

Jorma Lahtela ja Jari Viik

Haavan hoidon tulevaisuus: enemmän intoa kuin näyttöä?

Kroonisen haavan hoito on vaikeaa, hidasta ja voimavaroja kuluttavaa. Pitkäaikaistulosten saavuttaminen on epätydyttävää. Uusia tekniikoita, seurantatapoja ja hoitoprotokollia kehitetään jatkuvasti. Aika, jolloin haavanhoitoa tarjoava voi teknologisin keinoin hoitaa, seurata ja mitata haavan paranemista etäkeinoin, on lähellä. Uudet teknologiat voidaan jakaa haavanhoitotuotteisiin, solu- ja kudostekniikoihin, fysikaalisiin ja biofysikaalisiin menetelmiin sekä sensoreihin ja tietoteknisiin ratkaisuihin. Menetelmiä kuvataan usein seuraavan sukupolven haavanhoitokeinoiksi tai edistyneiksi menetelmiksi. Niillä pyritään tukemaan tai nopeuttamaan ihon korjaantumista, auttamaan diagnosointia ja estämään uusiutumista. Uusia tekniikoita on sovellettu erityisesti diabeettisen jalkahaavan hoidossa, myös haavan diagnosoinnissa. Tekniikoiden hyödyn ja kustannusvaikuttavuuden osoittaminen on työlästä.

Painehaavat ja diabetekseen liittyvät jalkahaavat ovat tavallisimpia huonosti paranevia haavatyyppejä. Niiden hoitoon liittyy huomattavia kustannuksia ja merkittävä elämänlaadun huononeminen. Riskinarvioon, diagnostiikkaan ja hoitoon tarvitaan innovatiivisia keksintöjä. Tarkastelemme kirjoituksessamme uusia fysikaalisia ja informaatioteknologisia innovaatioita.

Fysikaaliset hoitokeinot

Erlaisia fysikaalisia menetelmiä on käytetty haavojen hoidossa vuosisatoja. Näitä ovat haavan kanssa kontaktiin päätyvät aineet, esimerkiksi antiseptiset valmisteet tai entsyymit (1). Kompressio tai alipaineimu ovat melko vakiintuneita menetelmiä (2). Haavan puhdistuksessa käytettävät ultraääni, vesisuihku tai kudoksen happiosapaineen kohottaminen ovat myös jo pitkään käytettyjä menetelmiä.

Paineaaltohoito

Uudempia tekniikoita ovat paineaaltohoito (extracorporeal shock wave therapy, ESWT),

jonka ensimmäinen kliininen sovellus oli virtsatiekivien murskaus. Pienen intensiteetin paineaaltohoidon on havaittu vaikuttavan muun muassa fibroblastien ja endoteelisolujen proteiinisynteesiin, kasvutekijäsynteesiin ja angiogeneesia lisäävään typpioksidimäärään.

Kokeellisten ja kliinisten tutkimusten tuloksia arvioitiin Cochrane-katsauksessa (3). Paineaaltohoidosta ei löytynyt riittävän vahvaa kliinistä näyttöä, jotta sitä voitaisiin suositella haavojen vakiintuneeksi hoitomuodoksi (4,5). Päätelmiin vaikuttivat tehtyjen tutkimusten huono laatu, haavojen monenlaiset etiologiat ja vertailuryhmän puuttuminen (4). Kaikkiaan katsauksessa arvioitiin 440 potilaan haavan paranemista. Keskimääräinen kroonisen haavan täydellisen paranemisen tulos oli 57 % (vaihteluväli 31–100 %), ja paraneminen tapahtui merkittävästi nopeammin kuin vertailuryhmässä, jos sellainen oli.

Euroopan haavanhoitoyhdistyksen (EWMA) suosituksessa paineaaltohoito asetetaan käyttökelpoiseksi diabeettisen, laskimoperäisen ja painehaavan tukihoidoksi. Merkittävin ongelma ovat laitteiden ja hoidon suuret kustannukset. Lisää tutkimuksia tarvitaan paineaaltohoi-

don optimaalisen käytön ja todellisen hyödyn osoittamiseksi.

Sähkömagnetismi

Magneetti- tai sähkökentän hoitokäyttö on pitkään kiehtonut tutkijoita. Sähkömagneettinen kenttä (EMF) vaikuttaa hermojen johtumiseen, lihasten toimintaan, biologisiin reaktioihin ja kudostenesteisiin sekä polarisoi soluja. Magnetismin merkitystä haavan paranemisessa on tutkittu laajasti. Haavan paranemiseen liittyvät solut, esimerkiksi neutrofiilit, makrofagit, lymfosyytit, epiteelisolut ja fibroblastit, ovat polarisoituvia (6). Magneetikenttä vaikuttaa muun muassa sytokiinien ja kasvutekijöiden tuotantoon.

Meta-analyysissä tarkasteltiin 15 kontrolloidun tutkimuksen tuloksia, kaikkiaan potilaita oli 876. EMF-hoitoa saaneen ryhmän haavan paranemistulokset olivat paremmat kuin vertailuryhmän (57 % vs 29 % parani keskimäärin 6,5 viikon aikana) (7). Haavanhoidon lisäksi pulsoivan sähkömagneettisen kentän käyttämisestä huomosti paranevan luunmurtuman hoidossa on saatu lupaavia tuloksia (8).

Magneetikentän käyttäminen haavan hoitokeinona ei kuitenkaan ole ongelmattonta. Mahdollinen karsinogeeninen vaikutus riippuu hoidon kestosta ja intensiivisyydestä. Laitteistovaatimuksista, hoidon intensiivisyydestä ja kestosta onkin annettu suosituksia (9). Uudemman polven laitteet (tunneling magneto-resistance, TMR) täyttävät nämä vaatimukset, ja niiden tuottama heikon intensiteetin magneetikentät olisivat ilmeisen turvallisia. Tämäkään tekniikka ei ole käyttökelpoinen arkipäivän haavanhoidossa, mutta karttuva tutkimustieto ja teknologinen kehitys voivat muuttaa tilanteen tulevaisuudessa.

Kylmäplasma

Ionisoituneen kaasuseoksen on osoitettu lisäävän solujen uudistumista ja tuhoavan mikrobeja (10). Elektronien irrottaminen kaasusta tapahtuu sähkövirran avulla kylmässä, ihon lämpötilan alueella, jolloin muodostuu plasman olomuoto. Kaasu tunkeutuu haavassa te-

hokkaasti. Se voidaan kuljettaa haavaan useilla erilaisilla menetelmillä, esimerkiksi hoitolaitteella tai kylmäplasmalaastarilla. Kummassakin menetelmässä hoitoaika vaihtelee, mutta hoito ei ole jatkuva.

Kylmäplasmaa on käytetty vuosikymmenien ajan hammaskarieksen, syövän ja vaikeiden haavojen hoitoon. Erilaisia kaasukoostumuksia on tutkittu. Viime vuosina erityinen mielenkiinto on kohdistunut mikrobilääkkeitä sietävien bakteerikantojen hävittämiseen kroonisista haavoista. Laboratorio-olosuhteissa saaduista hyvistä tuloksista huolimatta kliiniset käyttökokemukset ovat olleet vaatimattomia. Tuoreessa meta-analyysissä todettiin kylmäplasman olevan turvallinen hoitomuoto, mutta se ei vaikuta merkittävästi bakteerimassaan eikä haavan paranemiseen (11). Kylmäplasman asema kroonisen haavan hoidossa vaatii lisätutkimuksia niin teknisten laitteiden kuin kaasuseosten ja hoitoaikojenkin osalta.

Valo

Valon käyttö haavapotilaiden hoidossa on periaatteiltaan vanha empiirinen havainto. Käyttöalueita on löytynyt psykiatriasta D-vitamiinin tuotantoon ja haavan paranemiseen. Merkittävien kehitys on tapahtunut valon aallonpituuden pilkkomisessa ja hoidon annosmäärityksessä. Erityisesti lämpöä tuottava osa on opittu erottamaan muusta valon aallonpituudesta. Tämä hoito on nimetty valobiomodulaatioksi.

Valon aallonpituudesta voidaan erottaa laser, loistediiodivalo (LED) sekä ultravioletti, näkyvä ja infrapunaspektri. Eri valon aallonpituuksilla voidaan muuttaa tulehdusta ja immuuni-reaktiota sekä edistää haavan paranemista ja kudosten muotoutumista (12). Soveltuvan valon aallonpituuden (600–1200 nm) ja annoksen terapeuttiset ikkunat ovat kapeat. Tehokkaimmaksi aallonpituudeksi haavan paranemisen kannalta on osoittautunut lähellä infrapuna-aluetta oleva säteily, ultraviolettialue taas on tehokkain infektioiden hoidossa (13).

Valostimulaatio voi vaikuttaa edullisesti useisiin haavan paranemiseen liittyviin vaiheisiin tulehduksesta epitelisaatioon, fibroblastien proliferaatioon ja angiogeneesiin. Edullisia tu-

loksia on raportoitu diabeettisen, laskimo- ja painehaavan paranemisnopeudesta (14). Valostimulaatio on edelleen kokeellinen hoitomuoto, ja sen asemasta haavanhoidossa tarvitaan lisätutkimuksia.

Nanoteknologia

Haavan hoidossa nanoteknologialla tarkoitetaan pieniä molekyyllitasoisia partikkeleita (1–100 nm), joiden avulla haavaan saatettavilla aineilla vaikutetaan esimerkiksi bakteereihin (infektioon), biofilmiin tai verenkiertoon. Metalleista kuten hopeasta, sinkistä ja kuparista tuotetut nanopartikkelit ovat yleisimmin tunnettuja. Niillä on antimikrobinen vaikutus, mutta kudostoksisuutensa takia niiden terapeuttinen leveys on kapea. Nanopartikkeleita käytetään myös ei-metallisten aineiden, kuten typpioksidin tai kasvutekijöiden, kuljettamiseen haavaan. Typpioksidilla saadaan aikaan vasodilataatiota ja voidaan lisätä angiogeneesia (15). Tulevaisuuden visioita ovat paikalliset geenikorjaukset tai geeniaktivoinnit.

Kliinisiä tutkimuksia nanopartikkeleista on vähän. Hopean vaikutus haavan paranemisnopeuteen on ehkä parhaiten osoitettu (16). Nanoteknologiaan voidaan laskea myös paikallishoitona käytetty nano-oligosakkaridiseide (TLC-NOFS). Sen hyötyjä selvittäneeseen satunnaistettuun kontrolloituun tutkimukseen osallistui 270 diabeettisesta jalkahaavasta kärsivää potilasta. TLC-NOFS-hoitoa saaneessa ryhmässä haava parani 20 viikon seuranta-aikana merkittävästi paremmin kuin tavanomaisesta hoitosta saaneiden ryhmässä (48 % vs 30 %, $p = 0,002$). Tämä on ensimmäinen tutkimus, jossa haavan paikallishoitoaineen voitiin osoittaa merkittävästi nopeuttavan diabeettisen jalkahaavan paranemista (17).

Informaatioteknologiset haavanhoitoinnovaatiot

Sensorit ja informaatioteknologian ratkaisut tuonevat merkittävää apua diabeettisen jalkahaavan hoitoon. Huonosti paranevan haavan riski lisääntyy diabeteksen yleistyessä ja muiden sairauksien, kuten sydäntautien, hoitokei-



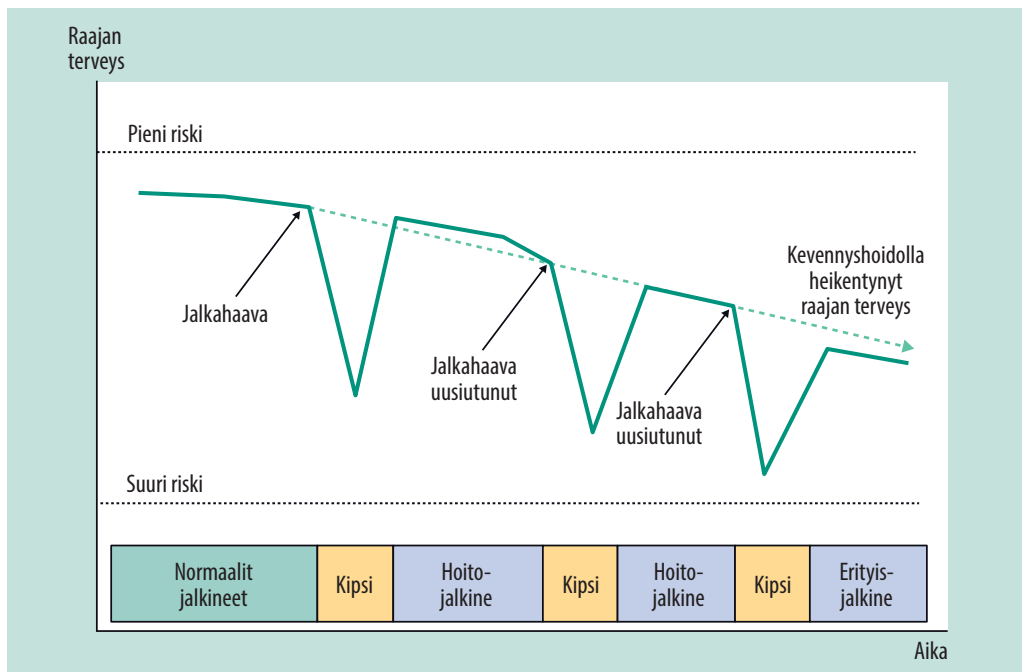
KUVA 1. Älyvaate voi olla jalkineeseen asetettava sensoreilla varustettu pohjallinen. Dynaaminen painekuormitus voidaan lukea älypuhelimesta, varustaa hälytystoiminnoilla tai liittää internetiin. Sensori voi painemittauksen lisäksi olla esimerkiksi lämpöä ja kosteutta mittaava. Movesole Oy:n sensoripohjallinen jalkineessa, lähetin ja syntyvä painekartta.

nojen kehittyessä. Diabeetikoiden elinaikainen haavariski on 19–34 %. Erityisen merkittävää on, että haava uusiutuu 40–65 %:lla potilaista onnistuneen hoidon jälkeen seuraavien 1–5 vuoden kuluessa (18). Noin viidennes diabeettista jalkahaavaa sairastavista päätyy raajan tai sen osan amputaatioon, ja heidän kuolleisuutensa viiden vuoden kuluessa on suuri, noin 70 %.

Jo syntyneen haavan hoidon lisäksi sen uusiutumisen estäminen on ensiarvoisen tärkeää. Diabeettinen jalkahaava liittyy usein suojaavan kiputunnon puuttumiseen (neuropatia), poikkeavaan kuormitukseen ja vääränlaisiin jalkineisiin. Onnistunut hoito sisältää usein kävelyn tai kuormituksen rajoituksia, jotka voivat johtaa merkittävään lihasatrofiaan, luun mineraalipitoisuuden pienenemiseen, toimintakyvyn huononemiseen, tasapainovaikeuksiin, kaatumisiin ja haavan uusiutumiseen (19).

Sensorit, hälytysjärjestelmät ja älyvaatteet

Sensoreilla saatava tieto voidaan välittää hoitopaikkaan tai vielä paremmin käyttäjänsä älypuheliimeen tai muuhun lukulaitteeseen (KUVA 1). Automaattisella hälytysjärjestelmällä voidaan



KUVA 2. Uusiutuvan diabeettisen jalkahaavan toistuva liikkumista ja kuormitusta rajoittava hoitokeino huonontaa raajan terveyttä ja luun mineraalipitoisuutta (24). Sopivan kuormituksen määrittäminen ei onnistu ilman erityislaitteita. Suuri riski tarkoittaa amputaattiorajan lähestymistä.

varoittaa käyttäjää paineen suurentumisesta ihon rikkoutumisrajalla.

Lähes kaikkia kuviteltavissa olevia riskikomponentteja, esimerkiksi painetta ja vetopainetta, ihon lämpötilaa, hikoilua, liikkumista, unirytmisiä, kaatumisia ja happiosapainetta, mitattavia puettavia sensorisovelluksia (älyvaatteet) on saatavilla (20). Sensoreilla voidaan seurata myös kirurgisten hoitojen edistymistä, esimerkiksi ihosiirteiden tarttumista. Sensoreita voidaan asettaa haavasidosten alle. Sensoriteknikkaa on sovellettu myös bakteerikolonisaation ja merkittävän infektion reaaliaikaiseen seurantaan sekä stressin voimakkuuden seurantaan (21,22). Kumpikin saattaa vaikuttaa haavan paranemiseen (23).

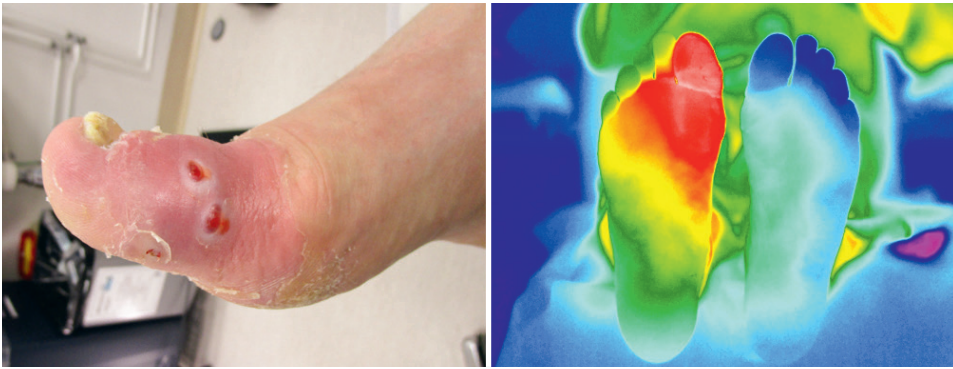
Diabeettisen jalkahaavan hoidossa käytetään yleisesti kuormituksen rajoittamista. Raajan käytön väheneminen johtaa lihas- ja luumassan pysyviin muutoksiin. Haitallisen vaikutuksen minimoimiseen ja sopivan kuormituksen mittaamiseen tarvitaan sensoriteknologiaa. **KUVASSA 2** havainnollistetaan toistu-

van kevennyshoidon vaikutusta raajan terveyteen (24).

Telelääketiede

Mobiililaitteiden hyödyntäminen haavan hoidossa, hoidon edistymisen seurannassa ja potilasohjauksessa ovat kehitysuransa alkupäässä. Valokuvien tulkintaan on myös kehitetty automaattisia haavan luokitusalgoritmeja, ihon kunnon seurantajärjestelmiä ja ihon omahoitoseuranta. Niidenkään kliinistä hyötyä ei ole osoitettu (25).

Haavan hoidon seurannassa valokuvien hyödyntäminen ja etävastaanotto ovat hyödyllisiä (26). Ne ovat taloudellisia ja potilasystävällisiä sekä säästävät matkustamista. Myös haavan paranemisen aikaperusteinen seuranta helpottuu. Telelääketieteen soveltamista sairaanhoidon työkaluksi on tutkittu laajasti. Se vaatii henkilökunnan kouluttamista menetelmän käyttöön sekä teoreettiselta että käytännön kannalta. Menetelmää käyttävien lisäksi myös koko hoi-



KUVA 3. Diabetespotilaan varvashaavan diagnostiikkaa voidaan täsmentää lämpökuvauksella. Varpaan välittömän alueen lämpöero on noin 10 °C toisen jalan varpaaseen verrattuna. Yleisoireita ei ole, särky on vähäistä ja CRP-pitoisuus pieni. Kyse on kihdistä, ja tarkasti valokuvaa katsottaessa ihonalainen virtsahappopokertymä ("toofi", tophus arthriticus) kuultaa ihon läpi. (Lämpökameran kuva: Thermidas Oy).

toketjuun osallistuvien on saatava laajasti koulutusta (27,28).

Vakuuttava näyttö telelääketieteen tehosta ja tuloksista verrattuna tavanomaiseen haavanhoitoon puuttuu (29). Eräässä tutkimuksessa hyvin harjaantunut haavaspesialistiryhmä satunnaisesti 90 potilasta etähoitoon ja tavanomaiseen hoitoon. Etähoidossa olleiden haava parani merkittävästi paremmin (70 % vs 45 %) ja lyhyemmässä ajassa (30). Erityisesti kotisairaanhoidon hoitajat kokivat kuuluvansa laadukkaaseen haavanhoitoryhmään ja olivat tyytyväisiä etähoitojärjestelmään. Myös potilaiden luottamus kotihoitoon parani.

Toisessa, 401 tanskalaispotilaan satunnaisesti tutkittuun kontrolloidussa tutkimuksessa etähoito ei ollut merkittävästi tehokkaampi kuin tavanomainen hoito. Tutkimus suoritettiin kuitenkin puutteellisesti. Etähoitoon osallistuneiden koulutus ja valmiudet eivät olleet riittävät, ja valokuvien ottaminen, välitys sekä laatu olivat puutteellisia. Kustannuslaskelmassakaan säästöä ei syntynyt merkittävästi (31).

Samansuuntaiset kokemukset saatiin ranskalaistutkimuksesta, joka keskeytettiin etähoitoon osallistuvan henkilöstön riittämättömien valmiuksien vuoksi (32). Kustannussäästö erityisesti pitkien etäisyyksien alueilla on kuitenkin merkittävää (33). Vaikka telelääketieteelliset keinot helpottavat potilaiden arkea sekä auttavat riskinarviossa ja seulonnessa, vaatii vielä

paljon työtä osoittaa menetelmän parantavan haavanhoidon kokonaistulosta.

Esineiden internet

Esineiden internet (internet of things, IoT) tarkoittaa järjestelmiä, jotka perustuvat teknisten laitteiden suorittamaan automaattiseen tiedonsiirtoon ja niiden etäseurantaan tai -ohjaukseen verkon kautta. Sen odotetaan laajenevan voimakkaasti lähivuosina. Esineiden internet voisi luoda uusia oikea-aikaisempia toimintatapoja esimerkiksi haavanhoidon etäseurantaan ja ohjeiden antamiseen sekä vuorovaikutusta potilaan ja haavanhoitajan välille. Esineiden internetin terveydenhoitojärjestelmään integroinnin myötä hoitokustannusten otaksutaan pienenevän, mutta toistaiseksi ei ole näyttöä tekniikan hyödyistä haavanhoidon alueelta (34).

Uudet diagnostiset laitteet

Syntyneen haavan etiologian tai komplisoivan tekijän tunnistamiseen on myös ilmaantunut uusia menetelmiä tai laitteita. Haavan mikrobikolonisaation tai merkittävän tautia aiheuttavan bakteerikannan pikadiagnostiikkaan on käytetty fluoresoivaa valoa lähettävää emissiomittarin ja kameras yhdistelmää. Sillä mitataan ultraviolettilon aallonpituudella bakteerin aineenvaihduntatuotetta. Näin on mahdollista tunnis-

taa esimerkiksi *Staphylococcus* tai *Pseudomonas* ylimäärä ja ohjata mikrobilääkehoitoa (35). Kliininen merkitys on toistaiseksi avoin.

Diabetesjalan riskinarviointiin ja haavan diagnosointiin voidaan käyttää raajojen pintalämmön alueellista tai puolieroa (KUVA 3). Diabeettinen ja neuropaattinen jalka, jonka verenkierto on neuroiskeeminen, on toista jalkaa lämpimämpi (36,37). Infektoitunut jalka taas on rajallisesti lämpimämpi ja Charcot'n jalka voimakkaasti lämpimämpi (37). Kuolioituvaa ihoaluetta on kylmä. Lämmön seuranta voidaan käyttää myös apuvälineiden, kuten jalkineiden ja pohjallisten, toimivuuden arviointiin (18).

Jalkahaavan syntymistä tai uusiutumista ehkäisevä apuväline voisi perustua jatkuvaan lämmön seurantaan ja älypuhelimien välittävään tietoon hälytystoiminnoin. Myös lämpökuvauksen merkitys haavojen syntymisen estossa ja hoidon onnistumisen seurannassa on vielä osoittamatta.

Lopuksi

Krooninen haava ja erityisesti diabetekseen liittyvä krooninen jalkahaava ovat vaikeita hoitaa. Niiden uusiutumisriski on suuri ja hoidon pitkäaikaistulokset ovat vaatimattomia. Tarvitaan uusia tekniikoita ja teknologioita. Tunnistavalta sensoritekniikalta ja telelääketieteen keinoilta odotetaan paljon. Tieteelliset näytöt hyödyistä ja vaikuttavuudesta ovat vaatimattomia, ja tehokas käyttö vaatii hoito-organisaatioiden perusteellista uudelleenjärjestelyä.

Älyväitteiden kehitys ottaa ensiaskeleitaan

JORMA LAHTELA, LKT, dosentti, osastonylilääkäri
Tays, Haavakeskus ja sisätaudit

JARI VIIK, TkT, dosentti, yliopistonlehtori
Tampereen yliopisto, lääketieteen ja terveysteknologian tiedekunta

TEEMAN ERIKOISTOIMITTAJAT
Kirsi Isoherranen, Milla Kallio ja Heli Lagus

VASTUUTOIMITTAJA
Niina Matikainen

Ydinasiat

- ▶ Uusia, edistyneitä haavanhoitokeinoja ovat paikallishoidon ja kudosteknologian sekä fysikaalisen, biofysikaalisen, sensoreiden ja informaatioteknologian menetelmät.
- ▶ Uusien teknologioiden kustannustehokkuuden osoittaminen on hidasta ja vaikeaa.
- ▶ Teknologioiden soveltaminen käytännön haavanhoitoon vaatii keskuksia, joissa on hyvät valmiudet, tutkimusmielenkiintoa ja voimavaroja.
- ▶ Etähoitoon ja esineiden internetiin liittyviä menetelmiä saadaan lähitulevaisuudessa kliiniseen käyttöön.

laajemmassa mittakaavassa, ja sen myötä syntyy todellisia haavaa ehkäiseviä menetelmiä ja toimintatapoja. Myös nanoteknologia, kasvutekijöiden käyttäminen ja geenimanipulaatio ovat tulevaisuuden hoitotapojen näkökohtia.

Uusia innovaatioita tarvitaan, ja haavanhoitoa parantavia menetelmiä ei löydy ilman tutkimusintoa sekä perehtymistä uusiin teknologioihin. Diagnoosin tarkentamiseen soveltuvat menetelmät, etäseuranta ja esineiden internet ovat käyttökelpoisia terveydenhoidon perustasolta alkaen. Kun haava paranee huonosti, kuuluvat niin hoidon erityistekniikat kuin potilaskin erikoissairaanhoidon. ■

SIDONNAISUUDET

Jorma Lahtela: Luento-/asiantuntijapalkkio (Boehringer-Ingelheim, MSD, Novo-Nordisk, Sanofi, Termidas), korvaukset koulutus- ja kongressikuluista (Sanofi), luottamustoimet (Duodecim, (valtuuskunnan jäsen), Suomen Diabetestutkijoiden ja Diabetologien yhdistyksen puheenjohtaja, Tampereen lääkäripäivien järjestelytoimikunnan jäsen ja ohjelmasihtööri, Tampereen lääkäriseuran varapuheenjohtaja, Käypä hoito -työryhmän jäsen (Diabetes ja komplikaatiot)), hankkeet (STM asettaman diabeteksen ja kardiovaskulaarisairauksien hoitojärjestelmän suunnitteluryhmän jäsen)

Jari Viik: Luottamustoimet (Lääketieteellisen fysiikan ja tekniikan kansalliskomitea (sihtööri, aiemmin puheenjohtajana), Lääketieteellisen fysiikan ja tekniikan yhdistys (hallituksen jäsen, aiemmin puheenjohtajana)), muut sidonnaisuudet (osakas ja hallituksen jäsen TideMedical Oy:ssä, jonka omistamat patentit on lisensoinut Revenio Oy, osakas CutoSense Oy:ssä)

KIRJALLISUUTTA

1. Ennis WJ, Lee C, Meneses P. A biochemical approach to wound healing through the use of modalities. *Clin Dermatol* 2007;25:63–72.
2. Apelqvist J, Willy C, Fagerdahl AM, ym. EWMA Document: negative pressure wound therapy. *J Wound Care* 2017;26:1–154.
3. Al-Kurdi D, Bell-Syer SE, Flemming K. Therapeutic ultrasound for venous leg ulcers. *Cochrane Database Syst Rev* 2008. DOI:10.1002/14651858.CD001180.pub2.
4. Dymarek R, Halski T, Ptaszkowski K, ym. Extracorporeal shock wave therapy as an adjunct wound treatment: a systematic review of the literature. *Ostomy Wound Manage* 2014;60:26–39.
5. Qureshi AA, Ross KM, Ogawa R, ym. Shock wave therapy in wound healing. *Plast Reconstr Surg* 2011. DOI:10.1097/PRS.0b013e318230c7d1.
6. Zhao M, Pu J, Forrester JV, ym. Membrane lipids, EGF receptors, and intracellular signals colocalize and are polarized in epithelial cells moving directionally in a physiological electric field. *FASEB J* 2002;16:857–9.
7. Koel G, Houghton PE. Electrostimulation: current status, strength of evidence guidelines, and meta-analysis. *Adv Wound Care* 2014;3:118–26.
8. Garland DE, Moses B, Salyer W. Long-term follow-up of fracture nonunions treated with PEMFs. *Contemp Orthop* 1991;22:295–302.
9. Vecchia P. Exposure of humans to electromagnetic fields. Standards and regulations. *Ann Ist Super Sanita* 2007;43:260–7.
10. Mohd Nasir N, Lee BK, Yap SS, ym. Cold plasma inactivation of chronic wound bacteria. *Arch Biochem Biophys* 2016;605:76–85.
11. Assadian O, Ousey KJ, Daeschlein G, ym. Effects and safety of atmospheric low-temperature plasma on bacterial reduction in chronic wounds and wound size reduction: a systematic review and meta-analysis. *Int Wound J* 2019;16:103–11.
12. Anders JJ, Lanzafame RJ, Arany PR. Low-level light/laser therapy versus photobiomodulation therapy. *Photomed Laser Surg* 2015;33:183–4.
13. Gupta A, Avci P, Dai T, ym. Ultraviolet radiation in wound care: sterilization and stimulation. *Adv Wound Care* 2013;2:422–37.
14. Romanelli M, Piaggese A, Scapagnini G, ym. EUREKA study – the evaluation of real-life use of a biophotonic system in chronic wound management: an interim analysis. *Drug Des Devel Ther* 2017;11:3551–8.
15. Schwentker A, Vodovotz Y, Weller R, ym. Nitric oxide and wound repair: role of cytokines? *Nitric Oxide* 2002;7:1–10.
16. Miller CN, Newall N, Kapp SE, ym. A randomized-controlled trial comparing cadexomer iodine and nanocrystalline silver on the healing of leg ulcers. *Wound Repair Regen* 2010;18:359–67.
17. Edmonds M, Lázaro-Martinez JL, Alfayate-García JM, ym. Sucrose octasulfate dressing versus control dressing in patients with neuroischaemic diabetic foot ulcers (explorer): an international, multicentre, double-blind, randomised, controlled trial. *Lancet Diabetes Endocrinol* 2018;6:186–96.
18. Armstrong DG, Boulton AJ, Bus SA. Diabetic foot ulcers and their recurrence. *N Engl J Med* 2017;376:2367–75.
19. Najafi B, Grewal GS, Bharara M, ym. Can't stand the pressure: the association between unprotected standing, walking, and wound healing in people with diabetes. *J Diabetes Sci Technol* 2017;11:657–67.
20. Razjouyan J, Grewal GS, Talal TK, ym. Does physiological stress slow down wound healing in patients with diabetes? *J Diabetes Sci Technol* 2017;11:685–92.
21. Sharp D. Printed composite electrodes for in-situ wound pH monitoring. *Biosens Bioelectron* 2013;50:399–405.
22. Parvaneh S, Grewal GS, Grewal E, ym. Stressing the dressing: assessing stress during wound care in real-time using wearable sensors. *Wound Medicine* 2014;4:21–6.
23. Najafi B, Ron E, Enriquez A, ym. Smarter sole survival: will neuropathic patients at high risk for ulceration use a smart insole-based foot protection system? *J Diabetes Sci Technol* 2017;11:702–13.
24. Roser MC, Canavan PK, Najafi B, ym. Novel in-shoe exoskeleton for offloading of fore-foot pressure for individuals with diabetic foot pathology. *J Diabetes Sci Technol* 2017;11:874–82.
25. Ge K, Wu M, Liu H, ym. Wound documentation by using 3G mobile as acquisition terminal: an appropriate proposal for community wound care. *Int J Low Extrem Wounds* 2015;14:200–3.
26. Tcheron H, Noubou L, Becsangele B, ym. Telemedicine in diabetic foot care: a systematic literature review of interventions and meta-analysis of controlled trials. *Int J Low Extrem Wounds* 2017;16:274–83.
27. van Netten J, Clark D, Lazzarini P, ym. The validity and reliability of remote diabetic foot ulcer assessment using mobile phone images. *Sci Rep* 2017;7:9480.
28. Rasmussen BS, Jensen LK, Froekjaer J, ym. A qualitative study of the key factors in implementing telemedical monitoring of diabetic foot ulcer patients. *Int J Med Inform* 2015;84:799–807.
29. Hazenberg C, Aan de Stegge W, Van Baal S, ym. Telehealth and telemedicine applications for the diabetic foot: a systematic review. *Diabetes Metab Res Rev*, julkaistu verkossa 20.12.2019. DOI:10.1002/dmrr.3247.
30. Zarchi K, Haugaard VB, Dufour DN, ym. Expert advice provided through telemedicine improves healing of chronic wounds: prospective cluster controlled study. *J Invest Dermatol* 2015;135:895–900.
31. Rasmussen BS, Froekjaer J, Bjerregaard MR, ym. A randomized controlled trial comparing telemedical and standard outpatient monitoring of diabetic foot ulcers. *Diabetes Care* 2015;38:1723–9.
32. Muller M, David-Tchouda S, Margier J, ym. Comment on Rasmussen et al. A randomized controlled trial comparing telemedical and standard outpatient monitoring of diabetic foot ulcers. *Diabetes Care* 2016;39:e11.
33. Litzinger G, Rossman T, Demuth B, ym. In-home wound care management utilizing information technology. *Home Healthc Nurse* 2007;25:119–30.
34. Haugom J. Is the health sensor revolution about to dramatically change health-care? *HealthCatalyst*, julkaistu verkossa 23.10.2014. www.healthcatalyst.com/health-sensors-revolution-change-healthcare.
35. Serena TE, Harrell K, Serena L, ym. Real-time bacterial fluorescence imaging accurately identifies wounds with moderate-to-heavy bacterial burden. *J Wound Care* 2019;28:346–57.
36. Ilo A, Romsa P, Mäkelä J. Infrared thermography and vascular disorders in diabetic feet. *J Diabetes Sci Technol* 2020;14:28–36.
37. Gatt A, Falzon O, Cassar K, ym. Establishing differences in thermographic patterns between the various complications in diabetic foot disease. *Int J Endocrinol* 12.3.2018. DOI:10.1155/2018/9808295.

SUMMARY

The future of wound care: more enthusiasm than evidence?

Treatment of chronic wounds is difficult, slow, resource-consuming and the outcome is often unsatisfactory. The evolving need for advanced wound care presents an exciting opportunity for innovations. It will not be uncommon in the future for health care providers to use noncontact technology to measure and assess a wound accurately and to determine if it is healing. New technologies can be divided into wound dressings, cell and tissue engineering, physical and biophysical methods, sensors and information technology. Techniques are often described as next generation methods. Diabetic foot ulcer is a special field for new novelties, both diagnostic and therapeutic. Clinical value and cost-benefit effectiveness are laborious to show.