan kontraktioon. Mekaaninen vaikutus johtaa kudoksen uudelleenmuodostumiseen, joka mahdollistaa haavan umpeutumisen. On huomattu, että haava ja haavasieni johtavat yhdessä mikroskooppisella tasolla haavan muovautumiseen. Nämä mekaaniset muutokset johtavat useisiin biokemikaalisiin tapahtumiin ja geenien muutoksiin, mitkä edistävät haavan paranemista.

Haavanpohjaa imeytyy haavasienen huokosiin tai harsosidoksen kuituihin. Tämä mekaaninen vaikutus vaikuttaa solurakenteisiin ja aiheuttaa biologisia muutoksia, mitkä kiihdyttävät granulaatiokudoksen muodostumista, mikä edesauttaa haavan paranemista. Mekaanista stimulaatiota, mikä johtuu imuvaikutuksen alla olevasta haavasienestä, pidetään tärkeänä vaikuttavana tekijänä alipaineimuhoidossa. Mekaaninen kudostuomautuminen stimuloi angiogeneettisiä kasvutekijöitä ja reseptoreja, kuten esimerkiksi verisuonien endoteelien kasvutekijöitä (VEGF), ja VEGF-reseptoreja ja angiopoietiniinisiä reseptoreita. *In Vitro* –tutkimukset ovat osoittaneet, että verisuonien endoteelisolujen venyttäminen stimuloi verisuonten muodostumista. Alipaineimuhoidon mekaanisten vaikutusten tehon selittäminen nykyisin perustuu Ingberin tekemiin arvioihin, jossa kuvataan tämänhetkistä käsitystä ulkoisen fyysisen voiman vaikutuksista biokemiallisiin vasteisiin solutasolla. Näistä tiedoista saatu käsitteellinen malli pyrkii selittämään, miten ulkoiset voimat, kuten esimerkiksi ilmakehän paine, vaikuttavat soluun soluväliaineen kautta vaikuttamalla solukalvojen välisiin sidoksiin ja aiheuttaen solun sisäisiä muutoksia. Tämän mallin mukaan, nämä muutokset johtavat geeniaktivaatioon, mistä on seurauksena soluväliaineen molekyylylisynteesi ja solujen jakaantuminen, kuten todettiin Sadoshiman ym. Vanderburg ym ja Bauduin-Legros ym. tutkimuksissa.

Mekaaninen paine myös edesauttaa soluväliainekomponenttien, kuten kollageenin, elastaanin, proteoglykaanin ja glykosaminoglykaanin muodostumista. Hiiriin kohdistuneet tutkimukset osoittivat merkittävää lisääntymistä dermaalisen ja epidermaalisen hermosäikeiden tiheydessä alipaineimuhoidon aikana. Tämä viittaa siihen, että alipaineimuhoido voi myös edistää hermojen muodostumista. Paineen kontrollointi haavassa voi olla tärkeää, kun yritetään vaikuttaa alipaineimuhoidon haavanparanemisvaikutuksiin.

Ingberin tutkimuksissa ei ole arvioitu alipaineimuhoidon vaikutusta solutasolla. Tutkimustulosten ulottaminen soluvenytykseen perustuu otaksumaan, että alipaineimuhoido lisää venytysvaikutusta. Solujen monimuotoinen vaste mekaaniseen samansuuntaiseen ärsykkeeseen, kuten myös Sumpion tutkimuksissa mainittiin, voidaan arvioida johtopäätöksiltään samanlaisiksi hyvin varoen, jos ollenkaan. Tällä hetkellä ei voida todistaa, että alipaineimuhoido muodostaisi soluihin kohdentuvaa suoraa venytysstimulaatiota. Haavasienen rakenteesta johtuen voidaan ennemmin olettaa, että paine ja alipaine vaikuttavat samanaikaisesti. Alipaineimuhoidoa koskevia käytännön toimenpiteitä tehdessä ei voida olettaa, että toimenpide aiheuttaisi vain yhdenlaista stimulaatiota solutasolla.

Solutasolla tapahtuvaa stimulaatiota käsitellessä on paljon todennäköisempää, että paine ja/tai venytys (angentiaaliset voimat) aiheuttaa muutoksia solutasolla.

Saxnen ja Orgillin tutkimuksessa on perehdytty syvällisesti mekaanisten voimien monimuotoiseen vaikutukseen solutasolla haavasien ja haavan rajapinnalla. He laskivat tietokonestimulaatiossa venyttävän ärsykkeen määrän, mikä vaikuttaa yksittäiseen soluun haavasien kontaktipinnassa. Tämä todistettiin oikeaksi tulkinnaksi, kun tehtiin histologisia tutkimuksia. He pystyivät tutkimuksessaan demonstroimaan, että haavasien seinämässä solut puristuvat ja solut haavasien seinämän läheisyydessä venyvät keskimäärin 5-20 %. Tutkijat selittivät, että kemiallinen stimulaatio, kuten kasvutekijät ja kiinnittyminen solunulkoiseen soluväliaineeseen eivät yksin ole riittävät solujen proliferaatiolle, vaan siihen vaaditaan aina myös mekaanista vaikutusta, joka yleensä merkitsee vaihtelevaa isometristä jännitettä solutasolla. Tällaista tilaa ei yleensä ilmene haavassa mutta alipaineimuhoidon voi kompensoida tämän mekaanisen ärsykkeen puutteen. Saxena & Orgill viittaavat tutkimuksessaan kirjallisuuteen, jossa venyttävällä stimulaatiolla oli solukasvua lisäävä vaikutus. He laskivat venyttävän stimuloinnin määrän olevan 5-20 %, minkä on huomattu olevan eduksi myöhemmissäkin tutkimuksissa. Heidän laskuissaan ei käyty läpi yksittäisiä soluja koskevaa venyttävää stimulaatiota, mikä voi olla 110 %, kun muut solut puolestaan puristuvat merkittävästi. Vain 60 % soluista koki stimulaatiota 5-20 % alueella. Tämä merkitsee sitä, että vain 1/3 osassa kaikista haavassa olevista soluista saatiin aikaan toivottu vaikutus. Tätä ei käsitelty julkaisun pohdinnassa.

On tärkeää huomioida se, että haavat eivät ole yksinkertaisia yksipuolisia lineaarisia elastisia kerroksia. Lohmanin ym. tutkimuksessa todetaan nesteen venytysvoimien ja sähkökineettisen virran vaikutusta (ionien liikkeet nesteessä) stimuloivissa vasteissa. Alipaineimuhoidon mekaaniset vaikutukset tuottavat nestevirtausta soluvälitilassa. Alipaineimuhoidolla on venyttäviä, leikkaavia ja sähkömagneettisia vaikutuksia, mitkä luultavasti selittävät eroavaisuuksia jatkuvan ja intermittoivan hoitomuodon välillä.

### Alipaineimuhoidon vaikutus perfuusioon

Morykwas ym. havaitsivat jatkuvan alipaineimuhoidon käytön johtavan uuden granulaatiokudoksen muodostumisen lisääntymiseen noin 60 %, mikä on huomattavasti enemmän kuin tavanomaisessa haavanhoidossa (kosteaa haavanhoidoa). Tutkimusryhmä raportoi, että alipaineimuhoidolla ei ollut



positiivista vaikutusta perfuusion, kun jatkuva alipaine oli -125 mmHg. Alussa lisääntyneen perfuusion havaittiin lisäävän verenkiertoa ja sitten verenkierron laskevan pysyvästi perustasolle, tai jopa perustason alapuolelle vain 10 minuuttia alipaineimuhoidon aloittamisesta saavuttaen normaalin perfuusion tai hypoperfuusion. Näiden tulosten pohjalta Morykwas ym. totesivat alipaineimuhoidon lisäävän perfuusiota haavassa nopeuttaen haavan paranemista. Tätä päätelmää on siteerattu melkein jokaisessa myöhemmässä julkaisussa. Tämä herättää kysymyksen: Ilmeneekö hypo- tai hyperperfuusiota haavassa alipaineimuhoidon aikana?

Laser Doppler –virtausmittaukset suoritettiin myöhemmissä tutkimuksissa. Vaikka tutkimuksissa ilmenee epä johdonmukaisuutta, on silti mahdollista tehdä yleinen hypoteesi koskien perfuusiota alipaineimuhoidon aikana. Vaikka yhtenäinen lisääntynyt vaste -125 mmHg alipaineelle todettiin Morykwasin ym. tutkimuksessa (perfuusion lisääntymistä ja vähenemistä normaaliin perfuusiotasoon hoidon ensimmäisen 10 minuutin aikana), Rejzek ym. havaitsivat epäyhtenäistä vastetta. He havaitsivat erilaisia vasteita yhtäläisille vaikutteille ja osoittivat, että alipaineen lisääminen johti sekä perfuusion lisääntymiseen, että vähentymiseen ja myös muuttumattomuuteen perfuusiosta. Kahdessa tutkimuksessa on saatu eri tulokset käyttäen kuitenkin samaa mittausmenetelmää. Ei tiedetä, liittyvätkö nämä erot näiden kahden tutkimuksen välillä tutkimustenvälisiin menetelmällisiin eroihin (koe-eläintyö 5 sialla / kliininen tutkimus 7 potilaalla; keinotekoinen komplisoitumaton haava excision jälkeen/laskimoperäinen säärihaava; rasvakerroksessa tapahtuva mittaus/haavanreunassa ja iholta tapahtuva mittaus). Näiden tutkimusten pohjalta alipaineen aiheuttamaa verenkierron lisääntymistä ei voida osoittaa.

Oletettu perfuusion lisääntyminen johtaisi haavareunojen parempaan hapen saantiin. Lange ym. eivät kuitenkaan onnistuneet tutkimuksessaan demonstroimaan kudosten happiosapaineiden muutoksia alipaineimuhoidon aikana hyödyntäen polarografista mittausmenetelmää. Banwell & Kamoiz ja Schrank ym. – tutkimuksissa ei myöskään pystytty osoittamaan alipaineimuhoidon liittyvää lisääntyvää verenkiertoa. Nämä tutkimusryhmät havaitsivat alipaineimuhoidosta olevan hyötyä palovammojen varhaisessa hoidossa (>24 tuntia hoidon aloittamisesta), jossa alipaineimuhoidosta oli hyötyä verenkierrolle. On kuitenkin huomioitava, että alipaineimuhoidon aiheuttaa painetta kudokseen, mikä yleensä johtaa lisääntyneeseen turvotukseen tapaturman jälkeen. Joten ravinteita tuovan verenkierron paraneminen johtuu luultavimmin epäsuorasta alipaineimuhoidon turvotusta vähentävästä vaikutuksesta kuin varsinaisesta perfuusion lisääntymisestä.

Tälle voi löytyä myös erilainen selitys. Näissä tutkimuksissa perfuusio mitattiin vasta komprimoivan alipaineimuhoidon poistamisen jälkeen. Haavasidoksen tuottaessa enemmän tai vähemmän painetta haavaan riippuen alipaineimun voimakkuudesta, ilmoitettu perfuusion lisääntyminen voi johtua reaktiivisesta hyperemiasta. Sidoksen poiston jälkeiset mittaustulokset eivät ole todiste perfuusion lisääntymisestä, kun alipaineimusidos on paikallaan. Tämä mahdollisuus on myös otettu huomioon, kun on tulkittu Chen ym. tuloksia. He havaitsivat kapillaarien läpimitan ja verimäärän lisääntyvän alipaineimuhoidon 'aikana' analysoimalla haavan mikroverenkiertoa mikroskoopilla ja kuvamallin analyysillä.

Nivushaavoissa ja sternotomiahaavoissa Wackenfors ym. osoittivat tutkimuksessaan, että kun käytetään -50-200 mmHg alipainetta, riippuen käytettävästä alipaineesta, hyperperfuusiota ilmenee haavan reunaan kiinnittyneessä ihonalais- ja lihaskudoksessa (1,0-2,6 cm vs. 0,5-1,7cm) vaikka hyperperfuusiota ilmenee 3-3,5cm (ihonalainen kudosis) versus (1,5-2,5 cm (lihas), eikä muutoksia ilmenee laisinkaan 3,5 cm (lihas) ja 4,5cm (ihonalaiskudosis). Hypoperfuusion määrä lisääntyy korkeilla painelukemilla ja on riippuvainen kudostyyppistä, esimerkiksi hypoperfuusioalue mitattuna peristernaalisesta haavanreunasta, mikä laajenee 0.5 cm -50 mmHg 1.4cm saakka -200 Hg (lihas) ja 1.0 cm -50 mmHg 2.6 cm -200mmHg (ihonalaiskudosis). Lihaksessa hypoperfuusioalue on paljon pienempi. Tälle on selityksenä, että ihonalaiskudosis (rasva) painuu kasaan paineen vaikutuksesta helpommin, mikä tuottaa laajan hypoperfuusioalueen haavan läheisyyteen.

Tätä taustaa vasten, sama tutkimusryhmä tutki alipaineimuhoidon vaikutusta rintalastan alueen pehmytkudoksen verenkiertoon sisemmän rintavaltimon irrottamisen jälkeen. Tätä varten mikrovaskulaarista verenkiertoa mitattiin käyttäen laser Doppler-mittausta sian sternotomiahaavamallia. Alipaineimuhoidon vaikutusta verenkiertoon haavan reunoilla tutkittiin oikealta puolelta, missä sisempi rintavaltimo oli paikoillaan, ja vasemmalla puolella mistä sisempi rintavaltimo oli poistettu. Tutkijat huomasivat, että ennen vasemman sisemmän rintavaltimon poistoa verenkierto oli samanlaista vasemmalla ja oikealla puolella sternotomiahaavaa. Kun vasen sisempi rintavaltimo oli kirurgisesti poistettu, verenkierto vasemmalla puolella väheni ja ihoverenkierrossa ei tapahtunut muutoksia. Alipaineimuhoido (alipaine -75 mmHg ja -123mmHg) aiheutti välittömän verenkierron lisääntymisen haavan vasemmalla reunalla, mikä muistutti oikeanpuoleista verenkiertoa, missä sisempi rintavaltimo on koskematon ja vasemmalla puolella se oli poistettu. Tutkijat päättelivät, että alipaineimuhoido stimuloi verenkiertoa rintakehän seinämällä sisemmän rintavaltimon irrottamisen jälkeen. Ruotsalainen tutkimusryhmä tutki paikallisen

alipaineen vaikutusta veri- ja nestepitoisuuksiin rintalastan luuytimeen porsaalle tehdyssä sternotomiassa, missä vasemmanpuoleinen sisempi rintavaltimo oli irrotettu ja alipaineimuhoito toteutettu. MRI kuvaukset (T2-STIR –mittaukset) osoittivat, että alipaineimuhoito lisää kudostenestettä ja/tai verta sternotomian haavareunoilla ja aiheuttaa paine-eron, joka luultavasti kerää nestettä ympäröivistä kudoksista haavan reunoilta alipaineimulaitteistoon. Tämä ”endogeeninen virtaus” saattaa olla yksi mekanismeista, mihin rintalastan osteiitin hoito alipaineimuhoidolla perustuu.

Muita todisteita alipaineimuhoidon vaikutuksista kudostenperfuusioon venytetyissä kudoksissa, jotka ympäröivät avointa haavaa, saatiin käyttäen mikroskooppista videota. Käyttäen laser Doppler tekniikkaa, on osoitettu merkittävää lisääntymistä suhteellisessa perfuusiassa terveellä iholla terveillä vapaaehtoisilla tutkimushenkilöillä. Myös O2C-laitteen alustavan tutkimuksen tiivistelmä osoitti, jälleen terveille vapaaehtoisille, jonkin verran perfuusion lisääntymistä kertakäyttöistä alipaineimuhoitolaitea käytettäessä. On mahdollista, että vierekkäisten hypo- ja hyperperfuusioalueiden muodostuminen voi johtaa parempaan hapen ja ravinteiden saantiin kudoksessa sekä parantaa antibioottien imeytymistä ja poistaa kudosjätteitä. Lisääntyneen verenkierron takana olevaa mekanismeja ei ole vielä tunnistettu, mutta arvellaan negatiivisen paineen johtavan kudoksessa kapillaarien avautumiseen ja sitä kautta lisääntyneeseen verenkiertoon. Kuten *in vitro* - ja *in vivo* – tutkimukset osoittavat, verenvirtaus vähenee negatiivisen paineen komprimoidessa kudoksia. Kun kudoksen perfuusio vähenee, angiogeeniset tekijät vapautuvat uusien verisuonten muodostumisen stimuloimiseksi. Tämä voi edesauttaa granulaatiokudoksen muodostumista ja haavan paranemista. Käyttämällä toista tekniikkaa mikroverenkierron visualisoimiseksi intravital mikroskopointi-menetelmän avulla eläinkokeessa Sano ym. osoittivat merkittävän verenvirtauksen kasvun minuutin kohdalla alipaineimuhoidon aloittamisesta. Tähän tulokseen vaikuttaa typpioksidi. Toisessa äskettäisessä tutkimuksessa Hu ym. tutkivat alipaineimuhoidon vaikutusta ja mekanismeja yhdistettynä vapaaseen luunsiirteeseen edistääkseen luunsiirteeseen vaskularisaatiota. Röntgenkuvauksen, fluorisoidun luun merkitseminen, kalluksen kalsiumtartunnan mittaamisen ja fibroblastisen kasvutekijä 2:n ilmentymisen luunsiirroissa Western blot - analyysillä osoittivat, että kallus oli suurempi, sisälsi enemmän kalsiumia ja ilmaisi FGF-2 korkeammilla pitoisuuksilla alipaineimuhoidon ryhmässä. Niinpä alipaineimuhoito yhdistettynä vapaaseen luunsiirteeseen tehosti luunsiirron vaskularisaatiota. Tutkimalla kaikkia julkaisuja, jotka tässä ovat esillä, voidaan olettaa alipaineimuhoidon tuottavan muutoksia mikrovaskulaarisessa verenkierrossa. Tämä riippuu käytetystä paineesta, etäisyydestä

haavan reunaan ja kudostyyppistä. Voi olla hyödyllistä säätää käytettyä alipaineen määrää alipaineimuhoitossa riippuen alipaineimuhoitokohdeena olevasta kudoksesta. Alipaineimuhoitokohdeena käytettävä korkeamman paineen taso vaikuttaa heikentävästi haavan mikroverenkiertoon. Korkeilla painetasoilla voi esiintyä iskemiaa ihonalaiskudoksessa.

### Angiogeneesi ja granulaatiokudoksen muodostuminen

Granulaatiokudos on yhdistelmä pieniä verisuonia ja sidekudosta, jotka muodostavat haavapohjan. Se tarjoaa ravinteikkaan matriisin, joka sallii epidermiksen solujen vaeltamisen haavan yli. Angiogeneesi ja todisteet tämän kaltaisille tapahtumille on kuvailtu diabeetikkoheijonilla, jossa havaittiin korkeat VEGF - pitoisuudet haavan reuna-alueilla alipaineimuhoitokohdeena.

### Bakteerikannan muutokset ja immunologiset vaikutukset

Alipaineimuhoidon tarjoaa haavan paranemiselle suljetun ympäristön ja peittokalvo tarjoaa suojan ulkopuolisia infektioita vastaan ja lisäksi sen on sanottu vähentävän bakteerikantaa haavapinnalla. Useissa julkaisuissa haavainfektion ja bakteerikuormituksen väheneminen on kuvattu toissijaisina haavan paranemiseen vaikuttavina tekijöinä. Tästä on tehty vain kaksi tutkimusta, Morykwas ym. sekä Moues ym. ovat verranneet alipaineimuhoitokohdeiden vaikutusta perinteisiin haavahoitomenetelmiin. Koe-eläintutkimuksessa (5 sikaa) akuutteihin keinotekoisin haavoihin istutettiin Gram-positiivista kokkia (kahteen sikaan pistettiin *Staphylococcus aureus*-bakteeria ja kolmeen *Staphylococcus epidermidis*-bakteeria) ja tutkittiin haavan puhdistumista bakteereista. Moues ym. analysoivat 50 bakteerityypin puhdistuman 54 eri-ikäisen potilaan erityyppisestä haavasta. Tämä suotuisa tulos antaa olettaa alipaineimuhoitokohdeiden olevan toimiva hoitomenetelmä bakteerikannan vähentämiseksi ainakin akuuteille keinotekoisille haavoille sekä infektiohaavoille, mikäli hoito-olosuhteet ovat suotuisat. Toinen tutkimus kuitenkin osoitti bakteerikantojen pysyvän korkeina alipaineimuhoitokohdeiden käytettävissä haavasienessä ja osoitti, että haavasienen vaihtaminen ei vähennä bakteerikuormitusta haavassa.

Moues ym. tutkimuksen tulosta voidaan pitää ristiriitaisena. Vaikka tutkimuksessa osoitetaan bakteerikannan vähentyvän haavakudoksissa, rajoittuu bakteerikannan vähentyminen vain Gram-positiiviseen stafylokokkibakteeriin. Vastoin kuin Morykwas ym., jotka tutkimuksessaan havaitsivat Gram-positiivisen stafylokokkibakteerin lisääntyvän haavakudoksessa

alipaineimuhoidon aikana. Moues ym. tutkimuksen kaksi potilasryhmää olivat valitettavasti kuitenkin niin epähomogeenisiä iän ja haavan etiologian puolesta, että näitä kahta potilasryhmää on mahdotonta tutkia niin, että tutkimustulos olisi luotettava. Kaksi-kolme viidesosaa potilaasta Mouesin tutkimuksessa söivät antibiootteja tutkimusperiodin aikana ja tämä saattoi vaikuttaa potilaiden bakteerikantaan. Tutkimuksessa ei ole selvitetty tutkittavien haavojen bakteerikontaminaatiotasoa hoidon alussa. Sitä, onko tutkimuksessa tutkittu akuutteja vai kroonisia haavoja, ei myöskään avata tutkimuksessa. Tämä tutkimus kuitenkin havainnollistaa, että alipaineimuhoido ei aina aiheuta bakteerikuormituksen määrällistä vähentymistä hoidettavassa kontaminoituneessa haavassa. On jopa mahdollista, että jokin bakteerilaji voi lisääntyä alipaineimuhoidon aikana. Tämä on huomattu myös Weed ym. Retrospektiivisessä tutkimuksessa, missä bakteerikuormitusta haavassa tutkittiin ennen ja jälkeen alipaineimuhoidon, sekä sen aikana. Tässä tutkimuksessa huomattiin bakteerimäärän kasvavan 43% tapauksista, pysyvän entisellään 35 % tutkimustapauksista ja laskevan vain 22% tapauksissa. On huomioitavaa, että alipaineimuhoidon toimivuus tapauskohtaisesti ei liittynyt mitenkään bakteerikuormitusten muutokseen. Jokaisessa näissä kolmessa mainitussa tutkimuksessa havaittiin haavan paranevan haavan mahdollisesta bakteerikuormituksesta huolimatta. Haavat joissa oli bakteerikuormitusta  $>10^6$  bakteeria/kudosgramma paranivat ongelmitta, kun taas jotkut haavat eivät parantuneet lainkaan mitättömästä bakteerikuormituksesta huolimatta ( $<10^5$  bakteeria/kudosgramma). Herää siis kysymys, täytyykö alipaineimuhoidettavan haavan bakteerikuormitus huomioida paranemista heikentävänä tekijänä. On myös epävarmaa, vaikuttaisiko lyhyempi sidosvaihdosväli positiivisesti bakteerikannan heikkenemiseen. Kokonaisuudessaan on todennäköistä, että akuuttien, keinotekoisesti pinnallisesti kontaminoitujen haavojen (kuten Morykwasin tutkimuksen haavamallit) puhdistaminen onnistuu alipaineimuhoidolla huomattavasti helpommin kuin kroonistuneiden haavojen, jotka ovat kontaminoituneet syvemmältä. Tiivistetysti ei voida todeta varmaksi alipaineimuhoidon poistavan bakteerikuormitusta haavoista. Hoidon onnistumisen kannalta on joka tapauksessa tärkeää puhdistaa hoidettava haava kunnolla mekaanisesti sidevaihtojen yhteydessä mikro-organismien poistamiseksi. Yleisesti tiedossa on, että suurin osa hoidettavista haavoista sisältää biofilmiä, joita on vaikea hoitaa ilman säännöllistä puhdistusta, sillä bakteerikuormitus palaa entiselleen 48-72 tunnin päästä viimeisestä puhdistuksesta.

Vain muutama julkaisu on pyrkinyt selvittämään alipaineimuhoidon patofysiologisia mekanismeja paikallisessa ja systeemissä immunologiassa. Aktiivisten t-lymfosyyttien kertymä voitaisiin selvittää alipaineimuhoidossa käytettävästä haavasienestä. Tämä löydös voisi osoittaa, että

haavasientä ei tulisi pitää immunologisesti reagoimattomana bakteereille, sillä haavaan voi kertyä immunologisesti monikykyisiä soluja ja immunologisesti merkittäviä reaktioita voi tapahtua haavatäytteen ja kudoksen välissä. Kuitenkin on todettu, että granulosyyttien määrä haavoissa väheni alipaineimuhoidon aikana. Butterschoenin mukaan alipaineimuhoidolla ei vaikuta olevan suurta vaikutusta koko kehon tulehdusreaktioon. Merkittäviä muutoksia ei ole raportoitu Interleukiini-6:ta mittaamalla. IL-6 pidetään erittäin herkästi reagoivana koko kehoa koskevia tulehdusreaktiota mitatessa. Tutkimuksessa ei onnistuttu osoittamaan, millä asteella endotoksiiniarvot ovat merkki onnistuneesta systemaattisesta alipaineimuhoidosta. Kaksi muutakaan tutkimusta eivät ole onnistuneet selvittämään sytokiiniverkon vaikutteisuutta alipaineimuhoidolle.

#### Molekyylimekanisimit haavan paranemisessa

Alipaineimuhoidon positiiviset hyödyt ovat yhteydessä solutoimintojen imulähtöiseen stimulaatioon, proteiinisynteesiin sekä geeniekspressioon ja matriisimolekyyli synteesiin ja soluproliferaatioon. Tätä selitystä käytetään enemmänkin sen tutkimustuloksen analogiana, joka tutki kalluksen venyttymistä. Itseasiassa on tuskin olemassa yhtään tutkimusta alipaineimuhoidon vaikutuksesta pelkästään solutasolla.

Walgenback osoitti tutkimuksessaan endoteelisolujen aktiivisuuden kasvavan granulaatiokudoksessa alipaineimuhoidon jälkeen. Kopp ym. tutkimuksessa analysoitiin neuropaattisten diabeettisten jalkahaavojen haavaeritettä, ja kasvutekijäpitoisuuksien huomattiin nousevan sekä alipaineimuhoidossa että hydrokolloidisidoshoidossa. Haavoja, joiden haavaeritteessä on korkea endogeeninen sytokiinipitoisuus, ei voida pitää helpommin paranevina. Useat tutkimukset osoittavat edellä mainittujen sytokiinien eksogeenisen soveltamisen vaikuttavan suotuisasti haavan paranemiseen. On mahdollista, että alipaineimuhoido, joka mahdollistaa korkeamman VEGF ja PDGF kasvutekijöiden pitoisuuksien lisääntymisen, mahdollistaa haavojen nopeamman paranemisen. On kuitenkin huomattava, että on olemassa epälineaarinen vuorovaikutus sytokiiniverkossa.

Proteasien roolia arvioi Succar tutkimuksessaan vuonna 2014, jossa osoitettiin, että hiiren syöttösoluproteaasit 4, 5 ja 6 ovat kriittistä roolia esittävien Mast-solujen välittäjiä alipaineimuhoidon proliferatiivisessa paranemisvaiheessa.

Alipaineimuhoidon molekyylimekanismien systemaattisessa tarkastelussa Glass ym. esittävät, että sytokiini- ja kasvutekijät vaikuttavat sytokiinimuutoksiin alipaineimuhoidon aikana. Tämä johtaa anti-inflammatoriseen sekä mekanoreseptori- että kemoreseptorivälitteiseen soluviestintään, mikä huipentuu angiogeneesiin, soluväliaineen uudelleenmuodostumiseen sekä granulaatiokudoksen muodostumiseen.

Solunjakautumisen kontrolliproteiinia 42 käytettäessä (Cdc42) paikkaa ja aikaa hyväksi solukalvolla vakiopaineessa, voidaan osoittaa, että alipaineimuhoido saattaa edistää solujen vaeltamista ja kiihdyttää haavan paranemista

Alipaineimuhoidon vaikutusta tutkittaessa hypoksia-indusoituun tekijäl alfa (HIF-1alfa) on osoitettu, että HIF-1alfan ekspressio ja VEGF määrä lisääntyvät alipaineimuhoidossa. Tämä parantaa vaskulaaristen endoteelisolujen differentaatiota ja tumallisten verisolujen rakentamista, mitkä ovat hyödyllisiä vaskularisaatiolle ja haavanparanemiselle.

Hypoteesi on, että alipaineimuhoido lisääsi pro-angiogeneettisten tekijöiden muodostumista ja edistää granulaatiokudoksen muodostumista sekä paranemista. Jacobs osoitti, että alipaineimuhoidetut haavat osoittivat merkittävän nopeaa haavan umpeutumista, lisäsivät pro-angiogeneettiisten kasvutekijöiden tuotantoa ja paransivat kollageenia.

Ensimmäiset tutkimukset molekyylimekanismeista alipaineimuhoidossa esittävät geeniekspressioiden muuttuvan alipaineimuhoidon johdosta. Leikkauksen jälkeisiä geeniekspressiomuutoksia vertailtiin alipaineimuhoidopotilaiden ja kontrollipotilaiden välillä ja tässä huomattiin suuria eroja geeniekspressioiden välillä paranemisaikana. Nämä muutokset vaihtelivat 10-kertaisesta induktiosta 27-kertaiseen suppressioon. Eniten indusoidut geenit liittyivät soluproliferaatioon ja down-reguloidut geenit olivat yhteydessä epidermiksi erilaistumiseen. Alipaineimuhoido parantaa spesifistä tulehduksellista geeniekspressiota akuutissa vaiheessa, mihin liittyy epiteelin vaeltamista ja haavan paraneminen. Alipaineimuhoidon jatkuva käyttö saattaa kuitenkin estää epiteelikerroksen erilaistumista. Alipaineimuhoido vaikuttaa myös fibroblastin kasvun säätelyyn (bFGF) ja solunulkoisen kinaasin säätelyyn (ERK), mikä saattaa vaikuttaa alipaineimuhoidettavan haavan parantuvuuteen.

Alipaineimuhoido vaikuttaa proinflammatoristen sytokeenien muodostumiseen akuuttien tulehtuneiden haavojen haavakudoksessa tai – nesteessä (syvä haava, kanit). Tutkijat pystyivät

demonstroimaan IL-1alfa ja IL-18 muodostumista varhaisessa tulehdusvaiheessa, mikä saattaa laukaista neutrofiilien kerääntymistä ja siten kiihdyttää bakteeripuhdistumia.

Vaikutus paikallisiin antibioottipitoisuuksiin

Koiriin kohdistuvassa tutkimuksessa (Coutin ym.) alipaineimuhoidoa käytettiin kirurgisesti tehtyihin haavoihin, ja tämä ei tilastollisesti vaikuttanut kefatsoliinin kudospitoisuuksiin, kun vertauskohteena käytettiin tavanomaista tarttumatonata sidoshoitoa.

Kefatsoliinin kudospitoisuus ja plasmapitoisuudet mitattiin nestekromatografialla (LC-MS/MS). Leikkauksen ja jokaisen sidosvaihdoksen yhteydessä haavan pinnalta otettiin pyyhkäisyviljelynäyte, joka lähetettiin sekä aerobiseen että anaerobiseen viljelyyn. Kefatsoliinihoidon aloittamisen jälkeen haavan kudoksen antibiootikonsentraatiot eivät vaihdelleet merkittävästi hoitoryhmien välillä minkään näytteenoton aikana. Kefatsoliinihoidon alkamisen jälkeen havaittiin, ettei plasman kefatsoliinipitoisuuksissa ollut merkittävää eroa minään näytteenottoaikana.

**Yleiset pääkohdat**

Hoitomenetelmästä on olemassa useita eri variaatioita. Alipaineen taso, haavasidosmateriaali (vaahto- tai harsosidos), haavan suojamateriaalien määrä, painetyyppi (jatkuva, intermittoiva tai vaihteleva) tai käytettävä huuhteluneste voidaan valita potilaan tarpeiden, sairauksien, haavatyypin tai haavan muodon mukaan. Paranemisprosessiin voidaan vaikuttaa näillä tekijöillä. Kliinistä osaamista on runsaasti, mutta valvottuja kliinisiä kokeita on tehty vain vähän, jotka voisivat tukea ajatusta siitä, että hoidon vaihtelulla voidaan vähentää komplikaatioita, kuten iskemiaa ja kipua ja optimoida hoitotulosta. Seuraavaksi esitetään näyttöä ja ajatusta hoidon yksilöllistämisestä, joita nykyään on käytössä. Jokaisen modifikaation peruste lyhyesti:

- Painetaso / imuvoima
- Imun lähde (paristokäyttöinen hoitoyksikkö, huuhtelujärjestelmä)
- Intermittoiva tai jatkuva hoitomuoto
- Haavasidosmateriaalit (polyuretaanivaahtosidos, polyvinyylialkoholivaahtosidos, harsotaitos)



- Haavan suojamateriaalit
- Alipaineimuhoido ja tekodermis
- Kudosten ja elinten suojaaminen
- Kivunhoito
- Alipaineimuhoido ja lisähoidot
- Muut seikat

#### Painetaso / imuvoima

On yhä enemmän näyttöä siitä, että alipaineimuhoidon tehokkaan painetason tulee olla välillä -50mmHg ja -150mmHg. Saatavilla on kuitenkin niukasti tietoa kliiniseen käyttöön tarvittavan alipaineen optimaalisesta tasosta. On pohdittu alipaineen säädeltävyyttä erilaisissa kliinisissä tilanteissa. Paineen jakautuminen haavaan riippuu haavasienen suorasta kontaktista haavapintaan. Jos kudokse ei ole kontaktissa haavasieneen, siihen ei kohdistu imuvoimaa, kuten sternotomiatutkimuksessa on osoitettu. Suojamateriaalit heikentävät hieman kudokseen kohdistuvaa alipainetta.

Morykwasin ym. koe-eläintutkimuksissa -125 mmHg esitettiin olevan ihanteellinen painetaso uudiskudostumisen ja haavan puhdistumisen kannalta. Alipaineen säätelyn mahdollisuudet todettiin tarpeellisiksi joissakin tapauksissa, kuten esimerkiksi kivuliaiden potilaiden haavanhoidossa. Alle -125 mmHg alipaineimutaso voi olla tarpeen myös huonosti perfusoidun kudosten kohdalla.

Tutkimukset antavat luotettavaa näyttöä siitä, että haavasienen ja haavapinnan (haavasienen alla) välillä on todettu positiivisia painelukemia. Mielenkiintoinen löydös on, että kudoksessa paine onkin positiivinen, ei siis negatiivinen. Kieleketutkimuksessa todettiin positiivinen paine +8 mmHg:stä +12 mmHg:iin saakka, kun alipainetehoa muutettiin -50 mmHg:stä -150 mmHg:iin. Kairinos ym. tutkimuksessa (prosessoidun lihan haavamalli) osoitettiin paineen nousevan 1cm ulottuvuudella haavan reunoista ja myös ohuissa siirteissä alipaineimuhoidoa käytettäessä. Tutkimuksessa paine vaihteli -6mmHg aina 1-5mmHg asti (korkein arvo 200mmHg imupaineella) naudan lihaksessa ja ihmislihaksessa 1-3mm syvyydessä. Voidaan siis olettaa, että ainakin paikoitellen haavasienessä alipaineimuhoido aiheuttaakin positiivisia painelukemia. Eri painetasojen vaikutusta haavan paranemiseen on tutkittu useissa eri tutkimuksissa. Näissä tutkimuksissa on tutkittu haavan paranemista ja uuden granulaatiokudoksen muodostumista -25, -125 ja -500mmHg

painetasoilla sekä -25, -50, -75 ja -150mmHg painetasoilla. Kaksi tutkimusta osoittavat että -25mmHg alipaine on epäsuotuisampaa kuin -125mmHg alipaine. Vain yhdessä tutkimuksessa haavan osoitettiin paranevan -500mmHg alipaineella ja yksi tutkimus osoitti -50 - -150mmHg alipaineen aiheuttavan haavan paranemista. Imupaineilla -50, -75 ja -125mmHg ei osoitettu olevan haavaa parantavaa vaikutusta. Valitettavasti yksikään tutkimusryhmä ei analysoinut alipainetehoa -50 mmHg:sta -200 mmHg:iin, mikä on yleisin käytetty hoitotasoa alipaineimuhoidossa kaupallisilla laitteilla. Jopa -40mmHg matalaa painetasoa voidaan hyödyntää herkille, huonosti perfusoituneille kudoksille. Nämä alipainetasot osoitetusti aiheuttavat verenkierron nousua vain puoleen maksimaalisesti tasosta porsailta toteutetussa haavatutkimuksessa. Sama tutkimus osoitti, että yli -80mmHg alipaine on harvoin tarpeen. Toisessa samankaltaisessa tutkimuksessa kuitenkin osoitettiin, että eritteenpoisto saattaa parantua -125mmHg imupaineella. Tätä imupainetta voitaisiin käyttää ensimmäisten muutaman hoitopäivän ajan runsaasti erittävien haavojen hoidossa, minkä jälkeen painetasoa voitaisiin laskea eritemäärän vähentyessä.

Matalat painetasot eivät välttämättä tehoa, kun taas korkeat painetasot voivat vaikuttaa haitallisesti mikroverenkiertoon. Yleensä suositellaan käytettäväksi -75 ja -125 välistä alipainetta. Yleisimmin alipaineimuhoidossa käytetään -125mmHg imupainetta 1997 julkaistun tutkimuksen mukaan. Koe-eläintutkimukset sioilla ovat osoittaneet, että suurimmat biologiset vaikutukset, kuten haavan kontraktio, paikallinen verenkierron paraneminen ja granulaatiokudoksen muodostuminen haavassa saavutetaan parhaiten -80mmHg painetasolla. Tuore tapauselostus julkaisu osoittaa, että alle -125mmHg alipaine johtaa erinomaiseen haavan paranemiseen.

Korkeiden painetasojen on todettu aiheuttavat laajempia hypoperfuusioalueita.. Haavan pienenemisessä ei ole huomattu merkittäviä eroja alipaineiden -50, -75 ja -125 mmHg välillä. Voidaan olettaa, että painetason laskulla -125mmHg:stä -100mmHg:iin ei ole haavaan haitallista vaikutusta ja painetason lasku suojaa huonosti perfusoituvaa kudosta. Tätä tulosta tukee sikatutkimus, missä hypoteesina oli, että alipaineimuhoidon soveltuu parhaiten alipaine, joka vaikuttaa parhaiten haavaan liittyviin sytokiineihin. Bakteerimäärää analysoitaessa tutkittiin histologisesti ja immunohistokemiallisesti VEGF ja bFGF -ilmentymiä. Tutkimuksessa huomattiin korkeaa alipainetta ja maltillisempaa painetasoa vertaillen, että maltillinen painetaso vaikutti haavan paranemiseen granulaatiokasvun, angiogeneettisten tekijöiden kehittymisen ja kollageenin kehittymisen kannalta paremmin kuin korkeat painetasot.

Painetasoon on kiinnitettävä erityistä huomiota hoidettaessa haavoja, missä on riski iskemiaan esim. säären ympärillä olevat alipaineimusidokset, ASO-haavat, diabeetikon jalkahaavat tai jos potilas voi kokea kovaa kipua alipaineimuhoidon aikana. Näissä tilanteissa ei tule käyttää korkeaa alipainetta, sillä se voi aiheuttaa iskeemisiä vaurioita kudoksiin.

Yhteenvedon voidaan todeta, että -75mmHg:n ja -125mmHg:n välillä olevaa alipainetta voidaan käyttää, mutta alipaineen voimakkuuden säätelyä tulee harkita, kun hoidetaan herkkiä, huonosti perfusoitua kudosta tai runsaasti erittäviä haavoja.

#### Alipaineen lähde

Tänä päivänä on saatavilla monia erilaisia alipaineimuhoidovälineitä. Yleisimmin ne ovat akkukäyttöisiä tai mekaanisia. Kaikki alipaineimuhoidovälineet sallivat potilaan liikkumisen ja kotihoidon. Jotkut akkukäyttöisistä alipaineimuhoidovälineistä käyttävät sähköisesti toimivaa säätelyjärjestelmää, joka takaa painetason säilymisen esimerkiksi -50 - -200mmHg tasolla, vaikka haavasidoksessa ilmenisikin pieniä ilmavuotoja.

Valitun painetason ylläpitävä ja potilasturvallinen sähköinen säätelyjärjestelmä ei kuulu kaikkiin mekaanisiin laitteisiin. Ohjelmoitu hälytysääni varoittaa hoitohenkilökuntaa ja potilasta, mikäli alipaineimuhoidossa ilmenee isoja ilmavuotoja, imuletkun tukkiintumista tai säiliö täyttymistä (säiliön tilavuus 125ml:sta 1000ml:an). Nämä hoitoyksiköt on suunniteltu vähentämään komplikaatioriskejä ja havaitsemaan vikoja tehokkaasti. Mobilisoituneen potilaan hoidossa tulisi käyttää pienempiä alipaineimulaitteita, jotka voi helposti kiinnittää potilaan olkapäähän tai kaulalle hihnan avulla. Tällainen hoitomuoto on erittäin suositeltavaa kotihoidossa. Osa pienemmistä hoitovälineistä ovat kertakäyttöisiä alipaineimuhoidolaitteita, jotka tuottavat painetason -80 ja -125mmHg välillä. Jotkut näistä kertakäyttöisistä alipaineimuhoidovälineistä ovat säiliöttömiä ja imevät haavaeritettä imukykyisiin ja erittäin hengittäviin sidoksiin.

Perinteiset alipaineimuhoidojärjestelmät toimivat sähkökäyttöisillä pumpuilla, jotka luovat alipaineen haavan. Vuodesta 2010 eteenpäin on kehitetty kannettavia alipaineimuhoidolaitteita, jotka hoitavat haavoja ilman elektronisesti toimivaa pumppua. Nämä kannettavat ja kevyet pienikokoiset laitteet toimivat mekaanisesti ja luovat jatkuvan subatmosfäärisen -75 – -125mmHg alipaineen hoidettavaan haavaan. Verrattuna sähköllä toimiviin alipaineimuhoidojärjestelmiin, kannettavat hoitolaitteet toimivat pienien haavojen hoidossa yhtä tehokkaasti. Nämä mekaaniset

alipaineimuhoidolaitteet ovat osoittautuneet yhtä tehokkaiksi ja helppokäyttöisiksi niin potilaiden kuin klinikkojen mielestä verrattuna sähköllä toimiviin alipaineimuhoidolaitteet.

#### Jaksottainen vai jatkuva hoitomuoto

Erilaiset hoitolaitteet mahdollistavat myös hoitomuodon valitsemisen alipaineimutasosta jaksottaisen tai jatkuvan hoitomuodon valitsemiseen. Alipaineimuhoidoa käytetään yleisimmin jatkuvalla hoitomuodolla. Jaksottaisessa alipaineimuhoidomuodossa on käytössä on/off-toiminto. Sitä usein käytetään syklisesti niin, että hoito on käynnissä 5min ja sen jälkeen 2min tauolla. Jaksottainen alipaineimuhoido mahdollistaa kahden eri alipaineimutason hyödyntämistä hoidossa. Kokeellisista tutkimuksista on saatu näyttöä, että jaksottainen alipaineimuhoido saattaa olla haavan paranemisen kannalta parempi hoitomuoto. Morykwas ym. osoittivat tutkimuksessaan, että granulaatiokudoksen muodostuminen on huomattavasti suurempaa jaksottaisessa hoidossa kuin jatkuvassa hoitomuodossa. Toisaalta jaksottainen alipaineimuhoido saattaa aiheuttaa potilaalle enemmän kipua. On kuitenkin huomattava, että uudet painesyklit, missä painetta ei laskettaisi 0mmHg vaan imua laskemalla ajoittain noin 50%, voisivat ylläpitää suurinta uudisverisuonimuodostusta sekä merkittävästi vähentää kipua verrattuna perinteiseen jaksottaiseen hoitomuotoon. Käyttämällä vaihtelevia alipaineimuhoidotasoja jaksottaisessa hoitomuodossa, potilaan epämukavuus väheni ja samanaikaisesti ylläpidettiin ihanteellista haavanparanemisolosuhteita. Alipaineimuhoidon jaksottaista hoitotapaa käytettäessä haavaan kohdistuu mekaanista stimulaatiota (hierova vaikutus) ja suurempaa verenkierrollista stimulaatiota, hapen tarjontaa ja angiogeneesiä, sekä mahdollisesti iskemian riski vähenee.

Suosittelavaa olisi käyttää jatkuvaa hoitomuotoa hoidon ensimmäisten 24 tunnin ajan ja sen jälkeen siirtyä jaksottaiseen alipaineimuhoidoon. *In vitro* -mallissa infektoitunutta haavaa, jossa ei ollut verenkiertoa, tutkittiin hoitamalla sitä monilla eri alipaineimuhoidomuodoilla, jotta voitiin tutkia jatkuvan ja jaksottaisen hoidon eroja ja niiden vaikutusta *Eschericia coli*-bakteeriin. *Eschericia coli* -bakteerien määrä kasvoi enemmän jaksottaisessa alipaineimuhoidossa kuin jatkuvassa hoitomuodossa. Lisäksi hoito oli tehokkaampaa, kun jaksottaisessa hoidossa käytettiin lyhyen syklin hoitomuotoa. Tulee kuitenkin muistaa, että kliinisessä hoidossa jatkuva hoitomuoto on edelleen kaikkein käytetyin alipaineimuhoidomuoto. Tällä ei ole tutkimustulosten antamaa tieteellistä tukea, missä jaksottainen hoitomuoto on haavan paranemisen kannalta parempi vaihtoehto kuin jatkuva hoitomuoto. Erityisolosuhteissa (haavassa on peritoneum paljaana

/hoidetaan varvasvälihaavoja tai tunnelinmuotoisissa haavoissa / sternotomiahaavoissa / runsaasti erittävissä haavoissa / käytettäessä alipaineimuhoitoa ihonsiirteiden tai kielekkeiden hoidossa) on hoitomuodon valintana jatkuva alipaineimuhoito.

#### Haavan täytemateriaalit

Alipaineimuhoitoa varten on tärkeää täyttää haava puristuvalla, huokoisella materiaalilla. Tätä varten on kehitetty vaahtosidoksia ja harsosidoksia, joita on saatavilla eri kokoisilla huokoisilla ja eri tyyppisinä. Useat tutkimukset ovat osoittaneet, että haavan täytemateriaalilla on merkittävä vaikutus haavan paranemisessa. Alipaineimuhoitoa varten on luotu useita eri haavan täytemateriaalivaihtoehtoja, kuten PVA vaahto, joka oli ensimmäinen haavan täytemateriaalivaihtoehto (vuodesta 1988 huokoskoko 60-1500 $\mu$ m). PVA vaahto on kiinteä ja jäykähkö sidos, mihin kudoks ei pyri kasvamaan kiinni. Nykyään polyuretaanivaahto on yleisin haavan täytemateriaali, joka esiteltiin ensi kertaa vuonna 1997 ja on huokoskooltaan 400-600 $\mu$ m ja väriltään musta. Se kiinnittyy varsin vahvasti mekaanisesti haavaan vain 3-4 käyttöpäivän jälkeen, mikä johtuu granaatiokudoksen tarttumiseen siihen. Vaahtosidos tulisi vaihtaa 2-3 käyttöpäivän jälkeen. Vuonna 2007 harsosidos esiteltiin alipaineimuhoidossa käytettävänä haavan täyttömateriaalina. Harsosidos on spiraalin muotoinen ja kyllästetty antiseptisellä aineella (0.2% PHMB). Useat tutkimukset ovat osoittaneet sideharsotaitoksen olevan toimiva haavan paranemisen kannalta. On huomattava, että paine jakautuu samanlaisesti vaahtosidoksessa ja harsosidoksessa, kun niitä käytetään kuivissa haavoissa. Näiden kahden haavan täytemateriaalin erot ovat lähinnä materiaaliset eroavaisuudet ja materiaalin mekaaninen vaikutus haavaan, mikä on osoitettu porsastutkimuksessa. Kosteassa haavassa harsosidosta käytettäessä tulisi sidokseen istuttaa rei'itetty imuletku, jotta haavaan kohdistuisi hyvä paineen johtuminen. Mikro- ja makromuutosten tasot haavassa ovat samankaltaisia alipaineimuhoidossa, oli hoidossa käytetty kumpaa tahansa sidosvaihtoehtoa.

Alipaineimuhoidon biologiset vaikutukset vaihtelevat haavan täytemateriaalin mukaan. Verenkierron osoitettiin vähenevän 0,5cm lateraalisesti haavojen reunoilta ja lisääntyvän 2,5cm haavan reunoilta, mutta 5,0cm haavan reunoilta verenkiertoon ei ollut vaikutusta. Verenkierron lisääntyminen oli samankaltaista kaikkia haavan täytemateriaaleja käytettäessä. Verenkierron heikentymistä ilmeni enemmän vaahtosidosta käytettäessä. Haavan kontraktiota havaittiin enemmän

vaahtosidosta käytettäessä. Haavanesteen kertyminen oli vähäisempää vaahtosidosta käytettäessä, mutta nestettä kertyi enemmän haavaan, kun käytettiin bakteereita ja sieniä sitovaa verkkosidosta.

Alipaineimuhoidossa haavatäytemateriaali on valittava haavakohtaisesti, jotta voidaan optimoida hyödyt ja minimoida haitat. Haavan täytemateriaalin valinta voidaan tehdä haavan muodon, haavan ulkonäön, potilaspalautteen, mahdollisten infektioiden ja arven muodostumisen perusteella.

#### Haavan muoto

Haavoja on olemassa montaa eri tyyppiä ja muotoa. Haavat voivat olla yhtenäisiä, epätasaisia tai reunoiltaan epäsäännöllisiä ja niissä voi olla tai olla olematta onkaloitumista. Vaahtosidos voi muotoutua paremmin yhtenäismuotoiseen haavaan, kun taas harsosidos voi olla helpompi laittaa epäsäännölliseenmuotoiseen haavaan tai onkalohaavaan, koska se voidaan helpommin muotoilla haavan muotoihin sopivaksi. Erilaisia haavan täytemateriaaleja voidaan myös yhdistellä. Syvissä haavoissa molempia täytemateriaaleja voidaan käyttää täyttämään haava tehokkaasti. Ohuen ihonsiirrealueen päälle harsotaitos sopii hyvin, koska se peittää koko haavan asianmukaisella tavalla. Alipainetta välittyy vain kudoksiin, jotka ovat haavan täytemateriaaliin välittömässä kontaktissa. Monimutkaisissa syviä taskuja sisältävissä haavoissa haavan täytemateriaali täytyy asetella huolellisesti, ja voi olla helpompaa käyttää harsosidosta koska se voidaan muotoilla haavan muotoihin. Vaahtosidos voi olla hyödyllinen siltahoidossa, koska vaahto puristuu enemmän kuin esimerkiksi harsosidos ja se myös samalla supistaa haavaa ja nopeuttaa haavan umpeutumista.

#### Erittävät haavat

Voimakkaasti erittävissä haavoissa voi vaahtosidos yhdistettynä korkeampaan painetasoon -120 mmHg olla hyödyllinen, sillä vaahto on vähemmän tiivis kuin harsosidos, ja siten korkeampi painetaso pystyy kuivattamaan haavan nopeammin.

#### Haavat, joissa on riski iskemiaan

Alipaineimuhoidon tulee käyttää varoen iskemiariskissä olevien haavojen hoidossa. Sen lisäksi, että alipaineen taso tulee laskea, täytyy klinikon valita ja asettaa huolellisesti haavan täytemateriaali. Harsosidoksesta aiheutuu hieman vähemmän hypoperfuusiota kuin vaahtosidoksesta. Harsosidos ja suuri vaahtolevyn pala aiheuttavat vähemmän haavan kontraktiota, mistä on mahdollisesti

seurauksena vähemmän kipua verrattuna pienempään vaahtosidospalaan. Yhteenvedona sellaisissa tilanteissa, joissa on riski iskemiaan, tulee harkita vähäisempää painetta (-40 - -80mmHg) ja harsosidoksen käyttöä.

#### Infektoituneet haavat

On olemassa useita haavan täytemateriaaleja, jotka on suunniteltu infektoituneille haavoille: hopeapitoinen vaahtosidos, harsotaitos, johon on lisätty polyheksametyylbiguanidia, harsosidos, johon on lisätty hopeaa. Huuhtelutekniikat sallivat haavan huuhtelun antiseptisillä liuoksilla. Näissä tilanteissa tulee käyttää hydrofiilisiä vaahtolevyjä. Bakteereita ja sieniä sitova verkkosidos on vaihtoehtoinen haavan täytemateriaali alipaineimuhoidossa ja tällöin voidaan saada merkittävä määrä granulaatiokudosta haavaan, enemmän kuin harsotaitoksella ja ilman vaahtosidoksiin liittyvää sisään kasvamisen ongelmaa.

#### Taipumus liiallisen granulaatiokudoksen muodostumiseen

Yksi alipaineimuhoidon käyttämisen haasteista on liiallisen granulaatio. Tämä voi johtaa fibroosiin, arpeutumiseen ja kuroumiin, jotka eivät ole toivottuja, kun kosmeettinen tai toiminnallinen tulos on tärkeää. Koepaloja otettaessa arvesta, mitä on haavavaiheessa hoidettu harsosidoksella, havaittiin ohuempaa ja vähemmän organisoitunutta ja vähemmän skleroottista kudosta. Siten sellaisilla alueilla kuten liikkuvilla alueilla, kuten nivelten päällä, voi olla hyödyllistä käyttää harsosidosta. Vaahtosidoksen ansiosta voi tapahtua granulaatiokudoksen nopeaa lisääntymistä ja se voi olla parempi vaihtoehto sellaisissa haavoissa, joihin toivotaan suurta määrää granulaatiota, esimerkiksi leikkauksen jälkeisissä haavoissa, kuten sternotomiahaavoissa.

Alipaineimuhoidon sidosvaihtoihin on raportoitu liittyvän kipua, minkä uskotaan johtuvan siitä, että granulaatiokudosta kasvaa vaahtosidoksessa oleviin mikroaukkoihin. Haavan vaurioituminen vaahtosidoksen poistamisen yhteydessä voi aiheuttaa ilmoitetun kivun. Perustuen sidosvaihdon yhteydessä liittyviin neuropeptideihin, jotka liittyvät inflammaatioon ja kivun välittymiseen (kalsitoniinigeeniin liittyvä peptidi, substanssi P), voi harsosidoksen käyttäminen olla yksi tapa vähentää alipaineimuhoidon liittyvää sidoksenvaihtokipua.

## Haavan suojamateriaali

Alipaineimuhoidossa haavan täytemateriaaleja (vaahto- tai harsosidosta) käytetään varmistamaan alipaineen vaikutus koko haavan pintaan. On kuitenkin olemassa tutkimuksia, joiden mukaan vaahtosidokset aiheuttavat kipua ja traumoja sidosvaihdojen yhteydessä. Tästä syystä, mikäli haavatäytemateriaalina käytetään vaahtosidosta, voidaan käyttää haavan kontaktisidoksena tuotetta, esimerkiksi bakteereja ja sieniä sitovaa verkkosidosta. Mikäli kliinikko epäilee komplikaatioita, voidaan käyttää tarttumaton kontaktisidosta, kuten parafiinia sisältävää rasvataitosta tai silikoniverkkoa haavan täyttömateriaalin alla. Haavan kontaktisidosta voidaan käyttää myös helposti vaurioituvien rakenteiden, kuten verisuonten ja hermojen ja koko haavan päällä, sillä sen uskotaan suojaavan granulaation kasvamiselta vaahtolevyn sisään.

Kliinisessä hoitotilanteessa haavan kontaktisidoksen hyödyntäminen voi vähentää sidosvaihdojen yhteydessä ilmenevää kipua, mikä on osoitettu useissa tapaustutkimuksissa. Kokeellisissa koe-eläinmalleissa (sika) on osoitettu, että haavassa, jossa on tarttumaton haavan kontaktiside, ei muodostu mikrodeformaatioita ja siinä on vähemmän granulaatiota kuin sellaisessa haavassa, jossa täytemateriaali on suoraan kosketuksissa haavaan. Syynä tähän vaikutuksen erilaisuuteen haavan täytemateriaalin ja haavan kontaktisiteen välillä on se, miten sidos ollessaan suorassa kontaktissa haavan pohjaan määrittää alipaineimun vaikutuksen haavan pohjaan. Siksi on tärkeää käyttää haavan kontaktisidetta vain, mikäli on suojeltava tärkeitä rakenteita, jotta haavan paraneminen ei hidastuisi.

## Alipaineimuhoido ja tekoiho

Tekoihojen käyttö suurissa haavoissa, joihin liittyy lisääntyneitä sairastavuutta ja kuolleisuutta, on herättänyt runsaasti kiinnostusta. Tällaisissa tilanteissa alipaineimuhoido voidaan käyttää varmistamaan tekoiho(kollageeni-elastiinidermis)levyjen kiinnittyminen haavan pohjaan. Alipaineimuhoido on tehokas yksivaiheisten tekoihojen kiinnittämisessä haavaan. On myös raportoitu hyviä tuloksia akuuteissa ja kroonisissa huonosti paranevissa haavoissa, joiden hoidossa on käytetty kaupallisesti saatavilla olevaa kaksikerroksista asellulaarista dermaalista tekoihoa, jossa on kollageeni-glykosaminoglykaanidermisosa ja silikoninen ulkokerros. Alipaineimuhoido vahvistaa tämän jälkeistä omaihonsiirteiden tarttumista. Kun alipaineimuhoido käytetään yhdessä tekoihon kanssa, on ajatuksena ensin varmistaa tekoihon paikoillaan pysyminen sekä tarttuminen ja toisessa vaiheessa lisätä sen epitelisaatiota. Hyvin verisuonitetuissa haavoissa molemmat vaiheet, jotka varmistavat tekoihon pysymisen ja vahvistavat ihosiirrettä, voidaan tehdä yhdessä



alipaineimuhoidon kanssa. Lisäksi alipaineimuhoidon saa aikaan endoteelisolujen lisääntyneen vaeltamisen haavaan, mikä on seurauksena angiogeenisestä stimulaatiosta. Useissa tapauksissa nämä yhdistelmähoidot voivat korvata mikrovaskulaarikielekeleikkauksen sellaisissa katastrofitilanteissa, joissa monet mikrovaskulaariset kielekkeet ovat epäonnistuneet sekä huonokuntoisten laajojen kolmannen asteen palovammapotilaiden hoidossa.

#### Kudoksen ja elinten suojaus

Alipaineimuhoidon valittaessa klinikon täytyy arvioida paljastuneen elimen tai muiden herkkien haavassa olevien rakenteiden perusteella vakavan komplikaation riskiä. Vuonna 2003 Abu-Omar ym. esittelivät kaksi tapausta, joissa sydämen oikea kammio repeytyi, kun käytettiin syvän infektioituneen sternotomiahaavan (postoperatiivinen mediastiniitti) hoitona alipaineimuhoidon. Sartipy ym. raportoivat vuonna 2006 viisi tapausta lisää, missä alipaineimuhoidon seurauksena tapahtui sydämen oikean kammion repeäminen infektioituneissa sternotomiahaavoissa sepelvaltimo-ohitusleikkauksen jälkeen ja näistä tapauksista kolme potilasta kuoli. On arvioitu, että on olemassa 4-7 % riski sydämen oikean kammion repeämiseen tai ohitussiirresuonten vaurioon alipaineimuhoidossa. On raportoitu vakavaa suurten verisuonten, kuten aortan, verenvuotoa useilla alipaineimuhoidetuilla potilailla. Alipaineimuhoidolla on osoitettu olevan hyviä tuloksia hoidettaessa perifeerisillä verisuonisiirrännäisillä hoidettujen potilaiden leikkausten jälkeisiä infektioita, mutta näissäkin tapauksissa on alkanut kertyä lisää raportteja verenvuotokomplikaatioista. Joissain tutkimuksissa alipaineimuhoidon liittyvä verenvuoto sellaisilla potilailla, joilla on näkyvissä verisuonia tai verisuonisiirteitä nivusissa, on ollut merkittävää. Vakavaa verenvuotoa on raportoitu myös palovammapotilailla, joita on hoidettu alipaineimuhoidolla.

Kuolemaa ja vakavia komplikaatioita on liitetty alipaineimuhoidon FDA:n toimesta vuonna 2009 ja 2011. Raporteissa osoitettiin, että neljän vuoden aikana alipaineimuhoidon oli aiheuttanut 174 tapaturmaa ja 12 kuolemaa, joista 9 (75 %) liittyi verenvuotokomplikaatio ja tämä pelkästään Yhdysvalloissa. FDA:n mukaan alipaineimuhoidon aikana tapahtuva verenvuotokomplikaatio, kuten esim. verisuonisiirresuonten verenvuoto, vaikuttaa olevan kaikkein vakavin haittavaikutus alipaineimuhoidossa. Nämä huolestuttavat FDA:n raportit osoittavat, että alipaineimuhoidon on haitallista tiettytyypisille haavoille kuten haavoille, joissa on nekroosia ja karstaa, suolistoon

liittymättömille fisteille tai epäselville fisteille, syöpähaavoille, haavoille, joissa on paljastuneita verisuonia, paljasta hermokudosta, paljaita elimiä ja hoitamattomia osteomyeliittejä.

Tästä huolimatta alipaineimuhoito on ainoa hoitokeino, jolla klinikko voi hoitaa vakavaa infektiota, kuten syvää sternotomiahaavainfektiota, eikä epäviraalisessa käytössä (valmistajan ohjeista poikkeava käyttö, missä tapauksessa hoitovastuussa olevan klinikon on monitoroitava potilasta todella tarkasti) ole havaittu parempia hoitokeinoja, jotka tarjoaisivat läheskään yhtä hyviä hoitotuloksia. Esimerkiksi Petzina ym. osoittivat että kuolleisuus välikarsinatulehduksesta johtuen väheni 25 % ja 6%, kun käytettiin alipaineimuhoitoa verrattuna tavanomaisiin hoitokeinoihin, huolimatta oikean kammion repeämisriskistä. Alipaineimuhoidon käytöstä infektoituneiden verisuonisiirännäisten hoidossa on raportoitu hyviä tuloksia. Kansainvälisessä tieteellisessä tutkimuksessa on korostettu paljastuneiden elimien suojaamisen tärkeyttä alipaineimuhoidossa johtuen alipainehoitoon liittyvistä lisääntyneistä komplikaatioista.

Paljaana olevien herkkien rakenteiden suojaaminen on äärimmäisen tärkeää. Suojaaminen onnistuu joko kielekkeiden (lihaskielekkeet) avulla tai keinotekoisella (tekoiho) materiaalilla tai usealla haavan kontaktisidoksella. Usea tutkimus on analysoinut suojalevyjen käyttöä paljastuneiden rakenteiden suojaamiseksi. Tämä tekniikka on todistettu tehokkaaksi sydäntä suojeltaessa ja vähentäen alipaineimuhoidon vaikutusta suuriin verisuoniin. On suositeltu, että laitevalmistajien suositusten ulkopuoleisia potilaita hoidettaessa, potilasta seurataan tarkasti ja tapahtumat kirjataan.

#### Kivunhoito

Alipaineimuhoitoa pidetään tehokkaana haavanhoitokeinona, mutta siihen liittyy monta ongelmaa, jotka tulisi ottaa huomioon, jotta hoitomenetelmää voitaisiin kehittää eteenpäin. Useat tutkimukset raportoivat potilailla olevan eriasteista kipua alipaineimuhoidon aikana, jolloin tietyillä hoitomenetelmillä tuntuu olevan vaikutusta kipuun, kuten alipaineimuhoitomuoto ja käytetty haavan täytemateriaali ja kontaktiside. Haavasidoksen kiinnittyminen vaihtelee potilaasta riippuen ja potilaiden kesken potilaan kunnon, haavatyypin ja kipuasteen mukaan. Kivuliaimmat hetket alipainehoidossa koetaan usein sidosvaihtojen aikana. Vaahtosidoksessa on mikrohuokosia, jotka sallivat granulaatiokudoksen kasvun sidokseen. Kun kudosta käsitellään sidosta irroitettaessa sidosvaihdoksen aikana, kokee potilas kovaa kipua. Sidoksia on kuitenkin kehitetty tämän ongelman poistamiseksi.

Neuropaattisia tai halvaantuneita potilaita hoidettaessa, missä kipu ei ole ilmeistä, haavantäytemateriaalia voidaan käyttää tehokkaammin. Potilaat, joilla haavasidos ei kiinnity haavaan yhtä tiukasti, kuten lapsi- ja vanhuspotilailla, kivuliaita vaurioita (kuten palovammoja, pyoderma gangrenosumia, painehaavoja, infektoituneita haavoja) pyritään hoitamaan sidoksilla, jotka eivät salli sisään kasvua, mikä tekee sidosvaihdoksista heille vähemmän kivuliasta. Harsosidos helpottaa sidosvaihdoksia ja vähentää haavan täytemateriaalin kiinnittymistä kudokseen ja haavaan, mikä on erittäin tärkeää, kun hoidetaan haavoja, joissa on syviä onkaloita ja joita on vaikeaa tutkia. Perustuen arvioon tulehdukseen ja kipuun liittyvien vapautuneiden neuropeptidien määrästä, voisi harsosidos olla eräs keino vähentää alipaineimuhoidon sidosvaihdon yhteydessä ilmenevää kipua. Tämä vaikuttaa liittyvän siihen, että vaahtosidos kiinnittyy tiukemmin ja todennäköisesti siksi, että granulaatiokudosta voi kasvaa vaahtosidoksen mikro-onkaloihin. On osoitettu, että vaahtosidos saa aikaan enemmän kontraktiota kuin harsosidos. Yksi vaihtoehto kivunlievitykseen alipaineimuhoidon aikana on valmistella potilas laittamalla haavan täyttömateriaaliin suolaliuosta tai paikallispuudutetta ennen sidosvaihtoa. Paikallispuudutteen (lidokaiinin) laitton haavan täyttömateriaaliin ennen sidosvaihtoa on osoitettu vähentävän kipua sidosvaihtojen aikana verrattuna suolaliuokseen. Tutkimuksessa potilaat saivat satunnaistetusti joko 0.2% lidokaiinia tai 0.9% suolaliuosta alipaineimuletkun kautta suoraan haavan täyttömateriaaliin 30 minuuttia ennen sidosvaihdosta. Nämä tutkimustulokset on vahvistettu muissakin samankaltaisissa tutkimuksissa.

#### Alipaineimuhoido ja lisähoidot

Alipaineimuhoido voi toimi huuhtelevana hoitomuotona tehokkaammin. Tämä huuhteleva alipaineimuhoido on uusi hoitomuoto. Huuhteleva alipaineimuhoido selitetään tarkemmin viidennen luvun loppupuolella. Perinteisen alipaineimuhoidon modifikaatio, suljetun haavan alipaineimuhoido (cINPT) toimii ennaltaehkäisevänä hoitona kirurgisten leikkausalueiden infektoita vastaan. cINPT selitetään tarkemmin myöhemmin luvussa 5.

#### Eri erikoisalojen indikaatiot

Avomurtumiin liittyvät perhmytkudosvammot ja faskiotomiahaavojen sulkku olivat ensimmäisiä, joiden hoidossa hyödynnettiin alipaineimuhoidoa. Tänä päivänä alipaineimuhoidoa käytetään yhä useammin ortopediassa, traumatologiassa, plastiikkakirurgiassa ja se on osa päivittäisiä

hoitorutiineja monissa eurooppalaisissa traumayksiköissä. Seuraavissa kappaleissa esitellään yksityiskohtaisemmin alipaineimuhoitoa merkityksellisyyttä.

Alipaineimuhoitoa käytetään akuutissa traumatologiassa ja faskiotomiahaavojen sulkemisessa. Alipaineimuhoidon käyttöä leikkauksen jälkeisenä hoitona traumahaavoille sekä korkean riskin leikkaushaavoille. Alipaineimuhoitoa käytetään lisääntyneen kahden vuosikymmenen aikana ja nykyään sitä voidaan käyttää hoitomuotona lukuisissa kliinisissä hoitotoimenpiteissä.

- Tulehtuneiden akuuttien haavojen hoidossa (avomurtumat, penetraatiovammat, ihon kuoriutumismurtumat) ja kudospuutoksia sisältävät haavat, jotka vaativat pitkäkestoista hoitoa ja myöhemmin sulkua suoraan tai plastiikkakirurgista toimenpidettä.
- Tapauksissa, joissa haava on pahasti kontaminoitunut tai haavassa on isoja kudospuutoksia johtuen vaurioituneen ja mahdollisesti infektoituneen pehmytkudoksen poistosta, jolloin haavan sulkeminen ei ole mahdollista.
- Tapauksissa, joissa haavaonkaloon on kiinnitettävä erityistä huomiota; jotta haavaeritteet eivät pääse kertymään, haava tulee täyttää kokonaan muotoon leikatulla vaahtosidoksella. Tällaisissa tapauksissa on konsultoitava plastiikkakirurgia varhaista haavansulkua varten.
- Immobilisaation toteuttamiseksi luun murtumissa voidaan tarvita eksterniä fiksaatiota. Tuolloin fiksaatiolaitteen piikit voivat vaikuttaa alipainesidoksen ilmatiiviuteen. Näissä tilanteissa haavan täyttömateriaalin pitäisi peittää eksterni fiksaattori.
- Tapaturman jälkeisissä amputaatioissa, missä replantaatio ei tule kysymykseen, amputaatiotyngän lopullinen sulku ei ole usein mahdollista johtuen potilaan yleisvoinnista tai paikallisesta haavatilanteesta. Silloin voidaan tarvita haavan puhdistusleikkausta lisävaurioiden välttämiseksi.
- Tapauksissa, joissa amputaatiotyngä jää giljotiiniamputaatiosta johtuen avoimeksi, voidaan hyödyntää alipaineimuhoidon tilapäisenä haavanpeittona.
- Alipaineimuhoidon voidaan käyttää faskiotomiahaavoissa, jolloin sidevaihdot harvenevat ja haavaeritteiden hallinta toteutuu.
- Faskiotomiahaavojen hoidossa tulisi käyttää matalia painetasoja. Erityisesti vakavissa iskemiatapauksissa -50 - -100mmHg paineinen alipaineimuhoidon on riittävä. Matalan tason alipaine vaikuttaa olevan riittävä turvotuksen poistoon ja haavan reunojen lähentämiseen.

Yleisesti alipaineimuhoidon ei korvaa haavanhoidossa tarvittavia kirurgisia toimenpiteitä pehmytkudosvaurioiden hoidossa ja sen tulisi ajatella olevan väliaikainen hoito ennen lopullista hoitoa. Sen lisäksi, että alipaineimuhoidosta on hyötyä solutasolla, mekaaninen imu ja kuolleen tilan poisto ehkäisevät bakteerien lisääntymistä tehokkaasti avohaavoissa. Hoidossa tulee noudattaa varovaisuutta akuuteissa traumatilanteissa, joissa saattaa ilmetä verenvuotoa joko haavan sijainnista tai hyytymishäiriöistä johtuen. Kirjallisuudesta löytyy 185 vertaisarvioitua artikkelia liittyen traumapotilaisiin. Tähän päivään mennessä suurin osa aiheesta koskevasta kirurgiaan liittyvästä kirjallisuudesta on lähinnä tapauselostuksia, vaikka traumahaavoista alipaineimuhoidon liittyen on olemassa kaksi satunnaistettua kontrolloitua tutkimusta. Tärkeimmät johtopäätökset aiheeseen liittyen kirjallisuudessa vuodesta 2011 vuoteen 2015 ovat:

- Alipaineimuhoidon on toimiva hoitovaihtoehto avomurtumissa, missä se toimii siltanhoitona puhdistusleikkauksen ja lopullisen mikrokirurgisen kielekeleikkauksen välillä. Alipaineimuhoidon vähentää merkittävästi kuolleisuutta ja haavojen paranemisaikaa verrattuna aikaisempiin paikallishoitoihin. Potilasmukavuuden, kustannustehokkuuden ja lopullisten kielekeleikkausten tulosten mukaan 7 päivän alipaineimuhoidonjakso on hyväksyttävää kielekeleikkausta edeltävästi. Tutkijat eivät ole huomanneet hoidosta aiheutuvan haittoja, kun potilaita on hoidettu alipaineimuhoidolla keskimäärin 12 päivän ajan (vaihteluväli 1-35 päivää) ennen kielekeleikkausta ja ovat todenneet, että kielekeleikkausajankohdan siirtyminen pidemmälle ei enää liity epäonnistumisiin kielekeleikkauksessa. Alipaineimuhoidon sekä mikrokirurgian kehittyminen ovat mahdollistaneet sen, ettei ajoitus ole enää niin ratkaisevaa kuin aiemmin.
- Alipaineimuhoidon ja sen jälkeistä kielekeleikkausta voidaan pitää luotettavana vaihtoehtona saavuttaen hyvän lopputuloksen sekä haavanparanemisen että toiminnallisuuden kannalta moottoripyöräonnettomuuden jälkeisissä kantapäivävammoissa.
- Kun hoidetaan traumaattista verenkierron vaurioitunutta pehmytkudosta, tulisi alipaineimuhoidossa imupaine laskea -50-75-100 mmHg tasolle, jotta pehmytkudoksen verenkierto ei entisestään heikkenisi.
- Traumaperäisten perineaalisten haavojen hoidossa alipaineimuhoidon johti haavojen nopeampaan paranemiseen verrattuna perinteisiin paikallishoitoihin. Tämä onnistuu ilman merkittäviä komplikaatioita ja tarjoaa siten parhaan paikallishoitovaihtoehdon, jota seuraa rekonstruktioleikkaus, missä haavanpeitto toteutetaan kielekkein.

- Traumakirurgiassa alipaineimuhoido on ollut yksi tärkeistä innovaatioista traumakirurgiassa 2000-luvulla.

Kaksi satunnaistettua kontrolloitua tutkimusta, mitkä arvioivat alipaineimuhoidoa avomurtumien hoidossa infektioiden kannalta, osoittivat suhteellisen riskin infektiolle olevan alipaineimuhoidoryhmässä 0.199 (95% luottamusväli(CI): 0.045-0.874). Näissä tutkimuksissa esitettiin, että alipaineimuhoidoryhmän potilailla oli 1/5 mahdollisuus saada infektio verrattuna kontroleihin. Alipaineimuhoido on lupaava uusi hoito korkeaenergisille vaikeille avomurtumille. Lisäksi yksi tutkimusryhmä arvioi käytössä olevia faskiotomiahaavojen viivästetyn primaarisulun menetelmiä osoittaen, että sekä alipaineimuhoido että kengännauhatekniikka ovat luotettavia, turvallisia ja tehokkaita hoitomenetelmiä alaraajojen faskiotomiahaavojen hoidossa. Alipaineimuhoidossa kuluu enemmän aikaa lopulliseen sulkun ja se on kalliimpi kuin kengännauhatekniikka eritoten, jos ihonsiirreleikkaus on tarpeen.

#### Lonkka- ja polvinivelten proteesi-infektiot

Alipaineimuhoido on toimiva hoitovaihtoehto endoproteesileikkausten jälkeisten infektioiden hoidossa (keskimäärin 1-2%). Tähän päivään mennessä vain muutamassa vertaisarvioidussa artikkelissa käsitellään tätä aihetta, kaksi tapaussarjatutkimusta (taso 4) ja kaksi tapausselostusta (todistetaso 5). Alipaineimuhoidon hyödyt tällä saralla ovat:

- Laajat avohaavat saadaan muutettua suljetulla paikallishoitomenetelmällä hoidettaviksi haavoiksi
- Haavaeritettä kerätään jatkuvasti säiliökanisteriin
- Ympäristöstä tuleva kontaminaatio on estetty, koska haava on eristetty ympäristöstä

Runsaasti erittävässäkin tilanteissa potilas hyötyy alipaineimuhoidosta, sillä sidosvaihtotarve on 2-3 päivän välein ja haavaerite ei pääse sotkemaan potilaan vaatteita tai potilassänkyä. Tämä lisää potilasmukavuutta ja samalla vähentää hoitohenkilökunnan tarvetta. Vaikka kirjallisuus ei tue kliinistä päätöksentekoa usein julkaisuin, vaikuttaa siltä, että alipaineimuhoidon vaikutukset auttavat pitämään proteesin paikoillaan *in situ* ja proteesin vaihtoa ei tarvitse. Systemaattinen katsaus on osoittanut hoitokaavion: puhdistusleikkaus-huuhtelu-proteesin muovikomponenttien vaihto ja alipaineimuhoido johtavat suurimpaan infektion häätöön (92.8 %).

Huuhteleva alipaineimuhoido voi edistää infektoituneiden endoproteesien hoitoa. Huuhtelevan alipaineimuhoidon osoitettiin olevan helppo ja tehokas hoitokeino, kun hoidettiin proteesi-infektiota käyttämällä antiseptistä liuosta ja erityistä huuhtelevaan alipaineimuhoidoon kehitettyä haavasientä. Tällä menetelmällä varhaisen vaiheen proteesi-infektion huuhteleva antiseptisellä liuoksella yhdessä alipaineimuhoidon kanssa vähentäen bakteerikuormaa, proteesin pelastaminen on mahdollista. Loppupäätelmät tästä hoitomenetelmästä voidaan tehdä vain tutkimalla suurta määrää potilaita. Käytettäessä hoitomenetelmää, joka on laitevalmistajan suositusten vastainen, on noudatettava tarkkaa seuranta ja kirjaamista, juridisten seikkojen ja potilas turvallisuuden vuoksi.

### Alipaineimuhoido osteomyeliitin ja leikkaushaavainfektioiden hoidossa

Haavainfektioita ilmenee jopa 50%:lla leikkaukseen päätyvistä traumapotilaista, riippuen haavan pehmytkudosvaurioiden vaikeusasteesta, kontaminaatiosta ja muista potilaaseen ja toimenpiteeseen liittyvistä tekijöistä. Näiden leikkausten jälkeisten haavainfektioiden hoidossa alipaineimuhoido vähentää turvotusta ja kuolleen tilan muodostumista, jolloin se teoriassa vähentää infektoriskiä. Alipaineimuhoido estää syvien haavojen ennen aikaista umpeutumista, jolloin haavoihin ei muodostu umpeutuneen pinnan alle jääneitä onkaloita. Alipaineimuhoido ehkäisee ennen aikaista lokeroitumista syvissä rakenteissa, mitä voi tapahtua käytettäessä alipaineimuhoidoa pinnallisiin vaurioihin huomioimatta syviä vaurioita. Systemaattinen katsaus aiheeseen osoitti, että alipaineimuhoidoa lisähoitona tukevaa aineistoa löytyy hoidettaessa vaikeita avosääriluumurtumia. Alipaineimuhoidoon liittyy vähemmän infektiota kuin perinteiseen paikallishoitoon kompressein. Lisäksi on olemassa näyttöä siitä, että alipaineimuhoidoa voi pitkittää yli 72 tunnin ja myös harvemmat potilaat tarvitsevat kielekeleikkauksia kuin olisi voinut odottaa ensimmäisen puhdistusleikkauksen jälkeen. Näiden infektoituneiden haavojen paikallishoitoon tuomien etujen lisäksi alipaineimuhoido tarjoaa nopean, miellyttävän ja luotettavan hoitovaihtoehdon verrattuna perinteisiin haavanhoitomenetelmiin. Jopa leikkauksen jälkeisiä nivelinfektioita hoidettaessa alipaineimuhoido yhdistettynä puhdistusleikkaukseen ja antibioottihoitoon on todistetusti tehokas ja riittävä hoito. Tämä menetelmä tarjoaa turvallisen hoidon nivelinfektioissa tuottaen toiminnallisesti hyvä lopputuloksen, hyvän potilastyytyväisyyden ja lyhytkestoisen hoidon.

Myös osteomyeliitin hoidossa alipaineimuhoidon etuna on, että haavaerite poistetaan imun avulla haavasta yhtäjaksoisesti. Samaan aikaan ekstravaskulaarisen eritteiden määrä vähenee. Osteomyeliitin hoidon perusta on radikaali kirurginen puhdistusleikkaus ja kuolleen infektoituneen kudoksen

poisto. Yleensä osteomyeliitin hoitoon vaaditaan useita leikkauksia infektion poistamiseksi. Tässä hoitoprotokollassa alipaineimuhoidon osana rekonstruktioon pyrkivää hoitoa käyttämällä sitä revisioleikkausten välissä väliaikaisena haavasidoksena. Tästä on lupaavana alipaineimuhoidotekniikan muotona huuhteleva alipaineimuhoidon, missä antiseptistä liuosta tai antibioottiliuosta käytetään haavan huuhteluun.

Alipaineimuhoidon käytetään yhä enenevässä määrin näiden infektioiden ennaltaehkäisyyn käyttämällä sitä väliaikaisena haavansulun apuvälineenä traumahaavoissa ensimmäisten puhdistusleikkausten jälkeen ja lisäksi käyttämällä suljetun haavan alipaineimuhoidon (ciNPWT). Näyttöön perustuvassa katsauksessa siviilihenkilöiden ja sotilaiden raajavammoista on hoitosuosituksessa esitetty, että infektioiden vähentämiseksi antimikrobinen hoito, puhdistusleikkaus ja huuhtelu sekä alipaineimuhoidon ovat tärkeitä erityisesti sotavammojen hoidossa.

#### Paljastuneet jänteet, luut ja osteosynteesimateriaali

Paljastuneet jänteet, luut ja osteosynteesimateriaali merkitsevät suurta hoidollista haastetta. Näiden haavojen hoito ihosiirteillä johtaa usein huonoon toiminnalliseen tulokseen ja ei sen vuoksi ole suositeltu hoitomuoto suurimmassa osassa tapauksista. Haavan sulkun ja hyväksyttävissä oleva toiminnallinen tulos saavutetaan usein plastiikkakirurgisilla ja korjaavilla kirurgisilla toimenpiteillä. Tästä huolimatta on olemassa tilanteita, joissa näitä paljastuneita rakenteita ei voida hoitaa korjaavalla plastiikkakirurgialla. Näissä tapauksissa esiintyy heikentynyttä verenkiertoa raajoissa, huomattavaa lymfoedeemaa, vamman ulottumista läheiseen pehmytkudokseen tai ottokohtaan (erityisesti palovammapotilailla) tai infektioriskiä. Lisäksi kielekkeiden ottokohdan komplikaatiot voivat johtaa jänteiden paljastumiseen. Raajojen pehmytkudospuutokset raajoissa yhdistettynä jänteiden ja luiden paljastumiseen kriittisesti sairailta potilailla johtavat usein amputaatioihin. Tämän tyyppisten kudospuutosten väliaikainen peittäminen oli eräs varhaisista alipaineimuhoidon kohteista. Kun alipaineimuhoidon oli vielä alkutekijöissään, huomattiin sen vaikuttavan granulaatiokudoksen muodostumiseen vaurioituneessa kudoksessa ja jopa kasvavan yli paljastuneen osteosynteesimateriaalin nopeammin kuin millään muulla sidostekniikalla. Tapaussarjat ovat osoittaneet, että infektiokontrolli ja raajan pelastuminen olivat saavutettavissa kaikissa tapauksissa, missä on käytetty sarjarevisiota, alipaineimuhoidon ja ihonsiirteitä. Kaikilla potilailla paljastuneet jänteet ja luut saatiin peitettyä ilman kielekeleikkauksia. Tästä voidaan olettaa seuraavaa:



- Alipaineimuhoido on paras hoitokeino, kun plastiikkakirurgista toimenpidettä ei voida suorittaa paljastuneiden luiden, jänteiden ja osteosynteesimateriaalin peittämiseksi. Kokeellisissa tutkimuksissa on osoitettu, että jaksottainen alipaineimuhoido -50 – 125 mmHg imupaineella on paras hoitomenetelmä näissä tapauksissa.
- Alipaineimuhoidoa voidaan pitää viimeisenä hoitokeinona amputaation välttämiseksi tapauksissa, joissa plastiikkakirurgisia toimenpiteitä ei voida hyödyntää paljastuneiden luiden, jänteiden tai osteosynteesimateriaalin peittämiseksi
- Jopa suurissa pehmytkudosvaurioissa, kuten esimerkiksi akillesjänteen paljastuminen, alipaineimuhoidolla saavutettiin paraneminen p.s.i. (tai ihonsiirten avulla). Alipaineimuhoido on vaihtoehtoinen hoitokeino vaikeahoitoisten haavojen hoidossa, kun rekonstruktivista kirurgiaa kielekeplastiaa apuna käyttäen ei voida toteuttaa.

### Alipaineimuhoido akuuttien palovammojen hoidossa

Vuodesta 1999 alipaineimuhoidoa on käytetty palovammojen hoidossa. Jotkut tutkimuskeskukset ovat verranneet alipaineimuhoidoa hopeasulfadiatsiinihoitoon palovammoissa, osoittaen että alipaineimuhoidon varhainen aloitus voi parantaa paranemisen laatua. Tähän päivään mennessä on tehty 66 vertaisarvioitua julkaisua (osa on koe-eläintutkimuksia), jotka tutkivat alipaineimuhoidon tehokkuutta palovammapotilaiden hoidossa. Näiden tutkimusten kliiniset tulokset osoittavat, että alipaineimuhoido palovammojen hoidossa vaikuttaa vähentävän runsaasti turvotusta, edistävän haavan paranemista, vähentävän leikkaushoidon tarvetta ja helpottava hoitoa. Verrattaessa alipaineimuhoidolla hoidettuja potilaita perinteistä hoitoa saaneisiin potilaisiin todettiin huomattavaa perfuusion laskua IC- view laserfluoreskenssivideografialla kuvattuna. Tämä positiivinen alipaineimuhoidoon liittyvä vaikutus johtuu painejohteisesta kudosturvotuksen laskusta tai sidekudoksen turpoamisen ennaltaehkäisystä, joka johtaa parempaan haavan hapen saantiin ja nopeampaan haavan paranemiseen pienemmillä komplikaatoriskeillä suurimmassa osassa tapauksista. Yksi yksilökohtaisesti suunniteltu tutkimus osoitti, että alipaineimuhoidetuissa käsissä, joissa oli isoja ja syviä palovammoja, kliiniset tulokset olivat parempia verrattuna tavanomaisesti hoidettuihin palaneisiin käsiin. Koe-eläintutkimus osoittaa, että alipaineimuhoido estää *Pseudomonas aeruginosa* -bakteerin leviämisen ja lisääntymisen palovammakudoksessa ja vähentää sepsiskuolleisuutta hiiriin kohdistuneen tutkimuksen mukaan. Nämä hoidolliset hyödyt johtuvat luultavasti alipaineimuhoidon kyvystä vähentää seerumin sytokiinipitoisuuksia, vähentää bakteerien lisääntymistä haavoissa ja estää sisäelinvaurioita.

Käsipalovammapotilailla on tarpeen miettiä sitä, että alipaineimuhoidon luoma 6-15 mmHg ylipainetta hoidettaviin kudoksiin. Paineintensiteetti on suoraan riippuvainen painetehon valinnasta -50mmHg ja -200mmHg välillä. Tämä paine on syy suoralle turvotusta vähentävälle alipaineimuhoidon vaikutukselle, mikä epäsuorasti johtaa lisääntyvään kudosperefuusioon. Tämän suotavan sivuvaikutuksen ansiosta vältetään tarvetta jatkuvaa käsien kohoasentoon. Koska haavasieni jäykistyy paineen alla, lastahoitoa ei välttämättä tarvita. -125mmHg imupaineella tapahtuvan alipaineimuhoidon positiivisista vaikutuksista huolimatta tulee huomata, että siitä aiheutuva ylipaine voi muutaman tutkimuksen mukaan aiheuttaa kudosiskemioita. Tästä johtuen imupaine täytyy säätää huolellisesti, sillä vaikka sillä saavutettaisiin turvotusta vähentävä vaikutus, täytyy varoa, ettei ravinteikas perufuusio häiriinny kriittisesti perfusoituneessa kudoksessa.

Kliinisissä tutkimuksissa osoitetaan, että hoito täytyisi aloittaa kuuden tunnin kuluessa palovamman syntymisestä, mikäli se on mahdollista, ja hoitoa tulisi jatkaa ainakin 48 tunnin ajan turvotuksen estämiseksi, mikä osaltaan vähentää palovammojen jälkeisiä vaurioita. Perustuen kokemukseen pinnallisten ja syvien dermaalisten käsipalovammojen ja kuumanestevammojen hoidossa, alipaineimuhoidon on kustannustehokasta, koska se vähentää hoitoaikaa ja hoitohenkilökunnan tarvetta hoidossa ja vaikuttaa suotuisasti hoidon kliiniseen kulkuun.

Toiset tutkimusryhmät osoittavat, että alipaineimuhoidon hyötynä palovammojen hoidossa on sen käyttö tekoihonsiirteiden ja omaihonsiirteiden kiinnittämiseen. Alipaineimuhoidon on luotettava ja toistettavissa oleva hoito, joka tukee bolster-vaikutuksen avulla näitä ihonsiirteitä. Alipaineimuhoidon kyky mukautua ihon ääriärsytyksiin ja peittää laajoja alueita tekee siitä erityisen sopivan tekniikan, kun halutaan suojata siirteitä. Alipaineimuhoidon vähentää uusintaleikkausten tarvetta ihonsiirteissä ja minimoi ihonsiirteiden menettämistä. Täten se vähentää sairastuvuutta verrattuna perinteisiin ihonsiirteiden sidoshoidoihin. Raportoitu ihonsiirteiden onnistumisprosentti oli yli 95 % kun käytettiin imupainetta -75 ja -125mmHg imupaineen välillä. Alipaineimuhoidon sidos parantaa ihonsiirteiden kiinnittymistä palovammapotilailla mutta sitä voidaan myös harkita, kun haavan pohja ja siirreolosuhteet eivät ole ideaalisia hoidon onnistumisen kannalta. Satunnaistetussa kontrolloidussa monikeskustutkimuksessa osoitettiin mittauksiin perustuen, että laajojen haavojen ja arpien suurin elastisuus saavutettiin, kun toimenpidettä tehdessä oli käytetty alipaineimuhoidon tekoihoja. Tämä vaikutti selvästi merkittävästi arpien elastisuuteen verrattuna arpiin, joita hoidettiin vain tekoihojen avulla.

Myös lapsipotilaita hoidettaessa alipaineimuhoido vaikuttaa olevan toimiva hoitokeino tekoihonsiirteitä ja osaihonsiirteitä tehtäessä. Pääasiallisin hyöty hoitomenetelmästä on että, alipaineimuhoido mahdollistaa potilaan mobilisaation paremmin verrattuna tavanomaisiin hoitomenetelmiin. Haasteellisten palovammapotilaiden (kuten lasten) suuri hoitomyönteisyys tähän hoitoon liittyen kompensoi alipaineimuhoidon alkuvaiheen korkeita materiaalikustannuksia verrattuna perinteisiin ihonsiirresidoksiin.

On mahdollista, että kompressiovaikutusta voidaan hyödyntää myös vartalon palovammojen hoidossa, jos sopivia sidoksia ja sidontatekniikoita saadaan kehitettyä. Parannus aikaisempaan tekniikkaan tuli käytettäessä pitkiä ohuita haavasieniä alipaineen välittämiseen (koko kehon sidontatekniikka, total body wrap), jolloin saataisiin ideaaliset olosuhteet palovammojen paranemiseen. Tätä tekniikkaa apuna käyttäen alipaineimuhoido on yksinkertaista ja suoraviivaista maailmanlaajuisestikin toteutettuna. Laajojen palovammojen hoitoon liittyy runsasta erityistä palovamman poiston ja ihonsiirtoleikkauksen jälkeen, mikä tuottaa haasteen palovammahaavanhoidolle. Ihanteellisen palovammahaavasidoksen tulisi suojata ulkoisilta vaurioilta ja mikro-organismeilta, olla miellyttävä ja kestävä, sallia haavaan korkea kosteus, sallia maksimaalinen aktiivisuus haavan paranemisessa hidastamatta mitään sen vaihetta. Alipaineimuhoido täyttää nämä kaikki kriteerit. Mainittujen hyötyjen lisäksi alipaineimuhoido sallii haavaeritteen poistamisen, vähentää sidosvaihtojen määrää, vähentää infektioriskiä sekä turvaa ja suojaa ihosiirteiden kiinnittymisen. Näitä hyötyjä voidaan hyödyntää haastavissa haavakohteissa, kuten vakavasti loukkaantuneiden palovammapotilaiden avovatsatilanteissa sekä kallopalovammoissa.

### Plastiikkakirurgia ja korjaava kirurgia

Plastiikkakirurgian ja korjaavan kirurgian ala oli ensimmäinen, jossa alipaineimuhoidon mukaantulo aiheutti huomattavan muutoksen hoitomenetelmiin. Alipaineimuhoido aiheutti muutoksen hoitoalgoritmien ajatusmalleihin. Tästä syystä aikaisempaa hoidon rekonstruktivista porrastusta on jouduttu päivittämään alipaineimuhoidon käyttöönoton myötä (kuten myös uusien tekoihojen kehittymisestä johtuen).

Alaraajojen akuutit traumat aiheuttavat monimutkaisia toiminnallisia vahinkoja, kun ihon vaurioitumisesta seuraa paljastuneita jänteitä, luita ja/tai verisuonia, pehmytkudosten laajaa

paljastumista ja luisten rakenteiden tuhoutumista sekä vakavaa kontaminaatiota, mikä vaatii monialaista lähestymistapaa. Kun luunmurtumien ja verisuonivaurioiden korjaus on hoidettu, ihon vaurioiden korjaaminen kirurgisesti perustuu usein varhaiseen peittämiseen joko paikallisin tai mikrokirurgisin kielekkein Näissä tilanteissa alipaineimuhoidon voi tarjota toimivan vaihtoehdon välittömälle korjaamiselle valikoiduissa tapauksissa, joissa hoidetaan akuutteja monimutkaisia alaraajatraumoja. Primääri pehmytkudoskorjausleikkaus vaikeissa alaraajavammoissa on pakollista, jotta paljastuneet rakenteet voidaan suojata. Potilaan kliinisestä tilasta tai haavan paikallisesta kunnosta riippuen hoitoon ei välttämättä voida ryhtyä primaaristi (potilaan kriittinen tila monivammapotilaalla, lisävaurioiden välttäminen, korkea ikä, liitännäissairaudet, runsaasti erittävät haavat ja pehmytkudoksen epävarma vitaliteetti). Näissä tapauksissa alipaineimuhoidon avulla voidaan viivästyttää monimutkaista korjaavaa haavansulkuleikkausta (paikalliset kielekkeet tai mikrovaskulaarikielekkeet). Tämä on tärkeää erityisesti, mikäli plastiikkakirurgia ei ole välittömästi saatavilla (esimerkiksi sotatilanteissa tai syrjäseuduilla). Alipaineimuhoidon avulla haavan tilaa erityisesti vaikeahoitoisilla potilailla ja mahdollistaa haava-alueen väliaikaisen peittämisen 7-15 vuorokaudeksi, kuten esimerkiksi suralis-kielekepotilaille on tarpeen 2-vaiheisen leikkaushoidon toteutuksessa.

Kuten palovammapotilailla, alipaineimuhoidon on vartenotettava hoitomenetelmä, kun halutaan varmistaa ihosiirteiden pysymistä, kuten tekoihojen ja ihosiirteiden pysymistä kaikissa traumaattisissa haavoissa, niin lapsilla kuin aikuisillakin. Alipaineimuhoidon avulla turvataan ihonsiirteiden tarttumista ja vähentää uusintaihonsiirteiden tarvetta sekä lapsilla että aikuisilla. Vakavista vammoista johtuvien suurten haavojen hoidossa alipaineimuhoidon lisää tehokkaasti tekoihojen kiinnittymistä 98+2% fibriiniliima/alipaineimuryhmässä ( $p<0.003$ ) verrattuna tavanomaiseen kiinnittymiseen, ja laskee aikaa Integra-hoidosta ihonsiirreleikkaukseen 10+1 päivällä ( $p<0.002$ ). On ehdotettu, että tekoihoja käytettäisiin yhdistämällä alipaineimuhoidon ja fibriiniliiman käyttö kliinisten hoitotulosten paranemiseksi ja sairaalassa vietetyn ajan vähentämiseksi. Yhdessä tapauksessa monikerroksisten asellulaaristen dermaalisten tekoihojen käyttö yhdistettynä alipaineimuhoidon ja lopulta ihosiirteiden ja alipaineimuhoidon yhdistelmän osoitettiin peittävän laajan paljastuneen tibian pinnan potilaalla, joka ei ollut sopiva enää mikrokirurgiseen kielekeleikkaukseen aikaisemman 2 epäonnistuneen mikrovaskulaarikielekeleikkauksen jälkeen. Vaikka alipaineimuhoidon väitettiin olevan sopiva vaihtoehto haavanhoitoon, yhdessä vertaisarvioitussa tutkimuksessa alipaineimuhoidon ei osoitettu tarjoavan huomattavaa parannusta perinteiseen bolster-sidoshoitoon ihonsiirteellä kielekkeen ottokohtahaavassa (kynnärvarsikieleke,

radial forearm flap). Suurin osa vertaisarvioituista tutkimuksista osoitti ihosiirteiden tarttumisen paranevan, kun ihosiirreleikkauksissa hyödynnettiin alipaineimuhoidoa. Esimerkiksi Petkar ym. osoittivat siirteen kiinnittyvän keskimäärin 87,5% tapauksista (vaihteluväli 70-100%, SD:8.73) aina 96,5% tapauksista (vaihteluväli 90-100%, SD:3.55;  $p < 0.001$ ). Kaikkien vertaisarvioitujen tutkimuksien arpien laatua analysoitaessa huomattiin merkittävästi parempilaatuisia tuloksia käytettäessä alipaineimuhoidoa ihonsiirteiden kiinnittämiseen. Alipaineimuhoido vaikuttaa olevan turvallinen ja tehokas tukihoitomuoto pehmytkudoskorjausleikkauksen viivästyessä korkean riskin potilailla, minimoiden korjausleikkausten vaatimuksia ja täten vähentäen leikkauksen jälkeistä sairastuvuutta.

### Vatsaelinkirurgia

Avovatsan hoito vaikeasti vammautuneilla potilailla tai vaikean vatsaontelon sisäisen infektion jälkeen on haaste kirurgille ja voi sisältää vatsan ylipaineoireyhtymän hoidon, vaikuttaa hengitysfunktioon sekä munuaisten ja sydän- ja verenkiertoelimistön toimintaan. Lisäksi se voi sisältää vamman hallintaan saattamiseen liittyviä laparotomioita ('damage control laparotomy'). Hengen pelastamiseksi tehtyjen hätälaparotomioiden jälkeen vaikeissa vatsaontelon vamman jälkeisissä tilanteissa voi olla seurauksena sisäelinten turpoamista, retroperitoneaalisia verenvuotoja tai vatsan jättäminen auki pakattuna taitoksilla. Tämä sama pätee re-laparotomioihin, jotka suoritetaan suolen elinkelpoisuuden arvioimiseksi tai sekundäärisen verenvuodon kontrolloimiseksi vaurioita torjuvan laparotomian jälkeen, tai vatsansisäisten infektioiden tutkimiseksi. Kireän vatsanpeitteiden sulun jälkeinen paine tai infektiin liittyvä kohonnut paine voi johtaa vatsanpeitteiden hapenpuutteeseen ja kuolioon. Vatsanpeitteiden kuolio johtaa puolestaan vatsanpeitteiden repeämiseen ja sitä seuraavaan vatsanpeitteiden tyrämuodostelmaan.

Avovatsan hoito laparotomian jälkeen liinoilla pakattuna vatsaontelon ylipaineoireyhtymän tai septisten intra-abdominaalisten komplikaatioiden jälkeen johtaa toistuviin revisioihin. Kaikki nämä tilanteet johtavat avovatsaan, mikä ei salli vatsanpeitteiden primaaria sulkua ja edellyttää väliaikaista vatsanpeitteiden sulkua. Väliaikaisen vatsanpeitteiden sulun pitäisi estää vatsaontelon kontaminoituminen, suolten kuivuminen ja suojata vatsaontelon elimiä ulospursuamiselta sekä mekaaniselta vammalta

Käytettäviä TAC-tekniikoita ovat:

- Alipaineimuhoido
- Alipaineimuhoido, johon yhdistetään vatsanpeitteiden haavanreunojen lähentäminen ankkurimenetelmällä (ABRA) tai muulla dynaaminen ompeleminen menetelmällä
- Wittmannin paikkamenetelmä (Wittman patch)
- Bogota-pussi (steriili urologisissa toimenpiteissä käytettävä kolmen litran pussi, joka asetetaan sisäelinten päälle ja peitetään kosteilla liinoilla ja kalvokiinnityksellä)
- Sulava tai sulamaton verkko
- Verkko + vetoketju

Alipaineimuhoidosta on tullut lisääntyneessä määrin käytettävä hoitomenetelmä avovatsan hoidossa. Se täyttää TAC-tekniikoiden vaatimukset ja siihen liittyy hyvin matala komplikaatioriski. Avovatsan alipaineimuhoidon varten on kehitetty erityisesti tätä indikaatiota varten oleva vatsasidos. Kirjallisuuskatsauksessa löydettiin 122 vertaisarvioitua artikkelia (vuosilta 2001-2015 n=2307 potilasta hoidettiin tällä menetelmällä viimeisten 5 vuoden aikana), joista suurin osa oli tapausraportteja, tapauselostuksia tai katsauksia. Julkaisuista osa oli koe-eläintutkimuksia, joissa tutkittiin suolen seinämän mikroverenkiertoa alipaineimuhoidon aikana. Suurin osa kaikista artikkeleista ovat näytönasteeltaan 4 tai 5 Oxford-luokittelun mukaisesti. Vain kolme tutkimusta sisältää satunnaistetun vertailun perinteisiin hoitomenetelmiin (näytönaste 2B).

Viimeaikainen julkaisu alleviivaa alipaineimuhoidon tämänhetkistä merkitystä. Tässä tutkimuksessa elektronisesta tietokannasta etsittiin tutkimuksia, joissa käsitellään avovatsatilanteita potilailla, joista 50% tai useammalla oli tapaturmaan liittymätön peritoniitti. Kirjallisuushaku löysi 74 tutkimusta, joissa kuvailtiin 78 potilassarjaa, joka käsitti 4358 potilasta, joista 3461 (79%) oli peritoniitti. Mukana olevien tutkimusten yleinen laatu oli matala ja indikaatiot avovatsan hoidossa vaihtelivat runsaasti. Alipaineimuhoido oli eniten kuvailtu TAC-tekniikka (38/78:sta tutkimuksesta). Suurin faskian sulkemisaste löydettiin alipaineimuhoidon koskevista tutkimuksista, joissa keskityttiin vatsanpeitteiden sulkuun joko verkon tai ompeleiden avulla (6 tutkimusta, 463 potilasta). Alipaineimuhoidolla osoitettiin saavutettavan parhaat hoitotulokset, mikäli mittapuuna käytettiin enteroatmosfäärin muodostumisen riskiä. Olemassa olevien tutkimusten yleinen laatu oli kuitenkin huono ja yhtenäisiä korkeaan näytönasteeseen perustuvia suosituksia ei näiden perusteella voida tehdä.

Vain kolme satunnaistettua tutkimusta löydettiin ja havaittiin arviointikelpoisiksi. Tärkeimmät löydökset näissä tutkimuksissa olivat seuraavat:

- Alipaineimuhoidon mahdollistaa vatsaonteloon kertyvän nesteidenpoiston hallitusta
- Alipaineimuhoidon voi tarjota ratkaisun faskian sulun ongelmiin ja estää peritoneaalista kontaminaatiota
- Alipaineimuhoidon on esitetty olevan hyödyllisempi kuin Bogota-pussi väliaikaisena sulkumenetelmänä vatsaontelon ylipaineoireyhtymän (ACS) hoidossa. ACS-laparotomian viillon leveyden pieneneminen oli huomattavasti nopeampaa alipaineimuhoidetuilla potilailla kuin Bogota-pussilla hoidetuilla potilailla
- Vatsansisäisen paineen kohoamisen estäminen on yksi alipaineimuhoidon suosivista tekijöistä verrattuna ei-alipaineimuhoidettuihin avovatsoihin septisen peritoniitin hoidossa
- Primaarisulun onnistumisessa pelkällä alipaineimuhoidolla verrattuna alipaineimuhoidon yhdistettynä ankkuri (ABRA) menetelmään ei todettu olevan tilastollista eroa. Kuitenkin leikkaussalikäyntien määrä ja kesto olivat erilaiset. Huolimatta korkeista APACHE II luvuista ja korkeammista aitiopaineoireyhtymäluvuista primaarisulun onnistuminen oli samalla tasolla NPWT-ABRA ryhmässä verrattuna pelkkään alipaineimuhoidon (NPWT).

Kaikkien julkaistujen tutkimusten valossa alipaineimuhoidon on viimeisen kymmenen vuoden aikana kehittynyt toimivaksi TAC-tekniikaksi. Viimeaikainen tekniikka vatsan alueen alipaineimuhoidossa eroaa perinteisestä haavahoidollisesta alipaineimuhoidosta sillä, että siinä hyödynnetään ohutta polyetyleenikalvoa, joka asetetaan sisäelinten ja peritoneumin väliin. Menetelmään kuuluu ohuen rei'itetyn vaahtolevyn sisältävän kalvon asettaminen keskelle, mikä alipaineen vaikutuksesta tarttuu päällekkäisiin vaahtokerroksiin estäen kalvon liukumisen vatsaonteloon. Kalvossa olevat reiät sallivat haavaeritteiden kulkeutumisen pois vatsaontelosta letkun kautta eritesäiliöön. Linssimäinen vaahtolevy asetetaan kahteen kerrokseen polyetyleenikalvon päälle, minkä jälkeen sidos peitetään kalvolla. Tämän keskelle leikataan reikä ja itsestään kiinnittyvä portti letkuineen asetetaan reiän päälle. Tähän letkuun liitetään keräyssäiliö ja alipaineimulaite. Imupaine asetetaan usein -100 - -150mmHg tasolle. Eräissä tutkimuksissa todettiin -75mmHg alipaineimun olevan riittävä haavanesteen poistoa sekä haavanreunojen lähentämistä varten. Tämä tekniikka estää sisäelimiä tarttumasta peritoneumiin ja sallii vatsaontelon seinämän liukua suolten yli. Samanaikaisesti TAC:n poisto uusintaleikkauksessa on helppoa, koska ei ole kiinnikkeitä.

Koko maan kattaneessa prospektiivisessä havainnoivassa tutkimuksessa tutkittiin 578 avovatsan vuoksi hoidossa ollutta potilasta (70%lla vatsaontelolähtöinen sepsis), joita oli hoidettu 105 sairaalassa Iso-Britanniassa (2010-2011, 18 kuukautta). Tässä tutkimuksessa suurin osa potilaista (61,4%) sai alipaineimuhoidon. Suolen fisteleitä, kuolemaa, verenvuotoa ja suolten peittämistä ei ilmentynyt alipaineimuhoidetuilla potilailla tavanomaisia hoitokeinoja saaneita potilaita enempää.

Seuraavia kliinisiä ja kokeellisia kokemuksia alipaineimuhoidosta julkaistiin:

#### Enterokutaaninen fisteli

Mikään tutkimus ei havainnut yhteyttä fistelien ja alipaineimuhoidon välillä hoitoa ennen, sen aikana tai sen jälkeen, divertikuliitin ollen ainoa riskitekijä. Enterokutaanisen fistelin muodostumisriski oli 3.5-20% välillä.

#### Faskian suora sulku

Faskian sulku erityinen haaste avovatsapotilaiden hoidossa. Alipaineimuhoidon tarjoaa jatkuvaa mediaalista painetta faskioiden reunoille ja tämä estää niiden ohentumasta tai vetäytymästä ajan myötä. Tämä tarjoaa faskioille mahdollisuuden liikkua ja edistää vatsaontelon seinämän myöhempää lopullista sulkua. Kirjallisuudessa raportoitu käytetty alipaineimutaso on epäyhtenäistä alkaen -75mmHg aina -150mmHg imupaineeseen. Kaikissa tutkimuksissa suositellaan jatkuvan alipaineen käyttöä hoidossa. Suora tai primääri faskian sulku on mahdollista 30-89% tapauksista. Avovatsan hoidon seuraamuksissa on otettava huomioon komplikaatioille altistavat tekijät ja perussy, kuten myös eri väliaikaisen vatsanpeitteiden sulun vaihtoehdot. Niissä toimenpiteissä, joissa faskia on suljettu varhaisessa vaiheessa, on pienin kuolleisuusaste. Riippumatta potilaan taustalla olevista sairauksista (peritoniittipotilaat, traumapotilaat, ACS tai vatsaontelon seinämän avautuminen), vatsanpeitteet voidaan saada suljettua 89%:ssa tapauksista käyttämällä alipaineimuhoidon yhdistettynä verkkotraktioon (verkko asetettuna faskiatasoon).

Vatsanpeitteiden keskilinjaa kaventavien menetelmien käyttö alipaineimuhoidon lisäksi voi selittää korkeat vatsanpeitteiden sulkemisprosentit tämän tutkimuksen potilaiden hoidossa. Alipaineimuhoidon käyttäessä sekundäärinen faskian sulku saatiin 92%:lle tapauksista. ABRA (Abdominal re-approximation anchor system) käytettäessä yhdessä alipaineimuhoidon kanssa voisi olla toimiva hoito. Yleisesti potilaiden, joilla on septisiä komplikaatioita, pitkään avoimena olleet vatsat voitiin yhä harvemmissä tapauksissa sulkea pysyvästi kuin niissä potilastapauksissa, joilla ei



ollut septisiä komplikaatioita. Suora vertaus Bogota-pussi menetelmään osoitti, että alipaineimuhoidettuihin potilaisiin verrattuna bogota-pusseilla hoidetut potilaat tarvitsivat yleisemmin useita leikkauksia. Tämä tarkoittaa sitä, että Bogota-pussihoidettujen potilaiden faskian sulkuun pääsemiseen tarvittiin kolme kertaa pidempi hoitoaika.

#### Tyrän muodostuminen

Avovatsan syy vaikutti viivästyneeseen primaarisulun mahdollisuuteen. Alipaineimuhoido ja verkkotraktio osoittivat nopeampaa faskian sulkemisprosenttia ja vähensivät suunniteltujen tyrämuodostumien ilmentymistä verrattuna hoitomenetelmiin, mitkä eivät mahdollistaneet faskian vetoa.

#### Sairaalahoidon ja tehohoidon pituus

Kun verrattiin alipaineimuhoidon tuloksia kontrolliryhmään (verkko-laparostomia ilman alipainetta), huomattiin potilaiden tarvitsevan huomattavasti lyhyempää sairaala- ja/tai teho-osastohoitoa.

#### Kuolleisuus

Kuolematapausten määrä sairaalahoidon aikana alipaineimuhoidetuilla potilailla oli huomattavasti pienempi kuin potilailla, joita hoidettiin perinteisin hoitomenetelmin. Toimenpiteet, joissa faskia voidaan sulkea nopeasti johtavat epätodennäköisimmin kuolemaan. Kuolleisuus oli 17-30% niiden potilaiden keskuudessa, joilla oli enterokutaaninen fisteli. Yleisesti alipaineimuhoidettujen potilaiden keskuudessa kuolleisuus laski merkittävästi, eikä tämän huomattu olevan yhteydessä kehon BMI-lukuihin tai CRP-arvoihin. Vatsan alipaineimuhoidoa saaneilla potilailla oli huomattavasti matalampi sairastavuus- ja kuolleisuusprosentti.

#### Muuta huomioitavaa

- Vastoin käyttöohjeita on ehdotettu, että vaahtolevyä voitaisiin käyttää vatsaontelon sisäisesti ilman rei'itettyä polyuretaanikalvoa ilman fisteiden lisääntymistä
- Alipaineimuhoido on luotettava hoitokeino avovatsan hoidossa lapsilla vastasyntyneistä lähtien
- Huuhteleva alipaineimuhoido on sopiva hoito haimakirurgisen leikkauksen jälkeen infektoituneen avovatsan hoidossa. Huuhtelevasta alipaineimuhoidosta on saatu lupaavia hoitotuloksia ja se vaikuttaa olevan sopiva lisähoito avovatsan hoidossa, kun perinteinen hoito ei onnistu kontrolloimaan infektiota

- Eräissä eläinkokeissa tutkittiin sikojen avovatsan mikrovaskulaarista verenkiertoa Doppler-velosimetrialaseria hyödyntäen ja huomattiin alipaineimuhoidon vaikuttavan vatsaontelon seinämän verenkiertoon.

Yhteenvedon voidaan todeta, että alipaineimuhoidon hyödyntäminen avovatsan hoidossa potilailla on järkevää sen positiivisiin vaikutuksiin viitaten. Alipaineimuhoidon nostaa selviytymisprosenttia ja vähentää ruuansulatuskanavan fisteiden muodostumia. Avovatsan sulku nopeutuu, mikäli avovatsatilannetta hoidetaan alipaineimulla. Alipaineimuhoidon vaatii vähemmän toimenpiteitä ja laskee komplikaatioiden riskiä. Täten alipaineimuhoidon vähentää potilaskuolleisuutta ja sen tulisi olla ensisijainen hoito avovatsapotilailla.

### Sydän- ja verisuonikirurgia

Sternotomiainfektio on yksi pelätyimmistä avosydänleikkauksen komplikaatioista, ja niitä raportoidaan tapahtuvan 1-5% avosydänleikkauksista. Preoperatiivisina riskeinä pidetään potilaan ikää, ylipainoa ja diabetesta. Leikkauksen aikaisina riskeinä pidetään erityisesti rintakehävaltimoiden hyödyntämistä siirteinä. Pinnalliset ja syvät sternotomiahaavainfektiot erovat toisistaan, sillä pinnallisiin infektioihin liittyy iho ja ihonalainen (rasvakudoksen) haava, kun taas syvään infektioon vaaditaan ainakin yksi seuraavista: mikro-organismin löytyminen viljelyneesteestä tai välikarsinasta: näyttö mediastiniittistä kirurgisessa exploraatiossa; tai rintakipu, rintalastan instabiliteetti tai yli 38 asteen kuume yhdistettynä välikarsinasta tulevaan eritteeseen tai mikro-organismin toteamiseen.

Näiden infektioitilojen tavanomaisena hoitona pidetään haavan puhdistamista, huuhtelua, haavasidoksia, laajakirjoista antibioottihoitoa ja myöhemmin korjaavaa kielekeleikkausta, joissa hyödynnetään vatsapaitaa tai lihaskielekkeitä (yhden tai molemman pectoralis major-lihaksen käyttöä, rectus abdominis, latissimus dorsi). Mediastiniittipotilaiden kuolleisuus on yli 34% korkeampi kuin infektoitumattomilla sydänkirurgiapotilailla, joiden kuolleisuus on 1-5%. Postoperatiiviseen mediastiniittiin liittyy siis korkea kuolleisuus, pienentynyt pidempiaikainen selviytymisprosentti, pidentynyt sairaalahoidon tarve sekä korkeita hoitokustannuksia.

Viime vuosina on kehitetty vähemmän kajoavia hoitomuotoja käyttäen alipaineimuhoidon. Loistavien kliinisten hoitotulosten pohjalta alipaineimuhoidon käytetään nykyään ensisijaisena hoitona sternotomian jälkeisen mediastiniitin hoidossa. Alipaineimuhoidon hyödyntäminen on

laskenut kuolleisuutta n. 5%iin, vähentäen ja helpottaen hoitotoimenpiteiden tarpeellisuutta ja uusintaleikkauksia. Alipaineimuhoidon ei ole virallinen hoitokeino rintalastahaavojen hoidossa ja sitä tulee käyttää vain lääkärin vastuulla.

Alipaineimuhoidon suljetuissa sydän- ja verisuonikirurgisissa haavoissa on uusi hoitomenetelmä, jolla on lupaavia tuloksia. Alipaineimuhoidon suljetuissa haavoissa otettiin käyttöön syvien rintalastahaavainfektioiden ennaltaehkäisemiseksi. Atkins ym. ehdottivat tätä hoitokeinoa ensimmäisenä, ja he myös tutkivat perfuusiota hoitomekanismien selvittämiseksi. Tutkimuksessa käytettiin perinteisiä hoitovälineitä, kuten hopealla kyllästettyä polyuretaanivaahtoa -125 mmHg imupaineella. 57 korkean riskin potilastapauksissa ei havaittu infektiota. Eri tutkimuksessa tutkittiin pientä määrää korkean riskin potilaita (10 potilasta) hyödyntäen hoidossa kertakäyttöistä alipaineimuhoidovälinettä. Tässäkin tutkimuksessa ei havaittu infektiota. Viimeaikaisessa satunnaistetussa kliinisessä tutkimuksessa vertailtiin perinteisiä hoitomuotoja alipaineimuhoidon suljettujen sydänkirurgisten haavojen hoidossa. Tutkimus kattoi 150 potilasta, jotka kaikki kuuluivat riskiryhmään, eli sairastivat diabetesta, olivat ylipainoisia tai iäkkäitä. Rintalastan haavainfektioiden määrä laski merkittävästi 16%sta 4%iin 5-6 vuorokauden profylaktisen alipaineimuhoidon jälkeen.

## Verisuonikirurgia

Alipaineimuhoidon infektoituneiden verisuonten ja verisuonisiirteiden hoitomenetelmänä

Verisuoniin ja verisuonisiirteisiin kohdistuvat infektiot ovat erittäin pelättyjä komplikaatioita ja aiheuttavat valtavia haasteita verisuonikirurgisessa hoidossa. Infektiot voivat olla raaja tai henkeä uhkaavia, johtuen hallitsemattomasta verenvuodosta, jota infektoihin liittyy. Syvien haavojen infektiota ilmenee noin 0,6-0,8% sijaiten nivushaavoissa noin kahdesta kolmanneksesta tapauksissa. Kuolleisuus vaihtelee 10-30% välillä, joista 30-70% liittyy usein infektoituneisiin aortan verisuonisiirteisiin. Infektioon liittyviä amputaatioita tarvitaan 20-40% tapauksista. Infektiot voivat aiheuttaa verenvuotoa, systeemisen verenmyrkytyksen, perifeerisen embolian, alaraajaiskemiamia, sekä potilaan hengenvaaran. Klassiseen infektoituneen infrainguinaalisen siirteiden hoitoon liittyy infektoituneen siirteiden poisto ja korjaaminen autologisella siirteellä. Jos tämä ei ole mahdollista, revaskularisaatio suoritetaan tunnelloimalla ekstra-anatomisen siirre infektoitumattoman alueen läpi,

minkä jälkeen infektiotalueelle suoritetaan puhdistusleikkaus ja haavan huuhtelu. Niissä tapauksissa, joissa verisuonet ovat pelastettavissa, haava sidotaan kevyesti kostutetuilla sidoksilla paikallisen kontrolloinnin saavuttamiseksi. Yleensä haava ja verisuonisiirre täytyy peittää lihaskielekkeellä.

Paljastuneita verisuonia, verisuonisiirteitä tai verisuonipaikkoja pidetään kontraindikaatioina, joiden vuoksi alipaineimuhoidoa ei tulisi käyttää hoitomuotona. Tästä huolimatta alipaineimuhoidon raportoidaan olevan hyödyllinen hoitomuoto syvien perivaskulaaristen nivusinfektoiden hoidossa (Szilagy-aste II & III, esillä oleva verisuoni tai siirre). Alipaineimuhoidon hyödyistä muiden infektoituneiden haavojen hoidossa on raportoitu vuodesta 1990 alkaen. Tähän päivään mennessä on raportoitu 263 potilaan hoidosta alipaineimuhoidolla infektoituneiden haavojen hoidossa yhteensä 19 eri julkaisussa (näytönaste 2a-5), sisältäen 1 systemaattisen katsauksen.

On olemassa kaksi tutkimusta, jotka ovat tunnettuja niiden vaikuttavasta kliinisestä näytöstä koskien alipaineimuhoidoa verrattuna perinteisiin menetelmiin. (Näytönaste 2b ja 3; yhteensä 19 alipaineimuhoidoa saanutta potilasta, vertailuhoidona alginaattisidoshoito). Näissä tutkimuksissa alipaineimuhoidettu potilasryhmä vaati huomattavasti vähemmän sidosvaihdoksia verrattuna alginaattisidoshoidettuihin potilaisiin. Täyteen epitelisaatioon pääseminen vei huomattavasti vähemmän aikaa niillä potilailla, joita oli hoidettu alipaineimuhoidolla verrattuna alginaatti potilasryhmään (keskimääräinen paranemisaika alipaineimuhoidossa 57 vuorokautta ja alginaattisidoshoidossa 104 vuorokautta). Tutkijat tulivat siihen johtopäätökseen, että tämä löydös ei salli tutkimuksen jatkamista eettisistä syistä, minkä vuoksi tutkimus keskeytettiin ennen aikojaan.

Julkaistujen tutkimusten tärkeimmät kannanotot ovat:

- Korkean riskin potilailla, joilla on täysin paljastunut infektoitunut verisuoniproteesi, alipaineimuhoido yhdistettynä aggressiiviseen puhdistamiseen ja antibioottihoitoon voi olla tehokas vaihtoehto tämänhetkisille hoitomenetelmille.
- Toimivan hoidon aikaansaamiseksi jokainen verisuonikirurgisen toimenpiteen jälkeinen infektio täytyy arvioida yksilöllisesti.
- PVA-vaahtosidoksen käyttö suoraan paljastuneen verisuonen tai rekonstruktion päällä on mahdollista. Joissain tapauksissa kaksikerroksisen PVA-vaahtosidoksen käyttöön yhdistetään polyuretaanivaahtosidos. Tänä päivänä polyuretaanivaahtosidoksta käytetään pienen silikonisidoksen (haavan kontaktiside) päällä, mikä suojaa infektoitunutta suonta tai siirrettä.

- Matala imu ei vahingoita verisuonia tai siirteitä. -50 – 100 mmHg matala imupainetaso on suositeltava painetaso jo valmiiksi vaurioituneiden suonien suojaamiseksi lisävaurioilta.
- Imua tulisi käyttää jatkuvana jaksottaisen hoitomuodon sijaan.
- Verisuonisiirteen suojaaminen lihaksella, kuten sartorius-kielekkeellä, jo varhaisessa hoitovaiheessa on eduksi (paljastuneita verisuonisiirteitä ei voi peittää osaihonsiirtein).
- Haavan paraneminen ja siirteen pelastuminen onnistuivat 82-91% tapauksista.
- Alipaineimuhoidon keskimääräinen kesto oli 14-43 vuorokautta.
- Haavan täyden paranemisen saavuttamiseksi hoidon keskimääräinen kesto vaihteli 24 (tutkimus, missä käytettiin sartorius-kielekettä) -51 vuorokauden välillä.
- Verisuonisiirteen säilyttämistä voi yrittää alipaineimuhoidolla grafti-infektioissa ilman distaalista tai proksimaalista anastomoosia. Tähän eivät kuulu pseudomonas-bakteerin kontaminoimat graffitit.
- Alipaineimuhoidon liittyviä vaikeita komplikaatioita, kuten vakavaa verenvuotoa, ei raportoitu tapahtuneen matalapaineisessa alipaineimuhoidossa. Kivun osalta oli ristiriitaisia tuloksia. Jotkin tutkijat raportoivat potilaiden kivun vähentyneen, kun taas jotkut huomasivat kivun lisääntyneen 1/7 potilaan kohdalla.
- Vakavaa verenvuotoa aiheuttavien komplikaatioiden välttämiseksi alipaineimuhoidon käytettäessä suorassa kontaktissa herkästi vaurioituvien verisuoniseinämien kanssa, tulee potilasta hoitaa ainoastaan sairaalaolosuhteissa.
- Ennaltaehkäisevä hoito suljetun haavan alipaineimuhoidolla (ciNPWT) vähensi nivushaavainfektioita verisuonikirurgiassa.

Yhteenvedona voidaan sanoa alipaineimuhoidon olevan toimiva hoitokeino syvien verisuonikirurgisten nivushaavainfektioiden hoidossa. Szilagyl II ja III –tason infektioita tulee hoitaa alipaineimuhoidolla, sillä se parantaa kliinistä hoitotulosta yhtäläisin hoitokustannuksin ja yhtäläisellä elämänlaadulla. Vaikka käytössä olisi verisuoniproteeseja, alipaineimuhoidon voi yksinkertaistaa haastavien haavojen paranemista vähentäen haavojen uudelleenavautumisriskiä. Alipaineimuhoidon käyttäminen ilman lihaskielekkeepittoa on turvallista asiantuntija-arvion mukaan ja tarjoaa siirteiden säilymisen suurimmalla osalla potilastapauksista vähäisellä sairastuvuudella. Tulee kuitenkin mainita, että alipaineimuhoidon verisuonten ja siirteiden hoidossa on vastoin laitevalmistajan ohjeistusta. Suurin osa infektioituneista siirteistä saatiin säilytettyä ilman infektion uusiutumista pitkäkestoisen, 7-vuotisen seurantatulosten mukaisesti. Tämän hoidon avulla voidaan välttää suuria rekonstruktivisia toimenpiteitä ja sitä tulisi hyödyntää, kun hoidetaan Szilagyl II –

tasoisia verisuoni-infektioita. Useiden tutkijoiden mukaan alipaineimuhoidoa ei tule käyttää inguinaaliligamentin yläpuolelle ulottuvissa proteesi-infektioissa, veriviljelypositiivisissa sepiksiksissä tai septisissä grafi-infektioissa eikä myöskään verenvuototilanteissa.

### Lymfokutaaniset fistelit

Alipaineimuhoidoa voidaan käyttää lymfokutaanisten fisteleiden hoidossa. On olemassa noin 20 potilaan nivusissa sijaitsevien lymfokutaanisten fisteleiden hoitoa koskevaa raporttia vertaisarvioidussa kirjallisuudessa vuoteen 2015 mennessä. Näistä neljä oli tapausselostuksia (näytönaste 5) ja 2 tapaussarjoja (näytönaste 4, yksi katsausjulkaisu).

Kainaloiden ja nivusimusolmukkeiden poistossa, samoin kuin infrainguinaalisten suonten leikkauksissa, voidaan aiheuttaa vahinkoa imusolmukkeille. Tämä voi johtaa lymfostaasiin tai lymfoceleen kun iho on ehjä, tai haavatilanteissa lymfokutaanisten fistelien muodostumiseen. Hoitokeinoja on vuosien saatossa kehitetty monia erilaisia aina kompressiosidonnasta ruven muodostumiseen, fibriiniliiman käytöstä mahdollisuuksien mukaan lymfateiden sulkuun ligaatiolla. Alipaineimuhoidon kuvaillaan olevan noninvasiivinen hoitokeino lymfokutaanisia fisteleitä hoidettaessa.

Alipaineimuhoidon käyttämistä lymfokutaanisten fisteleiden hoidossa on tähän päivään mennessä raportoitu käytetyn vain 19 tapauksessa (tasojen 4 ja 5 näytönaste). Ensimmäinen raportti Greer ym. toimesta kuvailee 49-vuotiaan ja 77-vuotiaan naispotilaan hoitoa. Nuoremmalla potilaalla oli bilateraalinen aortobifemoraali-ohitusleikkauksen jälkeinen lymfokutaaninen fisteli ja vanhemmalla potilaalla fisteli oli syntynyt hematooman poistoleikkauksen jälkeen (femoraalipunktiosta syntynyt hematooma). Molemmissa tapauksissa fisteli oli mahdollista sulkea pelkällä alipaineimuhoidolla. Valitettavasti tutkimusryhmä ei informoi tutkimuksessaan alipaineen tasosta tai käytetystä imupaineesta.

Steenvoorde ym. raportoivat potilaasta, jolle tehtiin ilioinguinaalisten imusolmukkeiden poisto paikallisen metastaattisen melanooman poistamiseksi. Valitettavasti leikkauksen jälkeen ilmeni syvä haava- infektio, johon liittyi laaja-alaista ihonekroosia ja runsasta haavanesteen eritystä (750ml vuorokaudessa). Kuudesta päivässä suoritetuista sidosvaihdoksista huolimatta haavan tila heikkeni, mikä vaati laajempaa leikkauksellista puhdistusta. Tutkijat epäonnistuivat lymfokutaanisen fistelin tunnistamisessa ja tästä syystä sitä ei onnistuttu sulkemaan. Tästä syystä

aloitettiin alipaineimuhoido. 11 alipaineimuhoidopäivän jälkeen haavan lymfaattinen vuoto lakkasi täysin. Haavan onnistunut hoitaminen osittaisella ihosiirteellä johti haavan totaaliseen umpeutumiseen. Hoito ei ollut potilaalle kivuliasta, sidosvaihdokset voitiin suorittaa osastolla ja komplikaatioita ei ilmentynyt. Kolmas tutkimusryhmä Rau ym. retrospektiivisesti tutkivat kliinistä ja diagnostista tietoa 8 penissyöpää sairastaneen ja lymfokutaanisen fisteleiden omaavien potilaan osalta (vuosilta 1995-2005). Näistä kahdeksasta potilaasta neljää hoidettiin alipaineimulla. Materiaali osoitti, että korkeammista hoidon aloituskustannuksista huolimatta alipaineimuhoido on suositeltava hoitomuoto, joka johtaa lyhempään sairaalahoitoon ja pienentää potilaskohtaisia hoitokuluja.

Hamed ym. tutkimuksessa raportoitiin 10-18 päivää kestäneen alipaineimuhoidon vaikutusta fistelien sulkeutumiseen. Jokaisen tutkitun potilaan kohdalla fisteli umpeutui onnistuneesti, eikä uusiutunut alipainehoidettujen potilaiden kohdalla.

Lymfokutaaniset fistelit ovat harvinaisia yleis- ja verisuonikirurgisista operaatioista johtuvia komplikaatioita, joita ilmenee joskus myös radiologisten toimenpiteiden seurauksena. Fistelit voivat pidentää sairaalahoitoa huomattavasti. Fisteleiden hoitoa varten on olemassa iso valikoima hoitomenetelmiä, joista yhtäkään ei ole käytetty onnistuneesti tarpeeksi suuressa määrässä tapauksia. Tästä syystä alipaineimuhoidon kuvaillaan olevan mielenkiintoinen vaihtoehto muille hoitokeinoille tätä tilaa hoidettaessa. On tärkeää keskustella ja harkita alipaineimuhoidon tarpeellisuutta ja määrittää hoidolle sopiva imupaine. Yksi alipaineimuhoidon eduista on se, että se ei ole kajoava hoitomuoto ja sitä voidaan hyödyntää ilman kirurgiaa. Se voidaan myös yhdistää kirurgiaan, kuten lymfasuonten ligeeraukseen. Greer ym. osoittivat tutkimuksessaan uskovansa, että granulaatiokudos kasvaa alipaineimuhoidon ansiosta ja peittää imutiet siihen asti, kunnes fistelit lopulta sulkeutuvat. Onnistunut hoitotulos saavutetaan luultavasti kompression ansiosta, jonka alipaineimuhoido aiheuttaa. Ensisilmäyksellä tämä tuntuu olevan epäloogista, sillä imupaineen voisi olettaa tyhjentävän lymfaattisia suonia ja tällöin vilkastuttaa imunestevirtaa. Tulokset kuitenkin osoittavat, että vaahtolevy puristuu kudoksiin. Tämä tuottaa kudoksen kompression sidoksen reikiin ja matalan imun reikien kohdalla. On hyvä pitää mielessä, että imun tuottama vaahtosidoksen pienentyminen tuottaa haavan reunoihin jännitystä ja kudokset uudelleenjärjestyvät. Tämän mukaan tulisi käyttää korkeita paineita alipaineimuhoidossa, jotta saataisiin korkeita paikallisia paineita kudoksissa. Koska verenkierron vilkastuminen hyperremiasta johtuen ja sulkeutuneiden suonten avautuminen uudelleen eri ole toivottua, jaksottaista alipainetta ei tulisi käyttää. Teoreettisesta

näkökulmasta, jatkuva -200mmHg tehoinen alipaineimuhoito on suositeltava menetelmä lymfokutaanisten fisteleiden hoidossa.

Alipaineimuhoitoa voidaan käyttää lymfokutaanisten fisteleiden hoidossa. Tutkimustulokset tukevat ennako-oletusta, jonka mukaan alipaineimuhoidon kompressiovaikutus on avain onnistuneeseen hoitoon. Asiantuntijamielipiteen mukaan korkea, jatkuva alipaineimuhoito -200mmHg paineella vaikuttaa olevan tehokas hoito tähän käyttöaiheeseen.

### Parantumattomat haavat

Vuodesta 1999 alkaen alipaineimuhoitoa on käytetty kroonisten haavojen hoidossa, mukaan lukien säärihaavat, painehaavat ja diabeetikon jalkahaavat. Alipaineimuhoidon käyttö on kasvanut merkittävästi tähän päivään asti. Parantumattomien haavojen hoidossa alipaineimuhoito poistaa nestettä ja eritettä haavoista, keventää painetta, edistää perfuusiota ja tiettyyn pisteeseen asti tasaa painetta haavapohjassa. Seuraavissa kappaleissa alipaineimuhoidon käyttöaiheet parantumattomien haavojen hoidossa esitellään yksityiskohtaisesti.

### Säärihaavat

Säärihaavat ovat jalan alaosassa sijaitsevia avohaavoja, jotka johtuvat joko laskimo- tai valtimoperäisestä vajaatoiminnasta tai molemmista. Säärihaavat voivat kestää kuukausista vuosiin. Säärihaavoja esiintyy jopa 5% väestöstä ja ne maksavat yli 2000€ per potilas vuosittain. Siinä missä valtimohaavojen patofysiologia voidaan yleisesti yhdistää iskemiaan, ei laskimosuonien vajaatoimintaa säärihaavoissa täysin ymmärretä: laskimoperäisen perifeerisen turvotuksen on arvioitu olevan pääkomponentti haavamuodostumisessa ja hoidon tärkeimpänä näkökulmana on pyritty vastaamaan tähän. Lääkinnällinen turvotuksen estohoito ja paikallishoito ovat säärihaavojen hoidon kulmakivi

Säärihaavoilla on tapana uusiutua, minkä takia voisi olla hyödyllisempää keskittyä haavojen ehkäisemiseen ennen haavojen muodostumista kuin yksittäistapausten hoitokeinoihin.

Säärihaavan lopullinen paraneminen on suoraan verrannollinen haavan kokoon ja haavavaiheen keston. Alle 10cm kokoiset ja alle vuoden kestäneet säärihaavat paranevat 29% todennäköisemmin



24. hoitoviikkoon mennessä, kuin yli 10cm kokoiset ja yli 12kk kestäneet säärihaavat, joiden kohdalla on 78 % todennäköisyydellä mahdollista, että ne eivät parane 24. hoitoviikkoon mennessä.

#### Alipaineimuhoidon säärihaavoissa

Alipaineimuhoidon otettiin käyttöön nopeasti ja laaja-alaisesti säärihaavojen hoidossa kuten lähes kaikissa muissakin kroonisissa haavoissa. Sen tuoma hyöty säärihaavojen hoitoon perustuu sen painetta vähentävään kykyyn ja siihen, että se helpottaa kroonista turvotusta. Alipaineimuhoidon hyödyt säärihaavan hoitamisessa huomattiin erikoislääkärien keskuudessa hyvin äkkiä.

Vaikka alipaineimuhoidon on yleinen hoitokeino ja sitä käsitteleviä tutkimuksia on viime vuosina julkaistu runsaasti, on sen tehokkuutta tukevaa todistusaineistoa edelleen kovin vähän. Viimeaikaisessa Cochrane katsauksessa vain yksi satunnaistettu kontrolloitu tutkimus täytti tarvittavat kriteerit 107 julkaistusta artikkelista.

Satunnaistettu kontrolloitu tutkimus käsitti 60 potilaan satunnaistetun alipaineimuhoidon tai perinteisen sidos- ja kompressiohoidon 100% granulaatiovaiheeseen saakka. Tämän jälkeen molempien tutkimusryhmien kaikille potilaille tehtiin ihosiirreleikkaus ja alipainehoidettujen potilaiden keskuudessa alipainehoidon jatkettiin vielä neljän vuorokauden ajan, kun toinen ryhmä sai vain perinteistä hoitoa.

Paranemisajassa oli etu alipaineimuryhmän eduksi vaikkakin matalalla näytön asteella. Riskisuhteen raportoitiin olevan noin 3,2, 95% CI: 1,7-6,2. Tutkimuksen seuranta-aika oli vähintään 12 kuukautta. Parantuneiden haavojen määrässä (29/30) ei ollut merkittävää eroa seuranta-aikana. Haavan valmisteluvaiheessa leikkaukseen alipaineimuhoidon osoittautui hieman paremmaksi (matala näytönaste). Haittavaikutuksista oli niukalti tietoja: kivussa ei eroja 8 viikkoa leikkauksen jälkeen (matala näytönaste).

Tutkimustulosten heikon laadun vuoksi Cochrane katsauksessa todettiin, että:

*”Vartenotettavia tutkimustuloksia satunnaistetuista kontrolloiduista tutkimuksista on niukasti. Tämän vuoksi kliinistä näyttöä alipaineimuhoidon hyödyistä säärihaavojen hoidossa on vähän.”*

#### Painehaavat

Painehaavoja esiintyy 5-10% sairaalapotilaista ja ne laskevat potilaiden elämänlaatua huomattavasti, lisäävät paranemisaikaa ja hoitokustannuksia. Painehaavat johtuvat puhtaasti paineesta, venyttymisestä, hankauksesta tai kaikista näistä luisten ulokkeiden kohdalla. Painehaavat

ovat yleisiä erityisesti vuodepotilaiden, liikkumattomien tai puutteellisen ihotunnon omaavien potilaiden keskuudessa. Painehaavojen syntymistä edistää aliravitsemus, krooniset sairaudet, korkea ikä ja akuutti tai krooninen ihoperfuusion väheneminen.

Painehaavat luokitellaan EPUAPn luokituksen mukaan 1. asteen painehaavasta 4. asteen painehaavaan. Näistä 1. aste on lievin ja 4. aste on vaikein muoto.

Painehaavoja hoidetaan poistamalla ja vähentämällä painetta potilaan painekohdista liikuttamalla potilasta ja puhdistamalla nekroottista ja kuollutta kudosta. Hoidossa käytetään myös paikallisia haavasidoksia, antibioottihoitoa infektiotapauksissa sekä aliravitsemustilassa korjataan ruokavaliota.

#### Painehaavojen alipaineimuhoido

Vaikka asiantuntijoiden tietoisuus ja kiinnostuneisuus aihetta kohtaan lisääntyy, ei alipaineimuhoidon käytöstä painehaavojen hoidossa löydy vielä tarpeeksi tukevia tutkimustuloksia. Tuoreessa Cochrane katsauksessa osoitettiin, kuinka vähän korkeatasoista näyttöä tästä aiheesta löytyy. Tähän katsaukseen valikoitui 4 tutkimusta 82 arvioiduista tutkimuksesta ja niissä ei ollut eroja alipaineimuhoidon ja perinteisten painehaavojen hoidon välillä. Alipaineimuhoidon hyödyllisyydestä painehaavojen hoitamisessa ei ole siis tarpeeksi näyttöä sen käytön perusteltavuuden kannalta.

Lisäksi tutkimusten suunnittelun laatu, pienet potilasmäärät ja asenteellisuus heikensivät tutkimusten löydöksiä Cochrane katsauksen mukaan. Näistä syistä todettiin seuraavaa:

*”Tämä laaja-alainen katsaus tämänhetkisestä satunnaistetuista kontrolloiduista tutkimuksista on osoittanut, että alipaineimuhoidon tehokkuudesta painehaavojen hoidossa ei ole tarpeeksi vahvaa näyttöä.”*

Tutkimustuloksista huolimatta alipaineimuhoidoa käytetään enenevässä määrin painehaavojen hoitamisessa, luultavasti johtuen hoitomuodon joustavuudesta, joka tarjoaa hoitohenkilöstölle mahdollisuuden käyttää sitä vaikeankin painehaavan hoitamisessa. On oletettavaa, että lähitulevaisuudessa aihetta tutkitaan tarkemmin ja laajemmin, mikä lisääisi alipaineimuhoidon näytönastetta painehaavojen hoidossa.

## Diabeetikon jalkahaava

Diabetes mellitus on maailman yleisin krooninen sairaus ja sitä ilmenee 5-10% väestöstä. Diabeteksen yleisyyden uskotaan kasvavan viisinkertaiseksi lähivuosina.

Diabeteksen komplikaatiot voivat kehittyä kliinisiksi oireyhtymiksi. Diabeteksen komplikaatioita on mikrovaskulaarisia, kuten retinopatia, nefropatia ja neuropatia, sekä makrovaskulaarisia, kuten perifeeriset valtimotaudit sekä sydänlihassairaudet. Näistä oireyhtymistä diabeetikon jalkahaavat ovat kaikkein tärkeimpiä niin yleisyyden kuin vakavuuden kannalta. Diabeetikon jalkahaavoja ilmaantuu 15-20% diabetespotilaista vähintään kerran elinaikana ja ne ovat yleisin syy diabetespotilaiden alaraaja-amputaatioille. Diabeetikon jalkahaavoihin liittyvä kuolleisuus on suurempi kuin useamman syöpätyypin.

Diabeetikon jalkahaava on haava, joka ulottuu kaikkien ihon kerrosten läpi nilkan alapuolella.

Monen samanaikaisen tekijän samanaikainen vaikutus neuropatian ja verenkiertohäiriöiden kautta infekioon yhdistettynä tekee diabeetikon jalkahaavasta vaikeahoitoisen. Tämä selittää myös sen, miksi diabeetikon jalkahaava uusiutuu herkästi. Uusiutumisriski erottaa diabeetikon jalkahaavat muista kroonisista haavoista. On arvioitu, että vain noin yksi kolmasosa neuropaattisista diabeetikon jalkahaavoista paranee asianmukaisesti hoidettuna 20 viikon aikana, ja jopa 70% uusiutuu 5 vuoden seurantajakson aikana.

Diabeettisten säarihaavojen hoito on monimutkaista ja siinä pyritään ottamaan huomioon kaikki osatekijät, jotka luovat ja ylläpitävät haavan parantumattomuutta. Paineen kevennys, haavan puhdistaminen, revaskularisaatio ja systeeminen antibioottihoito ovat hoidon kulmakivet.

## Alipaineimuhoidon diabeetikon jalkahaavan hoidossa

Vuonna 2004 julkaistiin ensimmäiset suositukset koskien alipaineimuhoidon hyödyntämistä diabeetikon jalkahaavan hoidossa. Alipaineimuhoidon ottaminen yhdeksi hoitomenetelmäksi perusteltiin sillä, että se poistaa haavaeritettä ja suojaa haavoja tehokkaasti samalla poistaen hajua ja auttaen haavan puhdistamista.

Alipaineimuhoidon hyödynnetään diabeetikon jalkahaavojen hoidossa monipuolisesti alkaen leikkauksen jälkeisistä haavojen hoidosta aina parantumattomiin neuropaattisiin tai neuroiskeemisiin haavoihin. Leikkauksen jälkeisissä haavatilanteissa alipaineimuhoidolla pyritään

haavan sekundaarisulun nopeuttamiseen. Iskemian ja infektioiden riski tulee huomioida ennen alipaineimuhoidon aloittamista.

Alipaineimuhoidon hyödyn näytönaste on niukka, kuten on Cochrane katsauksessa osoitettu. 477 raportoidusta artikkelista 20 arvioitiin olevan hyödyllinen ja vain 5 vastasi kriteereihin.

Näistä viidestä satunnaistetusta, kontrolloidusta tutkimuksesta kolmessa käsiteltiin alle 100 potilaan tietoja ja niiden tuloksien arveltiin olevan tuloksettomia verrattuna jäljelle oleviin kahteen tutkimukseen. Täten tutkimustulokset perustuvat kahteen tutkimukseen. Näistä toinen, Armstrong et al. –tutkimus vertaili alipaineimuhoidon kosteaan haavanhoitoon leikkauksen jälkeisissä diabeetikon jalkahaavoissa. Blume ym. tutkimuksessa verrattiin alipaineimuhoidon erilaisiin sidosvaihtoehtoihin parantumattomien diabeetikon jalkahaavojen hoidossa.

Armstrong ym. tutkivat yhteensä 162 peräkkäistä diabetespotilasta, joilla kaikilla oli leikkauksen jälkeisiä jalkahaavoja jalkaterääamputaation vuoksi. Näitä tutkittiin satunnaistetusti siten, että osan hoidossa käytettiin alipaineimuhoidon ja osan kosteita kompresseja. Näitä seurattiin 16 viikon ajan niin paranemisaikojen, paranemistason sekä amputaatioiden määrän osalta. Tutkimuksessa havaittiin, että alipaineimuhoidettujen potilaiden haavat paranivat nopeammin (43/77: 56%) verrattuna kontrolliryhmään (33/85: 38,8%). Alipaineimuhoidon saaneiden potilaiden arvioitiin paranevan huomattavasti todennäköisemmin verrattuna kontrolliryhmään. Paranemisaika määriteltiin haavan umpeutumisen perusteella ja se oli huomattavasti lyhyempi potilaiden keskuudessa, joita oli hoidettu alipaineimuhoidolla. Alipaineimuhoidettujen potilaiden keskimääräinen paranemisaika oli 56 vuorokautta, kun toisella potilasryhmällä paranemisaika oli keskimäärin 77 vuorokautta hoidon aloittamisesta. Alipaineimuhoidotryhmän potilaiden todennäköisyys parantua oli 1,99-kertainen verrattuna kontrolliryhmään.

Kontrolliryhmässä oli viisi proksimaalista amputaatiota, joita ei ilmennyt yhtäkään alipaineimuhoidon saaneiden potilaiden keskuudessa. Kokonaisuudessaan distaalisia ja proksimaalisia amputaatioita ilmeni 3% (2/77) alipaineimuhoidotryhmässä ja 11% (9/85) kontrolliryhmässä.

Haittavaikutuksien osalta ei todettu eroja alipaineimuhoidotryhmän ja kontrolliryhmän välillä.

Blume ym. tutkivat 324 potilasta, joilla oli diabeetikon jalkahaavoja. Potilaat jaettiin satunnaistetusti kahteen ryhmään. Toista potilasryhmää hoidettiin alipaineimuhoidolla ja

kontrolliryhmää kostein kompressein. Kumpaakin hoitomuotoa hyödynnettiin tavanomaisten hoitomenetelmien lisäksi. Potilaita seurattiin 16 viikon ajan ja paranemisasteita, paranemisaikoja ja amputaatiota vertailtiin hoitajakson lopussa. Haavojen havaittiin paranevan yleisemmin alipaineimuhoidetussa potilasryhmässä (73/169: 43,2%) verrattuna kontrolliryhmään (48/166: 28,9%). Paranemisaika oli huomattavasti lyhempi alipaineimuhoidon jälkeen, ryhmän haavojen keskimääräinen paranemisaika oli 96 vuorokautta verrattuna kontrolliryhmään, jossa keskiarvollaista paranemisaikaa ei onnistuttu 16 tutkimusviikon aikana saavuttamaan. Tutkimus raportoi, että tilastollisesti vähemmän amputaatioita alipaineimuhoidoryhmässä (4.1%) verrattuna kontrolliryhmään (10.2%).

Vaikka leikkauksen jälkeisillä haavat ja krooniset diabeetikon jalkahaavat ovat eri käyttöaiheet, tulokset 2 laajasta satunnaistetusta kontrolloidusta tutkimuksesta osoittavat alipaineimuhoidon olevan turvallinen ja tehokas diabeetikon jalkahaavan hoidossa. Kuitenkin näiden tutkimusten erityispiirteitä ja tutkimusten ajankohtia on arvioitava harkiten. Armstrong ym. tutkimuksessa potilaiden kirurgiset hoitopäätökset jäivät tutkijoiden ratkaisuksi. Blume ym tutkimuksessa oli runsaasti keskeyttämiä molemmissa ryhmissä. Näiden seikkojen pohjalta Cochrane katsauksessa todettiin näissä tutkimuksissa olevan riski ristiriitaisuuksiin. Cochrane katsauksen mukaan muutokset alipaineimuhoidokäytännöissä pitäisi perustua käytännön kokemuksiin ja pitäisi hyväksyä epävarmuus tähän päätöksentekoon liittyen tutkimustiedon laadun vuoksi.

Teknologian kehitys ja uudet hoitomenetelmät, kuten huuhteleva alipaineimuhoido, ovat kehittyneet näiden kahden tutkimuksen julkaisun jälkeen merkittävästi (Tutkimukset Armstrong ym. & Blume ym. on tehty vuosina 2005 ja 2008). Kun tämä otetaan huomioon, alipaineimuhoido tarjoaa tärkeän lisähoitovaihtoehdon diabeetikon jalkahaavojen hoidossa ja sitä käytetään yhä useammin asiantuntijoiden keskuudessa diabeetikon jalkahaavojen monimuotoisissa hoitokäytännöissä.

Alipaineimuhoidon on kuvattu olevan mahdollinen hoito muillakin alueilla, kuten palliatiivisessa haavanhoidossa, nekroottisen faskiitin hoidossa, dermatologiassa, kuten esimerkiksi pyoderma gangrenosumin hoidossa sekä neurokirurgiassa.

#### Alipaineimuhoidon haitat ja vasta-aiheet

Alipaineimuhoidon vasta-aiheina ovat:

- Hyytymishäiriöt (verenvuodon riski) sekä akuutin lievän ja vakavan verenvuodon riski haava-alueella puhdistamisen tai tapaturman jälkeen

- Paljaana olevien sisäelinten, verisuonten ja verisuoniyhdisteiden (anastomoosien) vahingoittuminen on mahdollista alipaineimuhoidon aikana.
- Haavanekroosi
- Hoitamaton osteomyosiitti
- Kasvain haava-alueella

#### Verenvuotoriski

Mikäli verenvuotoa ilmenee tai siihen on riski, alipaineimuhoidon ei tule käyttää. Näissä tapauksissa imu voisi johtaa jatkuvaan verenvuotoon, joka taas aiheuttaisi merkittävää verenhukkaa. Jotkut saatavilla olevat alipaineimulaitteet yhdistetään säiliöön, johon mahtuu jopa 300-500ml nestettä. Näihin sisältyy myös audiovisuaalinen hälytys, joka varoittaa, kun säiliö on täynnä. Tällä keinolla verenhukka voitaisiin estää ajoissa. Lisäksi verenvuoto voi tukkia vaahtolevyn ja täten pysäyttää alipaineimuhoidon kokonaan.

#### Paljaana olevat verisuonet ja verisuoniproteesit

Viimeaikaisen käytännön kokemuksen ja teoreettisen tietämyksen pohjalta tiedetään, että alipaineimuhoidon käytöstä paljastuneiden verisuonten hoidossa tulisi keskustella ja harkita uudelleen. 15 vuoden ajan on julkaistu yhä lisääntyvässä määrin julkaisuja, joissa on tutkittu alipaineimuhoidon käyttöä infektoituneiden verisuonikirurgisten nivushaavojen hoidossa. Joissakin tapauksissa asetettiin pala vaahtosidosta suoraan infektoituneeseen haavaan paljastuneiden suonten tai anastomoosien päälle. Näissä tutkimuksissa alipaineimuhoidon ei vaarantunut verenkiertoa tai aiheuttanut muitakaan komplikaatioita.

#### Haavanekroosi

Nekroosi estää uudiskasvua kasvua. Ennen alipaineimuhoidon käyttöönottoa on syytä siis puhdistaa haava todella tehokkaasti.

#### Hoitamaton osteomyeliitti

Yksinkertainen pinnallinen hoitokeino tuskin toimii osteomyeliitin hoitona, sillä infektio ulottuu syviin kudoksiin. Vaikka haavasidos olisi suoraan kontaktissa luuhun, ei alipaineimuhoidon

tehokkuudesta ole silti takeita. Tässä tapauksessa hoidon tulee keskittyä infektiopesäkkeen poistamiseen. Huuhteleva alipaineimuhoito on hoitovaihtoehto näissä tapauksissa. Alipaineimuhoidon käyttäminen osteomyeliitin hoidossa ei ole valmistajien suositusten mukaista.

### Syöpähaavat

Alipaineimuhoidon tiedetään edistävän granulaatiokudoksen kasvua ja tästä syystä sitä käytetään, kun halutaan edistää kudospesuun ja granulaatiokudoksen muodostumista. Tästä syystä alipaineimua ei tule käyttää, mikäli haavassa on syöpä. Kirjallisuuden mukaan alipaineimuhoito voi olla hyödyllinen palliatiivinen hoitokeino leikkaushoidon ulkopuolella olevissa tapauksissa, kuten kuolioituneiden kasvainten tai pahalaatuisten metastaattisten ihohaavojen hoidossa. Erityisesti runsaasti erittävien kasvainten, haavautuneiden tai osittaisen poisto läpikäyneiden kasvaintapauksien kohdalla alipainehoitoa ei tulisi pitää yksiselitteisen vasta-aiheisena. Kun alipaineimuhoitoa käytetään puhtaasti palliatiiviseen haavanhoitoon, se mahdollistaa haavan peiton siististi ja puhtaasti, on vähemmän kivulias ja lisäksi se ei rajoita potilaan liikumista. Erityistapauksissa kasvaimeen liittyvä haava voi olla käyttöaihe alipaineimuhoidolle.

### Huuhteleva alipaineimuhoito

Huuhteleva alipaineimuhoito on alipaineimuhoidon kehittyneempi ja modifioitu hoitomenetelmä, joka on kehitetty täydentäväksi hoidoksi akuuttien ja kroonisten haavainfektioiden hoitamiseksi leikkauksen jälkeen. Ensimmäiset julkaisut aiheesta on julkaistu vuonna 1998. Tähän päivään mennessä hoitomenetelmää on käsitelty 104 vertaisarvioidussa artikkelissa. Avainsanat artikkelissa olivat ”instillation”, ”instill”, ”irrigation”. 9 artikkelissa vertaillaan alipaineimuhoitoa ja huuhtelevaa alipaineimuhoitoa.

### Huuhtelevan alipaineimuhoidon toimintaperiaate

Huuhtelevaan alipaineimuhoidon kuuluu antibiotti tai antiseptisen aineen (esimerkiksi pyrrolidinoni homopolymeeri jodi yhdistelmän tai oktenidiinidihydrokloridin) retrograadinen huuhtelu suljettuun haavaan. Vuosien 1999-2012 välillä laitteistoon on tehty parannuksia, jotka mahdollistavat automatisoidun huuhteluhoidon, joka ei rasita hoitohenkilökuntaa tai potilasta. Tämä mahdollistaa jatkuvasti kontrolloidun huuhteluhoidon, jossa otetaan huomioon nesteen määrä, huuhtelun kesto, liotusaika ja hoitosyklien määrä. Huuhtelevaa alipaineimuhoitoa on käytetty

onnistuneesti akuuttien haavainfektioiden liitännäishoidossa kirurgisen revision jälkeen. Useat tutkimukset antavat viitteitä siitä, että jopa infektoitumattomien haavojen hoitamisessa voitaisiin hyötyä huuhtelevasta alipaineimuhoidosta, jossa hyödynnettäisiin keittosuolaliuosta, verrattuna tavanomaiseen alipaineimuhoidon tai tavanomaiseen kosteaan haavanhoitoon.

### Käyttötavat

Huuhteleva hoito toteutetaan alipaineimulaitteiston kautta siten, että tiputetaan haluttu liuos vaahtosidokseen erityisen huuhteluletkuston läpi ja sitten liuoksen vaikuttamisajan jälkeen huuhteluneste poistetaan alipaineimun avulla. Periaatteessa huuhtelun ja alipaineen yhdistävää hoitajaksoa voidaan toistaa tarpeen mukaan. Itse asiassa huuhtelu tulisi suorittaa useita kertoja päivässä riittävän antimikrobisen hoitotehon saavuttamiseksi. Tämä tulisi toteuttaa kontrolloidun aikataulun mukaan: huuhteluvaihe (keittosuolaliuos, antiseptiliuos tai antibioottiliuos; n. 10-30 sekuntia), liuotusaika (riippuu huuhteluliukselle tarvittavasta vaikutusajasta, esim. 20 minuuttia), imuvaihe (esim. 2-3 tuntia).

Ensimmäinen vaihe (huuhteluaika) kestää noin 10-30 sekuntia, jolloin imulinja letkustossa suljetaan ja huuhtelu alkaa ja huuhteluneste kulkee letkujen läpi vaahtolevyyn ja täyttäen sekä vaahtolevyn että haavan. Huuhtelun aikana painearvot vaihtuvat ilmakehän paineen mukaiseksi ja lopulta haavatäyteen ja haava-alueen paine normalisoituu. Haava on tällöin liuoksen täyttämä. Ensimmäisen huuhtelun aikana haavasienen vettymistä tarkkaillaan läpinäkyvän haavapeitteen läpi. Tarvittavan liuoksen määrä syötetään laitteeseen (esim. 75ml).

Hoidon toisessa vaiheessa huuhtelulinja suljetaan ja haava puhdistuu. Haavasieneen ja haavaan tiputettu liuos saa esteettömän pääsyn haavapinnolle, jopa syvissä haavoissa. Tämän vaiheen kesto on muunneltavissa käytetyn antiseptiliuoksen farmakodynamiikan mukaan, mutta yleisesti käytetty vaikutusaika on 5-30 minuuttia.

Kolmannessa vaiheessa alkuperäinen alipaine palautetaan. Samanaikaisesti liuoksen poistamisen lisäksi haavasta poistuu haavaeritettä ja kuollutta kudosta. Imuvaiheen kesto riippuu kliinisestä arviosta, mihin vaikuttaa infektion virulenssi, toksiinituotanto ja haavaeritteen viskositeetti, mikä vaikuttaa haavasienen huokoisuuteen. Tämän vaiheen kesto vaihtelee 30 minuutista useaan tuntiin. Yleensä imuvaihe kestää on yhdestä kolmeen tuntia.



Jokainen hoitosykli vastaa normaalia haavasidosvaihtoa. Modernin tietokonekontrolloidun hoidon ansiosta ”sidosvaihdosten” määrä on rajoittamaton, jolloin keskeytymätön tehokas ja intensiivinen haavanhoito on mahdollista.

Sekä hoitajien että potilaiden näkökulmasta aikaa vievä ja usein kivulias haavasidosten vaihtojen määrä vähenee huomattavasti. Huuhteleva alipaineimuhoido on täten potilasystävällinen ja kustannustehokas hoito akuuttien ja kroonisten infektoituneiden haavojen hoitamisessa. Kaiken kaikkiaan hoitomuodon automatisaatio mahdollistaa hoidon turvallisuuden, tehokkuuden ja hoidon miellyttävyyden. Alipaineimuhoidolaite sisältää integroidun keräyssäiliön, johon haavasta poistettu huuhteluliuos poistetaan.

Huuhteleva alipaineimuhoido vs. huuhtelu-imudrenaasi

Huuhtelevaa alipaineimuhoidoa ei tule missään nimessä sekoittaa huuhtelu-imudrenaasiin, jonka Willenegger on esitellyt, missä liuos kulkee jatkuvana virtana paine-eron avulla infuusiolinjaa pitkin haavaan ja huuhteluletkua pitkin haavasta pois. Huuhtelu-imudrenaasin kuvataan jättävän kuolleita kohtia huuhtelureittien läheisyyteen. Nämä kuolleet kohdat eivät enää ulotu huuhtelunesteen vaikutukseen muutaman hoitokierron jälkeen ja voivat täten muodostaa infektoituneita ”saarekkeita”. Huuhteluhoidossa ideaalisessa tilanteessa haava on täytetty kokonaan vaahtolevyllä, jolloin kuolleiden kohtien muodostuminen on epätodennäköistä.

Huuhtelevan alipaineimuhoidon käyttöaiheet

Huuhtelevan alipaineimun nykyisten kokemusten mukaan sitä voidaan käyttää seuraavissa käyttöaiheissa:

- Septiset haavat: pehmytkudonhaavat leikkauksen jälkeen (akuutit infektiot, erityisesti postoperatiivisia haavainfektioita pidetään sopivimpina huuhtelevaan alipaineimuhoidoon), osteiitti, osteomyeliitti (krooniset pehmytkudos- ja luuinfektiot infektiopesäkkeen kirurgisen poiston jälkeen)
- Yleiskirurgia: vatsanalueen sepsis, resistentin bakteerin aiheuttama haavainfektio maksansiirtoleikkauksen jälkeen (laitevalmistajan suosituksen vastainen avovatsatilanteessa)
- Rintaelinkirurgia: keuhkopussin empyeema keuhkokuumeen jälkeen, bronkopleuraalinen fisteli yhdessä empyeeman kanssa, sydänleikkauksen jälkeinen mediastiniitti (laitevalmistajan suosituksen vastainen)
- Vakava proteesi-infektio rintarekonstruktion jälkeen

- Traumatologia ja ortopedia: korkeanenergisesti komplisoituneet murtumat, akuutit komplisoituneet raajahaavat, proteesi-infektiot, korkeanenergisesti vammat, infektio istutteen läheisyydessä (monessa tapauksessa hoito onnistui ilman osteosynteesimateriaalin poistoa). Näiden haavojen hoito voi olla rajoittunutta johtuen nesteen kertymisriskistä
- Nekrotisoiva faskiitti ja kaasukuolio
- Krooniset haavat, kuten diabeetikon jalkahaavat, laskimoperäiset säärihaavat ja painehaavat
- Haavat, joissa huuhtelu pystyy ylläpitämään haavasienen huokoisuutta, mikä puolestaan säilyttää alipaineimusidoksen tiivyyden ja pystyy pidentämään alipaineimusidosvaihtoväliä. Infektoitumattomissa haavoissa Ringerin liuosta voidaan käyttää granulaatiokudoksen kasvun tehostamiseen.
- Kivuliaat haavat (leikkauksen jälkeiset tai infektiin liittyvä kipu voi toisinaan lievitä paikallispuudutehuuhtelun avulla; tämä voi olla vaihtoehto, kun on odotettavissa kivulias painehaavan hoitoon liittyvä sidevaihto)

#### Huuhtelevaan alipaineimuhoidon sopivat liuokset

Useimmiten huuhteleva alipaineimuhoidon kesto on 7-14 vuorokautta, tosin yhdessä tutkimusryhmässä käytettiin huuhtelevaa alipaineimuhoidon jopa kolmen viikon ajan. Tutkimuksissa on käytetty seuraavia liuoksia (joitain vastoin laitevalmistajien suosituksia):

- 0.9% keittosuolaliuosta: huuhtelevan alipaineimuhoidon keskimääräinen kesto 12 vuorokautta, 4 hoitosykliä päivässä, 5-60 minuutin liuotusaika.
- Polyheksaniidi: 0.02% tai 0.04%, 20 minuutin liuotusaika, 4-8 vrk hoitoaika, 4-8 hoitosykliä päivässä.
- Okteniidiini-pohjainen liuos. 3 minuutin liuotusaika, 4-8 vrk hoitoaika, 2 hoitosykliä päivässä
- Etikkahappoliuos: 1% liuos, 20 minuutin liuotusaika, 4-8 vrk hoitoaika ja 4-8 hoitosykliä päivässä
- Super-hapetettu vesi: Hoito toistettiin 2-4 tunnin välein 5-10 minuutin liuotusajalla.
- Dakinin liuos: 10 minuuttia joka tunti, laimennettu 12.5% 10 päivän ajan
- Kaliumpermanganaattiliuos: 1:5000
- Antibioottiliuos: esim. doksisykliini, kolistiini ja rifampisiini.

## - Insuliini

Huuhtelevaa alipaineimuhoidoa käytetään yhä useammin lisähoitona akuuttien ja kroonisten haavojen hoidossa. Viimeisen 10 vuoden aikana huuhtelevalla alipaineimuhoidolla on ollut rooli leikkausten jälkeisten haavainfektioiden lisähoitona. Huuhtelun hyödyntäminen on mahdollistanut tavanomaisen alipaineimuhoidon käytön laajentamista näihin vaikeisiin tilanteisiin, kun hoidossa voidaan hyödyntää samalla antiseptisiä liuoksia ja antibioottiliuoksia. Kirjallisuuskatsaus osoittaa, että huuhtelevan alipaineimuhoidon rooli tulee kasvamaan ja tänä päivänä sitä voidaan hyödyntää myös akuuttien ja kroonisten ei-infektoituneiden haavojen hoidossa haavan paranemisten tukemiseksi, pääasiassa keittosuolaliuoksen käytön vuoksi.

Vaikka huuhteleva alipaineimuhoido on yleistynyt hoitomenetelmä, ei sen johdonmukaisesta ja tuloksellisesta käytöstä ole olemassa tarpeeksi ohjeistavaa kirjallisuutta. Tästä huolimatta tämänhetkiset tutkimustulokset akuuttien ja kroonisten haavojen hoidossa osoittavat huuhtelevan alipaineimuhoidon olevan lupaava hoito, mutta käyttöä tukeva näyttö kirjallisuudesta perustuu tapausarjoihin tai pieniin retrospektiivisiin tai prospektiivisiin tutkimuksiin. Sen on osoitettu näissä tutkimuksissa nopeuttavan paranemisaikaa, lisäten pitkäaikaista toiminnallista ja hyvää kosmeettista hoitotulosta ja mahdollisesti osoitettu helpottavan haavan umpeutumista.

Yleiskatsaus ja kirjallisuusanalyysi osoittavat, että huuhteleva alipaineimuhoido on tietyissä kliinisissä tilanteissa hyödyllisempi kuin perinteinen alipaineimuhoido, erityisesti akuuttien ja kroonisesti infektoituneiden haavojen hoidossa, jotka vaativat sairaalahoitoa.

Lisäksi on olemassa kliinistä näyttöä siitä, että huuhteleva alipaineimuhoido keittosuolaliuoksella on tehokkaampaa haavan paranemisen kannalta kuin pelkkä alipaineimuhoido. Tämä herättää kysymyksen, milloin käyttää keittosuolaliuoksella toteutettavaa huuhtelevaa alipaineimuhoidoa ja milloin ei. Tulevaisuuden kannalta tulisi tieteellisesti selvittää ja arvioida huuhtelevan alipaineimuhoidon kustannustehokkuutta, ja tulisiko kaikkia infektoitumattomia haavoja hoitaa keittosuolaliuoksella huuhtelevalla alipaineimuhoidolla.

### Suljetun haavan alipaineimuhoido (cINPT)

Teollistuneissa maissa leikkaushaavainfektioita (SSI) yleiskirurgiassa esiintyy noin 5% potilaista ja korkean riskin leikkauksissa yli 50%, mikä pidentää sairaalassaoloa yli 12,6 vuorokaudella.

Kirurgiset haavainfektiot ovat potilaille, heidän perheilleen, terveyshuoltojärjestelmille ja yhteiskunnalle taakka, sillä ne vähentävät tuottavuutta, pidentävät sairaalassaoloa, lisäävät

vastaanottokäyntejä ja lisäävät taloudellisia kustannuksia. Esimerkiksi sydänleikkausten jälkeen syvät haavainfektiot lisäävät kuolleisuusriskiä jopa 50%. Syvät haavainfektiot sydänleikkausten jälkeen (DSWI) ovat harvinaisia mutta sitäkin tuhoisampia sydänkirurgisia komplikaatioita.

Tämänhetkisiin vaatimuksiin leikkaushaavainfektioiden estämiseksi kuuluvat määriteltyjen menettelytapojen täytäntöönpano, hoitoprosessien standardointi käyttäen preoperatiivisia profylaktisia systeemisiä antibiootteja, preoperatiivisten saippuoiden tai antiseptisten suihkujen/kylpyjen käyttö, aseptinen leikkausalueen preoperatiivinen valmistelu sekä steriilin ja huolellisen kirurgisen tekniikan käyttö. Monet tutkimusryhmät pyrkivät pienentämään leikkaushaavojen infektioiden ilmaantumista käyttämällä uusia viiltotekniikoita (esmi. plasmaveitsi), uusia ommeltekniikoita ja tuotteita, joihin kuuluu kertakäyttöiset ekg-johdot ja tahdistinlangat, antibiootilla päällystettyjä ompeleita ja hopeasidoksia, haavahuuhtelu ja jodikyllästettyjä läpileikkauskalvoja. Lisäksi jotkut tutkijat yrittivät vähentää syviä sternotomiahaavainfektioita käyttämällä monialaisia haavanhoitotiimejä. Edelleen korkeat leikkaushaavainfektioiluvut kirurgiassa osoittavat, että ennaltaehkäiseviä keinoja tarvitaan lisää. Perinteisesti kirurgit ovat sulkeneet leikkausviillot primäärisesti ompeleilla, hakasilla, kudosliimalla tai näiden yhdistelmillä. Tänä päivänä eri alojen kirurgit ovat havainneet, että alipaineimuhoidosta on hyötyä leikkaushaavakomplikaatioiden ennaltaehkäisyssä. Termi ”suljetun haavan alipaineimuhoido” viittaa minkä tahansa alipaineimuhoidomuodon käyttöön nestettä imevien sidosten kanssa suljettujen haavojen päällä.

Kirjallisuuskatsaus: satunnaistetut tutkimukset

Vuodesta 2004 on julkaistu lukuisia tutkimuksia, joissa on raportoitu cINPT olevan hyödyllinen kliinisiä hoitotuloksia parantava hoitokeino kaikilla kirurgian aloilla. Tätä taustaa vasten me analysoimme olemassa olevia syvien rintakehähaavojen infektioiden ja suljetun haavan alipaineimuhoidon esiintyvyyttä kirurgisten haavojen hoidossa. Tavoitteena oli selvittää miten ja miksi cINPT on hyödyllinen hoitomuoto komplikaatioiden estämiseksi, ja sen lisäksi luoda suosituksia käyttötappoihin.

Kirjallisuuskatsaus rajattiin 1.1.2000 – 31.12.2015 välillä julkaistuihin artikkeleihin. Avainsanoina käytettiin mm.:” prevention”,” negative pressure wound therapy”,” NPWT”,” active incisional management”,” incisional vacuum therapy”,” incisional negative pressure wound therapy”,” incisional NPWT”,” incisional wound vacuum assisted closure”,” closed incisional negative pressure therapy” ja” wound infection”. On olemassa jonkin verran vertaisarvioitua, prospektiivista,

satunnaistettua, vertailevaa tutkimusta suljettujen haavojen alipaineimuhoidosta. Aineistohaku tuotti tulosta, 116 tutkimusta ja vuodesta 2009 on julkaistu useita satunnaistettuja kontrolloituja tutkimuksia (n=7) ja meta-analyyseja (n=3), joissa käsitellään alipaineimuhoidon tehoa suljettujen haavojen hoidossa. Näissä tutkimuksissa käsitellään useita haavatyyppejä ja kirurgisia toimenpiteitä, mukaan lukien korkean riskin avomurtumia (tibia, pilon tibiale, kantaluu), polviroteesihaavoja, alaraaja-amputaatiohaavoja, ja elektiivisiä kolorektaalisia resektioita. Tutkituilla potilailla oli usein perussairauksia, kuten ylipaino, diabetes mellitus, ASOtauti, COPD. Näissä tutkimuksissa cINPT:llä ja kontrolleilla (hopeakyllästettyjen haavasidosten tai steriilien sidosten käyttö) ei osoitettu olevan vaikutusta leikkaushaavainfektioihin. Näistä tutkimuksista yksi keskeytettiin ennen aikojaan, kun suurelle osalle cINPT-potilaista ilmestyi ihorakkuloita.

Viimeisin meta-analyysi, jossa arvioidaan cINPT vaikutusta leikkaushaavainfektioihin vertailemalla sitä perinteisiin haavasidoksiin, perustui kirjallisuushakuun, joka ulotettiin kaikkiin julkaisuihin (ei pelkästään satunnaistettuihin kontrolloituihin tutkimuksiin), mitkä vertailivat cINPT ja perinteistä kirurgista haavasidosta. Tutkijat havaitsivat, että perinteiset hoitomuodot ja cINPT tehosivat eriarvoisesti leikkaushaavainfektioiden vähentämisessä. Tutkijat onnistuivat osoittamaan, että leikkaushaavainfektion todennäköisyys laski 0.496%. Tämän meta-analyysin tulokset osoittavat, että cINPT voi olla tehokas menetelmä leikkaushaavainfektioiden vähentämiseksi ja leikkaushaavojen avautumisen estämisessä.

#### cINPT toimintaperiaate

On olemassa runsaasti julkaisuja, joissa käsitellään tarkasti alipaineimuhoidon toimintaperiaatteita suljettujen haavojen hoitamisessa. Tutkimustulokset tukevat väitettä siitä, että alipaineimuhoido vähentää sivuttaiskiristystä, hematoomia ja seroomia, sekä vähentää turvotusta. Suljetun haavan alipaineimuhoido perustuu näihin vaikutuksiin.

#### Sivuttaiskiristys

Alipaineimuhoido suljettujen haavojen hoidossa vaikuttaa vahvistavan haavaa vähentämällä sivuttaiskiristystä ommellussa haavassa. Tällöin haava kapenee ja arpeutumisriski pienenee. Sivuttaiskiristyksen väheneminen alipaineimuhoidon aikana on onnistuttu todistamaan

tietokonemallinnuksen välityksellä *in vitro* –mittauksilla. On olemassa samankaltaista tietoa muiden alipaineimuhoidon liittymättömien mekaanisten käyttötapojen hyödyistä, joilla voidaan suojata suljettuja leikkaushaavoja paineelta ja vähentää arpeutumista. On myös näyttöä koe-eläintutkimuksista, jossa leikkaushaavojen lujuus kasvaa jatkuvan alipaineimuhoidon ansiosta. Leikkaushaavan sivuttaiskiristykseen väheneminen haavanreunoja tukevan sidonnan avulla parantaa syntyvän arven ulkonäköä. Mekaaninen ärsyke vaikuttaa kollageenisynteesiin ja kollageenisäikeiden järjestäytymiseen ja lisäksi fibroblastien muuttumiseen myofibroblasteiksi. Tämä vaikuttaa suuresti liialliseen ekstrasellulaarimatriisin tuotantoon ja siten arven liikakasvuun. Siten hoitomenetelmillä, mitkä vaikuttavat myofibroblastien määrän vähenemiseen, voi olla positiivinen vaikutus arven ulkonäköön ja sitä kautta toiminnallisuuteen.

#### Kudosperfuusio

On olemassa joitain raportteja cINPT vaikutuksesta perfuusioon leikkaushaavojen läheisyydessä. Kokeellinen tutkimus osoittaa, että siinä missä tavanomainen alipaineimuhoido vaikuttaa perfuusioon avohaavoissa, ei perfuusioon ole suurta vaikutusta suljetuissa haavoissa, joita hoidetaan alipaineimuhoidolla.

#### Turvotus

Kokeellinen eläinkoe sioilla osoitti, että alipaineimuhoidon käyttö suljettujen haavojen hoidossa vaikutti turvotukseen. Tutkimuksessa osoitettiin radioaktiivisesti merkattujen partikkeleiden kulkua imusolmukkeiden kautta alipaineimuhoidolla hoidettujen suljettujen haavojen alla viitaten siihen, että alipaineimuhoido voi tehostaa imunestevirtausta.

#### Hematooma ja serooma

Veren ja seerumin keräytyminen suljettujen haavojen alle luo kuolleita tiloja, jotka saattavat altistaa potilaat infektioille. Suljettujen haavojen alipaineimuhoido on osoittanut vähentävän hematooman määrää. Tämä on osoitettu kliinisesti myös serooman osalta pienessä satunnaistetussa kontrolloidussa tutkimuksessa.

#### Leikkaushaavan infektoriskin vähentäminen

Vuonna 1994 on ensimmäisen kerran 'haavan hidastuneen paranemisen' taustatekijänä olevan haavainfektio. Seroomaa ja hematoomaa vähentämällä haavainfektoriski voi vähentyä, kun haava voi parantua ilman vapaata sisään pääsyä bakteereille. Hematoomien uskotaan olevan ravinnerikkaita lähteitä infektioille. Haavainfektiot johtavat kudosten hajoamiseen ja siten

kirurgisten haavojen avautumiseen häiritsemällä haavan normaalia paranemista solutasolla ja aiheuttaen kudostuhoa. Jotkut tutkijat osoittivat leikkaushaavainfektioiden vähenevän cINPT jälkeen sydänleikkauksissa ja ortopedisissä leikkauksissa. Näissä tutkimuksissa ei ollut kontrolliryhmää. Toisissa tutkimuksissa raportoitiin leikkaushaavainfektioiden vähenevän kolorektaalikirurgiassa, kerisarinleikkauksissa, nilkkanivelenproteesileikkauksissa, vatsanpeitteiden rekonstruktioissa, selkäkirurgiassa verisuonikirurgian nivushaavoissa ja sydänkirurgisissa ohitusleikkauksissa. Stannard ym. raportoivat vuonna 2006 tehdyssä pilottitutkimuksessa, että cINPT:llä ei ollut merkittävää vaikutusta infektioihin ja haavan avautumisiin. Sama tutkimusryhmä raportoi vuonna 2012 randomoidussa prospektiivisessä monikeskustutkimuksessa suuremmalla potilasmäärällä sekä leikkaushaavainfektioiden että leikkaushaavojen avautumisen olleen vähäisempää suljetun haavan alipaineimuhoidoryhmässä. Masden ym julkaisi randomoidun kontrolloidun tutkimuksen, minkä mukaan ei ollut tilastollisesti merkittävää eroa leikkaushaavainfektioiden ja leikkaushaavojen avautumisen suhteen verrattuna suljetun haavan alipaineimuhoidoa perinteiseen leikkaushaavasidokseen. Toisessa tutkimuksessa ei myöskään todettu eroa kirurgisissa haavakomplikaatioissa vatsanpeitteiden rekonstruktioleikkauksissa alipaineimuhoidoryhmän ja kontrolliryhmän välillä.

#### cINPT hoitomenetelmät

cINPT teknologia on kehitetty viime aikoina kirurgisten suljettujen haavojen hoitamiseksi. Tätä varten on suunniteltu erityisiä haavasidoksia, jotka asetetaan suljettujen haavojen päälle. Haavasidoksia valmistetaan materiaaleista, jotka ovat ihoystävällisiä, kuten silikonikiinnitteisistä sidoksista. Haavan täyttemateriaaleja, kuten vaahtolevyjä ja harsosidoksia ei tule käyttää suoraan ehjälle iholle. cINPT-hoitomenetelmiä kuvaillaan kirjallisuudessa näin:

- Polyuretaanivaaho asetetaan viiltohaavan koko pituuden päälle ja se kiinnitetään suojaavalla tiiviillä kalvosidoksella ja kiinnitetään käytettävissä olevaan alipaineimuhoidolaitteeseen, joka asetetaan -75 mmHg - -125mmHg jatkuvalla imupaineelle. Kirurgi voi päättää kuinka kauan alipaineimuhoidoa jatketaan suljetun haavan päällä, esimerkiksi 7 vuorokautta tai tikkien poistamiseen saakka.
- Integroitu, yksiosainen sidos, joka koostuu akryyliliimakiinnitteisestä polyuretaanikalvosta, joka kiinnitetään haavaa ympäröivään ihoon ja polyuretaanilla peitetystä vaahtosidoksesta ja haavan kontaktisidoksesta tuottaen suljetun sidoskokonaisuuden. Tämä sidos kiinnittyy letkun välityksellä pieneen kannettavaan kertakäyttöiseen alipaineimuhoidolaitteeseen, missä

on 45 ml säiliökanisteri. Tämä laite tuottaa -125 mmHg alipaineimun jatkuvana 7 päivän ajan.

- Kannettava kertakäyttöinen säiliötön laite, johon kuuluu haavan kontaktisidoksena rei'itetty silikonisidos sidevaihtokivun minimoimiseksi, ilmalukko kerros mikä sallii tasaisen negatiivisen alipaineen sidokseen kauttaaltaan, imevän kerroksen eritteen hallintaa varten ja suuren kosteushöyryn läpäisevän kalvon. Tämä sidos on kiinnitetty pienikokoiseen kertakäyttöiseen alipaineimuhoidolaitteeseen, mikä toimii -80 mmHg jatkuvalla alipaineella 7 päivän ajan.

Suurin osa tapausselostuksista osoittaa, että cINPTn käyttö oli yhteydessä haavakomplikaatioiden vähenemiseen, kuten haavan avautumiseen, hematoomaan tai seroomaan sekä leikkaushaavainfektioiden vähenemiseen. Kokemus tähän asti osoittaa, että:

- cINPT käytetään useissa kirurgisissa toimenpiteissä, trauma- ja ortopedisessä kirurgiassa, plastiikkakirurgiassa, yleiskirurgiassa, kolorektaalikirurgiassa, laihdutusleikkausten jälkeisessä kirurgiassa, tyrän korjauskirurgiassa, kardiovaskulaarisessa kirurgiassa, verisuonikirurgiassa, urologisissa ja obstetriikassa.
- Tämän hetkinen tieto osoittaa, että ei ole järkevää käyttää cINPT-hoitoa kaikissa kirurgisissa haavoissa, sillä se on liian kallis hoitomuoto verrattuna perinteisiin haavasidoshoitoihin.
- Jokaisessa kirurgian erikoisalan täytyy luoda toimenpidekohtainen riskiprofiili, jossa otetaan huomioon potilaaseen liittyvät riskitekijät ja toimenpiteeseen liittyvät riskitekijät, joiden perusteella voidaan päättää, tarvitaanko toimenpiteessä leikkaushaavojen komplikaation ennaltaehkäisyyn cINPT-hoitoa.

### Milloin aloittaa, milloin lopettaa (päätepiste saavutettu)

Kun viivästetty rekonstruktio on väistämätön, tulee ennen alipaineimuhoidon aloittamista puhdistaa hoidettava pinta tehokkaasti. Vasta sitten alipaineimuhoidoa voidaan käyttää siltahoitona rekonstruktioleikkaukseen ja mikrovaskulaarista kielekettä voidaan harkita lopullisena haavansulkumenetelmänä. Tähän päivään mennessä ei ole olemassa julkaistuja suosituksia siitä, missä alipaineimuhoido olisi parasta aloittaa. Avainsanahauulla ”interval”, ”timepoint”, ”time”, ”delay”, ”start”, ”stop”, ”end”, ainoa saatu tieto käsitteli mahdollisia hoidon viivästymisiä ja sallittuja aikaviiveitä primaarirevision ja sulkuleikkauksen välillä rekonstruktiovien portaiden mukaan. Ei ole olemassa yksityiskohtaista tietoa siitä, koska hoidon aikana on paras hetki aloittaa alipaineimuhoido, mikäli haavan sulkuo ei ole mahdollista, eikä ole olemassa tietoa siitä kuinka



kauan hoito on tehokasta. Lisäksi, ei ole olemassa näyttöön perustuvaa tietoa alipaineimuhoidon sidevaihtoväleistä. Laitevalmistajat suosittavat 48-72 tunnin välein tehtävää sidevaihtoa.

On olemassa kokemusperäistä julkaistua tietoa ja laitevalmistajien suosituksia alipaineimuhoidon aloitus- ja lopetusajankohdista, hoidon kestosta ja järkevistä sidosvaihtoväleistä eri käyttötarkoituksiin (Taulukko 1).

Joskus rekonstruktioleikkaus korkean riskin potilailla, joilla on vaikea alaraajavamma, viivästyy potilaan kriittisen tilan, korkean iän, perussairauksien, runsaasti erittävien haavojen ja/tai tapaturman jälkeisen pehmytkudostilanteen takia. Näissä tilanteissa alipaineimuhoido toimii siltahoitona primaarirevision ja rekonstruktioleikkauksen välillä. Mutta kuinka kauan voidaan viivyttää rekonstruktioleikkausta primaarirevision jälkeen? Tutkimus osoitti, että alipaineimuhoido voidaan jatkaa yli 72 tuntia ilman infektioriskin lisääntymistä ja tuolloin tarvitaan vähemmän kielekeleikkauksia. Yksi tutkimusryhmä osoitti kuitenkin, että alipaineimuhoidon avulla tarvitaan pienempiä kielekkeitä ja tarve kielekeleikkauksiin gradus IIIB avosäärimurtumissa vähenee ja että yli viikon kestäviä alipaineimuhoidovaiheita ei tulisi käyttää (riski infektiioihin ja amputaatioihin). Muut tutkijat ovat tukeneet tätä väitettä osoittamalla, että alle 7 vuorokauden alipaineimuhoido vähensi huomattavasti infektioriskiä (12,5%) verrattuna yli 7 vuorokautta kestäneisiin alipaineimuhoidojaksoihin (infektioriski 57%). Alipaineimuhoidon rutiininomainen käyttö on turvallista avomurtumissa ja tarjoaa hyvän ensivaiheen sidoksen avohaavaan, mutta alipaineimuhoido ei salli pehmytkudospeittoleikkauksen siirtoa yli 7 vuorokauteen ilman infektioriskin samanaikaista kohoamista.

Taulukko 1. Suositukset ajankohdista alipaineimuhoidon aloittamisesta ja lopettamisesta eri käyttötarkoituksista riippuen

<b>Alipaineimuhoidon tarkoitus</b>	<b>Aloitus</b>	<b>Lopetus</b>	<b>Sidosvaihdosvälit</b>
Väliaikainen haavan sulkeminen, (perustuu eritehallintaan, puhdistusvaikutukseen ja haavan puhtaanapitoon)	Alipaineimuhoidon aloittaminen välittömästi haavan puhdistuksen jälkeen	Niin pian kuin mahdollista, haavan sulkuleikkaukseen saakka.	2-4 vrk

Haavan uudelleenkatsominen ennen lopullista sulkemista	Alipaineimuhoidon aloittaminen välittömästi haavan puhdistuksen jälkeen	Niin pian kuin mahdollista siihen asti, kunnes haavapohjaa aletaan valmistella	Kontaminoituneen haavan kohdalla <48 tuntia
Haavapohjan valmistelu leikkaukseen	Alipaineimuhoidon aloittaminen välittömästi haavan puhdistuksen jälkeen	Haavan sulkemiseen asti	3-4 vrk
Haavapohjan huuhteluhoito keittosuolaliuoksella	Alipaineimuhoidon aloittaminen välittömästi haavan puhdistuksen jälkeen	Haavan sulkemiseen asti	3-4 vrk ja joissain tapauksissa 5-7 vrk
Siltahoitona haavansulkua varten	Alipaineimuhoidon aloittaminen välittömästi haavan puhdistuksen jälkeen	Haavan sulkemiseen asti, mutta 7 hoitopäivään mennessä	3-4 vrk
Hygieeninen haavan sulkeminen	Alipaineimuhoidon aloittaminen välittömästi haavan puhdistuksen jälkeen	Haavan sulkemiseen asti	3-4 vrk
Ihosiirteen kiinnittäminen	Alipaineimuhoidon aloittaminen ihosiirteen jälkeen	5-6 päivää, tekoihojen kohdalla hoitoa voidaan jatkaa 10 päivään saakka	Ei suunniteltua sidosvaihdosta
Antiseptien tai antibioottien annostelu	Huuhtelevan alipaineimuhoidon aloittaminen haavan puhdistamisen jälkeen	Haavan sulkuun asti, elävä ja puhdas haavapohja, totaalinen bakteerien poistaminen ei välttämätön	5-7 vrk
Leikkaushaavainfektioiden välttäminen	cINPT välittömästi haavan sulkemisen jälkeen	7 vuorokauden ja tikkien poistamisen välisenä aikana	Ei suunniteltua sidosvaihdosta

Retrospektiivisten tutkimusten tulos osoittaa, että usein siteeratun kriittisen ajankohdan jälkeen suoritettujen kielekerekonstruktioilla on samanlaiset tulokset kuin 3 vuorokauden sisällä tehdyissä rekonstruktioissa. Tämä strategia voi vähentää päivystysrekonstruktiointien tarvetta erityisesti monivammapotilaita hoidettaessa. Tämän ryhmän traumapotilaiden haavoja oli hoidettu keskimäärin 19 vuorokauden ajan tilapäisesti alipaineimuhoidolla (tarkoitus: yhdistää haavapohjan valmistelu rekonstruktioon) primaarirevision ja murtuman korjauksen jälkeen. Kielekerekonstruktio oli siten mahdollinen yli 3 vuorokauden jälkeen ja lopullinen rekonstruktio haavan sulku saavutettiin keskimäärin 28 vuorokauden kuluttua (vaihteluväli: 3-106 vuorokautta). Puhtaiden ja vitaalien haavojen tapauksessa käytettiin 7-päiväistä sidevaihtoväliä avomurtumissa hyväksyttävänä sidevaihtotiheytenä.

Korkeatasoisen näyttöön perustuvien hoitosuositusten puuttuessa on jouduttu suosittamaan, että alipaineimuhoidon aloittaminen tulisi aloittaa välittömästi, eikä hoidon aloittamista ole tule viivästyttää. Lisäksi ei ole olemassa kiistanalaisuuksia koskien alipaineimuhoidon jatkamista 10-14 vuorokauden saakka (paitsi ihosiirreleikkausten jälkeen 5-6 hoitopäivää on yhä suositeltu hoidon kesto). Alipaineimuhoidon käyttö tulee aina pystyä perustelemaan hoitotiimille.

## 6 Potilasnäkökulma

Tämä kappale kuvaa potilaan näkökulmaa alipaineimuhoidosta. Kirjallisuudessa on kuvattu sekä positiivisia että negatiivisia vaikutuksia potilaan elämänlaatuun. Alipaineimuhoidon vaikutus potilaan elämään kaikilla osa-alueilla, fyysisesti, psykologisesti sekä sosiaalisesti. Potilaan näkökulma voidaan kuvata laadullisesti (potilaan elämässään kokemat vaikutukset) sekä määrällisesti (mitataan potilaan elämänlaatua eri osa-alueissa).

Haavanhoidossa olevilla potilailla on eri mielenkiinnon kohteet, huolenaiheet ja hoitomuotoon liittyvät tarpeet. Alipaineimuhoidolla hoidetuilla potilailla on kokemuksia, jotka eroavat tavanomaisen haavahoidon läpikäyneiden potilaiden kokemuksista. Alipaineimuhoidolla hoidettujen potilaiden kokemusten ainutlaatuisten piirteiden tunteminen on tärkeää, jotta voitaisiin toteuttaa yksilöllistä hoitoa, mikä on päämäärä terveydenhuollossa.

Kliinisessä käytössä alipaineimuhoidon on joskus kuvailtu 'yksinkertaisena haavasidoksena', jota voidaan pitää tietämättömyytenä kyseisen hoidon riskeistä ja turvallisuudesta. Ilmiö voidaan nähdä myös hoidon vaikutuksesta potilaaseen. Alipaineimuhoidossa oleva potilas on riippuvainen lääketieteellisestä laitteesta terveytensä suhteen. Alipaineimuhoidon ei ole täysin turvallinen hoitomuoto ja sillä on sivuvaikutuksia. Tämän vuoksi on tärkeää keskittyä potilaan kokemukseen vahvistaakseen heitä hoitoon sopeutumisessa, jotta hoidosta itsestään ei tule pahempaa kuin haavasta.

### Yleinen elämänlaatu

Elämänlaadun käsite määritellään näkökulmaksi, joilla voidaan selvästi osoittaa vaikuttavan terveyteen niin fyysisesti kuin psyykkisesti. Elämänlaadun mittaamiseen on kaksi eri lähestymistapaa: perinteisillä mittareilla, jotka näyttävät elämänlaadun yleisellä tasolla, ja mittareilla jotka näyttävät taudin tai tilan mukautettuna erilaisiin sairauksiin tai olosuhteisiin.

Vain kourallisessa tutkimuksista on määrällisesti arvioitu, miten potilaat itse määrittävät elämänlaatunsa ollessaan alipaineimuhoidossa. Kirjallisuus esittää eri tuloksia niin negatiivisesti kuin positiivisesti potilaan kokemuksista yleisestä elämänlaadustaan. Suurin osa tutkimuksista näyttävät korkeamman elämänlaadun potilaiden seassa, jotka ovat olleet alipaineimuhoidossa, verrattuna potilaisiin joita on hoidettu perinteisillä haavasidoksilla. Tämä tulos voidaan selittää johtuvan niistä alipaineimuhoidossa olleista potilaista, joilla oli vähemmän kipua, haavan paranemisen edistyi ja kotiutuminen sairaalahoidosta oli nopeaa. Pilottitutkimuksessa yleisestä elämänlaadusta 12-viikon ajan, ei ollut suurta eroa alipaineimuhoidettujen ja perinteisellä haavanhoidolla hoidettujen potilaiden välillä. Alipaineimuhoidetut potilaat arvioivat sosiaalisen toimintakykynsä korkeammaksi kahden viikon hoitajakson jälkeen. Tutkimuksen tekijät ehdottavat tämän parannuksen johtuvan tutkimuksenliittyvistä menetelmistä, kuten pieni potilasmäärä ja lähtökohtatiedon puutteesta.

Alipaineimuhoido ei näytä pahentavan potilaan yleistä elämänlaatuun, vaikka jotkin selvitykset osoittavat joillakin osa-alueilla potilaiden arvioivan elämänlaatunsa alemmaksi. Erityisesti fyysisessä toiminnallisuudessa potilaat kokivat elämänlaadun heikkenemistä siten, että se johti hoidon lopettamiseen.

## Fyysiset näkökohdat

### Kipu

Kipu on yleinen oire potilailla haavanhoidon aikana. Tutkimukset näyttävät laajalti erilaisia kokemuksia kivusta alipaineimuhoidossa olleilla potilailla. Jotkut tutkimukset osoittavat alipaineimuhoidossa olevien potilaiden kokevan niin kovaa kipua hoidon aikana, etteivät tavalliset kipulääkkeet auta. Toisissa tutkimuksissa taas ei näy merkittävää eroa verrattuna perinteiseen

haavasidokseen tai on jopa näyttöä alipaineimuhoidon vähentävän potilaan kipua. Tutkimus osoitti alipaineimuhoidetuilla potilailla olevan niin suuri kiinnostus alipaineimuhoidolaitteeseen ja sen toimintaan, joka osaltaan voi olla selitys sille, että tämä kiinnostus peitti potilaiden kipua siten, että he eivät aistineet kipua samalla tavoin kuin jos heitä hoidettaisiin perinteisellä haavasidoksella.

Kirjallisuus osoittaa joidenkin haavanhoitoon liittyvien toimenpiteiden olevan kivuliaampia kuin muut, erityisesti haavasienen poisto ja kun alipaine käynnistetään. Tähän ongelmaan ratkaisuna on esitetty lidokaiinin annostelua alipaineimulaitteen letkun kautta haavasienen ennen haavasienen poistoa, näin on pystytty vähentämään sidevaihtokipua.

Kirjallisuudessa on kuvattu paikallisten kipublokadien vähentävän tehokkaasti kipua, kun potilaat pyytävät kovan kivun vuoksi hoidon lopettamista.

Toinen tapa kivunlievittämiseen hoidon aikana voi olla PVA-sienen (valkoinen sieni) tai harsosidoksen käyttö. On esitetty, että on olemassa todisteita tällaisten haavojen täytemateriaalien valitsemisesta kivun vähentämiseksi, mikä todennäköisesti johtuu kudoksen vähemmästä kasvusta haavasidokseen. Harsosidoksen toinen kipua vähentävä vaikutus on, että haavaan tulee vähemmän kontraktiota kuin käytettäessä vaahtosidosta.

Kipua ja vaurioita voi tulla myös irrotettaessa kalvosidoksia, mitkä ovat tarttuneet ihoon kiinni liimalla. Ihovaurioita voi tapahtua kalvosidoksen ollessa tarttuneena liian tiukasti haavaa ympäröivään ihoon. Ratkaisuna tähän ongelmaan voi olla silikonipinnoitetun kalvosidoksen käyttö akryyliliimakiinnitteisen kalvon sijasta.

## Fyysinen epämukavuus

Alipaineimuhoidossa olevat potilaat kuvailevat kivun lisäksi myös muuta fyysistä epämukavuutta. Sidonnaisuus hoitolaitteeseen 24/7 nähdään ongelmallisena ja häiritsevänä. Laitteen mukana kantaminen kaiken aikaa koetaan päivittäistä elämää rajoittavana fyysisen toiminnan ja liikunnan kannalta. Vaikka potilaita hoidetaan niin sanotulla kannettavilla laitteella, potilaat kokevat laitteen painon painon ongelmallisena. Kuten yksi potilaista on sanonut:

*”Et voi mennä edes keittiöön kantamatta sitä. Se on suuri taakka.”*

Laitekehitys viimevuosina on tuonut saataville pienempiä ja helpommin kannettavia laitteita. Hoitotulokset pienistä haavoista eivät näytä eroavan suurempien laitteiden antamista hoitotuloksista ja pienten laitteiden etuna on parempi elämänlaatu potilaiden liikunnallisuuden lisääntyessä. Ei näytä olevan suurta eroa kivun ja potilastyytyväisyyteen suurten ja pienten laitteiden välillä, vaikka pienemmillä laitteilla on etuna vaikutukset liikkuvuuteen, uneen ja sosiaaliseen kanssakäymiseen.

## Uni

Kirjallisuudessa on kuvailtu unihäiriöitä alipaineimuhoidon aikana. Suurimmalle osalle tämä ei ole ylitsekäymätön ongelma. Upton ja Andrews osoittivat tutkimuksessaan, että 56 % potilaista kertoi jonkin tason unihäiriöistä. Potilaiden arvioiden mukaan unihäiriöongelmien keskiarvo oli 2.98, skaalan ollessa 0-10. Vaikuttava tekijä unihäiriöihin alipaineimuhoidon aikana olivat epämukavat nukkumisasennot ja pelko laitteen sammumisesta, erityisesti pelko siitä, että letkut irtoavat haavasidoksesta, joka tuotti osalle potilaista pelkoa liikkua unen aikana ja he nukkuivat vain selällään.

*”Kietoutuisin dreeneihin”*

*”Nukuin huonosti. Kaikki tuntuu toivottomalta”*

Alipaineimuhoidossa olleet potilaat, jotka saivat jonkin tasoista kivunlievitystä, arvioivat unensa paljon paremmaksi kuin perinteisellä haavanhoidolla hoidetut.

## Fysiologinen näkökohta

### Kehonkuva

Alipaineimuhoidon on kuvailtu kirjallisuudessa potentiaalisena tekijänä potilaan kehonkuvaan ja näkemykseen itsestään. Tämä on todennäköisesti siitä, että potilas on jatkuvasti kiinnitettyä koneeseen, joka muistuttaa heitä jatkuvasti, että heillä on haava ja myös muut näkevät sen. Tässä suhteessa sukupuolten välisiä eroja on kuvattu. Ulkonäkö on ollut häiritsevempi tekijä

naispuolisille, kun taas miespuolisille koneen ääni oli kiusallista. Nämä tuntemukset johtivat potilaan elämään rajoitetumpaa elämää.

*”Se sai minut tuntemaan todella, todella epämukavaksi ja ujoksi. Ehkä ei ujoksi, mutta kiusalliseksi... se oli niin outoa ja rumaa”*

## Stressi

Alipaineimuhoidossa olleet potilaat kuvasivat hoitoa stressaavaksi. Yleisin stressin aihe oli sidevaihto. Tämä oli erityisesti ongelma leikkaussalissa tehtävissä sidevaihtoissa, kun potilaan piti odottaa ja paastota koko päivä, kunnes sai kuulla, että sidevaihto siirtyy kiireellisemmän tapauksen vuoksi ja haavasidoksen vaihto siirtyi jonnekin seuraavaan päivään.

*”Se osuus oli epämukavaa, kun joutui odottamaan tietämättä, vaihdetaanko haavasidosta saman päivän aikana. Yhtäkkiä sitä ei voitukaan tehdä ja et tiennyt koska se on seuraavan kerran mahdollista. Pitäisi olla aikataulutusta haavasidoksen vaihtamiseen”.*

## Ahdistus

Alipaineimuhoidossa olevat potilaat voivat kokea enemmän ahdistusta verrattuna perinteisessä haavanhoidossa oleviin potilaisiin. Tätä esiintyy erityisesti potilaiden keskuudessa, jotka ovat kotihoidossa eivätkä sairaalahoidossa. Nämä potilaat kuvaavat tuntemuksiaan siten, että terveydenhuoltoalan ammattilaiset ovat hylänneet heidät ja heidän täytyy selvitä yksin hoidosta, mikä tuotti epävarmuutta ja turvattomuutta. Seurannan puute ja ongelmat siitä kenen puoleen pitää kääntyä ongelmatilanteissa, on kuvattu useiden potilaiden keskuudessa. Tähän on terveydenhuollon organisaatiossa kiinnitettävä huomiota, jotta potilaat tuntevat olonsa turvatuksi, vaikka he ovat sairaalan ulkopuolella tai muissa terveydenhuoltoalan yksiköissä.

Pelko ja ahdistus koneen toimintahäiriöiden suhteen tai että potilaat itse tekevät jotain väärin, joka johtaa hoidon epäonnistumiseen, nousee usein esille. He ovat keskittyneet koneen toimintaan, joka hankaloittaa potilaan rentoutumista:

*”Olen jatkuvasti peloissani, että kone joutuu puristuksiin ja sammuu - tarkistan sitä jatkuvasti”*

Ahdistuksen vähentämiseksi potilaille pitäisi tarjota kunnon koulutus ja toimintaohjeet koneen häiriötilanteiden sattuessa, mikä vähentäisi ahdistusta potilaissa.

### Henkilöstön osaaminen

Alipaineimuhoidon ollessa suhteellisen tuore hoitomuoto, kirjallisuudessa näkee usein, että terveydenhuollon ammattilaisilla ei ole tarpeeksi ajankohtaista tietoa ja taitoa hoitomuodosta. Tämä johtaa pelkoon ja epäturvallisuuden tunteeseen yhdessä ahdistuksen ja epäuskon kanssa terveydenhuollon ammattilaisten keskuudessa. Jotkut potilaat kuitenkin ymmärtävät terveydenhuollon ammattilaisten pätevyyden puutteen hoitomuodon uuden luonteen takia ja jotkut jopa kokevat olevansa kiinnostuneena osa hoitohenkilökunnan koulutusta.

### Sosiaalinen näkökulma

#### Eristäytyminen ja leimautuminen

Alipaineimuhoido vaikuttaa myös potilaiden sosiaaliseen elämään. Kirjallisuus osoittaa, että sosiaalisissa tilanteissa potilaat kokevat laitteen ärsyttävänä ja kiusallisena, sen ulkonäön ja kovan äänen takia:

*”Olin onnellinen, kun oli talvi, koska silloin pystyin peittämään sen tummalla takilla. Olin kuitenkin tietoinen siitä, en halunnut muiden ihmisten näkevän sitä.”*

Osa potilaista myös pelkäsi, että ympärillä olevat voivat haistaa pahan hajun. Tämä voi johtaa potilaan tuntemaan olonsa omituiseksi, joka voi johtaa eristäytymiseen sosiaalisesta kanssakäymisestä. Kuitenkin, on olemassa tutkimus, joka sanoo, että sosiaalinen kanssakäyminen parantui hoidon aikana. Sillä voi olla tekemistä, että potilaat saivat hoitoa, joka sopi heille, haavasidos ei vuotanut ja laite hillitsi hajua saaden potilaat tuntemaan olonsa helpommaksi



sosiaalisessa kontekstissa. Tuttuus ja turvallisuuden tunne voi olla avain siihen, että potilaat eivät ole häpeissään laitteesta.

#### Perhe ja ystävät

Potilaan perhe näyttelee suurta roolia hoidon aikana. Potilaat ilmaisevat olevansa erittäin riippuvaisia perheen ja ystävien tuesta tunteakseen olonsa turvalliseksi ja mukavaksi hoidon aikana. Tarkemmin ottaen naispuoliset potilaat tunsivat olevansa enemmän riippuvaisia perheestä avun ja tuen saamiseksi, kun taas miespotilaat tunsivat olevansa enemmän riippuvaisia terveydenhuollon ammattilaisista.

*”Minun piti saada aviomieheni auttamaan minua kaikessa... todella, todella lamaannuttavaa etten voinut tehdä kaikkea itse”*

Perheenjäsenet myös voivat kokea altistuvansa potilaan hoidolle, esimerkiksi häiriintyä laitteesta itsestään tai sen aiheuttamasta äänestä yöunien kanssa.

#### Potilaan ja perheen hoitajan koulutus

Alipaineimuhoidon ei ole täysin turvallinen hoitomuoto ilman komplikaatioita. Joulukuussa 2009, FDA antoi ilmoituksen hoidon turvallisesta käytöstä ja totesi, että alipaineimuhoidon liittyneet loukkaantumiset ja kuolemiset tapahtuivat kotona tai pitkäaikaishoidossa. Varmistaakseen turvallisen alipaineimuhoidon käytön on tärkeää kouluttaa potilaat siihen perinpohjaisesti. On ehdotettu, että koulutuksen puute potilaiden ja hoitajien keskuudessa voi olla komplikaatioiden riskitekijä, erityisesti kotihoidossa oleville. On ehdotettu, että potilaiden ja perheen kouluttaminen aloitetaan hoidon alussa ja että se jatkuisi koko hoidon ajan. On tärkeää, ennen kuin vastuuvapaus henkilökunnan puolelta varmistetaan, että potilas ja omaiset ovat valmiita käyttämään laitetta, osaavat seurata hoitoa ja osaavat reagoida asianmukaisesti ongelmiin, joita voi seurata hoidon aikana.

Koulutuksen sisällöksi on suositeltu sisältävän:

- Kirjoitetut potilasohjeet laitteen turvallisesta käytöstä
- Tuntemus laitteen vianmäärityksestä

- Osaamista haavasideksen lisäämisessä ja vahvistamisessa
- Osaamista komplikaatioihin liittyvien oireiden ja tuntemusten tunnistamisessa
- Valmius vastata hätätilanteisiin

Tietämys siitä, mihin ottaa yhteyttä kotihoidossa ilmaantuneista ongelmista, on kuvattu kirjallisuudessa tärkeäksi avaintekijäksi, jotta potilas tuntee luottavaiseksi. Valitettavasti tämä näyttää olevan toistuva ongelma potilaiden keskuudessa aiheuttaen hylkäämisen tunnetta ja lisääntynyttä ahdistusta.

## 7 Alipaineimuhoidon organisaatio

### Hoidon organisaatio

Alipaineimuhoidon organisatoriset näkökohdat ovat erityisen kiinnostavia. Alipaineimuhoidon voidaan tarjota enemmän kuin laitteena/teknologiana, vaan palveluna, joka sisältää erilaiset osto- tai vuokrausmallit, ylläpitojärjestelmät ja poikkitieteellisen yhteistyön.

Tässä luvussa käsitellään alipaineimuhoidon järjestämistä sairaalassa, perusterveydenhuollossa ja kotihoidossa. Se luo yleiskatsauksen olosuhteisiin alipaineimuhoidon organisaatiossa eri ympäristöissä ja antaa ohjeita siitä, mitkä näkökohdat on otettava huomioon hoidon järjestämisessä.

### Alipaineimuhoidon hoito-organisaatioiden eri tasoilla

Alipaineimuhoidon on alkujaan esitelty sairaalahoitoon, usein akuuteissa, traumahaavoissa ja/tai leikkausten jälkeisissä haavoissa. Tätä on siten laajennettu eri etiologialla oleviin vaikeasti paraneviin haavoihin. Nykyään, alipaineimuhoidon voidaan käyttää eri olosuhteissa. Sitä voidaan käyttää kotihoidossa, avohoidossa ja sairaalahoidossa. Kaikilla kolmella tasolla on eri vaatimukset ja olosuhteet klinikoille, potilaalle ja hoitajille.

Nämä vaatimukset ovat laajalti erilaisia hoidettaessa potilasta jatkuvan valvonnan alla sairaalan vuodeosastolla, kun verrataan hoito-olosuhteisiin polikliinisessä hoidossa tai kotihoidossa. Eri

hoito-olosuhteet tuottavat erilaiset haasteet ja vaatimukset alipaineimuhoidon optimaaliselle käytölle.

#### Lyhyen ja pitkän aikavälin tavoitteet

On huomattava, että alipaineimuhoidon lyhyen aikavälin tavoitteet, jotka usein määritetään sairaalassa, eroavat pitkän aikavälin tavoitteista, jotka usein määritellään avohoidossa. Lyhyen- ja pitkän aikavälin tavoitteet täytyy määrittellä erikseen jokaisen potilaan kohdalla ja ne täytyy merkitä hoitosuunnitelmaan.

#### Lyhyen aikavälin tavoitteet:

- Sidosratkaisut
- Haavaeritteen hoito
- Haavan hajun hoito
- Kivun hoito kivun vähentämiseksi
- Infektion välttäminen

#### Pitkän aikavälin tavoitteet:

- Haavaeritteen vähentäminen
- Haavan sulku joko sekundaarisulkutoimenpiteessä tai haavan paraneminen p.s.i.
- Terveen granulaatiokudoksen aikaansaaminen
- Haavan pieneneminen

#### Hoidon kustantaminen

Yksi avainkysymyksistä alipaineimuhoidon käytössä tekniikkana tai palveluna on, miten se on kustannettu. Lisäksi on huomioitava laitetoimittajien suhteen tarjoavatko he vain laitteen vai myös palvelun. Tällä on huomattava vaikutus hoidon organisointiin, hoidon tasoon ja terveydenhuoltoalan kustannuksiin, ja myös oikeudellisiin kysymyksiin.

Rahoitustilanne on Euroopassa monimutkainen ja vaihteleva eri maiden välillä ja myös alueittain, kuten esimerkeissä (liite 11).

Analyysi viidestä maassa (Ranska, Saksa, Italia, Espanja ja Iso-Britannia) osoittaa, että näistä kahdella alipaineimuhoidon kustannetaan kansallisesti. Jäljellä olevalla kolmella ei ollut kansallisesti kustannettua, vaan se oli jätetty alueellisiin tai sairaaloiden budjetteihin sijoitettavaksi. Alipaineimuhoidon kustantaminen kotihoitoon on myös vaihtelevaa. Italiassa alipaineimuhoidon kotihoitossa ei korvata, poikkeuksena Piedmont, Toscana ja Sisilia. Saksassa kotihoitossa kustannusten korvaukset ovat tapauskohtaista, Espanjassa kustannetaan kotihoitoon harvoin. Iso-Britanniassa alipaineimuhoidon kustannetaan kotihoitoon, mutta ei monikäyttöisten laitteiden osalta. Ranskassa alipaineimuhoidon kustannetaan kotihoitoon, mutta ei muuhun avohoitoon.

Tämä tarkoittaa sitä, että alipaineimuhoidon kustannukset toteutetaan hyvin vaihtelevasti niin laitevuokrauksen kuin laitehankinnan osalta. Henkilökunnan kouluttamisessa Ranska, Saksa, Italia ja Espanja nojautuvat laitteen toimittajaan ammattimaisen koulutuksen järjestäjänä, kun taas Iso-Britanniassa yritykset ja asiantuntijaklinikat tarjoavat henkilöstönkoulutusta.

Hoito-ohjeistuksien saatavuus vaihtelee myös suuresti: Saksassa hoito-ohjeistuksia ei ole, kun taas Ranskassa on alueelliset hoito-ohjeistukset. Italiassa hoito-ohjeistuksia on joissakin paikoin alueellisina ja muualla sairaaloiden hoito-ohjeistuksina. Iso-Britanniassa hoito-ohjeistuksia on olemassa vain sairaalakohtaisina, kuten myös Espanjassa (hoito-ohjeistuksia on vain joihinkin tilanteisiin).

Alipaineimuhoidon kustannuksilla ja hoidon järjestelmällisellä käyttönotolla on merkittävä vaikutus hoidon organisoimiseen lisäksi, myös terveydenhuollon talouden hallintaan ja alipaineimuhoidon käyttöön. Alipaineimuhoidon rahoittamisen eri järjestelmien vertailu on tärkeää, koska siinä on niin suurta vaihtelua eri maiden välillä ja alueellisestikin.

## Alipaineimuhoidon eri olosuhteissa

### Sairaala

Suurin osa eurooppalaisista sairaaloista tyypillisesti valitsee yhden alipaineimuhoidon tekniikan käytettäväkseen. Potilaat jatkavat yleensä saman tekniikan käyttöä koko hoidon ajan, kun se on

kerran heille esitelty. Huuhteleva alipaineihoito (NPWTi) on järkevää ainoastaan sairaalapotilaille, kun taas suljetun haavan alipaineihoitoa (ciNPWT) käytetään enemmän avohoidossa, vaikka hoito on aloitettu sairaalassa.

Sairaalat ovat pitkään hoitaneet potilaita alipaineihoidolla. Sairaalat tarjoavatkin parhaan ympäristön menetelmälle, sisältäen steriilin toimenpidehuoneen, anestesia mahdollisuuden, nopean kipulääkkeiden saatavuuden, koulutetun henkilökunnan ja mahdollisuuden jatkuvaan potilaan tarkkailuun. Sairaalassa potilaille ja/tai omaisille voidaan opastaa alipaineihoidon päivittäinen käyttö. Alipaineihoito on myös integroitu sairaaloiden poliklinikkapalveluihin. Alipaineihoidon aloituksessa potilasta ja sidosta pitäisi tarkkailla ainakin 24 tunnin ajan, jotta vuodot ja muut komplikaatiot todettaisiin mahdollisimman varhain ja niihin voitaisiin reagoida tarpeen mukaan.

#### Avoterveydenhuolto

Alipaineihoito on otettu käyttöön avohoitoon leikkaushaavakomplikaatiopotilaille ensin, mutta myöhemmin myös monimutkaisten ja vaikeiden haavojen hoitoon. Alipaineihoidon käyttöönotto avoterveydenhuollossa on toteutettu eri valtioissa riippuen itse kunkin valtion terveydenhuoltojärjestelmästä ja sen rahoituksesta.

Esimerkiksi Saksassa valitaan sopivat alipaineihoitolaitteet ja sidosmateriaalit. Sidevaihdot toteutetaan avoterveydenhuollon potilaille yleislääkäreiden ja kirurgien toimesta poliklinikoilla tai haavanhoitajien toimesta.

Jokainen saksalainen on velvoitettu ottamaan sairausvakuutuksen. Yksittäisten henkilökohtaisten tulojen perusteella kattavuus voidaan valita osaksi Statuary tai Private Health Insurance järjestelmään (SHI/PHI). Hallituksen määräämän terveystieteellisen ohjauksen mukaan nämä vakuutusyhtiöt luovat minimivaatimuksien mukaisen katalogin, joista rakennetaan 'lääketieteellisen hoidon standardit', mistä jokaisella on oikeus hyötyä.

Lääketieteellisen hoidon standardeihin sisältyy sairaalahoito ja sen laskutusjärjestelmä perustuu diagnoosiin liittyvien ryhmien (DRG) järjestelmän mukaan. Eri lääketieteellisillä erikoisaloilla on omat kustannuskoodinsa, jotka liittyvät lääketieteellisiin sairauksiin ja hoitoihin kuten alipaineihoitoon. Esimerkiksi vuonna 2016 luotiin uudet DRG luokat verisuonikirurgiaan liittyvään alipaineihoitoon.

Avohoito kuuluu myös lääketieteellisen hoidon standardeihin, vaikkakaan täyttä kustannusta ei kateta sen kautta. Potilaat jaetaan eri hoitotasolle sairausvakuutusyhtiöiden lääketieteellisten palveluiden mukaan. Sairausvakuutusyhtiöt päättävät kuukausikohtaisen korvattavan summan sairaanhoitopalveluista, esim. avohoitopalveluista.

Esimerkiksi Iso-Britanniassa alipaineimuhoidon koordinoivia tekevät usein haavanhoitoyksiköt, joka tukee hoitajia alipaineimuhoidon menetelmissä ja hoidossa. Haavanhoitopalvelut myös koordinoivat kotiutusvaihetta, mikäli alipaineimuhoidon jatko on tarpeellista. Tässä mallissa sekä lääkärit että sairaanhoitajat vaihtavat haavasidoksia. UK Drug Traffic korvaa kertakäyttötarvikkeet, mutta monikäyttöiset laitteet eivät kuulu tähän. Kertakäyttöisen alipaineimuhoidolaitteen korvaa UK Drug Traffic.

Ruotsalaisessa järjestelmässä avohoito ja sairaalahoito on eriytetty toisistaan. Avohoitoa hallinnoi kunta ja sairaalahoitoa maakunta. Yksityispuolella on sekä avohoitoa että sairaalahoitoa. Tämä luo usein ongelmia, kun yksi terveydenhuollon palvelun tarjoaja aloittaa hoidon ja toinen jatkaa sitä. Ruotsissa kaikki perustuu verotukseen ja usein alipaineimuhoidon rahoitus laitteiden ja sidosten osalta tulee sairaalasta (maakunnalta), kun taas henkilöstömenoista vastaa kunta.

## Kotihoito

Sairaalahoidossa olevat potilaat kotiutetaan nykyään aikaisempaa nopeammin, jonka seurauksena yhä moniongelmaisempia potilaita (myös haavapotilaita) hoidetaan kotihoidossa.

Tätä hoitosuositusta varten noudatamme EWMA-asiakirjan 2014 'Home Care-Wound Care' eli haavanhoito kotihoidossa määritelmää, jossa haavaan liittyvää kotihoitoa määritellään seuraavasti.

*”Hoito, jonka toteuttavat terveydenhuollon ammattilaiset ja perheet, joita kutsutaan myös epävirallisiksi hoitajiksi, kotona asuville haavapotilaille”*

Alipaineimutekniikan käyttö kotihoidossa vaihtelee suuresti maittain, mikä voi selittää terveydenhuoltojärjestelmien eroavaisuudet ja hoidon korvattavuudet.

Esimerkiksi Saksassa alipaineimuhoidon korvattavuus on tapauskohtaista riippuen lakisääteisestä potilaan sairausvakuutuksesta. Saksassa kotihoitoon sisältyy yhteistyö kotihoidon toimittajan ja vakuutuksen myöntäjän kanssa, jotta hyväksyntä korvattavuudelle voidaan saada. Kotihoidon

palveluntarjoaja hakee hoidolle takuuta ja järjestää tarvittavat laitteet ja välineet; palveluntarjoaja helpottaa hoitavan lääkärin, hoitohenkilökunnan ja potilaan välistä yhteistyötä, jos jälkimmäinen saa alipaineimuhoitoa avohoidossa. Kotihoidon palveluntarjoaja ei saa suorittaa alipaineimuhoidon liittyviä haavasidosten vaihtoa, jotka täytyy suorittaa joko yleislääkärin tai kirurgin avohoitovastaanotoilla. Samalla avohoidossa olevaa potilasta ei yleensä siirretä kotihoidosta, kunnes on varmistettu, että vakuutus korvaa, koska yleensä korvattavuutta ei myönnetä. Joka tapauksessa, kotihoidon palveluntarjoaja tai alipaineimuhoidon valmistaja voi korvata kulut tästä etukäteen, kunnes varmistus on saatu.

Iso-Britanniassa haavanhoitopalvelujen ja lääkinnällisten laitteiden hankintasopimukset ovat paikkakuntakohtaisia ja sen seurauksena tarvittavien alipaineimuhoidon laitteiden, sidosten ja tukipalveluiden saatavuus vaihtelee suuresti. Erot sopimuksissa voivat tarkoittaa, että käytettävissä on eri alipaineimuhoidon järjestelmiä ja niillä on eri tukipalvelut. Tämä voi olla erityisesti ongelmallista, kun alipaineimuhoidon tarvitsevat monimutkaiset haavapotilaat siirretään ja kotiutetaan sairaalasta, ja jopa sairaaloiden välissä siirroissa.

Ruotsissa erikoistuneet sairaanhoitajat voivat toteuttaa edistysellistä, tehostettua kotihoitoa. He voivat suorittaa alipaineimuhoidon potilaan kotona. Kotihoidon olosuhteissa ei tarvita erikoistunutta henkilöä, joten hoito riippuu myös terveydenhuollon ammattilaisten yksilöllisestä osaamisesta.

## Alipaineimuhoidon organisaation peruskäsitteet

Seuraavassa annetaan näkemyksiä, mitä vaaditaan alipaineimuhoidon järjestämiseen. Nämä mahdollistavat turvallisen hoidon, turvallisen tiedon jakamisen kuten myös asianmukaisen käytön.

On itsestään selvää, että tällainen asetelma edellyttää asiantuntevaa henkilökuntaa ja sitä että laitteet ja luvat ovat kunnossa. Tämän vuoksi keskitymme seuraaviin asioihin:

- Käyttö- ja huoltotuki
- Vastuu
- Potilaan tukevan verkoston organisointi
- Hoitohenkilökunnan koulutus

## Käyttö- ja huoltotuki

Varastointi ja omassa omistuksessa olevien laitteiden mallit

Sairaaloilla on erilaiset määräykset alipaineimuhoidon laitteiden saatavuudesta. Jotkut sairaalat ovat perustaneet varaston tietyille määrälle laitteita. Ennen alipaineimuhoidon aloittamista potilaalle, täytetään rekisteröintilomake, joka lähetetään tavaran toimittajalle sähköpostilla tai faxilla. Käytön jälkeen laite palautetaan samaa tapaa käyttäen.

Toinen vaihtoehto on tilata laite suoraan laitetoimittajalta puhelimitse tai internetin välityksellä. Tässä tavassa haittapuolena on se, että laite pitää toimittaa ensin eikä sitä saada heti käyttöön. Sairaalat voivat myös ostaa alipaineimuhoidon laitteita suoraan valmistajalta, mutta jos he tekevät niin, heidän täytyy hoitaa myös itse laitteen huolto, jos sitä tarvitaan. Kyseisissä maissa käytössä oleva sairaalan laskutusjärjestelmä takaa vastaavan korvauksen tarjotusta palvelusta.

Ruotsissa vaihtoehtona on ostaa tai vuokrata. Valinta on itse sairaanhoitolaitoksella ja usein nämä päätökset riippuvat julkisesta kilpailutuksesta eri maakunnissa.

Laitteen uudelleenkäyttöönnotto noudattaa sairaalan omaa alipaineimuhoidon organisointia. Sairaalat, jotka pitävät laitteita varastossa tai omistavat omat laitteensa, pyyhkivät pumput desinfektioaineella jokaisen potilaan jälkeen valmistajan ohjeiden mukaan. Mikäli laite on valmistajalta, valmistaja ottaa vastuun ohjelmiston ja laitteen säännöllisestä tarkastamisesta.

Avoterveydenhuollon potilaalle annetaan laite joko valmistajan tai kotihoidon tarjoajan kautta. Näissä tapauksissa potilas, lääkäri ja hoitajat tarvitsevat ehdottomasti kontaktihenkilön jota auttaa mahdollisissa ongelmatilanteissa laitteen kanssa. Alipaineimuhoidon päätyttyä laite noudetaan ja valmistellaan seuraava käyttöä varten joko kotihoidon tarjoajan tai laitteen valmistajan puolesta.

## Leasingmalli

Kolmas vaihtoehto on vuokrata laitteita kolmannelta osapuolelta tai laitteen valmistajalta. Valinta, että laitetta ei myydä vaan mieluummin vuokrataan, on kummallinen piirre alipaineimuhoidossa. Se asettaa alipaineimuhoidon enemmän kuntoutustekniikan puolelle kuin haavasidoksiin ja lääkkeisiin. Kun laite on vuokrattu, ylläpitovastuu on laitteen valmistajalla tai kolmannella osapuolella.



## Vapaasti vuokrattava malli

Tässä mallissa alipaineimuhoidolaite on vuokrattu ja kertakäyttöiset tavarat tilataan valmistajalta. Tämä on erityisen tehokasta niillä markkinoilla, missä alipaineimuhoidon käyttöönotto on ollut hidasta. Tämä malli on yleistymässä skandinaavisissa maissa ja Iso-Britanniassa ja on jo käytössä etelä-Euroopassa.

## Kertakäyttöiset laitteet

Terveydenhuollon tarjoaja ostaa kertakäyttöiset laitteet ja hävittää ne käytön jälkeen. On odotettavaa, että terveydenhuollon tarjoajilla, joilla ei ole leasing - mallia käytössä yritysten kanssa, vaan yksinkertaisesti he ostavat laitteet, alipaineimuhoidon yleistyy ja se johtaa kertakäyttöisten ja monikäyttöisten laitteiden hintojen laskuun.

## Hoitopalvelu

Toinen tapa järjestää laitteiden ja apulaitteiden saanti on käyttää hoitopalvelua, joka toimittaa kaikki haavanhoitotuotteet sisältäen alipaineimuhoidon. On esitetty, että tällainen tilanne voisi optimaalisesti varmistaa johdonmukaista, korkealaatuista potilaan hoitoa, missä on riittävää joustavuutta potilaan yksilöllisiin tarpeisiin vastaamiseen ja mikä voi olla kustannustehokasta hoitoa eri terveydenhuollon järjestelmissä.

Optimaalisesti hoitopalvelu voi tarjota seuraavia etuja (muokattu Williamsilta):

- Käyttää keskitettyä vuokrausjärjestelmää, huolto- ja ostojärjestelmää - pienentää vuokratuloja; neljännesvuosittain maksettu ja etukäteen tiedossa oleva huoltosopimus; vähentää hankittujen tarvikkeiden hukkaa
- Tuottaa luotettavaa tietoa, sisältäen hoidettujen potilaiden määrän, erikoisalan, haavan tyyppin, hoidon pituuden ja lopputuloksen
- Poistaa hoitoviiveen vaaran
- Tekee siirtymisen hoitoyksiköstä toiseen saumattomaksi, ja enemmän potilaita hoidetaan kotona
- Vähentää väärinkäyttöä rajoittamalla alipaineimuhoidon käyttö niille, jotka ovat kokeneita ja perehtyneitä alipaineimuhoidon käyttöön
- Mahdollistaa tuotteiden teknisen kehityksen tehokkaan käyttöönoton

- Tukee alipaineimuhoidon lisäksi kaikkien haavanhoitovaihtoehtojen integrointia

## Palvelun tuki

Kuinka jatkuva korkealaatuinen hoito voidaan taata?

Kun päätetään jatkaa hoitoa avohoidossa, on tärkeää nimetä yksi tai useampi yhteyshenkilö, johon potilaat tai hoitaja ja osallistuvat voivat ottaa yhteyttä heihin ongelmatilanteiden esiintyessä. Yhteyshenkilöt pitäisi nimetä erikseen riippuen siitä onko ongelma laitteessa vai haavasidoksessa.

Saksassa tämä henkilö, joka on vastuussa hoitolaitteeseen liittyvistä kysymyksissä, on yleensä kyseisen laitteen toimittaneen yrityksen työntekijä, kun taas hoitokysymyksiin osoitetun yhteyshenkilön pitäisi olla alipaineimuhoidon koulutettu hoitaja tai lääkäri.

Iso-Britanniassa alipaineimuhoidon koulutus vaihtelee alueittain. Yleensä haavanhoitotiimit tuottavat teoreettista ja käytännön koulutusta, useasti yrityksen edustajan tukemana valituista paikallisista laitteentoimittajista. Tämä korostaa säännöksiä alipaineimuhoidon käytöstä paikallisesti. Iso-Britanniassa ei ole alipaineimuhoidolle tiettyä vaatimusta, ja hoitajien odotetaan toimivan kansallisten käytäntöjen mukaan.

Ruotsissa terveydenhuollon tarjoajalla on täysi lääketieteellinen vastuu potilaan hoidosta. Yritysten täytyy kuitenkin tarjota teknistä tukea. Vastuu laitteiden huollosta selkiytetään julkisissa hankinnoissa, ja ne suoritetaan joko yritysten tai lääketieteen teknikoiden toimesta eri sairaaloissa.

## Palveluntarjonta potilaan osalta

On tärkeää, että potilas on tietoinen, mitä tehdä, jos hoidossa ilmenee ongelmia, esimerkiksi kipua, paineen tason muutoksia, vuotamista, ja osaa toimia näissä tilanteissa. Potilaalle on kerrottava asianmukaisista toimenpiteistä sairaalahoidon jälkeen kotiuttamisen yhteydessä, mieluiten tukihenkilön tai omaisen läsnä ollessa. On kuitenkin tärkeää, että potilas saa yhteyden myös puhelimitse, jos laitteessa ilmenee laitteen toimintaongelmia, tulee laitehälytys tai ilmatiiviys sidoksessa pittää. Tämä on erityisen tärkeää, kun otetaan huomioon potilasaineisto, eritoten vanhuspotilaat, jotka eivät ole tuttuja teknologian kanssa. Täten jos laitteen valmistaja ja/tai

hoitohenkilökunta ei ole käytettävissä 24/7, kellon ympäri käytössä oleva puhelinnumero hoidon määränneeseen yksiköön on suositeltavaa.

## Vastuu

Alipaineimuhoidon vastuut on määriteltävä selkeästi koko hoidon keston ajan ja niitä on korostettava henkilöstön koulutuksessa. Sairaaloissa tämä on suhteellisen helppoa. Vastuu on hoidon määränneellä lääkäriellä, joka voi delegoida alipaineimuhoidon liittyvät muutokset koulutetulle henkilökunnalle, jos sille on tarvetta.

Jos hoito suoritetaan muualla kuin sairaalassa, riippumatta siitä onko potilas hoidettavana kotihoidossa vai perusterveydenhuollossa, vastuut pitää olla selkeästi määriteltynä ennen kotouttamista. Saksassa suurin vastuu on hoitavalla lääkäriellä, jonka pitäisi olla koulutettu alipaineimuhoidon.

Ruotsissa päävastuu on potilaan hoidosta ja alipaineimuhoidosta on hoidon aloittaneella lääkäriellä. Vastuu on hoitavalla lääkäriellä myös silloinkin, kun haavasidokset vaihdetaan perusterveydenhuollossa. Jos avoterveydenhuollon lääkäri on aloittanut hoidon, vastuu on perusterveydenhuollossa.

## Koulutus ja potilasta tukevan tukiverkon tarjoaminen

Jos hoito jatkuu avoterveydenhuollossa, sopiva tuki potilaan hoitoon pitäisi olla valmiina toimintaan ennen kuin alipaineimuhoidon aloitetaan sairaalassa. Saksassa on perustettu niin sanottuja haavaverkostoja, jotka koostuvat eri toimintaympäristössä toimivasta jäsenestä useilla alueilla. Nämä organisaatiot mahdollistavat hyvin hoidetun potilaan siirron sairaalahoidosta avoterveydenhoitoon.

Tämä lähestymistapa edellyttää koordinoijaa, jolla on kokonaisnäkemys hoidon nykytilasta ja voi tarpeen tullen järjestää tapaamisen hoitavan lääkärin kanssa. Tämä koordinoija on myös tietoinen hoidon pituudesta, ja jos on tarvetta, hän voi arvioida jäljellä olevan hoidon kestoa alipaineimuhoidossa. Vaikka nämä haavaverkostot ovat hyödyllisiä, toimintamuoto on kaukana vakiintuneesta Saksan kaikilla alueilla.

Yksi perusedellytyksiä hyvin toimivalle yhteisölle potilaan hoidossa on hyvä kommunikaatio kaikkien osapuolien kanssa. Tämä on aina tapa, jotta potilaan jatkuva hoito voidaan taata.

Iso-Britanniassa ei ole tiettyä potilas- tai hoitoverkoston alipaineimuhoidon saaville potilailla. On suositeltavaa, että potilaille ja/tai omaisille, jotka ovat alipaineimuhoidossa kotona, tarjotaan asianmukaista kirjallisuutta ja perustason koulutusta haavasidoksen ja laitteen hoitamiseen.

Ruotsissa potilailla pitäisi olla tieto siitä, kenen puoleen pitää kääntyä kotihoidon aikana. Tämä on ollut kuitenkin suuri ongelma potilaille, koska he usein tuntevat olonsa terveydenhuollon ammattilaisten hylkäämiksi ja tuntevat jääneensä yksin hoidon kanssa. Ruotsissa ei ole muodollista vaatimusta sille, että potilasta hoitavalla henkilöstöllä pitäisi olla pätevä koulutus. Tieto ja pätevyys terveydenhuollon ammattilaisilla voi siksi vaihdella ja on usein riippuvainen yksilön kokemuksesta ja intresseistä. Kuitenkin ainoastaan hoitavalla lääkärillä on oikeus määrätä alipaineimuhoidon, vaikkakin sen toteuttaa useimmiten hoitajat.

Henkilökunnan kouluttamisen vähimmäisvaatimukset

Tieteellisen näytön saattaminen kliniseen käyttöön edellyttää opetussuunnitelmaa ammattilaisille eri ammatillisissa vaiheissa. Alipaineimuhoidon liittyvä henkilökunnan kouluttamisen pitäisi korostaa haasteita ja mahdollisia ratkaisuja hoidon saumattomaksi jatkuvuudeksi sisällyttäen avohoidon mahdollisuuden. Koulutuksen pitäisi sisältää peruseriaatteen kudoksen puhdistuksesta, infektion/tulehduksen hallinnasta ja kosteustasapainosta. Henkilökunta pitäisi myös kouluttaa ymmärtämään pumpun ja sidosten peruseriaatteen ja pystyä ryhtymään tarvittaviin toimenpiteisiin, jos niihin ilmenee tarvetta.

Esitettävät kysymykset ennen hoidon aloittamista

Huolimatta siitä tapahtuuko hoito kotona, perusterveydenhuollossa tai sairaalassa, seuraaviin kysymyksiin pitäisi vastata ennen hoidon aloittamista:

- Onko haava mahdollista puhdistaa tehokkaasti ennen alipaineimuhoidon aloittamista?
- Voidaanko alipaineimuhoidon käyttöä haavan arvioinnin tulosten perusteella?
- Voiko potilaiden oireita parantaa alipaineimuhoidolla?

- Onko vasta-aiheita alipaineimuhoidolle? (kappale 5)
- Mitkä ovat hoidon tavoitteet alipaineimuhoidon käytettäessä - sekundäärinen sulkuun valmistautuminen, haavanvalmistelu vai haavaeritteen hallinta?
- Kuka suorittaa haavasidoksen vaihtamisen kotiuttamisen jälkeen - sairaala, kotihoito vai perusterveydenhuolto?
- Kuka toimittaa haavasidokset ja laitteet?
- Mikä on aiottu hoitajakson pituus?
- Onko potilas samaa mieltä alipaineimuhoidon toteuttamisesta? jos näin, mitkä ovat edellytykset?
- Onko potilas suostuvainen hoitoon ja onko potilas sitoutunut?
- Onko osapuolten välinen kommunikaatio turvattu ja hyvin kuvailtu toisilleen: yleislääkäri/kirurgi, hoitotyö, kotihoidon tarjoaja ja sairaala?

Kirjallisuudessa on viitattu, että hoitoon sitoutuminen ja lopputulos liittyvät enemmän henkilöstön osaamiseen, potilaan valintaan ja haavaan kuin itse tekniikkaan. Tämä korostaa tarvetta luoda johdonmukainen akateeminen koulutusohjelma alipaineimuhoidon kanssa työskentelevälle henkilökunnalle.

## 8 Kirjaaminen, viestintä ja potilasturvallisuus lainsäädännön näkökulmasta

Alipaineimuhoidon käytetään yhä enemmissä määrin potilaille, joilla on hankalia haavoja. Nämä potilaat yleensä kulkevat hoitojärjestelmän läpi, ja he saavat hoitoa useilta eri tahoilta. Tämä herättää tietoisuutta kirjaamisen, viestinnän ja potilasturvallisuuden tarpeesta, erityisesti lainsäädännöllisestä näkökulmasta.

### Poikkiteollisen alipaineimuhoidon seuraukset

Huomattava haaste avoterveydenhuollossa toteutettavassa alipaineimuhoidossa on potilasaineisto (liitännäissairaudet, kyky hoitoon sitoutuminen) kuten myös henkilökunnan taidot ja osaaminen, eritoten ympäristössä jossa ei voida suorittaa jatkuvaa tarkkailua. Tämän seurauksena

poikkitieteellinen käytöllä on vaikutusta alipaineimuhoidon toteutukseen ja hyväksyntään sairaalan ulkopuoleisessa hoidossa (perusterveydenhuolto, kotihoito). Alipaineimuhoidon käytön lisääntymisessä on nähty hoidon painopisteen siirtyminen enemmän kotihoitoon. Dowsett ym. osoittivat sekä merkittäviä kustannussäästöjä että parempia hoitotuloksia, joita tällainen siirtymä hoidossa voi tarjota. Moffat ym. korostivat mahdollisia tunnevaikutuksia, mitä kotona toteutettavalla alipaineimuhoidolla voi olla sekä yksilölle että perheelle, mutta havaitsivat kokonaisetujen edellyttävän, että kotiutus on suunniteltu huolella, on hyvää palvelua yhteistyössä sekä kommunikaatiota. Kun keskusteltiin lääketieteellisen tuen vaikutuksesta kotihoitoon, Teot kommentoi:

*”Lääkäreiden suhteellisen alhainen kiinnostus haavoihin voi aiheuttaa ongelmia oikeudellisina seuraamuksina, jotka voivat johtaa liialliseen varovaisuuteen päätöksenteossa”*

Jotta voitaisiin poistaa esteet alipaineimuhoidon käyttöönottamisesta kotihoidossa, on tärkeää, että peruste alipaineimuhoidon aloitukseen sekä hoitovastuu määritellään selkeästi koko hoidon keston ajan. Niinpä alipaineimuhoidon käyttöönotto ja hyväksyminen näissä olosuhteissa edellyttää huolellista kotiuttamisen suunnittelua siirtovaiheen hoito-ohjeistusten ja tuen avulla, jotta hoito voidaan toteuttaa turvallisesti, kustannustehokkaasti ja keskeytyksettä eri hoitoyksiköissä.

Guy ja Grothier ovat kehittäneet ehdotuksen avoterveydenhuollon alipaineimuhoidon ohjeistuksesta, joka tukee potilasta ja hoitotiimiä koko kotiuttamisen ajan. Samanlaisia paikallisia hoitopolkuja tulisi kehittää hoidon helpottamiseksi.

Hoitopolkujen pitää osoittaa seuraavaa:

- Kommunikaatio hoitotiimien ja organisaatioiden välillä
  - o Hyväksytyt laitehoidon toimintasuunnitelma ja kirjaaminen
  - o Koordinoitu pumppujen ja kulutustavaroiden tilaus
  - o Jatkuvat seurantajärjestelyt
- Suunnitelmat laitteiden puuttumisen ja puutteiden varalta
  - o Vaihtoehtoisen laitteen vuokraamisen ehdot ja kustantaminen
- Potilassiirrot yli kuntarajojen

- Hoidon jatkuminen, kun ei ole käytettävissä alipaineimuhoidoa tai käytettävälle laitteelle ei ole rahoitusta
- Laitteiden palautus ja puhdistaminen
- Kliiniset vaaratilanteet, koulutus, seuranta ja arviointikäytännöt
  - Oppiminen yli organisaatorajojen ja kuntarajojen

Hoito-ohjeistuksien on käsiteltävä paitsi potilaisiin, hoitolaitoksiin tai kotiin liittyviä asioita, myös kuinka potilaita tavataan ja arvioidaan kotiutettuina tai yleislääkärin vastaanotolla ja kuinka alipaineimuhoidon suhtaudutaan diagnostisten selvittelyiden (kuten MRI) aikana, jolloin pumppu on kytkettävä pois päältä vaihtelevan pituiseksi ajaksi. Useimmat laitevalmistajat esittävät, että hoito voidaan keskeyttää enintään kahden tunnin ajaksi ilman uutta sidevaihtoa.

#### Hoitosuosittelujen ulkopuoleinen käyttö

Vaikka peruseriaatteen ovat samat, alipaineimuhoidon menestys on johtanut laitteiden, haavantäyttemateriaalien ja muiden alipaineimuhoidon materiaalien käytön räjähtämiseen eri hoito-ominaisuuksilla ja käyttöohjeilla. Hieman yli 25 FDA Class II hyväksytyjä alipaineimuhoidolaitteita oli saatavilla kaupallisesti vuonna 2014. Laitteet voivat nyt olla verkko- tai akkukäyttöisiä tai mekaanisia. Niissä on useita erilaisia letkuja ja ne tarjoavat erilaisia laitteistoja eri käyttötarkoituksiin riippuen haavatyypistä, haavan koosta, haavan sijainnista ja haavan erityksestä. Lisäksi haavan kontaktiside voi olla harsosidos tai erilaisia vaahtoja. Jokainen valmistaja on suunnitellut komponentteja osaksi integroitua ja säädelyä järjestelmää varten ja vain näissä järjestelmissä voidaan luottaa negatiivisen alipaineen profiiliin ja paineeseen haavassa. Tämä tarkoittaa sitä, että eri valmistajien komponentteja ei voi yhdistää toisiinsa, joten kertakäyttömateriaalit eivät ole vaihdettavissa keskenään eri valmistajien välillä. Eri valmistajien materiaalien yhdistäminen toisiinsa on luvaton käyttöä ja siten hoidon tarjoajan vastuulla, eikä laitevalmistajan vastuulla. Tästä seuraavat komplikaatiot ovat hoidon tarjoajan vastuulla, ei laitevalmistajan.

#### Käytön ehdot ja sopimukset

Terveystieteiden ammattilaisten pitää olla tietoisia paikallisista sopimuksista ja ehdoista laitevalmistajan kanssa. Nämä voivat vaihdella riippuen eri toimittajista ja sopimusmalleista.

Sopimusten pitäisi sisältää sopimisen laitteiden huollosta, puhdistamisesta ja sterilisoinnista. Näissä pitäisi myös ilmetä kuka on vastuussa mistäkin hoidon aikana ja siirtymävaiheissa.

#### Potilasturvallisuus

Potilaan hoitoon kohdistuvista sivuvaikutuksista kertovat raportit osoittavat, että potilaalle ja henkilökunnalle on annettava selkeät ohjeet potilasturvallisuuteen liittyvissä kysymyksissä. Tätä on kuvailtu Pennsylvania Patient Safety Reporting System julkaisussa, joka korosti useita potilasturvallisuuteen liittyviä kysymyksiä suhteessa alipaineimuhoidon. Jotkut näistä kysymyksistä liittyivät huonoon haavan arviointiin ylipäättänsä ja kirjaamiseen. Julkaisussa osoitettiin:

- Riittämätön arviointi tai arvioinnin puuttuminen (5%)
- Myöhästynyt tai väärä käyttö (21%)
- Riittämätön seuranta ja riittämätön jatkuva arviointi (47%)
- Vastuukysymykset (7%)
  - potilaan/hoitohenkilön koulutus
- Muut tapahtumat (20%)

Martindell huomauttaa Pennsylvania Patient Safety - katsauksessaan suuresta määrästä saatavilla olevia alipaineimuhoidojärjestelmiä ja totesi, että potilaan hoitajan pitää olla perehtynyt valmistajan ohjeisiin.

Huomattavaa on, että käyttöohjeet ja käyttöaiheet eivät ole samat kaikille laitteille.

Erityisesti huipputekniikan avulla hoidettaessa monimutkaista haavaa, hoitoon sisältyy riski hoitokomplikaatioihin. On raportoitu tapauksia, joissa on korostettu alipaineimuhoidon vaaraa lähellä sisäelimiä ja verisuonia. FDA:n alustavassa varoituksen sisältävässä julkaisussa osoitetaan, että verenvuoto on osoitettu suurimmaksi vaaratekijäksi: sen on todettu aiheuttaneen 6 kuolemaa ja 77 vahinkoa.

Näiden ja muiden alipaineimuhoidojen komplikaatioiden seurauksena FDA on esittänyt useita suosituksia ja varotoimia tähän hoitomuotoon liittyen. Nämä voidaan tiivistää näin:

- Huolellinen potilasvalinta, erityisesti haavan tyyppin suhteen
- Riskipotilaiden asianmukainen hoitoympäristön valinta
- Haavanhoidon ja laitteiden erityispiirteet



- Kirjaaminen ja viestintä
- Terveydenhuollon ammattilaisten, potilaiden ja omaisten kouluttaminen

Potilasturvallisuuden varmistuslista alipaineimuhoidossa kotihoitoa varten

Potilaiden ja hoitajien koulutusta pidetään kriittisenä käytettäessä alipaineimuhoidon kotihoidossa.

Potilaiden ja hoitajien pitäisi tietää:

Turvallinen laitteen käyttö

- järjestettävä laitekohtaiset ohjeet
  - o Hälytyksiin vastaaminen
  - o Miten toimia, jos ilmatiiviys sidoksessa pettää

Haavasidoksen vaihtaminen tai hoidon päivittäminen siirtymällä tavalliseen haavasidokseen

- Pitää varmistaa haavasidosten saatavuus

Ongelmientunnistaminen

- Vuoto

Hätätilanteisiin vastaaminen

- Alipaineimuhoidon lopettaminen
- Suoran paineen lisääminen
- Häätäpalvelun aktivoiminen

Yhteydenotto tukeen

Viestintä

Näiden suositusten yleinen teema on se, että viestintä terveydenhuollon ammattilaisten kesken sekä terveydenhuollon ammattilaisten ja potilaan välillä on oltava vahvoja, jotta alipainemuhoidon toimitetaan turvallisesti ja tehokkaasti. Kirjaaminen palvelee useita tarkoituksia:

- Edistetään parempaa viestintää ja tiedonjakamista moniammatillisen terveydenhuollon tiimin jäsenten kesken
- Hoitojen jatkuvuuden helpottaminen
- Osoittaa, miten potilaan hoitoon liittyvät päätökset tehtiin
- Kirjatun tiedon toimittaminen toimitetuista palveluista
- Tukee:
  - Palvelun toimittamista

- Tehokasta kliininen arviointia ja päätöksentekoa
- Potilaan hoitoa ja viestintää
- Kliininen auditointia, tutkimusta, resurssien kohdentamista ja suorituksen suunnittelua
- Auttaa:
  - Parantamaan vastuullisuutta
  - Tunnistamaan riskit mahdollistaen komplikaatioiden varhaisen havaitsemisen
  - Käsittelemään valituksia tai oikeusprosesseja

## Kirjaaminen

Useat tutkijat ovat korostaneet epäonnistumisia hoitotyön ja lääketieteen kirjaamisissa sisällyttäen myös haavanhoitoon ja painehaavanhoitoon liittyvät tiedot. Lääketieteelliset ja hoitotyön kirjaukset ovat osa oikeudellisia asiakirjoja ja voivat olla siten tärkeä osa todisteita. Siten kirjauksien tulee olla perusteellisia, tarkkoja, tosiallisia, objektiivisia, luettavissa ja vapaa lyhenteistä, ellei niitä ole määritelty. Niiden pitäisi olla ajankohtaan liittyviä, totuudenmukaisia, allekirjoitettuja ja niistä pitää käydä ilmi päivämäärä ja kellonajat. Haavoihin, erityisesti onkaloihin, liittyviä käsin kirjoitettuja muistiinpanoja voidaan täydentää yksityiskohtaisesti kaavioilla, kartoilla ja kuvilla. Tarkat ja yksityiskohtaiset onkaloihin liittyvät kirjaamiset ovat erityisen tärkeitä, kun halutaan välttää haavanhoitomateriaalin jäämistä haavaonkaloon. Merkinnöistä tulee käydä ilmi:

## Haavantäyttömateriaali(t)

- materiaali
- koko
- määrä
- paikka

Käytettäessä haavan kontaktisidoksia: niiden laatu ja lukumäärä

Kirjalliseen kuvaukseen tulisi liittää kaavakuva, mistä käy ilmi haavantäytemateriaalinen sijainti haavassa, sanallinen tieto ulottuuko haavantäytemateriaalia piiloon haavataskuun, josta se ei ole näkyvillä seuraavassa sidevaihdossa Täytemateriaalit ja haavasienien määrä tulisi laskea haavaan laitettaessa ja haavasta poistettaessa ja toimenpiteisiin tulisi ryhtyä, jos laskut eivät täsmää. Sidosmateriaaleista on raportoitu haittavaikutuksia potilailla.

## Oikeudelliset kysymykset

Alipaineimuhoidon koskevat oikeudenkäyntien määrä on kasvanut. Riskien vähentäminen edellyttää ymmärrystä vasta-aineiden ja mahdollisten komplikaatioiden varhaisesta tunnistamisesta, mikä edellyttää kokemusta. Alipaineimuhoidon oikeudelliset ja oikeudenkäyntikysymykset voidaan jakaa seuraaviin:

- Haavaan jäänyt sidosmateriaali
- Epäonnistuminen hälytyksiin vastaamisessa
- Sopimaton hoitomuodon valinta tai hoidon arviointi
  - o Verenvuodon hoitamatta jättäminen
- Kouluttaminen ja henkilöstön vaste
- Viestintä ja kirjaaminen
- Ihovauriot tai painehaavat, jotka liittyvät letkuihin tai huonoon haavasidoksen asettamiseen

Joiden haavojen monimutkaisuus voi tarkoittaa sitä, että hoito on kokeellista ja alipaineimuhoidon käyttö tällaisissa tilanteissa on valmistajan ohjeiden ulkopuolista ja rikkoo täten hoidolle asetettuja vasta-aiheita. Tällöin hoitopäätösten täydellinen selvitys on kirjattava. Sen pitää sisältää tieto hoidon vasta-aiheisuudesta ja sisältää potilaan lupa tällaiseen hoitoon. Hoitoa on seurattava tarkasti ja sen toteuttaa vain alipaineimuhoidon perehtyneet terveydenhuoltoalan ammattilaiset.

Yhteenvedona, alipaineimuhoidon käyttö ei ole pelkästään teknologiaan ja haavanhoitoon liittyvä ongelma, vaan se myös edustaa oikeudellisten näkökohtien ja potilasturvallisuuteen liittyen kysymysten kannalta merkittävää muutosta haavojen hoidossa korkeaa teknologiaa apuna käyttäen.

## 9 Alipaineimuhoidon terveystaloudelliset näkökohdat

Alipaineimuhoidon esittelemisen edustaa kliinisen innovaation lisäksi vaikutusta terveydenhuollon talouteen ja resursseihin. Tämä uusi haavanhoidon muoto eroaa olemassa olevista lähestymistavoista, koska resurssien käytön ja kustannustehokkuuden selkeän määrittelyn ja tulkinnan vaatimukset lisääntyvät. Tämä pätee sekä suljettujen haavojen, monimutkaisten että

vaikeasti parantuneiden haavojen hallintaan. Ymmärtääkseen alipaineimuhoidon mahdolliset vaikutukset hoidossa on tarpeen tunnistaa haasteet resurssien käytössä ja kustannuksissa.

Tautitilojen kustannusten analysoinnissa on suurena ongelmana, että kustannusanalyysien vertailuissa yhdistetään eri hoito-ohjeistuksia ja erilaisissa taloudellisissa tilanteissa olevia maita, esimerkkeinä terveydenhuollon henkilöstön palkkausten erot ja korvauskäytännöt.

Taloudellisen päätöksenteon tueksi tarvitaan korkealaatuista tutkimusta, mikä kiinnittää huomiota resurssien tehokkaaseen käyttöön ja seurausten arviointiin, pelkkiin yksinkertaisiin kustannusperusteisiin, erityisesti leikkausten jälkeisten haavojen, painehaavojen, säarihaavojen ja diabeetikon jalkahaavojen osalta. Nykyiset hoitomallit ovat usein pirstoutuneita ja keskittyvät vain kustannusarvioon seuranta-aikana.

Menestyksekkäät tutkimukset ovat usein laajoja, missä materiaalikulujen lisäksi on huomioitu myös henkilöstökulut, sidevaihtotiheys, haavan paranemisen kokonaisaika ja elämän laatu. Oikea haavan diagnoosi on edellytys asianmukaiselle ja onnistuneelle hoidolle, tehokkaammalle sidosten ja haavanhoitovälineiden käytölle, haavatyypin ja –diagnoosin mukaiselle sidosvalinnalle, toimenpiteiden jälkeisen parantumisen edistämiseksi ja uusiutuneiden haavojen välttämiseksi sekä haavan paranemisajan lyhentämiseksi.

#### Hoito-organisaatio

Kun arvioidaan terveystaloushyötyjä ja resurssien käyttöä monimutkaisissa haavoissa alipaineimuhoidon liittyen, on tärkeää tarkastella alipaineimuhoidon vaikutusta hoidon järjestämiseen sekä sairaalassa että eri sektoreilla.

On harvinaisempaa tutkia ja arvioida haavanhoidon tai hoitojärjestelmien organisointia, mutta nämä tutkimukset voivat antaa tärkeitä ja hyödyllisiä tietoja haavanhoidon tuloksen parantamiseksi. On myös tärkeää olla tietoinen monimutkaisten haavojen komplisoituneesta hoidosta aiheutuvista kustannuksista, erityisesti tapauksissa, joissa on monialaista osaamista vaativissa tapauksissa. Diabeetikon jalkahaavojen hoitoa käsittelevissä julkaisuissa on kuvattu hoidon järjestämisen taloudellisia vaikutuksia ja koordinaation puutteesta johtuvista seurauksista eri alojen ja hoidon eri tasojen välillä.

Nämä löydökset ovat vahvistuneet useissa eri maissa ja terveydenhuoltojärjestelmissä maailmanlaajuisesti. Ne osoittavat pirstaleisen hoidon puutteet ja viestinnän ongelmat eri terveydenhuoltoalan palveluntarjoajien välillä.

Monet terveydentaloustutkimukset vaikeasti paranevista haavoista ovat keskittyneet sairaalahoitopäivien vähentämiseen ja erikoisalakohtaiseen polikliiniseen hoitoon. Kuitenkin huomattava osa resursseista käytetään perusterveydenhuollossa (terveyskeskukset ja kotihoito). Tämä tarkoittaa monimutkaisten haavojen hoidossa, että korkeatasoinen haavanhoito polikliinisenä ja kotihoitona on ja tulee olemaan merkittävässä roolissa. Huomattava osa tutkimuksista osoittaa haavanhoidon organisoimisen merkityksen, kuten myös hoitopolkujen koordinoimisen tärkeyden optimaalisen hoidon saavuttamiseksi sekä lopputuloksen että kustannusten osalta.

Paranemiseen ja vaikeasti paraneviin haavoihin liittyvät tekijät

Alipaineimuhoidon on otettu käyttöön tekniikkana tai palveluna perustuen enemmän haavanparanemisvaiheeseen kuin haavan etiologiaan. Tällä hetkellä suurin osa haavanhoidon tutkimuksista perustuu haavan etiologiaan. Kaikissa näissä tutkimuksissa ja erityisesti alipaineimuhoidon haasteena on tunnistaa ja kontrolloida monimuotoisuutta ja sekoittavia tekijöitä (haavatyypit, koko, haavan tilanne) yksittäisissä tiloissa. Talousnäkökulman erityispiirre terveydenhuollon toimenpiteitä arvioitaessa on, että selkeästi ottaa huomioon sekä kustannukset että seuraukset ja lopputulokset. Tämän seurauksena terveystalouden analyysi pohjautuu voimakkaasti riittävään tietoon liitännäissairauksista, riittävästä hoidosta ja luonnollisesta lopputuloksesta. Nykyään on olemassa huomattavan vähän laajoja kohorttitutkimuksia, jotka seuraavat potilaita paranemiseen saakka ja tunnistavat lopputulokseen ja resurssien käyttöön liittyvät tekijät.

Haavahoidon teknologiat

Kun alipaineimuhoidon otettiin käyttöön, terveydentalouden analyysit keskittyivät sairaalahoitoon. Alipaineimuhoidon käytetään kuitenkin eri terveydenhuollon yksiköissä (sairaalahoitoon, perusterveyden huollossa tai kotihoitoon), jolloin haasteena oli ymmärtää alipaineimuhoidon vaikutus laajaan käyttöön mukautettuna laitteena tai palveluna erityisesti, koska alipaineimuhoidon alun perin pidettiin kalliina, vaativana ja aikaa vievänä. Terveystalouden tutkimuksissa koskien haavasidoksia arvioitiin, olivatko seurauksena harvemmat sidevaihdot tai nopeampi paraneminen.

Kun resurssienkäyttöä arvioitaessa on tärkeää, että ei keskitytä yksittäisiin tekijöihin, kuten haavasidoksiin tai toimenpiteisiin, vaan nähdään kokonaisuus laajemmin. Harvat haavanhoitotutkimukset tarjoavat täyden kustannushyötyanalyysin. Suurin osa tutkimuksista keskittyy vain kliinisiin lopputuloksiin ja sisältää analyysin arvioituista välittömistä lääketieteellisistä kustannuksista haavojen hoidossa, mutta ei epäsuoria kustannuksia liittyen sairauslomiin, potilaan ja hänen perheensä lisääntyneisiin kustannuksiin sekä elämän laadun heikkenemiseen.

Kustannuslaskenta on kaksivaiheinen prosessi. Ensimmäisessä vaiheessa mitataan käytettyjen voimavarojen määrä ja toisessa vaiheessa nämä käytetyt voimavarat arvioidaan. Katsauksessa vuodelta 2003 satunnaistetuista kontrolloiduista tutkimuksista vaikeasti paranevista haavoista havaittiin kustannusten ja resurssien käyttöä käytettävän lopputuloksena 4,5%ssa (rekisteröidyistä lopputulosten määrästä). Tämä voi olla talouden kustannuksia, jotka liittyvät paranemiseen, institutionaalisiin kustannuksiin, viikoittaisiin kustannuksiin, käytettyihin resursseihin, sidosvaihtomääriin, kustannussäästöihin ja kustannuksia potilasta kohden vuodessa. Suurin osa näistä tapauksista oli lähinnä kuvailevaa, ja niihin liittyi huolestuttavia seikkoja, kuten tutkimuksen näkökulma sekä käytettyjen resurssien, kustannusten ja maksujen välinen erottelu.

#### Hoitotoimenpiteiden vertailu

Uuden hoitomenetelmän käyttöönottoa varten on välttämätöntä esittää todisteita, mukaan lukien terveystaloustiede, jossa verrataan olemassa olevan nykyistä hoitoa uusiin hoitovaihtoehtoihin, erityisesti alipaineimuhoitotekniikan kaltaisessa tapauksessa. Tästä syystä tarvitaan yhä enemmän päteviä tutkimuksia kustannuksista ja resurssienkäytöstä. Tällä hetkellä näitä laadukkaita tutkimuksia on olemassa vain muutamia koskien haavanhoitoa. On olemassa sekaannusta siitä, miten nämä tutkimukset olisi tehtävä, erityisesti päätepisteiden ja resurssien käytön osalta. Alipaineimuhoidon terveydellisiä taloudellisia tutkimuksia on vähän (liitteet 12 ja 13) ja erityisesti kustannustehokkuuden osalta.

#### Kustannustehokkuuden tutkiminen

Kustannustehokkaita analyyskejä käytetään yleisesti ja joskus väärin viittaamalla kaikkiin taloudellisiin arviointeihin terveydenhuollossa. Muutamia kustannustehokkuusarviointeja tai kattavia taloudellisuuteen liittyviä arviointeja vaikeasti paranevista haavoista ja leikkauksen

jälkeisistä haavoista on tehty näiden menetelmällisten vaatimusten mukaan. Monet julkaisut tarjoavat tietoja ilman samanaikaisia tuloksia tai seurauksia. Näitä tutkimuksia voidaan tulkita ensisijaisesti jonkinlaiseksi sairauden kustannusten arvioinneiksi tai kustannusten tunnistamisen analyysiksi, ja ne voivat tarjota arvokasta tietoa poliittisille päättäjille tai tietoja tulevien taloudellisten arvioiden suunnitteluun ja toteuttamiseen.

Kustannustehokkuustutkimuksiin sisältyvät sekä kustannukset että vaikutukset. Näiden analyysien etuna on se, että ne pitävät parempien tulosten mahdollisuutta vastineeksi lisääntyneelle resurssien käytölle. Kustannushyötyanalyysiin sisältyy päätös siitä, onko käytetystä kustannuksesta ollut hyötyä rahallisesti mitattuna. Monissa tutkimuksissa on otettu mukaan erilaisia resursseja kustannuserien lisäksi, mikä vaikeuttaa vertailua.

#### Mallinnustutkimukset

Vaihtoehtona satunnaistetuille kontrolloiduille tutkimuksille ja kohorttitutkimuksille on tehdä mallinnustutkimuksia eri lähteisiin perustuvien tietojen avulla. Alipaineimuhoidon osalta on tehty joitain mallinnustutkimuksia erityisesti diabeetikon jalkahaavoista. Tämän tyyppinen tutkimus ei eroa edellä mainituista terveystaloudellisista analyyseistä, mitä tulee tarvittaviin kustannuksiin suhteessa lopputulemiin. Mallinnus on usein vaihtoehto, jos interventio kattaa pitkän ajanjakson.

#### Terveystalousvertailuiden ristiriidat

Haavojen hoidossa käytettävien terveystaloustutkimusten määrä on rajallinen ja useimmiten perustuu tapaussarjoihin tai kliinisiin tutkimuksiin, joissa verrataan tiettyä hoitoa tai hoitopolkua tiettyinä ajanjaksona.

Sama kuvio nähdään alipaineimuhoidon osalta (liitteet 12 ja 13). Taloudelliselta kannalta nämä tutkimukset ovat haasteellisia, koska ne itse asiassa vain mittaavat kliinisessä tutkimuksessa käytettyjä resursseja, jotka perustuvat tiettyyn suunniteltuun kliiniseen protokollaan. Yksi huolenaihe on niiden kelpoisuus - kuinka paljon jokapäiväinen käytäntö eroaa koeolosuhteista ja seurataanko kaikkia potilaita tiettyyn päätepisteeseen vai vain lyhyen tutkimukseen liittyvän seuranta-ajan verran.

Yksi alipaineimuhoidon haaste on arvioida teknologian ja palvelun kustannuksia laajemmasta näkökulmasta. Materiaalikustannuksia on usein pidetty synonyyminä hoidon kustannuksille. Haavasidosten ja teknologioiden hankintahinta kuitenkin harvoin muodostaa merkittävän osan

todellisista hoidon kustannuksista. Nämä kustannukset ovat usein vähäpätöisiä verrattuna muihin tekijöihin, kuten kustannuksiin, jotka liittyvät haavasidosten vaihtamiseen, käytettyyn hoitotyön määrään, hoidon tehokkuuteen, paranemisen laatuun (haavan uusiutumisen välttäminen), työkyvyn palautumiseen ja hoitopaikan kustannuksiin. Kustannusten vähentämiseen tähtäävät toimet, jotka keskittyvät halvempien haavasidosten tai tekniikoiden käyttöön, voivat esimerkiksi johtaa kokonaiskustannusten nousuun, jos haavasidosten vaihtokerrat lisääntyvät (mikä edellyttää lisääntynyttä hoitotyötä) ja haavan paraneminen pitkittyy. Joissakin alipaineimuhoidon tutkimuksissa avohoitopotilaissa havaittiin, että hoitotyön määrä väheni harvempien sidevaihtokertojen seurauksena.

#### Haavoihin liittyvä terveystaloudellisuus ja korvaus

Haavanhoitoon ja erilaisiin teknologioihin liittyvät terveystaloudelliset analyysit ovat hyvin herkkiä korvauksen vaikutukseen ja siitä, mistä näkökulmasta analyysi tehdään, eli maksajien näkökulmasta tai yhteiskunnallisesta näkökulmasta. Korvauksen vaikutusta on käsitelty luvussa 7 hoidon järjestämisestä.

#### Alipaineimuhoidetut haavat

##### Kustannustehokkuus

Alipaineimuhoidon kustannustehokkuuden määrittäminen on haastava tehtävä erityisesti arvioitaessa sen vaikutusta haavanhoitoon, organisaatioon, henkilöstön osaamiseen ja korvauksiin. Vaikuttavien tekijöiden monimutkaisuus vaikeuttaa päätöstä, mitkä kustannukset sisällytetään laskelmiin ja miten kustannustehokkuusanalyysi tehdään. Pitäisikö kustannukset ottaa huomioon esimerkiksi päivittäisistä kustannuksista, hoidon kustannuksia per hoito tai kustannuksista hoidettua haavaa kohden. Lisäksi, jos hoito tarjotaan vuokralaitteilla, pitäisikö laskelmien perustua palvelukokonaisuuteen perustuen vuokralaitteiden määrään vai yhden laitteen kustannuksiin per hoito? Sama pätee hoidon tehokkuuden tutkimiseen, joka riippuu suuresti siitä, mitkä tulokset hyväksytään: haavan umpeutuminen, haavapohjan valmistelu tai amputaatioiden väheneminen.



## Kustannusten osa-alueet

Kustannuksia on vaikea määrittää, koska niiden koostumus vaihtelee. Laskelmat voidaan määrittää palvelun hinnalla, mutta ne voivat sisältää myös henkilökunnan työtunnit, materiaalit, sidevaihdot kuten myös sairaalahoitopäivät ja mahdolliset sivuvaikutukset.

Kun tutkitaan alipaineimuhoidon taloudellisia näkökulmia pitäisi ottaa huomioon, että alipaineimuhoido merkitsee suurta muutosta haavanhoidossa, erityisesti monimutkaisten akuuttien haavojen hoidossa, leikkauksen jälkeisissä haavoissa ja kroonisissa haavoissa niin avohoito- kuin sairaalapotilaalle. Se on muuttanut tapaa hoitaa haavoja ja tuonut uusia muuttujia mukaan hoitoon. Kun perinteisessä haavanhoidossa keskitytään enemmän haavasidosten toistuviin ja säännöllisiin vaihtamisiin, alipaineimuhoido vaatii vähemmän säännöllisiä, mutta monimutkaisempia ja aikaa vievämpiä haavasidoksen vaihtoja. Siten alipaineimuhoidon käyttöönotto siirtää työn ja resurssit yhdestä tekemisestä toiseen sen sijaan, että vähentäisi kokonaisajan kulutusta.

Tässä osiossa keskitymme eräisiin keskeisimpään alipaineimuhoidon näkökulmiin liittyen resurssien käyttöön, taloudellisia kustannuksiin ja kustannustehokkuuteen käytettävissä olevan näytön avulla, jotta lukijalle saadaan järjestelmällinen käsitys tämän hoidon terveystaloudellisesta näkökulmasta.

Vertailevien ja ei-vertailevien tutkimusten arviointi: Resurssien käyttö ja taloudelliset kustannukset

Järjestelmällisessä tutkimuksessa (PubMed, CINAHL, Scopus, Web of Science ja manuaalisesti) löydettiin 270 tutkimusta ja katsausta ja saatiin käsitte terveystaloudellisesta ja resurssien käytöstä alipaineimuhoidoa käytettäessä. Alustavan arvioinnin perusteella 176 näistä asiakirjoista jätettiin pois, ja yksityiskohtaisen analyysin jälkeen jätettiin pois 15 muuta asiakirjaa (alkuperäisiä terveystalous / kustannustietoja ei toimitettu, tuloksia ei ilmoitettu asianmukaisesti / ei käynyt ilmi, mitkä kustannukset liittyivät nimenomaan alipaineimuhoidoon, asianmukaisten muuttujien puuttuminen) (liite 14).

Arvioinnissa oli mukana 48 tutkimusta, 39 vertailevaa ja 9 ei-vertailevaa (liite 12; 39 tutkimusta ja 13, 9 tutkimusta). Vertailututkimuksiin sisältyi 14 RCT, 12 kohorttitutkimusta, 4 tapausselostusta ja 9 mallinnusstudiumusta. Potilaiden määrä RCT:ssa oli 16-324, kohorttitutkimuksissa 10.13, tapaussestusarjoissa 7-20, mallinnusstudiumuksissa 82-1721. Vertailevissa tutkimuksissa oli mukana

kirurgiset/leikkauksenjälkeiset haavat, diabetekseen liittyvät haavat, akuutit tai traumahaavat, krooniset haavat/säärihaavat/painehaavat ja moninaiset/sekalaiset haavat. Kolmessa vertailevassa tutkimuksessa alipaineimuhoitoa verrattiin perinteisiin tai standardihoitoihin (sidoshoidot).

Monimutkaiset kirurgiset haavat, leikkauksen jälkeiset haavat ja akuutit/traumahaavat

Kahdeksassa vertailevassa tutkimuksessa potilailla, joilla oli alipaineimuhoidolla hoidettuja kirurgisia tai leikkauksen jälkeisiä haavoja, neljässä alipaineimuhoido oli suotuisaa resurssien käytön tai taloudellisten kustannusten osalta, kaksi neutraalia ja kaksi epäsuotuisaa.

Viidessä tutkimuksessa potilailla, joilla oli alipaineimuhoidolla hoidettu akuutti tai traumaattinen haava, yksi oli suotuisa, yksi oli neutraali ja kolme negatiivista käytettävien resurssien tai taloudellisten kustannusten suhteen verrattuna muihin hoitomenetelmiin.

Alipaineimuhoidon kannalta suotuisista tutkimuksista yleisimpänä löydöksenä oli nopeampi haavanparaneminen muihin hoitoihin verrattuna ja lyhyempi hoitoaika vähentää kokonaiskustannuksia kustannustehokkaalle tasolle, vaikka alipaineimuhoido on tyypillisesti kalliimpi siduskustannuksista mitattuna. Monimutkaisten leikkausten jälkeisten tai laajojen akuuttien haavojen osalta on raportoitu usein sairaalahoitoajan lyhenemistä.

Muissa tutkimuksissa kerrotaan, että hoidon ajoitus on tärkeää, joten varhainen hoito on kustannustehokkaampaa kuin viivästynyt hoito, ja että ei-kaupalliset alipaineimuhoidojärjestelmät osoittautuvat kustannustehokkaiksi kaupallisiin verrattuna ja kannettavien alipaineimuhoidolaitteiden käyttö kotihoidossa näyttää olevan kustannustehokas (ja potilaalle miellyttävä) ratkaisu.

Alipaineimuhoido kroonisissa haavoissa

Yhdeksässä tutkimuksessa, jotka sisälsivät kroonisia haavoja/säärihaavoja/painehaavoja, neljä oli suotuisia alipaineimuhoidolle, neljä oli neutraaleja ja yksi epäsuotuisa resurssien tai taloudellisten kustannusten suhteen. Lisäksi tutkimukset etiologialtaan moninaisten vaikeasti parantuvien tai parantumattomien haavojen osalta neljää pidettiin alipaineimuhoidon suhteen kustannustehokkaana ja neljää neutraalina suhteessa vertailuhoitoon. Seuraavat esimerkit käsittelevät löydöksiä kroonisten haavojen käsittelemisestämme.

Augustin ja Zschocke raportoivat korkeammasta elämänlaadusta ja tyytyväisyydestä alipaineimuhoidolla hoidettujen potilaiden keskuudessa. He korostivat, miten tämä havainto olisi tärkeä, kun hoidon valintaa tehtäisiin periaatteen mukaan:

*”ei päätöstä minusta ilman minua”*

Braakenburg ym. vertasivat alipaineimuhoidon sidoshoidon satunnaistetussa kontrolloidussa tutkimuksessa ja osoittivat parempaa tehokkuutta johtuen laitteiden käyttöajan lyhenemisestä ja harvemmista sidevaihdoista, joiden ansiosta potilaskohtaisesti resursseja säästettiin.

Vuerstak ym. vertasivat prospektiivisessä randomoidussa kontrolloidussa tutkimuksessa alipaineimuhoidon ja sidoshoidon kroonisissa haavoissa ja raportoivat nopeammasta haavanparanemisesta alipaineimuhoidoryhmässä. Sen lisäksi nopeampi paraneminen loi suotuisamman taloudellisen profiilin, mikä johtui sairaalahoidon lyhenemisestä ja yleisestä kustannusten laskusta.

Abbot et al. ja Dowsett ym. totesivat prospektiivisten tutkimusten jälkeen, että alipaineimuhoidon kotikäyttö vähentää merkittävästi sairaalahoidon kustannuksia. Koska potilaat kotiutuivat useammin ja varhemmin ja pärjäivät avohoitomallissa, resurssien kulutus väheni huomattavasti.

Kroonisten haavoista, painehaavoista, säarihaavoista ja leikkausten jälkeisistä haavoista saatu tieto on niukkaa, ja kun saatavilla, moniselitteistä. Seariea ja Millne arvioivat kuitenkin, että alipaineimuhoidon kustannustehokkuuteen on riittävästi näyttöä tavanomaiseen hoitoon verrattuna.

Tärkein syy tiedonpuutteeseen on korkealaatuisten tutkimusten puute. Dumville ym. päätyi samaan johtopäätökseen kolmessa Cochrane-katsauksissa, jotka koskivat säarihaavoja, painehaavoja ja kirurgisia haavoja, mitkä paranivat p.s.i. Näiden osalta ei ole näyttöä alipaineimuhoidon kustannustehokkuudesta.

**Alipaineimuhoidon käyttö diabeetikon jalkahaavojen hoidossa**

Diabeetikon jalkahaava oli luultavasti ensimmäinen käyttökohde alipaineimuhoidolle, mistä saatiin tietoa kustannustehokkuudesta retrospektiivisistä ja prospektiivisistä tutkimuksista. Kahdeksasta tutkimuksesta kuusi olivat suotuisia alipaineimuhoidolle, yksi miellettiin neutraaliksi ja yksi oli

epäsuotuisa resurssien käytön ja/tai taloudellisten kustannusten osalta. On tunnustettu, että vaikuttavimmat kustannustulokset tulivat Yhdysvalloista liittyen leikkauksen jälkeisiin jalkahaavoihin (revisio/resektio tai jalkaterääamputaatio).

Apelqvist ym. osoittivat alipaineimuhoidon ylivoimaisuuden prospektiivisessä randomoidussa kontrolloidussa tutkimuksessa, missä verrattiin alipaineimuhoidon hoitoon kosteilla kompresseilla. Ylivoimaisuus perustui toimenpiteiden määrään, sidevaihtoihin ja potilaskäynteihin. Huolimatta siitä, ettei todettu sairaalaan sisäänotoissa tai sairaalahoidon pituudessa ollut eroja ryhmien välillä, he osoittivat merkittävää säästöä resursseissa ja kustannuksissa alipaineimuhoidoryhmässä huomioon ottaen kustannus per hoito ja paranemiseen tarvittava kustannus. Driver ja Blume saivat samanlaisia tuloksia retrospektiivisessä randomoidussa kontrolloidussa tutkimuksessa, jossa verrattiin alipaineimuhoidon hoitoon kosteisiin kompresseihin 12 viikon hoitajakson aikana. Tässä alipaineimuhoidon hoito osoittautui kustannustehokkaammaksi kuin kosteat kompressit, mikä johtui lähinnä terveydenhuollon resurssien vähenemisestä. Kirjoittajat laskivat, että 1 cm<sup>3</sup>: n vaikeasti parantuvan haavan umpeutumiseen tarvittavat kustannukset olivat 100% korkeammat kompressihoidossa kuin alipaineimuhoidossa.

On olemassa vastahakoisuutta hyväksyä alipaineimuhoidon kustannustehokkuutta diabeetikon jalkahaavan hoidossa huolimatta näistä ja muista alipaineimuhoidon resurssien ja kustannuksien säästöä osoittavista tutkimuksista. Tämä selittyy sillä, että alipaineimuhoidon hoito pidetään kalliina ja sitä ei pidetä käyttäjätasoisena. Tämä on luultavasti yksi syy siihen, miksi kirjallisuuden todisteita alipaineimuhoidosta ei pidetä riittävänä, jotta sitä voitaisiin harkita käytettäväksi diabeetikon jalkahaavan hoitamisessa.

#### Yleisiä löydöksiä

Alipaineimuhoidon käyttöaiheiden ja kliinisten hoitopolkujen lukumäärä haastaa määrittämään perusteet, joilla arvioida alipaineimuhoidon määrätty perusteet taloudelliselta kannalta. Useimmissa tutkimuksissa kuitenkin arvioitiin paranemislukuja, paranemisaikoja sisällyttäen kustannus per hoitopäivä, vähentyneiden sairaalaan sisäänottojen määrää, vältettyjen leikkausten määrää, haavojen uusiutumisia, infektoita.

Tämä siirtyminen tehokkaaseen resurssien käyttöön ja taloudellisiin kustannuksiin tuloksen saavuttamiseksi herätti tarvetta osoittaa uuden hoidon paremmuus, johon verrattuna olemassa olevia hoitoja pidettiin kalliina ja käyttäjälle epäystävällisinä.

Alipaineimuhoidon taloudellisuudesta keskustellaan edelleen, sillä on olemassa vähän korkealaatuista tutkimustietoa. Tämän puutteen vuoksi katsaukset ja hoitosuositukset eivät anna vankkoja arvioita kustannustehokkuudesta. Huolimatta tietyistä yhteisymmärryksestä, mitä tulee resurssien säästöihin perustuen sairaalahoitopäivien vähenemiseen, käytetyn hoitotyön oletetaan pysyvän vakaana riippumatta näistä olosuhteista.

On huomattava, että vaikutukset resurssien käyttöön ja taloudellisiin kustannuksiin kirurgisilla haavapotilailla ja kroonisilla haavapotilailla alipaineimuhoidoa käytettäessä ovat monimutkaisempia kuin pelkkä haavanparanemiseen kulunut aika. Alipaineimuhoido vaikuttaa terveydenhoitojärjestelmiin ja vaatii asiaankuuluvaa mukautumista henkilöstön pätevyyden, potilaan hoitopaikkojen sekä ajantasaistetun korvausjärjestelmän avulla ja havainnollistaa haavanpaikallishoidon muuttumisen passiivisesta hoidosta monimutkaisten hoitomuotojen aikakauteen.

#### Menetelmälliset näkökulmat

Arvioinnissa mukana olevissa muuttujissa on huomattavia eroja, jopa "välittömissä kustannuksissa". Laajalti käytettyjä ovat sairaalahoidon kesto, työvoimakustannukset, materiaalikustannukset ja kokonaiskustannukset. Mutta näitä kaikkia ei suinkaan esitetä jokaisessa tutkimuksessa, ja on harvoin selkeästi ilmoitettu täsmälleen, mitä kustannuksia on sisällytetty, kokonaiskustannusten ollessa kattavimmat ja siten on vaikeaa verrata, kun ei ole selkeitä erittelyitä. Useita päätepiteitä käytetään tai niitä ei ole määritelty. Joissakin tutkimuksissa päädytään kapea-alaisiin muuttujiin, kuten antibioottikäyttöön, laitosmaksuihin tai materiaalmaksuille, kun taas toiset arvioivat vähemmän yksityiskohtaisesti. Muuttujia 'aineettomista kustannuksista', kuten kipu, nähdään enimmäkseen randomoiduissa kontrolloiduissa tutkimuksissa.

Näiden havaintojen seurauksena on, että useimpien näiden tutkimusten tuloksia on tulkittava varoen ja asetettava näkökulmaan, mistä ympäristöstä, potilaiden / haavojen tyypistä, terveydenhuoltojärjestelmästä ja korvausjärjestelmästä on tehty.

Ajatusmallin muutos alipaineimuhoidossa: sairaalahoidosta kotihoitoon; palvelusta tuotteeksi

Alipaineimuhoidon soveltaminen on siirtynyt sairaalassa toimivista erittäin erikoistuneista yksiköistä (erityisesti leikkausten jälkeisissä haavoissa), avohoidon hoitokäytäntöihin. Tämä siirtyminen kohti avohoidossa käytettävää alipaineimuhoidoa liittyy läheisesti kertakäyttöisten laitteiden käyttöön. Tämä on johtanut kustannusten huomattavaan vähentämiseen hoidossa, joka voidaan nyt integroida potilaiden monimutkaisen hoidon eri vaiheisiin, täydentäen muita hoitovaihtoehtoja, kuten hyperbaarisen happihoitoa, leikkausta, sidoshoidoja, lääkinnällistä hoitoa, ihonsiirteitä.

On ehdotettu, että tämä voisi lisätä alipaineimuhoidon käyttöä ja käyttöaiheiden ja sovellusten määrää, vähentäen palveluun ja kustannuksien rajoituksia siinä määrin, että ne olisivat kohtuuhintaisia myös vähemmän monimutkaisten kroonisten haavojen hoidossa. Tässä näkemyksessä tähän mennessä toteutetut kustannustehokkuustutkimustulokset on integroitava uusiin tietoihin, joita saadaan alipaineimuhoidon kehityksestä akuuttien, kirurgisten ja kroonisten haavojen hoidossa.

## 10 Tulevaisuuden näkymät

Viimeisessä luvussa pyrimme pohtimaan siitä, minne alipaineimuhoidon teknologinen kehitys näyttää menevän, ja keskustelemaan edelleen joistakin tärkeimmistä kliinisistä ja organisaatioihin liittyvistä näkökohdista, joiden voidaan odottaa vaikuttavan alipaineimuhoidon leviämiseen tulevaisuudessa ja ottamiseen kliniseen käytäntöön.

### Teknologiset kehitykset

Alipaineimuhoidon teknisen kehityksen katsotaan tällä hetkellä suuntautuvan useaan suuntaan.

## Sairaalahoidon laitteiston kehittyminen

Sairaalahoitoon tarkoitetut alipaineimuhoidolaitteet kehittyvät monimutkaisemmiksi ja sisältävät liitännäishoitoja kuten keittosuolahuuhtelua jatkuvana tai jaksottaisena. Vahvojen antimikrobisten liuosten käytön hyötyjä haavanhoidossa tutkitaan voimakkaasti. Muiden aktiivisten aineiden, kuten insuliinin tai doksisykliinin annostelua tutkitaan myös, tosin epävirallisesti.

## Yksinkertaiset kertakäyttöiset laitteet

Vastakkaiseen suuntaan tapahtuvaa merkittävää kehitystä tapahtuu yksinkertaisissa kertakäyttöisissä alipaineimuhoidolaitteissa. Tämä kehitys sekä sähkökäyttöisten että mekaanisten laitteiden osalta mahdollistaa helpon saatavuuden matalin kustannuksin. Tämä puolestaan sallii kertakäyttöisten laitteiden laajan leviämisen alipaineimuhoidon käytössä käyttöaiheiden osalta ennaltaehkäisevään käyttöön kirurgisissa suljetuissa haavoissa (haavatulehdusten ja haavan avautumisen ennaltaehkäiseminen). Lisäksi kertakäyttöiset alipaineimuhoidolaitteet eivät rajoita potilaiden liikkumista, sillä ne ovat pienikokoisia ja huoltovapaita.

## Uudet haavantäyttemateriaalit

Haavasidoksen tai haavan kontaktisidoksen ominaisuudet määrittävät suurimman osan alipaineimuhoidon vaikutuksista haavan pohjaan.

Tällä hetkellä käytössä haavantäyttömateriaalina on joko vaahtosidos tai harsosidos. Haavapohjan ja haavasidoksen välinen vuorovaikutus on kuvattu yksityiskohtaisesti näiden haavantäyttemateriaalien osalta. Näillä molemmilla on mekaanista vaikutusta haavaan. Haavan pinta stimuloituu haavantäyttemateriaalin rakenteen mukaisesti. Tämä aiheuttaa solujen jakautumisen ja uudelleenmuodostumisen, joka vahvistaa haavaa. Muodostuneen granulaatiokudoksen laatu ja määrä voi vaihdella käytettävästä haavantäyttömateriaalista riippuen. Vaahtolevyn käyttö muodostaa vahvaa, hypertrofista granulaatiokudosta. Harsosidos alipaineimuhoidon muodostaa ohuempaa mutta vahvaa granulaatiokudosta.

Haavantäyttömateriaalista riippuu moni muukin asia. Vaahtolevyn huokoinen rakenne mahdollistaa suuremmat tilavuuden muutokset paineen alla. Vaikutukset haavaan riippuvat myös vaahtosidoksen

koosta ja harsosidoksen määrästä, esimerkiksi korkeampi kudosaikutus paineesta saadaan pienemmällä vaahtosidoksella verrattuna suurempaan vaahtosidokseen.

Kun haavapeti on peitetty haavan kontaktisidoksella, mikrotason muutos vähenee verrattuna siihen, että vaahtosidos tai harsosidos on suorassa kontaktissa haavapohjaan, mikä taas vaikuttaa granulaatiokudoksen muodostumiseen.

Uudenlainen haavantäyttemateriaali on bakteereita ja sieniä sitova verkko. Se tuottaa huomattavan määrän granulaatiokudosta haavapohjaan verrattuna harsosidokseen, eikä siihen liity sisään kasvun riskiä, kuten vaahtosidokseen. Harsosidoksen tapaan, bakteereita ja sieniä sitova verkko on helposti asetettavissa epäsäännöllisiin ja taskumaisiin haavoihin. Tehokkaaseen haavaeritteen poistumiseen yhdistettynä taudinaiheuttajia sitoviin ominaisuuksiin, tulee tekemään verkosta mielenkiintoisen vaihtoehdoisen haavantäyttemateriaalin

Haavantäyttemateriaalien kehitys luo valtavia mahdollisuuksia. Tämä luultavasti johtaa näiden materiaalien kehityksessä niiden kasaan puristettavuuteen, jotta saataisiin vaikutusta haavan kontraktioon. Vaahtosidosten huokosten kokoon on pyritty vaikuttamaan. On olemassa mahdollista vaikuttaa haavantäyttemateriaalin pintarakenteeseen, siten että saataisiin muokattua mikrotason vaikutusta haavaan. Myös sisään kasvua sidokseen pyritään estämään ja jopa kehittämään sulavia sidosmateriaaleja.

Haavanhoitolaitteet integroiduilla sensoreilla pitkäaikaisen monitoroinnin mahdollistamiseksi  
Seuraavan sukupolven alipaineimuhoidossa käytetään laitteita, jotka luultavasti tulevat sisältämään integroituja sensoreita, joiden avulla haavaa voidaan monitoroida etäältä helposti ja jatkuvasti. Erityylisten haavasensoreiden yhdistäminen laitteisiin, jotka pystyvät analysoimaan ja luomaan tietoa, tekevät haavanhoidosta helpompaa, sillä ne mahdollistavat tiedon keräämisen ja analysoinnin helposti ja nopeasti. Tällöin infektiot huomataan aikaisessa vaiheessa, ja jopa bakteerityypit voidaan huomata ja hoito voidaan ohjata näiden mukaan. Sensoreiden käyttö ja etäyhteys mahdollistavat hoitolaadun paranemisen ja kustannustehokkuuden sekä tarjoavat erikoissairaanhoidon mahdollisuudet syrjäseudun potilaille.



Hoidon laatu kehittyy tarkan ja yksityiskohtaisen kliinisen hoitotuloksen saatavuuden kautta ja tämä mahdollistaa terveydenhuollon palvelun tarjoajan määrittämään optimaalisen hoitopolun ja mahdollisesti nopeuttamaan potilaan paranemista.

Hoitokustannuksissa säästetään rahaa, kun hoitoa voidaan antaa ennaltaehkäisevästi ja akuuttien komplikaatioiden ilmentymistä voidaan vähentää. Syrjäseuduilla asuvien potilaiden hoidonsaanti hoidonsaanti paranee, kun asiantuntija voi tarkkailla hoidon etenemistä etänä.

Etäseurannan mahdollisuudet voivat johtaa parempaan hoitoon sitoutumiseen, sillä poikkeavuudet hoidosta havaitaan ja niihin voidaan reagoida nopeammin. Positiivinen mahdollisuus on kommunikation lisääntyminen perusterveydenhuollon ja erikoissairaanhoidon välillä ja se tarjoaa mahdollisuuden oppimiseen perusterveydenhuollon hoitohenkilöstölle saamastaan jatkuvasta palautteesta erikoissairaanhoidon asiantuntijoilta.

Mahdollisuus jatkuvaan tiedonkeruuseen eri haavan osa-alueilta mahdollistaa tutkimuksiin liittyvän yksilöllisen tiedonsaannin.

Tämänkaltaiseen hoitolaitteeseen liittyy valtavasti mahdollisuuksia, mutta laitekehitykseen liittyy myös runsaasti haasteita, jotka on kohdattava ennen kuin voimme nähdä kyseisiä laitteita kliinisessä käytössä. Suurimmat haasteet eivät liity niinkään siihen, mikä on teknologisesti mahdollista ja mikä ei, vaan enemmänkin siihen, mitkä haavamuuttujat ovat kaikkein tärkeimpiä tiedon keruussa haavan paranemisen edistämiseksi. Kriittisistä kynnyskysymyksistä tarvitaan lisätutkimusta, jotta saadaan tarkempaa selvyyttä siitä, kuinka eri haavamuuttujia pitäisi tulkita. Lisäksi on tärkeää selvittää, onko kerätyllä tiedolla arvoa käytännön työssä.

Aiheesta täytyy tehdä kliinistä tutkimusta, jonka tulokset tulee kertoa teknisille kehittäjille. Kun tutkimustuloksia on riittävästi saatavilla, on mahdollista, että suurin osa teknisistä ongelmista laitekehitykseen liittyen on melko helppoa selvittää ja tällöin laitekehitys onnistuisi.

Yhteenvetona alipaineimuhoitolaitteiden voidaan nähdä kehittyvän kolmeen suuntaan: monimutkaisten laitteiden kehittäminen asiantuntijoiden käyttöä varten sairaaloihin, huomattavasti yksinkertaisempien laitteiden kehittäminen halvemmalla kotihoidossa käytettäväksi, ja sensoripohjaisten laitteiden kehitys, joita käyttöä voitaisiin seurata etänä. On epäselvää millaiset potilasmäärät tulevat käyttämään eri laitetyppejä.

Muutokset saatavuuksissa: tukevat ja rajoittavat tekijät

Miten kehittynyt ja tekniikaltaan houkutteleva laite voi olla, ei ole ainoa määritelmä siitä, kuinka suosittu lääketieteellinen laite on, sillä useat terveydenhoitojärjestelmän sidosryhmät voivat vaikuttaa siihen, onko lääketieteellinen laite otettu rutiiniluonteiseen hoitoon vai ei.

Maksajiin yhteiskunnan eri tasoilla vaikuttavat eri tekijät, samoin kuin lääkäreihin ja potilaisiin. On olemassa monta teoriaa ja mallia, joissa kuvaillaan ja selitetään, miten eri innovaatiot leviävät yhteiskuntaan. Tämän todistaminen on kuitenkin monimutkaista. Tässä tutkimuksessa korostetut aiheet eivät perustu syväluotaavaan analyysiin alipaineimuhoidon koskevissa asioissa, vaan keskittyy tutkijoiden ja hoitosuosituksen kirjoittajien kokemuksiin ja näkökulmiin koskien alipaineimuhoidon tulevaisuuden näkymiä.

Laajemmat indikaatiot

Alipaineimuhoidon teknologinen kehitys on jo johtanut laajempiin indikaatioihin siitä, minkä tyylisten haavojen hoitamisessa alipaineimuhoidosta voisi olla hyötyä, verrattuna siihen mikä oli alipaineimuhoidon alkuperäinen käyttötarkoitus. Esimerkiksi pienten kertakäyttöisten laitteiden saatavuus tarkoitti, että uusia haavatyyppejä voi ottaa mukaan hoitoon (pienet haavat, kirurgiset haavat) ja uusissa hoitoympäristöissä kuten kotihoidossa. Tämä huomioon otettujen, uudet käyttötavat voivat johtaa alipaineimuhoidon käyttöön yhä monipuolisemmin ja tehokkaammin.

Keskittyminen näyttöön ja kustannusten pienentämiseen

Terveydenhuollon palvelun tuottajilta pyydetään yhä useammin näyttöä hoitojen kliinisestä vaikuttavuudesta, jotta voidaan päättää kulukorvausten jatkumisesta. Tämän lisäksi jotkut terveydenhuoltojärjestelmät ovat alkaneet vaatia taloudellisia analyyseja hoitomenetelmien kannattavuudesta.

Alipaineimuhoidon kliiniset hyödyt useiden haavatyyppeiden hoitamisessa on todistettu yli 1000 vertaisarvioidulla tutkimusartikkelilla, ja alipaineimuhoidon on kuvailtu olevan haavanhoidon ensisijainen hoitovaihtoehto (kultainen standardi) joillain alueilla. Alipaineimuhoidon paremmuutta tukevaa ehdotonta kliinistä näyttöä ei kuitenkaan ole verrattuna moderneihin, kehittyneisiin sidoshoitoihin.

Vahvan todistusaineiston puuttuminen selittyy monella tapaa. Alipaineimuhoido on yleinen multimodaalinen hoitomuoto, joka vastaa moniin eri hoitotarpeisiin riippuen hoidettavasta potilaasta ja hoidon päämäärät voidaan saavuttaa muuttamalla eri muuttujia, mikä puolestaan vaikeuttaa hoidon tutkimista osana satunnaistettuja kontrolloituja tutkimuksia. Mitä tulee kustannusarvioihin, luonnolliset vaihtelut hoidon tuloksissa liittyneenä muuttujiin (haavatyypin, koko, eritemäärä) vaikeuttavat mahdollisuutta saada kiinteä kuluerä, mikä olisi käytettävissä läpi terveydenhuoltojärjestelmän, eri haavatyypeissä ja eri potilaissa. Alipaineimuhoidon kustannusarviointi on siis tapauskohtaista ja tällöin sen hinta-arviointia on vaikeaa yleistää tiettyyn muottiin. Hoidon kesto, sidosvaihdosten määrä, hoitohenkilökunnan tarvittava koulutustaso yhdistettynä useisiin eri variaatioihin hinnoittelussa eri haavanhoitolaitetta tarjoavien yritysten taholta, tekee hoidon hinta-arvioinnista hankalaa.

Tämä vahvan todistusaineiston puute saattaa mahdollisesti vaikeuttaa terveydenhuollon palveluntarjoajien mahdollisuuteen käyttää alipaineimuhoidoa, koska terveysjohtajat ja maksajat keskittyvät yhä enemmän priorisointiin ja resurssien siirtämiseen hoitoihin, joissa voidaan todistaa vahva kliininen näyttö ja terveydelliset taloudelliset perusteet.

Tätä tapahtuu jo, esimerkiksi Englannissa, missä perustettiin ”The National Institute for Health and Care Excellence” (NICE) perustettiin ja Skandinaviassa, missä samankaltaista suunnitellaan poliittisella tasolla. Yksilötasolla lääkäreillä näytön asteen puute voi johtaa haluttomuuteen käyttää kyseistä hoitoa.

Tämän perusteella on todistettu, että korkeatasoisen näytön puuttuminen hoidon perusteltavuuden kannalta vaikuttaa alipaineimuhoidon kliiniseen vaikuttavuuteen. Tämä vaikeuttaa hoidon korvattavuuden saamista. Näin ollen vahvaa näyttöä tarvitaan, jotta alipaineimuhoido voisi yleistyä ja saada siihen tukea jatkuvan korvattavuuden kautta.

Hoidon organisaatiota koskevat muutokset

Sairaalahoitoaika on vähentynyt ja potilaita siirretään yhä useammin avohoitoon. Tämä on yleiseurooppalainen trendi. Tämä merkitsee sitä, että yhä monimutkaisempia haavoja hoidetaan perusterveydenhuollossa hoitajien toimesta, kun ennen niitä on erikoissairaanhoidossa sairaaloissa. Tämä yhdistettynä pienien kertakäyttöisten laitteiden yleistymiseen on johtanut lisääntyneeseen alipaineimuhoidon käyttöön perusterveydenhuollossa. Sensoripohjaisten laitteiden kehittyminen

yhdistettynä etäyhteyksien mahdollisuuksiin voi tulevaisuudessa johtaa vielä laajempaan alipaineimuhoidon käyttöön perusterveydenhuollossa.

Alipaineimuhoidon optimaalisen käytön takaamiseksi avohoitoympäristöhoitoa varten on taattava, että hoitajat osaavat käyttää haavanhoitotarpeita oikein ja osaavat tehdä hoitotoimenpiteet oikein, mikäli erikoislääkärin apua ei ole saatavilla (tämä on avo- ja kotihoidossa tavanomainen tilanne). Tämä edellyttää koulutusta ja matalan kynnyksen yhteydenottomahdollisuuksia. Jos tätä ei oteta huomioon, se voi vaikuttaa hoidon tulokseen ja heikentää alipaineimuhoidon käyttöä ajan myötä.

Potilaiden ja hoitajien opettaminen tulee yhä olennaisemmaksi osaksi hoitoa, kun alipaineimuhoido siirtyy käytettäväksi koti- ja avohoidossa. Tutkimukset osoittavat potilailla on tarve oppia ja osata hoitovaiheet. Täten on tärkeää opettaa potilaille ja heidän hoitajilleen (usein lähiomainen) hoidon vaiheet. Digitaaliset portaalit ja työkalut itsehoidon mahdollistamiseksi mahdollistavat potilaan ja terveydenhuoltoalan ammattilaisten välisen kommunikaation kotihoidossa ja telelääketieteen kehitys alipaineimuhoidon kanssa on tulevaisuudessa mielenkiintoinen näkökulma.

Toinen tärkeä näkökulma siirryttäessä avo- ja kotihoitoon tuo vielä yhden kerroksen lisää päätöksenteko- ja taloudellisiin prosesseihin. Kysymys hoidon maksajasta tulee olemaan yhä monimutkaisempi kysymys tulevaisuudessa, ja vastaus kysymykseen tulee poikkeamaan eri tilanteissa. Tämä monimutkaisuus ja vastuun epäselvä jakautuminen voi lopulta vaikuttaa potilaisiin. Se saattaa viivästyttää asianmukaista hoitoa ja johtaa haluttomuuteen päätöksenteossa siitä, kenen vastuulla optimaalisen hoidon tarjoaminen on sen ollessa kallista. Joissain tapauksissa voi olla, että hoidosta maksava taho ei hyödy hoidon tarjoamisesta taloudellisesti.

Tämä vastuun siirtyminen erikoissairaanhoidosta avohoitoon edellyttää, että on uudelleen harkittava korvausmalleja ja lisättävä panostusta turvallisuusnäkökohtiin ja koulutustarpeisiin.

Etävalvontalaitteita sisältävien järjestelmien käyttöönoton toteuttamiseen liittyviä esteitä, jotka liittyvät integroitumiseen olemassa oleviin sähköisen terveystietojärjestelmiin, muuttuviin hoitomalleihin (esim. riittämätön hoitohenkilöstö tai riittämätön aika tietojen keruuta tai seuranta varten) ja ammatillisiin rooleihin (esim. selvittää vastuukysymykset) on ratkaistava, jotta hoidonkehitys olisi menestyksellistä.

