

■ HALO-KATSAUS | VERKOSSA ENSIN

HALO-RYHMÄ:

SEPPO OJANEN
LT, nefrologian ylilääkäri,
dialyysiosasto
Päijät-Hämeen keskussairaala

VIRPI RAUTA
LT, erikoislääkäri
HUS, Kolmiosairaala,
nefrologian klinikka

SINIKKA SIHVO
FT, dosentti, erikoistutkija
THL, Finohta
sinikka.sihvo@thl.fi

JAANA ISOJÄRVI
YTM, informaatikko
THL, Finohta

ILKKA VUORI
LKT, emeritusprofessori, pysyvä
asiantuntija
THL, Finohta



Bioimpedanssi auttaa hemodialyysipotilaiden kuivapainon määrittämisessä

Lähtökohdat

Bioimpedanssin avulla on mahdollisuus mitata dialyysipotilaiden kuivapainoa ja ravitsemustilaa. Suuri osa hemodialyysipotilaista ei ole oikeassa kuivapainossa, mikä vaikeuttaa dialyysihoidon toteuttamista ja lisää kuolleisuutta. Kuivapainon kliininen määrittäminen on epävarmaa.

Menetelmät

Järjestelmällisellä kirjallisuushaulla haettiin artikkeleita Medline-, Cochrane- ja Journals@Ovid-tietokannoista.

Tulokset

Kirjallisuushaussa löytyi 99 artikkelia ajanjaksolta tammikuusta 2000 tammikuuhun 2011. Näistä valintakriteerit täytti 10 kliinistä ja 5 menetelmällistä tutkimusta. Vähäisen tutkimusnäytön perusteella voidaan esittää, että noin neljäsosa dialyysipotilaista näyttää hyötyvän bioimpedanssimittaukseen perustuvasta kuivapainon määrittämisestä. Kuivapainon määrittäminen mittauksen avulla vähentää verenpainelääkityksen tarvetta ja dialyysinaikaista verenpaineen laskua.

Päätelmät

Bioimpedanssimenetelmällä on mahdollista määrittää potilaan kuivapaino paremmin kuin kliinisellä arvioinnilla. Ei ole näyttöä, että bioimpedanssimittauksella määritetty ravitsemustila ennustaisi kuolleisuutta tarkemmin kuin käytössä olevat kliiniset ja laboratorioparametrit. Menetelmän arviointia vaikeuttaa satunnaistettujen tutkimusten puuttuminen. Lisätutkimusta tarvitaan mm. mittaumenetelmän hyödyistä potilaalle.

Vuoden 2009 lopussa Suomessa oli säännöllisessä hemodialyysihoidossa 1 345 potilasta (1). Hemodialyysipotilaiden tulee olla hoidon jälkeen ns. kuivapainossa. Potilaiden katsotaan olevan kuivapainossa, mikäli heillä ei dialyysin lopussa ole oireita tai kliinisiä löydöksiä, jotka viittaavat kuivumiseen tai nestekuormitukseen. Potilaiden kuivapainoa arvioidaan nykyisin lähinnä kliinisin perustein. Kuivapainon kliininen määrittäminen on kuitenkin vaikeaa ja epätarkkaa: elimistöön voi kertyä useita litroja nestettä ennen kuin oireita, näkyvää turvotusta tai muita kliinisiä löydöksiä ilmaantuu. Lisäksi sairaudet ja ravitsemustilan muutokset (laihtuminen, lihominen) muuttavat kuivapainoa (2).

Dialyysipotilaiden nestekuormitus nostaa verenpainetta ja altistaa vasemman kammion liikkasvulle lisäten kokonaiskuolleisuutta ja kuol-

leisuutta sydän- ja verisuonisairauksiin (3,4,5). Oikean nestetasapainon saavuttaminen myös parantaa hemodialyysipotilaiden ennustetta (6). Lisäksi liiallinen nesteenpoisto dialyysin aikana voi romahduttaa potilaan verenpaineen, jolloin hoidon toteuttaminen vaikeutuu. Myös aliravitsemus lisää dialyysipotilaiden kuolleisuutta, joten myös sitä tulee arvioida (7,8).

Bioimpedanssimittaus (bioelectrical impedance) on kuivapainon ja ravitsemustilan tekninen mittaumenetelmä (9). Menetelmä on tunnettu lähes 25 vuotta, mutta sen käyttö Suomen dialyysiyksiköissä on ollut vähäistä. Mittaustekniikoiden luotettavuuden parantuuessa menetelmän käyttö on lisääntynyt, joten sen antamaa hyötyä potilaiden hoidossa ja ennusteellista merkitystä on ajankohtaista arvioida.

VERTAISARVIOITU



- P = hemodialyysihoidossa olevat aikuispotilaat**
I = hemodialyysipotilaiden kuivapainon ja ravitsemustilan määrittely bioimpedanssimenetelmällä
C = kuivapainon ja ravitsemustilan määrittely muilla kliinisessä käytössä olevilla menetelmillä
O = 1) menetelmän osuvuus potilaan kuivapainon määrittämisessä, 2) lyhyt- ja pitkäaikaisvaikutukset sydän- ja verisuonisairastavuuteen ja elämänlaatuun, 3) ravitsemustilan muutos hoidon seurannan aikana.

Menetelmän kuvaus

Elimistön kokonaisnestemäärän (total body water, TBW) mittauksen standardimenetelmä on deteriumlaimennus (D₂O) ja solunulkoisen nestemäärän natriumbromidilaimennus. Ravitsemustilan arvioinnin standardimenetelmiä ovat magneettikuvaus ja kaksiennergiaisen röntgensädeabsorptiometria DXA (luumassa, rasvaton massa, rasvamassa) sekä solujen kaliumin luonnollisen isotoopin (⁴⁰K) aiheuttaman säteilyn mittaus (rasvaton massa). Nämä menetelmät eivät sovellu kliiniseen rutiinikäyttöön monimutkaisuutensa, tarvittavien laitteistojen ja kustannusten vuoksi. Niitä korvaavaksi kliiniseksi menetelmäksi on ehdotettu bioimpedanssimittausta.

Bioimpedanssimittaus on teknisesti yksinkertainen. Menetelmä perustuu tutkittavaan henkilöön ohjatun heikon vaihtovirran vastuksen eli impedanssin mittaamiseen (10). Impedanssi voidaan jakaa resistenssiin ja reaktanssiin. Resistenssi mittaa vaihtovirran kohtaamaa vastusta, mikä on kääntäen verrannollinen elimistön nestemäärään. Reaktanssi taas kuvastaa virran varastoitumista soluihin ja on suhteessa solumassaan ja tätä kautta ravitsemusti-

laan. Vastus on suurin rasva- ja lihaskudoksissa ja vähenee kudosten nestepitoisuuden kasvaessa. Pienitaajuuksinen (< 10 kHz) virta kulkeutuu vain solujen ulkoisessa tilassa, jonka tilavuus voidaan siten arvioida. Suuritaajuuksinen virta (> 100 kHz) taas kulkeutuu myös solujen sisään, mikä mahdollistaa elimistön kokonaisnestemäärän mittaamisen. Näiden erotus on solujen sisäinen nestemäärä.

Nesteaitioiden tilavuuden lisäksi on mahdollisuus mitata elimistön rasvaton massa (lihakset ja luusto) ja rasvamassa. Yksinkertaisimmat laitteistot käyttävät vain yhtä (single frequency, SF) tai muutamaa (multiple frequency, MF) mittaustaajuutta. Yksitaajuuksisen bioimpedanssimittauksen rajoitus on, ettei se pysty erottamaan solujen ulkoista ja sisäistä nestemäärää toisistaan kuten monitaajuusmittaus. Uusimman teknologian monitaajuuslaitteissa (bioimpedance spectroscopy) käytetäänkin jopa 50:tä vaihtovirran taajuutta välillä 5 kHz–1 000 kHz, jolloin solujen sisäisen ja ulkoisen nestemäärän mittaaminen on mahdollista.

Mittaustekniikka voi olla segmentaalinen (kädet, jalat, vartalo) tai koko vartaloon perustuva (ranne–nilkka). Koko vartalon impedanssi-

TAULUKKO 1.

Tutkimukset, joissa on korrelaatiokertoimin verrattu bioimpedanssin tarkkuutta referenssimenetelmiin hemodialyysipotilaiden nestetilavuuksien ja ravitsemustilan määrittämisessä.

Tutkimus	Potilaita	Bioimpedanssimenetelmä	Vertailumenetelmä	Korrelaatiokertoimet menetelmien kesken				
				kokonaisnestemäärä	solunulkoisen neste	solunsisäinen neste	lihassa	rasvaton massa
Carter 2009 (14)	31	koko vartalon segmentaalinen	magneettikuvaus, ⁴⁰ K-mittaus				0,93	0,96
							0,92	0,96
Donadio 2008 (15)	27	koko vartalon yksitaajuus koko vartalon yksitaajuus koko vartalon monitaajuus	DXA				0,92	0,89
							0,91	0,85
							0,92	0,75
Zhu 2006 (16)	29	koko vartalon segmentaalinen	magneettikuvaus, ⁴⁰ K, deuterium, bromidi	0,93 0,98	0,91 0,96	0,91 0,93		
Moissi 2006 (17)	120 + 32	koko vartalon	deuterium, bromidi, kalium	0,90	0,90	0,91		
Kaysen 2005 (18)	34	koko vartalon	magneettikuvaus, D ₂ O-laimennus	0,88	0,71	0,89	0,97	

KIRJALLISUUTTA

- 1 Suomen munuaistautirekisteri – vuosiraportti 2009. Helsinki: Suomen munuaistautirekisteri 2010. <http://www.musili.fi/fin/munuaistautirekisteri>.
- 2 Spiegel DM, Bashir K, Fisch B. Bioimpedance resistance ratios for the evaluation of dry weight in hemodialysis. *Clin Nephrol* 2000;53:108–14.
- 3 Agarwal R. Hypervolemia is associated with increased mortality among hemodialysis patients. *Hypertension* 2010;56:512–7.
- 4 Wizenmann V, Wabel P, Chamney P ym. The mortality risk of overhydration in haemodialysis patients. *Nephrol Dial Transplant* 2009;24:1574–9.
- 5 Kalantar-Zadeh K, Regidor DL, Kovesdy CP ym. Fluid retention is associated with cardiovascular mortality in patients undergoing long-term hemodialysis. *Circulation* 2009;119:671–79.
- 6 Ozkahya M, Ok E, Toz H ym. Long-term survival rates in hemodialysis patients treated with strict volume control. *Nephrol Dial Transplant* 2006;21:3506–13.
- 7 Bergström J. Nutrition and mortality in hemodialysis. *J Am Soc Nephrol* 1995;6:1329–41.
- 8 Salahudeen AK, Dykes P, May W. Risk factors for higher mortality at the highest levels of spKt/V in haemodialysis patients. *Nephrol Dial Transplant* 2003;18:1339–44.
- 9 Zhu F, Kuhlmann MK, Sarkar S ym. Adjustment of dry weight in hemodialysis patients using intradialytic continuous multifrequency bioimpedance of the calf. *Int J Artif Organs* 2004;27:104–9.
- 10 Kotanko P, Levin NW, Zhu F. Current state of bioimpedance technologies in dialysis. *Nephrol Dial Transplant* 2008;23:808–12.
- 11 Kuhlmann MK, Zhu F, Seibert E, Levin NW. Bioimpedance, dry weight and blood pressure control: new methods and consequences. *Curr Opin Nephrol Hypertens* 2005;14:543–9.
- 12 Piccoli A, Rossi B, Pillon L, Bucciante A. A new method for monitoring body fluid variation by bioimpedance analysis: the RXc graph. *Kidney Int* 1994;46:534–9.
- 13 Piccoli A. Identification of operational clues to dry weight prescription in hemodialysis using bioimpedance vector analysis. *Kidney Int* 1998;53:1036–43.
- 14 Carter M, Zhu F, Kotanko P ym. Assessment of body composition in dialysis patients by arm bioimpedance compared to MRI and ⁴⁰K measurements. *Blood Purif* 2009;27:330–7.
- 15 Donadio C, Halim AB, Caprio F, Grassi G, Khedr B, Mazzantini M. Single- and multi-frequency bioelectrical impedance analyses to analyse body composition in maintenance haemodialysis patients: comparison with dual-energy x-ray absorptiometry. *Physiol Meas* 2008;29:S517–24.

mittauksessa virtaa lähettävät ja jännitettyä mitaavat elektrodit sijoitetaan ranteeseen ja jalkateriin. Segmentaaliossa mittauksessa elektrodeja sijoitetaan myös raajojen ja vartalon rajal alueelle. Tällöin kokonaistulos saadaan laske-malla yhteen eri segmentit (11). Lähinnä Italia-sa käytetty menetelmä on impedanssin vektori-analyysi (12,13). Uusin bioimpedanssimenetel-mä perustuu jatkuvaan dialyysinaikaiseen poh-keen impedanssin muutokseen (9). Menetelmä ei ole käytössä Suomessa. Osassa Suomen dia-lyysiyksiköistä on käytössä spektrometrinen ja koko vartalon mittaukseen perustuva bioimpe-danssimittauslaitteisto (Fresenius Medical Care Oy:n BCM-laitteisto).

Nykykäytäntö Suomessa

Vuonna 2010 Suomessa oli 58 hemodialyysihoi-toa antavaa yksikköä. Marraskuussa 2010 puhe-limitse tehdyn haastattelukierroksen perusteella niistä kahdeksan oli hankkinut bioimpedanssi-mittauslaitteen. Lisäksi laitteen oli koekäyttänyt viisi sairaalaa. Vain kahdessa sairaalassa laitteen käyttö oli systemaattista ja muissa vain kliinisen harkinnan mukaan. Niissä sairaaloissa, joissa laitetta oli koekäytetty mutta ei toistaiseksi han-kittu, syyksi ilmoitettiin laitteen hankintahinta, puutteellinen käyttökokemus tai epävarma tulosten tulkinta.

Arviointitutkimuksen tavoitteet ja menetelmät

Tässä HALO-katsauksessa selvitetään järjestel-mällisen kirjallisuuskatsauksen avulla, helpot-taako bioimpedanssimittauksen käyttö aikuis-ten hemodialyysipotilaiden kuivapainon määrit-tämistä. Toissijaisesti arvioidaan, onko menetel-män käytöstä hyötyä hemodialyysipotilaiden ravitsemustilan määrittämisessä. Tulostittarei-na olivat menetelmän osuvuus kuivapainon määrittämisessä, lyhyt- ja pitkäaikaisvaikutukset sydän- ja verisuonisairastavuuteen (verenpai-neen korjaantuminen, verenpainelääkityksen tarpeen väheneminen, vasemman kammion liikakasvu, kuolleisuus) ja elämänlaatuun sekä ravitsemustilan muutos hoidon aikana (rasva-massa, lihasmassa).

Kirjallisuushaku tehtiin kesäkuussa 2010 ja päivitettiin tammikuussa 2011 Medline-, Cochrane- ja CRD- (DARE, HTA ja NHS EED)-tietokannoista. Haku rajattiin kattamaan vuodet 2000–2010. Hakusanoina olivat bioimpe-

dance, dialysis, hemodialy*, haemodialy*, renal dialy*, peritoneal dialy*, body weight, dry weight, fluid status, body water, nutritional status, body composition, nutrition. Mukaan otettiin englanninkieliset satunnaistetut tutki-mukset, vertailevat tutkimukset sekä potilassar-jat. Hakustrategiat näkyvät artikkelin sähköises-sä versiossa (Liitetaulukko 1, www.laakarilehti.fi > Sisällysluettelot > 26–31/2011).

Kirjallisuushauissa ei löytynyt systemaattisia katsauksia, meta-analyysejä tai satunnaistettuja tutkimuksia aiheesta. Kirjallisuushaku tuotti 99 viitettä. Katsausryhmän kolme jäsentä kävivät abstraktit läpi ja valitsivat mukaan viisi validoi-vaa tutkimusta (14–18) (taulukko 1), joissa bio-impedanssimittauksella on verrattu luotettavaan referenssimenetelmään. Lisäksi mukaan valiti-tiin kymmenen (4,9,19–26) kliinistä tutkimusta (taulukko 2). Peritoneaalidialyysia ja lapsia kos-kevat tutkimukset jätettiin pois.

Tulokset

Nestemuutosten mittaaminen

Bioimpedanssimittauksella määritetyt hemodia-lyysipotilaiden nestetilavuudet, lihasmassa ja rasvamassa korreloivat hyvin referenssimenetel-mien tuloksiin (taulukko 1). Suomessa laajim-min käytössä olevan bioimpedanssispektrosko-pian mittaustulokset erosivat referenssimenetel-mistä seuraavasti: solunulkoisen tilavuus $-0,4 \pm 1,4$ litraa (keskiarvo \pm SD), solunsisäinen tila-vuus $0,2 \pm 2,0$ litraa ja elimistön kokonaisneste-määrä $-0,2 \pm 2,3$ litraa (17). Koko vartalon bio-impedanssispektroskopiolla on voitu määrittää noin yhden litran suuruisia hemodialyysin aikaisia nestetasapainon muutoksia (27). Sama-sa tutkimuksessa osoitettiin myös, että bioimpedanssi kuvastaa tarkemmin neste-tilavuuden muutoksia dialyysin aikana kuin alaonttolaskimon läpimitan muutos tai veritila-vuuden muutos dialyysissä hetkellisen nesteen-poistolisyksen aikana. Wabelin ym. (28) tutki-muksessa dialyysin aikana poistettu kokonais-nestemäärä korreloiti hyvin bioimpedanssimetelmällä mitattuihin nesteaitioiden muutok-siin.

Kuivapainon määrittäminen

Bioimpedanssianalyysin avulla on arvioitu, että suuri osa hemodialyysipotilaista ei ole kuivapai-nossaan (24,25). Passauerin ym. (24) tutkimuk-sessa osoitettiin, että normaaliväestöön verrattu-

16 Zhu F, Kuhlmann MK, Kaysen GA ym. Segment-specific resistivity improves body fluid volume estimates from bioimpedance spectroscopy in hemodialysis patients. *J Appl Physiol* 2006;100:717–24.

17 Moissl UM, Wabel P, Chamney PW ym. Body fluid volume determination via body composition spectroscopy in

na hemodialyysipotilaiden bioimpedanssimenetelmällä mitattu nestemäärä ennen dialyysia vaihtelee välillä –1,1 – +4 litraa (10. persentiili) ja dialyysin jälkeen välillä –2,5 – +2 litraa. Tutkimuksessa 63 %:lla potilaista arvioitiin olevan liian suuri elimistön nestepitoisuus ja noin 5 %:lla liian vähäinen. Tutkimuksen mukaan noin neljäsosa dialyysipotilaista näyttää

hyötyvän bioimpedanssimittauksesta verrattuna kuivapainon kliiniseen määrittämiseen. Vastavanlainen tulos saatiin myös Voroneanun ym. (25) tutkimuksessa: puolella potilaista oli kliinisesti toteamaton nesteylimäärä ja neljäsosalla nesteylimäärä oli niin suuri, että sen arvioitiin lisäävän kuolleisuutta.

Säännöllinen bioimpedanssin mittaaminen

TAULUKKO 2.

Bioimpedanssin kliininen merkitys hemodialyysipotilaiden hoidossa. BIA = bioimpedanssimittaus

Tutkimus	Bioimpedanssi- menetelmä	Potilaita	Seuranta aika, kk	Asetelma, tulostittarit	Mittaus- suureet	Kliininen merkitys	Kommentit
SEURANTATUTKIMUKSET							
Macheck 2010 (19)		52	12	Kuivapainon saavuttaminen	Solunulkoisen nestemäärä	Kuivapainon laskiessa verensuonien paine laski ja lääkitys keveni	Parantaa hoidon aikana hemodynaamista vakautta
Chan 2009 (20)	monitaajuus	59	12	Deuterium vs. BIA, solunulkoisen nesteen ja lihasmassan muutos vs. sairastuvuus	Solunulkoisen nestemäärä, lihasmassa	BIA tunnisti solunulkoisen nestemäärän ja lihasmassan kasvun vain niillä potilailla, joilla kuolleisuus ei lisääntynyt	Aliarvioi nesteen kertymistä monisairailta
Fiedler 2009 (21)	monitaajuus	90	36	Kuolleisuus ja sairaalaan joutuminen: BIA vs. kliiniset tai laboratoriotulokset	Solunulkoisen nestemäärä, lihasmassa, rasvamassa	BIA ennusti kuolleisuutta huomattavasti enemmän kuin kliiniset ja laboratoriotulokset	
Park 2009 (22)	monitaajuus	34 (uusia) 137 (kroonisia)			Solunulkoisen nestemäärä	Kun viitearvot saavutettiin, katosivat turvotukset ja keuhkojen nestekuorma	Solunulkoisen nestemäärä saavutettiin ilman lihaskrampeja tai hemodynaamisia ongelmia
Pupim 2004 (23)	yksitaajuus/ vektori	194 (kroonisia)	57	Ravitsemus- ja tulehdusmittarit vs. BIA, 6 kk:n välein	Albumiini, CRP ym.	Albumiini ja BIA korreloivat sydän- ja verisuonitautikuolleisuuteen	Etuna toistetut analyysit
Zhu 2004 (9)	monitaajuus	15		Kuivapaino kliinisesti vs. pohje-BIA-menetelmällä	Solunulkoisen nestemäärä	Kuivapaino ja verensuonien paine ennen dialyysia pienemmät BIA-ryhmässä	Parantaa verenpainetasoa, menetelmä ei käytössä Suomessa
Wizemann 2009 (4)	monitaajuus	269	42		Solunulkoisen nestemäärä	Nestekuormitus ennusti selvästi kuolleisuutta	
POIKITTAISAINESTOT							
Passeur 2010 (24)	monitaajuus	370		Kliininen kuivapaino vs. BIA kuivapaino	Solunulkoisen nestemäärä	26 % potilaista ei oikeassa kuivapainossa	Muilla kuin diabeetikoilla nestekuorma yhteydessä verenpaineen nousuun
Voroneanu 2010 (25)	monitaajuus	160		Kliininen kuivapaino vs. BIA-kuivapaino, yhteys verenpaineeseen	Solunulkoisen nestemäärä	BIA osoitti nestekuormitusta 50 %:lla kliinisessä kuivapainossa olevista	32 %:lla nestekuormasta riippuvainen hypertensio
VERTAILEVAT TUTKIMUKSET							
Guida 2000 (26)	yksitaajuus/ vektori	39 33 (terveitä)		Vektori-BIA vs. normaali BIA, (potilaiden luokittelu nestetasapainon mukaan)	Solunulkoisen nestemäärä	Vektori-BIA tunnisti verenpaineen laskulle altistuvat paremmin kuin normaali BIA	Vektori-BIA ei laajasti käytössä

- health and disease. *Physiol Meas* 2006;27:921–33.
- 18 Kaysen GA, Zhu F, Sarkar S ym. Estimation of total-body and limb muscle mass in hemodialysis patients by using multifrequency bioimpedance spectroscopy. *Am J Clin Nutr* 2005;82:988–99.
- 19 Macheek P, Jirka T, Moissl U, Chamney P, Wabel P. Guided optimization of fluid status in haemodialysis patients. *Nephrol Dial Transplant* 2010;25:538–44.
- 20 Chan C, McIntyre C, Smith D, Spanel P, Davies SJ. Combining near-subject absolute and relative measures of longitudinal hydration in hemodialysis. *Clin J Am Soc Nephrol* 2009;4:1791–8.
- 21 Fiedler R, Jehle PM, Osten B, Dorligschaw O, Girndt M. Clinical nutrition scores are superior for the prognosis of haemodialysis patients compared to lab markers and bioelectrical impedance. *Nephrol Dial Transplant* 2009;24:3812–7.
- 22 Park J, Yang WS, Kim SB ym. Usefulness of segmental bioimpedance ratio to determine dry body weight in new hemodialysis patients: a pilot study. *Am J Nephrol* 2009;29:25–30.
- 23 Pupim LB, Caglar K, Hakim RM, Shyr Y, Iklizler TA. Uremic malnutrition is a predictor of death independent of inflammatory status. *Kidney Int* 2004;66:2054–60.
- 24 Passauer J, Petrov H, Schleser A, Leicht J, Pucalka K. Evaluation of clinical dry weight assessment in haemodialysis patients using bioimpedance spectroscopy: a cross-sectional study. *Nephrol Dial Transplant* 2010;25:545–51.
- 25 Voroneanu L, Cusai C, Hogas S ym. The relationship between chronic volume overload and elevated blood pressure in hemodialysis patients: use of bioimpedance provides a different perspective from echocardiography and biomarker methodologies. *Int Urol Nephrol* 2010;42:789–97.
- 26 Guida B, De Nicola L, Trio R, Pecoraro P, Iodice C, Memoli B. Comparison of vector and conventional bioelectrical impedance analysis in the optimal dry weight prescription in hemodialysis. *Am J Nephrol* 2000;20:311–8.
- 27 Kraemer M, Rode C, Wizemann V. Detection limit of methods to assess fluid status changes in dialysis patients. *Kidney Int* 2006;69:1609–20.
- 28 Wabel P, Rode C, Moissl U ym. Accuracy of bioimpedance spectroscopy (BIS) to detect

dialyysihoitojen yhteydessä näyttää auttavan sekä uusien (19) että jo hoidossa olevien (22) hemodialyysipotilaiden kuivapainon saavuttamisessa. Perinteinen bioimpedanssimittaus ja pääasiassa Italiassa käytössä oleva vektoribioimpedanssianalyysi luokittelevat hemodialyysipotilaat eri tavoin normaali-, vajaa- tai liianesteisiksi (26). Pohkeesta jatkuvasti dialyysin aikana mitatun monitajuuksisen bioimpedanssin avulla mitattu kuivapaino oli Zhun ym. (9) tutkimuksessa keskimäärin 0,8 kg pienempi kuin kliinisesti arvioitu.

Lyhyt- ja pitkäaikaisvaikutukset sydän- ja verisuonisairastavuuteen ja elämänlaatuun

Bioimpedanssimittauksen avulla on arvioitu, että noin 15 %:lla hemodialyysipotilaista on nestekuormitukseen liittyvä verenpaineen nousu (29). Kun bioimpedanssimittauksien perusteella liianesteisten potilaiden painoa lasketaan vähitellen, turvotukset häviävät ja korkea verenpaine laskee, jolloin verenpainelääkitystä voidaan vähentää tai se voidaan lopettaa (19,22). Bioimpedanssimittauksen tuella oikea kuivapaino voidaan myös saavuttaa ilman hoidon-aikaisia lihaskramppeja tai verenpaineen romahduksia (22). Toisaalta nestevajauspotilaiden kuivapainon lisääminen bioimpedanssimittauksiin tukeutuen vähentää hoidon-aikaisia verenpaineen laskuja ja muita nestevajaukseen liittyviä oireita (9,19).

Yli kolmen vuoden seurannassa bioimpedanssilla mitattu solunulkoisen nesteen yli 15 %:n ylimäärä (n. 2,5 l) lisäsi dialyysipotilaiden kuolleisuutta noin kaksinkertaiseksi (4). Bioimpedanssi näyttää erityisesti ennustavan dialyysipotilaiden sydän- ja verisuonitautikuolleisuutta (23).

Bioimpedanssimittauksen vaikutuksesta dialyysipotilaan elämänlaatuun ei löytynyt tutkimuksia.

Ravitsemustilan muutokset

Ravitsemustutkimuksen kolmen vuoden seurannassa bioimpedanssi ennusti hemodialyysipotilaiden kuolleisuutta ja sairaalaan joutumista, mutta ei paremmin kuin kliiniset ravitsemustilan arvioinnissa käytetyt mittarit (21). Chanin ym. (20) seurantatutkimuksessa dialyysipotilaiden kuolleisuus 12 kuukauden seurannassa ei näyttänyt liittyvän lisääntyneeseen nestekuormaan, vaan sairauksien, iän ja tulehduk-

sen aiheuttamaan lihaskudoksen vähenemiseen.

Merkitys hoidossa

Bioimpedanssin mittaus näyttää auttavan oikean kuivapainon saavuttamisessa (9,19,22). Mikäli bioimpedanssi osoittaa dialyysipotilaalla olevan nestekuormaa, ylimääräinen neste on bioimpedanssimittauksen perusteella mahdollista poistaa ilman kuivumiseen liittyviä oireita. Tällöin myös nestekuormitukseen liittyvä kohonnut systolinen verenpaine laskee. Toisaalta mikäli bioimpedanssi osoittaa dialyysipotilaan olevan liian kuiva ennen dialyysin aloittamista, nostamalla kuivapainoa voidaan poistaa dialyysin aikana kuivumiseen liittyvät oireet ilman merkittävää verenpaineen nousua.

Menetelmä on erityisen hyödyllinen, kun mittauksia tehdään toistuvasti samalle potilaalle, koska potilas voi seurannassa toimia omana verrokkinaan. Tällöin saadaan tietoa muutoksesta. Mittaus mahdollistaa myös potilaiden ravitsemustilan seurannan ja aliravitsemuksen tunnistamisen, mutta sen ennusteellinen merkitys on epävarma.

Turvallisuus

Laitteistojen mittausvirta on hyvin pieni (50–800 μ A), eikä sillä ole terveydellisiä vaikutuksia. Käytettävä sähkövirta voi kuitenkin teoreettisesti häiritä sydämentahdistimen toimintaa, jonka vuoksi mittauksia ei tule tehdä tahdistin- tai defibrillaattoripotilaille. Mittauksia ei myöskään suositella tehtäväksi potilaille, joilla on verisuonitentti tai tekonivel. Potilaille, joille on tehty amputaatioita, ei ole viitearvoja. Bioimpedanssin käytön ei ole raportoitu johtaneen riskiä tai haittoja aiheuttaviin muutoksiin potilaiden tai hoitoyksiköiden käytännöissä.

Kustannukset

Suomen dialyysiyksiköissä on tietojemme mukaan käytössä vain Fresenius Medical Care Oy:n BCM-laitteistoja, joissa on käytössä 50 taajuutta. Laitteiston hinta on 9 750 euroa ja elektrodit maksavat 3,80 euroa mittauksia kohti (tieto marraskuulta 2010). Mittaukseen kuluu aikaa noin 15 minuuttia. Henkilökunnan koulutus laitteiston käyttöön kestää noin yhden tunnin. Kontrolloituja prospektiivisiä tutkimuksia menetelmän kustannusvaikuttavuudesta ei ole, mutta oikean kuivapainon saavuttaminen voi

fluid status changes in hemodialysis patients. Nephrol Dial Transplant 2007;22 suppl 6: VI 129.
29 Wabel P, Moissi U, Chamney P ym. Towards improved cardiovascular management: the necessity of combining blood pressure and fluid overload. Nephrol Dial Transplant 2008;23:2965-71.

SIDONNAISUUDET (ICMJE:N LOMAKE)

Seppo Ojanen on saanut palkkion asiantuntijalausunnosta lääkeyritykseltä (Amgen) ja osallistunut ulkomaisiin kongresseihin lääkeyritysten kustannuksella (Abbot, Amgen). Virpi Rauta on osallistunut kansainvälisiin koulutus-tilaisuuksiin laitevalmistajan (Fresenius Medical Care) maksamaa kulut hänen edustamalleen laitokselle. Sinikka Sihvo, Jaana Isojärvi, Ilkka Vuori: Ei sidonnaisuuksia

LIITEAINEISTO

www.laakarilehti.fi

Sisällysluettelot
SLL 26-31/2011

osalla hemodialyysipotilaista pienentää neste-kuormituksen vuoksi koholla olevaa verenpainetta ja tukee verenpainelääkityksen vähentämistä tai lopettamista.

Leviäminen ja merkitys Suomessa

Laitteiston käyttöönotto ja mittauksen tekninen toteuttaminen on helppoa. Dialyysihoidoituskeskisiin tehdyn kartoituksen perusteella menetelmän laajempi käyttöönotto näyttää kuitenkin edellyttävän teoreettisen taustan esittelyä sekä tulosten tulkinnan ja merkityksen läpikäymistä. Mikäli menetelmää käytettäisiin kaikissa dialyysihoidoituskeskissä, sen antamia tuloksia olisi mahdollisuus hyödyntää Suomen Munuaisrekisteriin pohjautuvassa epidemiologisessa tutkimuksessa.

Lopuksi

Koko vartalon mittaukseen perustuva spektrometrinen bioimpedanssianalyysi on käytössä muutamissa Suomen dialyysikeskissä. Mene-

telmän avulla voidaan arvioida dialyysipotilaiden elimistön kokonaisneste-kuormitusta, solunulkoista ja -sisäistä nestetilavuutta sekä ravitsemustilaa. Teknisesti mittaus on yksinkertainen ja hinnaltaan kohtuullinen. Verrattuna referenssimenetelmiin mittausvirhe on vähäinen tai samaa luokkaa kuin referenssimenetelmien tulosten tilastollinen hajonta.

Bioimpedanssimittauksella pystytään osoittamaan dialyysipotilaiden nestetasapainon muutokset herkemmin kuin useilla muilla menetelmillä. Oikean kuivapainon saavuttaminen helpottaa dialyysihoidojen toteuttamista. Sen avulla saattaa olla mahdollisuus vähentää dialyysipotilaiden neste-kuormituksesta johtuvaa kuolleisuutta. Menetelmän merkityksestä dialyysipotilaiden ravitsemustilan määrittämisessä ei ole riittävää näyttöä. Menetelmän arviointia vaikeuttaa satunnaistettujen kontrolloitujen tutkimusten puuttuminen. Menetelmän rutiinikäyttöön ottamisen tueksi tarvitaan lisää tutkimustietoa sen kliinisestä vaikuttavuudesta. ■

■ **ENGLISH SUMMARY** WWW.LAAKARILEHTI.FI > IN ENGLISH
Bioimpedance in the estimation of dry weight in hemodialysis patients

Bioimpedanssi hemodialyysipotilaiden kuivapainon määrittämisessä

Liikennevalo: Keltainen

Vaikuttavuus: Noin neljäsosa dialyysipotilaista näyttää hyötyvän kuivapainon määrittämisestä bioimpedanssilla, jolloin havaittu hypo- tai hypervolemia voidaan korjata. Kroonisen hypervolemian korjaaminen voi vähentää verenpainelääkityksen tarvetta. Tutkimusnäyttö on kuitenkin vähäistä.

Turvallisuus: Turvallinen.

Kustannukset: Laitteisto maksaa noin 10 000 euroa ja elektrodit 4 euroa mittausta kohti. Mittaus kestää noin 15 minuuttia ja se tehdään 1-3 kuukauden välein.

Kliininen suositus: Voidaan käyttää tavanomaisten menetelmien lisänä toteamaan dialyysipotilaan nestetasapainohäiriöitä, jolloin mahdollisesti voidaan vähentää niistä johtuvaa sairastuvuutta ja kuolleisuutta.

Rajoitukset: Laitevalmistaja ei suosittele tahdistin- tai defibrillaattoripotilaille.

Työnjako: Hemodialyysihoidosta vastaavat nefrologit. Mittauksen voi tehdä hoitaja.

HALO-katsaus: Ojanen S, Rauta V, Sihvo S, Isojärvi J, Vuori I. Bioimpedanssi auttaa hemodialyysipotilaiden kuivapainon määrittämisessä. Suom Lääkäril 2011;Verkossa ensin, julkaistu 16.5.2011.



HALO-katsauksissa arvioidaan uusia terveydenhuollon menetelmiä.

HALO-neuvottelukunta antaa katsausten perusteella liikennevaloin koodattuja suosituksia käyttöönotosta.

Suosituksat julkaistaan Lääkärilehdessä.

Liikennevalo määritetään vaikuttavuuden, turvallisuuden ja kustannusten mukaan.

Vihreä = käytä, keltainen = käytä tietoa keräten, punainen = älä käytä.

SEPPÖ OJANEN,
VIRPI RAUTA,
JAANA ISOJÄRVI,
ILKKA VUORI

SINIKKA SIHVO
Ph.D., Senior Researcher
National Institute for Health
and Welfare THL/Finohta
E-mail: sinikka.sihvo@thl.fi

■ ENGLISH SUMMARY

Bioimpedance in the estimation of dry weight in hemodialysis patients

Background Achievement of a normal hydration state is one of the major targets during hemodialysis therapy. Many hemodialysis patients are not at their optimal dry weight, which will increase mortality and complicate hemodialysis treatments. The determination of dry weight has been traditionally based on clinical criteria that are often imprecise. Bioelectrical impedance is an assessment method that allows measurement of both a patient's dry weight and nutritional status.

Aim The aim of this systematic review was to assess whether bioimpedance will improve the assessment of dry weight and nutritional status among adult hemodialysis patients. The outcomes were accuracy of the method, long- and short-term effects on cardiovascular morbidity and nutritional changes during treatment follow-up.

Methods A systematic literature search from January 2000 to January 2011 using Medline, Cochrane and Ovid databases was performed. The search items were: Bioelectrical impedance, electric impedance, electrical impedance, bioimpedance, dialysis, hemodialy*, haemodialy*, renal dialy*, peritoneal dialysis, body weight, dry weight, fluid status, body fluid*, body water, nutritional status, body composition, nutrition. Bioimpedance was compared with gold standard methods and methods used in clinical practice.

Results Out of 99 articles found 15 were selected for the review. Ten were clinical- and 5 methodological-based. The extracellular fluid volume, muscle mass and fat mass measured with bioimpedance correlated well with the results from the gold standard methods. About a quarter of dialysis patients seemed to benefit from dry weight measurement based on bioimpedance. Use of bioimpedance assessment decreased intradialytic adverse events and the need for antihypertensive medication.

Conclusions The dry weight of the hemodialysis patient can be measured more precisely with bioimpedance than with clinical assessment. It is uncertain whether nutritional status estimated with bioimpedance predicts mortality better than assessment based on clinical- or other laboratory based methods. More research evidence is needed about the clinical effectiveness of the method before routine use.

LIITETAULUKKO 1.

Hakustrategia.

Ovid MEDLINE(R) <1950 to June Week 2 2010> 21.6.2010

- 1 Electric Impedance/ (8608)
- 2 (bioelectric impedance or bioelectrical impedance).ti,ab. (2413)
- 3 bioimpedance.ti,ab. (1359)
- 4 or/1-3 (10270)
- 5 exp Renal Dialysis/ (79430)
- 6 (hemodialysis or haemodialysis).ti. (26307)
- 7 peritoneal dialysis.ti. (10049)
- 8 or/5-7 (80520)
- 9 4 and 8 (468)
- 10 body weight/ (143320)
- 11 "dry weight".ti,ab. (10969)
- 12 fluid status.ti. (51)
- 13 Body water/ (11597)
- 14 or/10-13 (163965)
- 15 Nutritional status/ (17489)
- 16 exp Body composition/ (27203)
- 17 Nutrition assessment/ (5893)
- 18 or/15-17 (47730)
- 19 14 or 18 (201930)
- 20 9 and 19 (337)
- 21 (news or letter or comment or editorial or interview).pt. (1144279)
- 22 20 not 21 (322)
- 23 limit 22 to yr="2000-current" (211)
- 24 (systemat* adj2 review*).ti. (13063)
- 25 (meta-analys* or metaanalys* or meta analys*).ti. (13876)
- 26 or/24-25 (24929)
- 27 23 and 26 (0)
- 28 limit 23 to (clinical trial or controlled clinical trial or randomized controlled trial) (24)
- 29 limit 23 to comparative study (47)
- 30 exp Cohort Studies/ (767419)
- 31 (follow-up or followup or longitudinal).ti. (79744)
- 32 or/30-31 (785566)
- 33 23 and 32 (37)
- 34 27 or 28 or 29 or 33 (88)

Cochrane Central Register of Controlled Trials <2nd Quarter 2010> 21.6.2010

- 1 (bioelectrical impedance or bioelectric impedance or electric impedance or electrical impedance or bioimpedance).ti,ab. (432)
- 2 (dialysis or hemodialy* or haemodialy* or renal dialy* or peritoneal dialysis).ti,ab. (6138)
- 3 1 and 2 (32)
- 4 (body weight or dry weight or fluid status or body fluid* or body water).ti,ab. (9477)
- 5 3 and 4 (18)
- 6 (nutritional status or body composition or nutrition).ti,ab. (7687)
- 7 3 and 6 (11)
- 8 or/5,7 (22)
- 9 and/3,8 (22)
- 10 limit 9 to yr="2000-current" (15)

Ovid MEDLINE(R) In-Process, Ovid MEDLINE(R) Daily Update June 21, 2010 21.6.2010

- 1 (bioelectrical impedance or bioelectric impedance or electric impedance or electrical impedance or bioimpedance).ti,ab. (321)
- 2 (dialysis or hemodialy* or haemodialy* or renal dialy* or peritoneal dialysis).ti,ab. (2442)
- 3 1 and 2 (19)
- 4 (body weight or dry weight or fluid status or body fluid* or body water).ti,ab. (4023)
- 5 3 and 4 (10)
- 6 (nutritional status or body composition or nutrition).ti,ab. (3978)
- 7 3 and 6 (6)
- 8 or/5,7 (15)
- 9 (random* or rct* or clinical trial).ti,ab. (28654)
- 10 (follow-up or followup or prospective or longitudinal).ti,ab. (26380)
- 11 comparative.ti,ab. (6466)
- 12 ((systemat* adj2 review) or meta analysis or metaanalysis or meta-analysis).ti,ab. (3212)
- 13 or/9-12 (58591)
- 14 8 and 13 (1)

Database of Abstracts of Reviews of Effects <2nd Quarter 2010> 21.6.2010

- 1 (bioelectrical impedance or bioelectric impedance or electric impedance or electrical impedance or bioimpedance).mp. [mp=title, full text, keywords] (10)
- 2 (dialysis or hemodialy* or haemodialy* or renal dialy* or peritoneal dialysis).mp. [mp=title, full text, keywords] (157)
- 3 1 and 2 (0)

Health Technology Assessment <2nd Quarter 2010> 21.6.2010

- 1 (bioelectrical impedance or bioelectric impedance or electric impedance or electrical impedance or bioimpedance).ti,ab. (3)
- 2 (dialysis or hemodialy* or haemodialy* or renal dialy* or peritoneal dialysis).ti,ab. (33)
- 3 1 and 2 (0)

Cochrane Database of Systematic Reviews <2005 to May 2010> 21.6.2010

- 1 bioimpedance.mp. [mp=title, short title, abstract, full text, keywords, caption text] (0)
- 2 ((electric or electrical or bioelectric or bioelectrical) adj2 impedance).mp. [mp=title, short title, abstract, full text, keywords, caption text] (9)
- 3 (dialysis or hemodialy* or haemodialy* or renal dialy* or peritoneal dialy*).mp. [mp=title, short title, abstract, full text, keywords, caption text] (229)
- 4 2 and 3 (0)