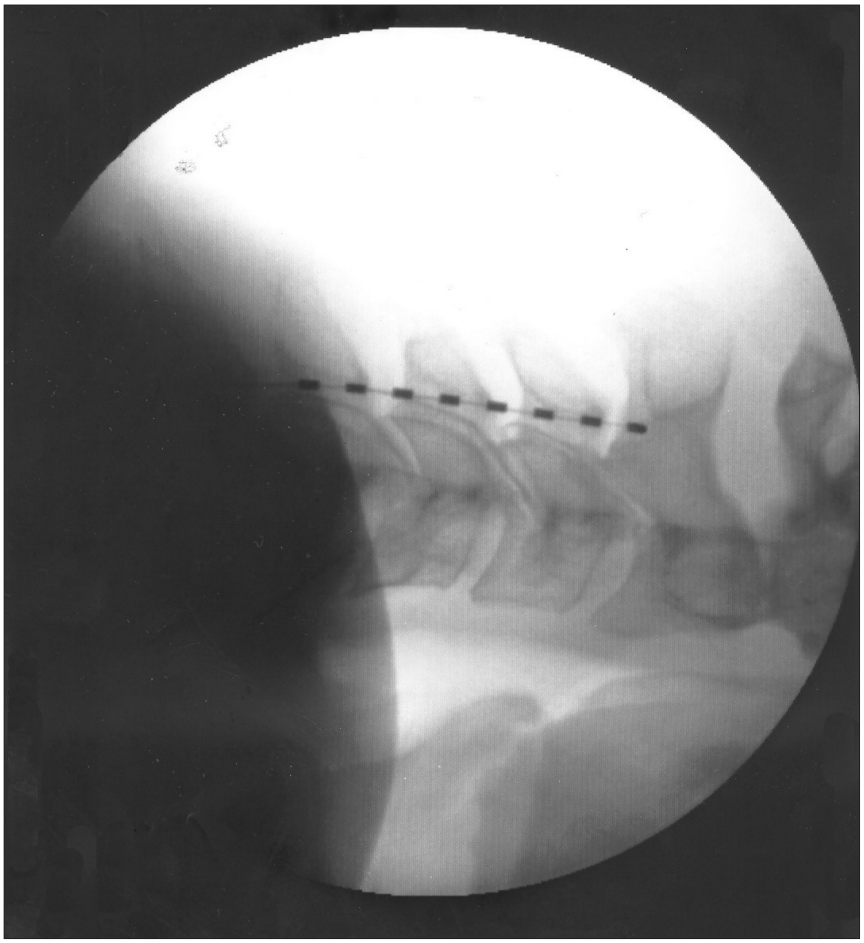
Neuromodulaatio

➤ Tekninen kehitys on mahdollistanut monien sairauksien ja vammojen hoidon neuromodulaatiotekniikoiden avulla. Neuromodulaatiolla tarkoitetaan hermoston (perifeerinen ja/tai sentraalinen) toimintojen ohjaamista elimistöön asennettujen elektrodien avulla. Alue kehittyy ja laajentuu nopeasti. Tavallisimpia ovat hermovauriokivun hoitoon tarkoitetut takajuostestimulaattorit. Uutena alueena on angina pectoriksen hoito selkäydinstimulaattorilla. Isojen aivojen osalta cortex stimulaattorit ovat tulleet syvien aivorakenteiden stimulaattorien rinnalle. Näön ja kuulon parantaminen stimulaattorien avulla on mahdollista eräissä tilanteissa. Halvauksien, aivovammojen hoitoon ja kuntoutukseen on kehitetty neuromodulaatiotekniikoita. Kävelyn ohjaukseen on saatavilla älykkäitä motorisia implantteja. Perifeerinen stimulaatio kivunhoidossa on kehittymässä nopeasti.



Kaularanka, rtg sivukuva, elektrodi paikoillaan kaularangan keskiosassa epiduraalitilassa.

Tekniikat

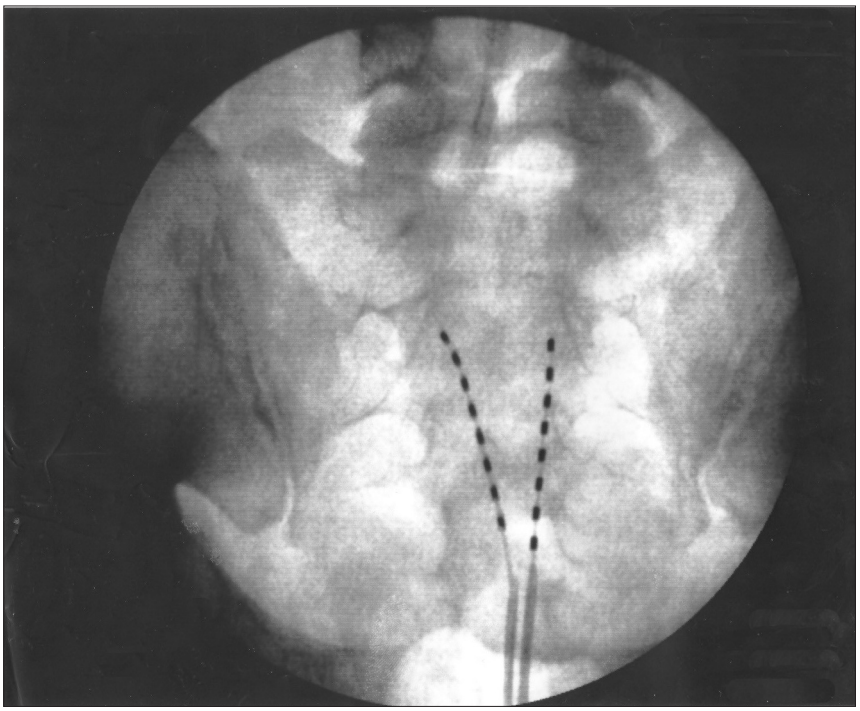
Käytössä ovat seuraavat kohteet: Deep Brain Stimulation (DPS) l. aivojen syvien osien stimulointi. Cortex stimulaatio eli stimulaattori asennetaan duran päälle joko sensoriselle tai motoriselle cortexille. Selkäydin stimulaatio, Spinal Cord Stimulation (SCS), jolloin voidaan stimuloida takajuosteen aluetta ja/tai juurialueita. Perifeerisessä stimulaatiossa kohteena voivat olla lihasrakenteet, hermo tai kipualue. Vm:ssa on kyseessä tavallisesti subcutis stimulaatio.

Neuromodulaatiotekniikka on seuraava: Potilaaseen asennetaan impulssigeneraattori, Implantable Pulse Generator (IPG). Siinä on kaksi osaa: virtalähde ja ohjauselektroniikka. Virtalähteitä on kolmea tyyppiä n: 1. tavallinen ns. patteri, jota ei voida ladata; 2. ladattava akkumalli, jota voidaan ladata ulkoisen laturin silmukkaeletrodin avulla ja 3. RF radiotaajuusjärestelmä, jossa virta syötetään laitteelle ulkoisen silmukkaelektrodin avulla.

Käytetty virran taajuus on radioaaltojen tasoa, josta nimi tulee. Lisäksi tarvitaan johto, mahdollisesti jatkojohto, liittimiä ja ankkurointeja. IPG:stä viedään esim. selkäytimen läheisyyteen epiduraalitilaan 1-2 johtoa. Johdossa kulkee useita pieniä johtoja niin, että selkäytimen päällä olevan elektrodin napoja voidaan säätää yksittäin. Uusimmat elektrodit ovat 16-napaisia. Tällöin ohjelmointimahdollisuudet ovat valtavia verrattuna aikaisempiin 4-napaisiin. Napojen polariteettiä voidaan säätää tasolla +,-,0. elektrodissa voidaan säätää frekvenssiä, virtaa tai jännitettä ja pulssin leveyttä. Eri vaihtoehtoja on tuhansia.

Jos arvioitu virran tarve on pieni, esim. sydämentahdistimet tai vähän tehoa vaativa kivunhoito, nykypattereilla virta riittää vuoksiksi. Jos potilaalle joudutaan asentamaan useita elektrodeja tai virrantarve on suuri, voidaan käyttää ladattavaa akkua. Akun kesto ei ole enää rajoittava tekijä. Stimulaattorin ohjausyksiköt ovat kehittyneet niin, että voidaan tarvittaessa käyttää useita eri ohjelmistoja ja useita eri elektrodeja samanaikaisesti.

Lisäksi tarvitaan säätölaite, joka nykyään on tavallisimmin kämmentietokone, jolla rakennetaan potilaalle uusia ohjelmistoja. Nämä ladataan sitten potilaan stimulaattoriin, jota potilas käyttää omalla säätimellään. Potilas voi valita eri ohjelmistoja, eri tehoalueita ja yhdistellä niitä.



Potilaalla on vaikea lantiopohjan kiputila. Kaksi elektrodia sacrumissa.

Asennus

Stimulaattorin asentaminen tapahtuu leikkaussaliolosuhteissa päiväkirurgisesti. Tavallisimmin asennus tapahtuu läpivalaisukontrollissa. Ohjainneula viedään epiduraalitilaan, sitten asennetaan johto kohdealueelle ja suoritetaan alustavat stimulaatiot. Potilaan ilmoittaessa, että nyt ollaan oikealla kohdalla, fiksoidaan elektrodi niin, että säätövaraa jää ylös ja alaspäin. Tunneloidaan elektori patteritaskuun. Asennuksia ja säätöjä suorittavat kipulääkärit, tavallisesti anestesiologit, ortopedit, neurokirurgit. Säätöjä suorittavat myös erityiskoulutetut hoitajat. Kirurgeilla on mahdollisuus käyttää myös isompia ja leveämpiä elektrodeja, joita ei voi asentaa ohjainneulan avulla. Olennaista asennuksessa on se, että saadaan stimulaatiotuntemus samalla alueella, millä potilaan oireet ovat. Tämän jälkeen seuraa koestuimulaatiovaihe noin 1-2 viikkoa kotiolosuhteissa. Jos kivunhoitoon saadaan vaikutusta, asennetaan 'pysyvä' stimulaattori.

Koestimulaatio voi epäonnistua useasta syystä – elektrodi ei sittenkään ole oikealla alueella tai tarvittaisiin ehkä kaksi elektrodia. Ohjelmisto ei ole riittävä tai potilas ei ehkä ole oppinut käyttämään laitetta tai pelkää sen käyttöä. Post. op. kivut ja lääkitys voivat joskus myös haitata kokonaistilanteen arviota. Stimulaatiohoidon yksi etu verrattuna esim. leikkaukseen on se, että se voidaan purkaa.

Nykytekniikoilla ei tarvitse lähteä siitä, että on vain yksi oikea ratkaisu, joka toimii tai sitten ei. Potilaan tarvitsema järjestelmä voidaan rakentaa vähitellen. Osia (stimulaattoreita, elektrodeja) ja ohjelmistoja voidaan uusia. Potilaalle voidaan laittaa useitakin elektrodeja, jos yksi ei riitä. Sanaa: 'pysyvä' ei pitäisi nykyään enää käyttää ollenkaan, koska ihminen ja järjestelmät ovat plastisia ja oppivia. Joiltakin kipupotilailta on stimulaattorin käytön myötä kipu lievittynyt ja stimulaattorihoito on voitu purkaa (neurokirurgi Kari Sulkon henkilökohtainen tiedonanto).

Sitten seuraa stimulaattorin varsinainen käyttöönotto, ohjelmoinnit, kontrollit ja varautuminen eri tilanteisiin. Johto asettuu 'paikalleen' noin kahdessa kuukaudessa. Tuona aikana potilaan pitäisi elää aika rauhallisesti. Eri asennoissa ja liiketiloissa elektrodin paikka suhteessa esim. selkäytimeen vaihtelee – lähinnä etäisyys selkäytimestä. Tällöin samalla tietysti muuttuu stimulaatio. Johto ei myöskään aina 'jää' aivan samaan kohtaan, mihin se on leikkaussalissa potilaan ollessa vatsallaan asennettu, vaan siirtyy jonkin verran. Arpikudosta kasvaa elektrodin ympärille eri suuruisia määriä eri kohtiin, jolloin ko. navan sähköiset arvot muuttuvat. Tällöin heti 'pysyvän asennuksen jälkeen' ei kannata lähteä ohjelmoimaan 'täydellistä järjestelmää', vaan rakennetaan yksinkertainen ohjelma sille asennolle, jossa potilas esim. nukkuu tai lepää. Erityisesti tulee huolehtia siitä, että potilas osaa ja ymmärtää stimulaattorin toiminnan. Otan tässä vaiheessa potilaan aina mukaan tekemään näitä säätöjä. Uudet ohjelmointilaitteet ovat erittäin visuaalisia ja opettavia.

Uusia napoja voidaan ottaa käyttöön tai pois käytöstä. Jos johto on siirtynyt, navoissa voidaan siirtyä ylemmäs tai alemmas. Jos potilaalle on asennettu kaksi elektrodia vierekkäin, virta saadaan kulkemaan myös elektrodien välillä ja näin voidaan 'levittää' vaikusta takajuostealueella. Pulssileveyden lisääminen levittää virran vaikutusta, ns. sacralisaatio.

Seuraavilla käynneillä, esim. 2-3 kk, 6 kk, 12 kk tai tarvittaessa, potilaalle tarkistetaan arvot ja tarpeen mukaan muutetaan ohjelmia ja tehdään uusia. Lopputulema voi olla se, että potilaalla on kaksi ohjelmaa makuulle (esim. vas. kyljelle, selälleen), istumaohjelma ja kävelyohjelma. Näissä ohjelmissa voi olla lisäksi aliohjelmia ja potilas voi käyttää yhtä tai useampaa ohjelmaa myös synkronisesti. Uusien ohjelmien testaaminen ei ole helppoa. Voi hel-

posti mennä tuntikin, kun käydään läpi useita eri vaihtoehtoja. Enempää yhdessä istunnossa ei jaksa potilas eikä lääkäri.

Stimulaattoripotilaan hoitaminen ja seuranta on vaativaa teami -työtä. Kyseessä ovat korkean teknologian tuotteet, jotka vaativat merkittävää osaamista. Stimulaattorit ovat yksi osa potilaan kokonaishoitoa. Hoidon ongelmia voivat olla infektiot, elektrodin rikkoutuminen, johtojen katkeaminen, akun passivoituminen ja ohjelmaongelmat. Stimulaattori voi rikkoutua väärän käytön, vahvan magneettikentän, leikkaavan diatermian käytöstä tai erittäin vahvan sähkökentän vuoksi (esim. suuri hitsausmuuntaja). Teknisistä ongelmista pitää aina tehdä ilmoitus Lääkelaitokseen (vrt. lääkkeiden haittavaikutusilmoitukset).

Neuromodulaation nykykäyttö

Angina pectoris:

Angina pectoriksen hoito selkäydinstimulaatiolla on maailmalla laajentunut nopeasti. Kun ollaan tilanteessa 'jossa mitään ei ole enää tehtävissä', voidaan stimulaatiolla päästä hyviin tuloksiin niin, että potilaan toimintakyky kohenee ja liikuntakyky parantuu. Rytmihäiriöt, lääkitykset ja sairaalakäynnit vähentyvät. Perfuusiotutkimusten mukaan myöskin sydämen perfuusio parantuu. Johto asennetaan rintarangan yläosaan, keskiviivaan alueelle, josta lähtee sydämen hermotus eli tasot th 2-5. Suomessa on TYKS:ssä menossa tutkimussarja angina pectoriksen hoitamiseksi stimulaatiolla.

Aivojen stimulaatio, cortec tai syvä:

Cortex stimulaatiossa voidaan stimuloida sekä sensorista että motorista aivokuorta. Stimulaattori, jossa on useita napoja, asetetaan duran päälle kohdealueelle. Tekniikalla voidaan hoitaa vaikeita kipuja, kuten CRPS, post. herpeettisiä kipuja, trigeminus neuralgiaa tai halvausten jälkitiloja. Tinnitystä on hoidettu kuuloalueen stimulaatiolla.

Deep Brain Stimulation (DBS) l aivojen syvien osien stimulaatiot (pitkä neulaelektrodi) ovat toimivia ratkaisuja tietyissä Parkinsonin taudin muodoissa ja epilepsioissa. Tutkimusten alla on kohdealueita syömishäiriöihin, anoreksiaan, ylipainoon, obessiivis –kompulsiivisissa häiriöissä sekä essentiellissä tremorissa. Masennuksen hoitoa tutkitaan myös.

Perifeerinen kivunhoito ja/tai subcutisstimulaatio:

Pinnalliset sähköhoidot, kuten esim. TNS joutuvat läpäisemään elimistön eristeet päästäkseen kohdealueelle. Todellinen sähköteho syvällä kudoksessa on heikko. Elektrodin vienti hermon läheisyyteen UÄ-, läpivalaisu- tai CT -ohjauksessa muuttaa tilannetta olennaisesti. Hermon läheisyydessä hyvin pienellä teholla saadaan aikaan esim. lihassupistus ja voidaan säätää lihassupistukseen voimaa ja kestoa. Sähköärsytyksellä voidaan todeta, ollaanko oikeassa paikassa ja saadaanko potilaalle tyyppituntemus.

Selektiivisellä puudutuksella voidaan diagnoosi vielä varmentaa. Sitten voidaan antaa paikallinen sähköhoito, radiofrekvenssihoito eli lämpöpuudutus: esimerkkinä iskiaskipu tai neurinoomakipu tyngässä. Jos näillä ei saada pitkäaikaista vaikutusta, voidaan harkita perifeeristä stimulaatiota. Näitä on asennettu niskaan subcutisalueelle n occipitalis, arpikipuihin alaselkään, inguinilialueelle, n. femoralis alueelle, peroneusalueelle jne. Käytettävät laitteet ovat samoja kuin selkäydinstimulaatiossa. Ongelmina ovat näissä perifeerisissä stimulaatioissa elektrodien pysyminen paikoillaan ja mekaaninen kestävyys.

Kivunhoidossa selkäydinstimulaatiota voidaan käyttää monessa eri tilanteessa. esim. CRPS, vaikea neuropaattinen kipu ja ns. failed back/neck surgery. Stimulaattorit toimivat heikommin mekaanisissa selkäongelmissa, mm. instabiliteetit ja spinaalistenoosi.

Uusia käyttökohteita

Näkö:

Järjestelmässä on videokamera, jonka kuva siirretään kuituoptiikalla silmän verkkokalvolle. Tekniikka on lyhyessä ajassa kehittynyt ja monipuolistunut. 'Näön takaisin saaminen' edellyttää toimivaa näköaivokuorta, silmähermoa ja ainakin osittain toimivaa verkkokalvoa.

Kuulo:

Cochlea -implantit ovat jo Suomessakin käytettyä tekniikkaa. Siinä ihmiseen on implantoitu elektrodi, joka 'työnnetään cohcleaan'. Kuulohermon pitää olla kunnossa. Keskusyksikkö päänahan alla huolehtii signaalin käsittelystä ja tuottaa impulssit cohleaelektrodiin, niin että ihminen kykenee tunnistamaan sanat ja lauseet. Cohcleaimplanteissa on pieni ladattava akku.

Toiminnan ohjaus sähköisellä stimulaatiolla eli FES:

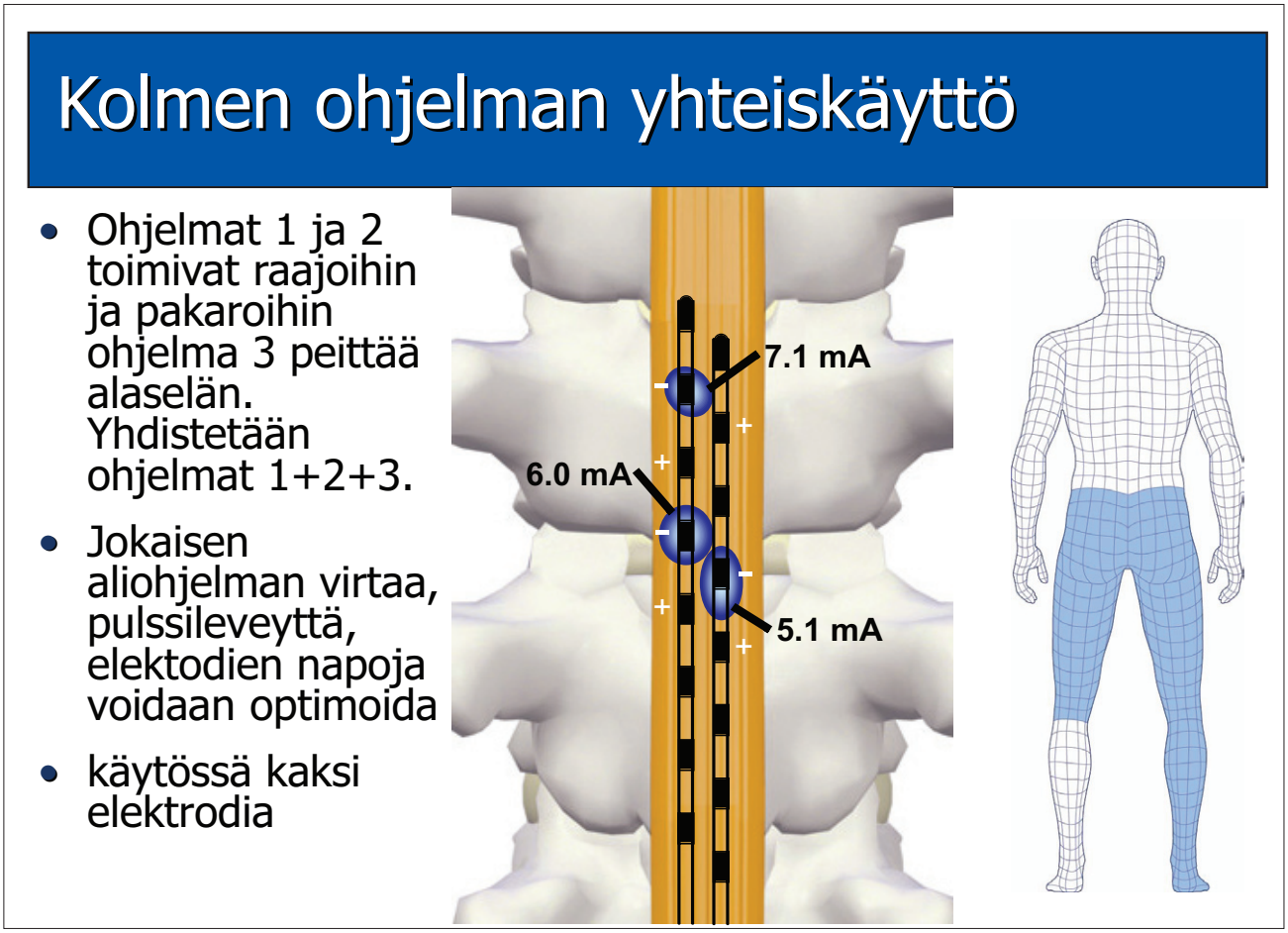
FES (funktional elektrical stimulation). Esim. sentraalisissa peroneuspareeseissa on perinteisesti käytetty ortooseja, mutta stimulaatiohoito on kehittynyt nopeasti. Perononeushermolle annetaan impulssi joko ulkoisesti ihon läpi tai sitten ko. hermon ympärille tai lähelle asennetulla eletrodilla niin, että saadaan lähes luonnollinen lihastoiminta. Potilaan kävely ja tasapaino normaalistuvat ja liikuntakyky paranee. Olkanivelen subluksaatiota on hoidettu stimulaattorilla. Samoin lihaksiin on asennettu elektrodeja niin, että lihaksia esim. käsivarressa voidaan stimuloida 'sisäisesti'.

Gastro ja urogenitaalit:

Nielemisongelmissa ja suoliston motiliteettihäiriöissä on myös mahdollista korjata tilannetta stimulaattoreilla. Samoin rakko-, erektio-ulostamisongelmiin on stimulaattoreita. Pelvis spasticum on vaikeasti hoidettava tilanne. Kohtalaisia tuloksia on saatu perifeerisillä sakraalisten juurten stimulaatioilla.

Milloin stimulaattori?

Stimulaattorien käyttö on eri maissa lisääntymässä nopeasti. Uusia indikaatioita on tulossa ja käyttöalueet laajentuvat. Tekninen kehitys on ollut huimaa. Ovat tulleet ladattavat akut, radiofrekvessi ja laitteiden koot ovat pienenty-



Potilaalla on ristiselkäkipuja, iskiaskipuja ja reisikipuja. Yhdellä elektrodilla ei saatu riittävää peittoa, joten laitettiin kaksi. Yhdistämällä kolme eri stimulointiohjelmaa saatiin hyvä yhteisvaikutus. Potilas voi säätää eri ohjelmien keskinäistä tehoa ja painottaa hoitoa esim. alaraajoihin tai ristiselkään. Ohjelmia käytetään limittäin.

neet. Uusimpia ovat pienet kapselimaiset stimulaattorit.

Stimulaattoria kannattaa käyttää, kun potilas siitä hyötyy. Tämä voidaan testata. Ehkä on aika uuteen ajatteluun, jossa stimulaatiohoito ei ole se vihoviimeinen vaihtoehto. Entä jos stimulaatiohoitoa testaisi ennen kuin potilas on tullut työkyvyttömäksi, masentunut ja syrjäytynyt?

Suomessa stimulaattoreita käytetään vielä vähän. Kun stimulaattoreita ryhdytään enemmän asentamaan, pitää hoitoketjujen olla kunnossa ja osaamisen riittävällä tasolla. Tähän menee helposti vuosi - kaksikin. Hoidon jatkuvuus ja pysyvyys on turvattava. Tämä tarkoittaa laajaa ja pitkänjänteistä kouluttamista kaikilla tasoilla ja osaamisen jakamista. Idea ei ole asentaa stimulaattoreita, vaan hoitaa potilaita tuloksellisesti.

Lisätietoa on saatavissa esim. Kansainvälisen Neuromodulaatio Yhdistyksen International Neuromodulation Society l. INS sivuilta www.neuromodulation.com. Artikkeli perustuu luentoihin ja postereihin Kansainvälisen Neuromodulaatioyhdistyksen vuosikokouksessa Acapulcossa 12/2007.

Seppo Villanen, LL
kivunhoidon ja kuntoutuksen erityispätevyys
fysiatri, yleislääketieteen el
Orton kipupoliklinikka
Vantaan Lääkärikeskus
Mehiläinen

Korjaus

Edellisessä Yksityislääkäri-lehden numerossa 6..07 oli artikkelista 'Onko DXA-tutkimus luotettava? Osa 2.' kirjoittajan nimi jäänyt pois. Hän oli edellä tässä olevan artikkelin kirjoittaja **Seppo Villanen**.

Kuvan 4 QCT -tutkimuksen oli lausunut radiologi **Markku Marttinen.** Suomen Terveystalo, Orton.