

Sinikka Hiekkala, Kauko Pitkänen ja Juha Huhtakangas

Aivoverenkiertohäiriön sairastaneiden kehittyvät kuntoutusmuodot

Etäkuntoutus on erilaisten etäteknologiaa hyödyntävien laitteiden ja sovellusten tavoitteellista käyttöä kuntoutuksessa. Etäkuntoutuksen avulla aivoverenkiertohäiriön sairastaneet voivat saavuttaa samoja tuloksia kuin kasvokkain toteutetussa kuntoutuksessa. Etäkuntoutuksella voidaan monessa tapauksessa varmistaa kuntoutuksen jatkuminen kotiutumisen jälkeen. Virtuaalinen kuntoutus on lupaava kuntoutusmuoto erityisesti fyysisen toimintakyvyn ja itsenäisen selviytymisen edistämiseksi aivoverenkiertohäiriön sairastaneilla. Virtuaalista kuntoutusta voidaan hyödyntää sekä kasvokkaisessa kuntoutuksessa että etäkuntoutuksessa. Virtuaaliympäristöä ja pelillisyyttä hyödyntävillä harjoitteilla voidaan helposti lisätä aktiivista kuntoutusaikaa pienin taloudellisin satsauksin. Aivojen ja tietokoneen suoraa vuorovaikutusta hyödyntävät kuntoutusmenetelmät ovat yleistymässä ja voivat tuoda monelle kaivattua lisätehoa harjoitteluun. Teknologian kehittyessä ja tutkimustiedon karttuessa on lähivuosina mahdollista ottaa käyttöön yksilöllistettyjä kuntoutusohjelmia, joiden avulla aivoverenkiertohäiriön sairastaneet voivat odottaa entistä parempia kuntoutustuloksia.

Aivoinfarktin sairastaneet iästä, sukupuolesta tai aivoinfarktin vaikeudesta riippumatta hyötyvät moniammatillisessa kuntoutusyksikössä toteutetusta yksilöllisestä kuntoutuksesta. Aivoinfarktista kuntoutuminen perustuu aivojen muovautumiskykyyn (1). Sitä voidaan edistää toistamalla tehtävän mukaista suoritusta lukuisia kertoja (2). Tutkimusnäytön mukaan intensiivinen kuntoutus kannattaa aloittaa ensimmäisen viikon kuluessa, mutta ei vielä ensimmäisen vuorokauden sisällä sairastumisesta (3). Hyvin varhaisen intensiivisen liikkumisen kuntoutuksen on todettu kasvattavan infarktin kokoa. Toisaalta varhain aloitetun kuntoutuksen on todettu assioituvan positiivisesti parantuneeseen ennusteeseen, joten jatkossa lisätutkimusta tarvitaan optimaalisen kuntoutuksen aloittamisen ajankohdan määrittämiseksi (4,5). Aivojen plastiset ominaisuudet eivät häviä vaurion jälkeisinä ensimmäisinä kuukausina, joten toimintakykyä palauttava harjoittelu voi tuottaa tuloksia vielä myöhemminkin niin sanotussa kroonisessa vaiheessa (6).

Kahden viime vuosikymmenen aikana on tullut monia uusia menetelmiä, joiden ansiosta runsaat toistomäärät ovat helpommin saavutettavissa kuin yksinomaan perinteisiä terapioita käyttäen. Nämä vakiintuneessa käytössä olevat menetelmät on kuvattu jo vuonna 2016 päivitettyssä Aivoinfarktin ja TIA:n Käypä hoito -suosituksessa (TAULUKKO) (7).

Vaikka optimaalista kuntoutuksen annosvastesuhdetta ei tarkkaan tiedetä (8), on virikkeellisen ympäristön aktivoiva vaikutus hyvin tunnistettu (9,10). Kuntoutusyksiköissä pyritäänkin luomaan sellaiset puitteet, jotka houkuttelevat tekemään kuntoutumisen kannalta hyödyllisiä tehtäviä ja lisäämään aktiivista aikaa ohjelmoitujen terapioiden lisäksi.

Hyvä motivaatio ja sitoutuminen pitkäkestoiseen harjoitteluun ovat onnistuneen kuntoutusprosessin keskeisiä ajureita, joiden vahvistamiseksi kehittyvä kuntoutusteknologia on tuonut uusia mahdollisuuksia. Virtuaaliympäristö ja pelillisyyttä hyödyntävät harjoitteet tarjoavat monipuolisen valikoiman lisätä aktiivista kuntoutusaikaa pienin taloudellisin satsauksin.

Etäkuntoutuksen hyödyntäminen voi monessa tapauksessa olla ratkaiseva keino varmistaa kuntoutuksen jatkuminen terapeutin ohjaavan roolin tukemana kotiutumisen jälkeen. Aivojen ja tietokoneen suoraa vuorovaikutusta hyödyntävät kuntoutusmenetelmät ovat yleistymässä ja voivat tuoda monelle kaivattua lisätehoa harjoitteluun.

Käsitlemme tarkemmin virtuaalikuntoutuksesta ja etäkuntoutuksesta saatua näyttöä sekä aivojen ja tietokoneen rajapintateknologian mahdollisuuksia aivoverenkiertohäiriön (AVH) sairastaneiden kuntoutuksessa. Lisäksi tuomme esille näkemyksiä kehittyvän kuntoutusteknologian käyttöön ottamiseksi terveydenhuollossa ja eri toimijoiden välisen yhteistyön tärkeyttä uusimman teknologian hyödyntämiseksi optimaalisella tavalla kuntoutuksen eri vaiheissa. Kuntoutustutkimuksissa ei suurimmaksi osaksi ole eritelty aivoverenvuotoja ja aivoinfarkteja. Tästä syystä käytämme nämä molemmat sairaudet kattavaa nimitystä aivoverenkiertohäiriöt.

Etäkuntoutus

Kelan etäkuntoutushankkeessa on määritelty etäkuntoutuksen käsitteitä, kuvattu sen ehtoja ja sovellusalueita, hallinnollisia velvoitteita ja etäkuntoutuksen eettisiä näkökulmia (11,12). Etäkuntoutus on erilaisten etäteknologiaa (puhelinta, matkapuhelinta, tietokonetta mukaan lukien tablettitietokoneet, puhelimen ja tietokoneen yhteiskäyttö, televisiosovelluksia) hyödyntävien laitteiden ja sovellusten tavoitteellista käyttöä kuntoutuksessa. Etäkuntoutus on ammattilaisen ohjaamaa ja seuraamaa. Etäkuntoutuksella on selkeä tavoite, alku ja loppu (12).

Kirjallisuuskatsauksin selvitettiin etäpsykoterapiaa ja etäkuntoutusta vaativassa kuntoutuksessa (11). Myöhemmin selvitettiin erilaisille asiakasryhmille suunnattuja etäkuntoutuksen malleja ja arvioitiin niiden tuloksia (12). Yhdessä hankkeessa kohteena olivat aivoverenkiertohäiriön sairastaneet (13). AVH:n sairastaneiden moniammatillisen, osittaisen etäkuntoutuksen kehittämishankkeen alussa oli kolmen päivän laitoskuntoutusjakso, jota seu-

rasi kahdeksan viikon etäkuntoutusjakso sekä kahden päivän laitoskuntoutusjakso lopussa. Etäkuntoutusjakso toteutui videopuheluiden ja muun sähköisen viestinnän avulla. Mukana oli ryhmämuotoista toimintaa 4–6 hengen ryhmissä, yhteensä 25 henkilöä. Kahdenkymmenen hengen verrokkiryhmä osallistui tavanomaiseen laitoskuntoutusjaksoon, joka toteutui 2–3 jaksossa. Vertailuasetelma oli haastava vertailuryhmän vaihtelevan kuntoutuksen keston ja tiheyden vuoksi, mutta molemmissa ryhmissä kuntoutukselle asetetut tavoitteet saavutettiin keskimäärin yhtä hyvin ja asiakkaiden mieliala, toimintakyky ja elämänlaatu kohenivat keskimäärin. Elämänlaatumittarin sosiaalisessa ulottuvuudessa ja itsenäisen selviytymisen mittarissa tapahtui keskimäärin hieman heikkenemistä etäkuntoutusryhmällä, ja ero vertailuryhmään oli merkitsevä.

Vuonna 2018 on julkaistu kaksi kansainvälistä systemoitua katsausta etäkuntoutuksesta AVH:n sairastaneilla. Sarfon ym. (14) katsaus sisälsi 22 satunnaistettua kontrolloitua tutkimusta. Tutkimusten interventiot keskittyivät 18:ssa fyysiseen toimintakykyyn, yhdessä afasiaan, yhdessä katveoireen kuntoutukseen tai kahdessa masennuksen hoitoon. Fyysisen toimintakyvyn interventioista 11 keskittyi kokonaisvaltaisiin kotiharjoitusohjelmiin, kolme tasapainoharjoituksiin, yksi yläraajojen toiminnallisiin harjoituksiin ja kolme nilkan tai ranteen liikkeisiin. Etäkuntoutus toteutettiin yhdeksässä tapauksessa tietokoneen tai tabletin, seitsemässä puhelimen tai kuudessa videoneuvottelujärjestelmän avulla.

Kaikissa tutkimuksissa saavutettiin yhtä hyviä tuloksia interventio- ja verrokkiryhmissä useimmissa tulosmuuttujissa, ja seitsemässä tutkimuksessa 18:sta esiintyi jollakin tulosmuuttujalla mitattuna muutoksia enemmän interventioryhmässä. Kustannusvaikuttavuusanalyysin tulos yhdessä tasapainointerventiotutkimuksessa osoitti 655 dollarin (noin 595 euron) pienemmät kustannukset henkilöä kohden etäkuntoutusryhmässä (15). Afasian ja katveoireen kuntoutuksessa ja masennuksen hoidossa sekä interventio- että verrokkiryhmissä tapahtui edistymistä, eikä ryhmien välillä esiintynyt merkitseviä eroja. Kolmessa

TAULUKKO. Näytönastekatsaukset aivoverenkiertohäiriön (AVH) sairastaneiden tehokkaista kuntoutusmuodoista vuonna 2020 päivitetystä Aivoinfarkti ja TIA Käypä hoito -suosituksesta (7).

Näytön aste A: Useita menetelmällisesti tasokkaita tutkimuksia, joiden tulokset ovat samansuuntaisia	
Akupunktion merkitys AVH:n motorisen halvauksen hoidossa	Akupunktio ei edistä toipumista motorisesta halvauksesta
Kuntoutuksen periaatteet ensimmäisen vuoden aikana aivoinfarktin jälkeen	Kuntoutuksella sairaalasta kotiutumisen jälkeen kotona, 1 vuoden kuluessa sairastusta aivoinfarktista, voidaan parantaa arkitoimintakykyä.
Käden tehostetun käytön kuntoutus AVH:n yli 3 kuukautta aiemmin sairastaneilla	Käden tehostetun käytön kuntoutus 60–72 tuntia 2 viikon aikana nopeuttaa ja edistää esineiden kantamista, liikuttamista ja käsittelemistä yli 3 kuukautta aiemmin AVH:n sairastaneilla.
Kävelyharjoittelun merkitys AVH:n myöhäisvaiheessa	Kävelyharjoittelu AVH:n myöhäisvaiheessa edistää kävelykykyä.
Näytön aste B: Ainakin yksi menetelmällisesti tasokas tutkimus tai useita kelvollisia tutkimuksia	
AVH:n liittyvien visuospatiaalisten häiriöiden ja neglect-oirekuvan kuntoutus	Neuropsykologinen kuntoutus subakuutissa ja kroonisessa vaiheessa on ilmeisesti tehokasta AVH:hon liittyvässä visuospatiaalisessa häiriössä ja neglect-oirekuvassa (toispuoleinen tarkkaavuushäiriö, toispuoleinen huomiotta jääminen) etenkin, kun kuntoutukseen sisältyy oiretiedostuksen lisääminen.
AVH-potilaan varhennettu tuettu kotiutus	Varhennetun tuetun kotiutuksen malli (early supported discharge, ESD), johon liittyy moniammatillinen kuntoutus, ilmeisesti pienentää pitkäaikaiseen laitoshoitoon päättymisen ja ulkopuolisen avun tarpeen riskiä AVH:n sairastaneilla.
Kaksikäätinen harjoittelu AVH:n subakuutissa ja kroonisessa vaiheessa	Kaksikäätinen harjoittelu ilmeisesti edistää yläraajan liikkeitä subakuutissa ja kroonisessa vaiheessa.
Kävelyharjoittelun merkitys AVH:n varhaisvaiheessa	Kävelyharjoittelu AVH:n varhaisvaiheessa ilmeisesti edistää kävelykykyä.
Peilitterapia AVH:n sairastumisen jälkeen ylä- ja alaraajan motoriikan kuntoutuksessa	Peilitterapia ilmeisesti edistää ylä- ja alaraajan motorista toimintaa AVH:n sairastaneilla eri vaiheissa sairastamista.
Yläraajan mielikuvaharjoittelu AVH:n subakuutissa ja kroonisessa vaiheessa	Mielikuvaharjoittelu ilmeisesti lisää AVH:n sairastaneen yläraajan motorista toipumista subakuutissa ja kroonisessa vaiheessa.
Näytön aste C: Ainakin yksi kelvollinen tieteellinen tutkimus	
AVH:n dysfagian puheterapeuttinen kuntoutus	Aktiivinen nielemisterapia saattaa parantaa toiminnallista nielemistä.
Käden tehostetun käytön kuntoutus AVH:n akuuttivaiheessa	AVH:n akuutissa vaiheessa käden tehostetun käytön kuntoutuksella (20–56 tuntia toteutettuna 2 viikon aikana) ei liene merkittävää vaikutusta käden toimintakykyyn.
Liikuntaa hyödyntävät kuntoutustoimet kotiutuneilla potilailla ja sosiaalinen osallistuminen AVH:n jälkeen	Fysioterapeuttin toteuttaman kävelyn, kuntosaliharjoittelun tai muun terapeuttisen harjoittelun interventiot saattavat tuottaa potilaalle hyötyä myös sosiaalisen osallistumisen suhteen AVH:n jälkeen.
Muistihäiriöiden kuntoutus AVH:n subakuutissa ja kroonisessa vaiheessa	Kompensaatioon perustuvien menetelmien käyttö lievissä muistihäiriöissä sekä tiettyjen taitojen ja tietojen opettaminen vaikeissa muistihäiriöissä saattaa olla tehokasta AVH:n subakuutissa ja kroonisessa vaiheessa.
Puheterapia AVH:n afasiakuntoutuksessa	Intensiteetiltään potilaan voinnin mukaan sovitetusta puheterapiasta voi olla hyötyä AVH:n sairastaneiden afasian akuutin, subakuutin tai kroonisen vaiheen kuntoutuksessa.
Tarkkaavuuden häiriöiden kuntoutus AVH:n subakuutissa ja kroonisessa vaiheessa	Tarkkaavuuden häiriön kuntoutus saattaa olla tehokasta AVH:n subakuutissa ja kroonisessa vaiheessa.
Transkraniaalinen sähköstimulaatio (tDCS) päivittäisten toimintojen ja yläraajan toiminnallisessa harjoittelussa AVH:n sairastaneilla	Transkraniaalisella sähköstimulaatiolla (tDCS) ei liene vaikutusta aivoverenkiertohäiriön sairastaneiden selviytymiseen päivittäisistä toiminnoista tai yläraajan toimintaa vaativista tehtävistä.
Tuntoaistiin keskittyvät terapiat AVH:n subakuutissa ja kroonisessa vaiheessa	Sekä terapia- että robottiperusteiset tuntoaistiharjoitteet saattavat edistää yläraajan tuntokykyä ja motorista toimintaa subakuutissa ja kroonisessa vaiheessa.
Videopelit yläraajakuntoutuksessa AVH:n subakuutissa ja kroonisessa vaiheessa	Videopelaaminen saattaa edistää yläraajan toimintaa AVH:n sairastaneilla subakuutissa ja kroonisessa vaiheessa.
Ylä- ja alaraajan toiminnallinen sähköstimulaatio AVH:n sairastaneilla	Toiminnallinen sähköstimulaatio saattaa lisätä yläraajan toimintaa ja kävelykykyä AVH:n sairastaneilla.
Näytön aste D: Asiantuntijoiden tulkinta (paras arvio) tiedosta, joka ei täytä tieteelliseen tutkimukseen perustuvan näytön vaatimuksia	
Puheterapian rooli aivovaurion aiheuttaman dysartrian kuntoutuksessa	Puheterapian vaikutuksesta dysartriasta toipumiseen ei ole riittävästi näyttöä.

tutkimuksessa interventio- tai verrokkiryhmän koko oli alle kymmenen, mutta vähintään viisi. Harjoitusjaksojen pituus oli vähimmillään kaksi ja enimmillään 24 viikkoa.

Tcheron ym. (16) systemoitu katsaus sisälsi 15 satunnaistettua kontrolloitua tutkimusta, joista 12:tä käytettiin meta-analyseissä. Näistä yhdeksän täytti Cochranen riskityökalulla arvioituna riittävät laatuksiteerit. Tutkimuksista 12 oli samoja kuin Sarfon ym. (14) katsauksessa. Interventio- ja verrokkiryhmien väliset erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä itsenäisessä selviytymisessä, tasapainossa, yläraajan motorisessa toimintakyvyssä, tai liikkumisessa. Lisäksi suurin osa tutkimuksista osoitti, että molemmat ryhmät olivat vertailukelpoisia terveyteen liittyvällä elämänlaadulla, asiakas-tyytyväisyydellä sekä omaishoitajien kuormittuneisuudella mitattuna. Sekä Sarfo ym. (14) että Tcheron ym. (16) nostivat esille yhden korkealaatuisen tutkimuksen, joka osoitti etäkuntoutuksen kustannukset pienemmiksi kuin vertailuryhmässä (15).

Katsauksien heikkouksina todettiin ryhmien pieni koko ja tutkimusten heterogeenisuus sekä erilaiset tulostuottajat. Näistä huolimatta yhteenvetona voidaan todeta, että etäkuntoutuksen avulla AVH:n sairastaneet voivat saavuttaa samoja tuloksia kuin kasvokkain toteutetussa kuntoutuksessa. Kelan Etäkuntoutus-hankkeesta tehdyn kirjan loppuun on koottu suosituksia etäkuntoutuksen järjestäjille ja tuottajille Etäkuntoutus-hankkeen kehittämisprojektien tulosten perusteella (12), ja ne ovat yhdenmukaisia katsausten pohdinnoissa esitetyille ajatuksille (13,16).

Virtuaalikuntoutus

Virtuaalikuntoutuksessa käytetään erilaisia virtuaalitodellisuutta hyödyntäviä teknologioita, kuten virtuaalilaseja. Virtuaalista kuntoutusta voidaan hyödyntää sekä kasvokkaisessa kuntoutuksessa että etäkuntoutuksessa (12).

Leen ym. (17) systemoitu katsaus ja meta-analyysi sisältää 21 satunnaistettua ja kontrolloitua tutkimusta, joiden laatu Pedro-asteikolla (0–11) vaihteli kuudesta kahdeksaan (hyvä). Virtuaalinen kuntoutus kohdistui yli puoli

vuotta aiemmin aivoverenkiertohäiriön sairastaneisiin. Mukana oli sekä kävelyn, tasapainon, yläraajan että kokonaisvaltaisemmin fyysisen toimintakyvyn edistämiseen tähtääviä interventioita. Virtuaalikuntoutuksessa hyödynnettiin myös seitsemää kaupallista peliä.

Virtuaalikuntoutusohjelmien kokonaisvaikutuskoko oli kohtuullinen. Vaikutuskoko yläraajojen toiminnassa oli 0,431 ja alaraajojen toiminnassa 0,424. Virtuaalisen kuntoutuksen vaikutuksen koko vaihteli tulostuottajan mukaan. Vaikutuksen koko oli suurin lihasjäntytukseen ja -voimaan, pienin kinematiikkaan.

Ahnin ja Hwangin (18) systemoitu katsaus sisälsi 34 satunnaistettua ja kontrolloitua tutkimusta, joissa oli 1 507 osallistujaa ja meta-analyysi yhdeksästä tutkimuksesta, joissa oli 698 osallistujaa. Tutkimusten laatu arvioitiin Jadad-asteikolla (0–5), ja se vaihteli yhdestä neljään.

Virtuaalisen kuntoutuksen interventiot kohdentuivat yläraajoihin eri näkökulmista. Harjoituksiin oli yhdistetty esimerkiksi pelaamista, järjestelmän palaute suorituksista, robottiharjoittelua tai verrokkiryhmässäkin toteutettua tavanomaista yläraajoilla harjoittelua. Yhdessä tutkimuksessa molemmissa ryhmissä oli virtuaalista kuntoutusta, mutta interventioyhmäläiset saivat lisäksi matalataajuista magneettistimulaatiota liikeaivokuorelle (rTMS), kun verrokkiryhmällä stimulaatio oli lumetta.

Virtuaalisen kuntoutuksen vaikutuksen koko oli kohtuullinen. Tutkimuksissa oli kuitenkin heterogeenisuutta ja julkaisuharhaa, minkä vuoksi tuloksiin tulee suhtautua varauksella.

Päätelmänä on, että virtuaalinen kuntoutus on lupaava, erityisesti fyysisen toimintakyvyn ja itsenäisen selviytymisen edistämiseksi, ja tuloksia voidaan käyttää perustana virtuaalisen kuntoutuksen toteuttamiseen AVH:n sairastaneilla.

Aivojen ja tietokoneen rajapintateknologia

Kuvitellun liikesuorituksen tuottaman aivokuoren aktiivisuuden analysointiin pohjautuva kuntoutusteknologia on ollut viime vuosina vilkkaan tutkimuksen ja tuotekehityksen aiheena (19,20). Motoriikan kuntoutuksessa tavoitteena on tunnistaa liikesuorituksen ajatteluun

liittyvä biosignaali ja tuottaa siihen pohjautuva liikevaste esimerkiksi tietokoneen näytöllä avatarhahmon muodossa tai liikuttaa halvaantunutta raajaa ortoosin, robotiikan tai toiminnallisen sähköstimulaation avulla (21). Englanninkielisessä kirjallisuudessa tästä teknologiasta käytetään nimitystä brain-computer interface (BCI) tai brain-machine interface (BMI). Kuntoutusmenetelmän toimivuudesta on kertynyt eniten näyttöä yläraajan motoriikan harjoittelussa (22). Myös kävelyharjoittelussa BCI-teknologiaa on testattu (23,24). Aivokuorella syntyvien biosignaalien kajoamattomaan tunnistamiseen on käytetty aivomagneettikäyrää (MEG) (25), toiminnallista magneettikuvausta (fMRI) (26), lähi-infrapunaspektroskopiaa (NIRS) (27) tai EEG:tä (28). Näistä menetelmistä EEG:n analysointiin perustuva tekniikka on helpoimmin otettavissa laajempaan kliniseen käyttöön, ja siihen pohjautuvia interventiotutkimuksia on kertynyt tähän mennessä jo kymmenittäin (28). Myös lihassähkökäyrästä (EMG) (29) ja silmän liikkeistä (EOG) (30) saatuja ohjaussignaaleja voidaan hyödyntää tietokoneen käytössä ja kuntoutuksessa.

Kuvantamistutkimuksissa on voitu osoittaa BCI-tekniikkaan pohjautuvien harjoitusten jälkeen aivoissa toiminnallisia ja rakenteellisia muutoksia (31). Melko tuoreessa meta-analyysissä käytiin läpi BCI-teknologiaa hyödyntäneet kontrolloidut tutkimukset, joihin oli otettu mukaan myöhäisvaiheessa AVH:n sairastaneita, ja interventio tähtäsi halvaantuneen yläraajan motoriikan edistämiseen (32). Meta-analyysi koostui yhdeksästä satunnaistetusta tutkimuksesta, joihin osallistui yhteensä 235 potilasta ja jokaiselle tehtiin yläraajan toimintakyvyn arviointi ennen ja jälkeen intervention. Kokonaisvaikutuskoko oli kohtalainen. Käden tehostetun käytön kuntoutuksesta laaditussa Cochrane-katsauksessa kyseisen kuntoutusmuodon vaikutuskoko oli samaa luokkaa (33).

Kasvavaa kiinnostusta ovat herättäneet eri tekniikoiden yhdistelmät, joissa harjoitusta edeltävästi annetaan transkraniaalista stimulaatiota (rTMS tai tDCS), käytetään eri menetelmiä (EEG ja EOG) ohjaussignaalien tunnistamiseen ja toiminnallista sähköstimulaatiota lihassupistuksen ja aktiivisen liikkeen tuottami-

Ydinasiat

- » Aivojen muovautumiskykyyn perustuvaa kuntoutumista voidaan edistää toistamalla lukuisia kertoja halutun toiminnan mukaista suoritusta.
- » Vahva tutkimusnäyttö AVH:n sairastaneiden kuntoutuksen vaikuttavuudesta on osoitettu sen jatkamisesta kotiutumisen jälkeen, käden tehostetun käytön kuntoutuksesta yli kolme kuukautta aiemmin sairastuneilla ja kävelyharjoittelusta myöhäisvaiheessa.
- » Vakiintuneiden AVH:n sairastaneiden kuntoutussuunnitelmien rinnalle on nousemassa etä- ja virtuaalikuntoutus.
- » Etä- ja virtuaalikuntoutuksen avulla voidaan ilmeisesti saavuttaa samoja tuloksia kuin kasvokkain toteutetussa, mutta lisätutkimuksia tarvitaan kohdennettujen harjoitusten vertailusta ja vaikuttavuudesta.

seen (34,35). Tällaisella hybridimenetelmällä tehty kuntoutus voisi teoriassa tuoda lisätehoa motoriseen oppimiseen ja tahdonalaisen liikkeen vahvistumiseen, mutta menetelmän tutkimus on vasta alkuvaiheessa, joten sen vaikuttavuudesta ei ole vielä kertynyt riittävästi näyttöä.

Kohti yksilöllistettyä kuntoutusta

Kehittyvä kuntoutusteknologia tarjoaa aiempaa enemmän mahdollisuuksia räätälöidä kuntoutusohjelman yksilöllisten vaatimusten mukaisesti. Kuntoutumista ennustavien tekijöiden tunnistaminen auttaa osaltaan kohdentamaan tehokkaan harjoittelun oikein valituille henkilöille. Aivojen kuvantamislöydösten ja toimintakykyä mittaavien testien perusteella voi olla mahdollista selvittää motorisen toipumisen ennuste jo muutama päivä akuutin AVH:n jälkeen (36). Tällä hetkellä ei kuitenkaan ole riittävästi tietoa siitä, mitä kuntoutusmenetelmiä kunkin yksilön kohdalla pitäisi käyttää, millä intensiteetillä ja kuinka kauan, jotta kuntoutumispo-

tentiaali saataisiin maksimaalisesti hyödynnettyä. On mahdollista, että myös geneettiset tekijät saattavat osaltaan selittää yksilöiden välisiä eroja aivojen muovautuvuudessa ja siten myös kuntoutustuloksissa (37). Kuntoutusteknologian laaja-alainen hyödyntäminen avaa jatkossa uusia tutkimusmahdollisuuksia, joissa voidaan huomioida kuntoutumisennuste, yksilöllinen harjoitusvaste ja kuntoutuksen aikajanalle kulloinkin sopivat harjoitusmenetelmät ja kuntoutuksen kesto niin, että kuntoutumispotentiaali saadaan esiin kokonaisuudessaan (38).

Kuntoutusteknologian käyttö terveydenhuollossa

AVH-kuntoutuksen optimaalinen järjestäminen vaatii riittäviä resursseja, eri ammattiryhmien saumatonta yhteistyötä sekä kuntoutusvälineistön tehokasta käyttöä. Vaatimustason takia AVH-kuntoutus on järjestettävä moniammatillisessa kuntoutusyksikössä, jolloin sen vaikuttavuudesta saatu näyttö on vakuuttava (näytön aste A) (7). Tämän takia AVH-kuntoutus on otettu mukaan niihin erityisosaamista vaativiin palveluihin, joiden järjestäminen tulee olla Valtioneuvoston keskittämisasiasetuksen mukaisesti erikoissairaanhoidon yksiköiden vastuulla (39).

Käytännössä kuntoutusteknologian oikea valinta terveydenhuollon yksiköissä riippuu siitä, missä kohtaa kuntoutuksen aikajanalla ollaan menossa. Akuutitahdon jälkeen seuraavan vuorokauden kuluttua aloitettavaan varhaiseen mobilisointiin ja pystyasennon harjoitteluun on tarjolla siihen erityisesti soveltuvaa teknologiaa, kun taas seuraavien viikkojen aikana voidaan tehokkaammin hyödyntää erityyppisiä robotiikkaan perustuvia kävelyn ja yläraajojen harjoituslaitteita. Neurostimulaatiot, BCI-teknologia ja virtuaalinen harjoitusympäristö täydentävät keinovalikoimaa, antavat lisää vaihtoehtoja yksilöllisempään harjoitteluun ja vahvistavat motivaatiota pitkäjänteiseen kuntoutukseen koko subakuutin kuntoutusvaiheen ajan. Myöhäisvaiheen kuntoutuksessa pääpaino on avomuotoisesti ja kotona toteutettavissa harjoitteissa, jolloin on mahdollista käyttää monipuolisesti digitaalisia sovelluksia ja etäkuntou-

tusta omaehtoisien harjoittelun ja terapioiden tukena. Keskittämisasiasetuksessa esiin nostettu yhteistyön vaatimus erikoissairaanhoidon ja muiden terveydenhuollon yksiköiden kanssa antaa mahdollisuuden optimoida eri toimijoiden käytössä olevat resurssit ja uusimman kuntoutusteknologian hyödyntämisen, jolloin varmistetaan riittävän tehokas toteutus kuntoutusprosessin jokaisessa vaiheessa.

Lopuksi

Vakiintuneiden kuntoutusmenetelmien rinnalle on viime vuosina tullut uusia kuntoutusmuotoja kuten etä- ja virtuaalikuntoutus ja BCI-teknologia. Etäkuntoutuksen avulla on mahdollista kustannustehokkaasti saavuttaa tavanomaista kuntoutusta vastaavia tuloksia kuntoutettaessa aivoverenkiertohäiriöpotilaita. Myös virtuaalinen kuntoutus sekä BCI-teknologia vaikuttavat lupaavilta kuntoutusmuodoilta, joiden asema täsmentynee jatkossa teknologian edelleen kehittyessä ja tutkimustiedon karttuessa. ■

SINIKKA HIEKKALA, tutkimusjohtaja, neurologisen kuntoutuksen dosentti (erityisesti liikkumisen alueella)
Invalidiliitto ry ja Validia oy, Jyväskylän yliopisto

KAUKO PITKÄNEN, LT, neurologian erikoislääkäri, ylilääkäri
VetreaNeuron

JUHA HUHTAKANGAS, LT, neurologian erikoislääkäri
Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiirin kuntayhtymä, Oulun yliopistollinen sairaala, Medisiininen tulosalue, Neurologian toimialue

SIDONNAISUUDET

Sinikka Hiekkala: Hankkeet (Kuntoutuksen tietopohjahanke, THL AVH laaturekisteri)

Kauko Pitkänen: Korvaukset koulutus- ja kongressikuluista (Fysioline)

Juha Huhtakangas: Apuraha (Suomen Akatemia, laitteita tutkimuskäyttöön ResMed), luento-/asiantuntijapalkkio (Boehringer Ingelheim Finland Oy, Oy Bristol Myers Squibb (Finland) Ab; Luentopalkkio: Bayer Oy, Boehringer Ingelheim Finland Oy, Suomen kardiologinen seura, Suomen Meriere-liitto ry, Almamedia, Abbvie, Suomalainen Lääkäriseura Duodecim), korvaukset koulutus- ja kongressikuluista (Oy Bristol Myers Squibb, Finland), Pfizer, Merck, Novartis Finland Oy, Suomen Lääkäriliitto, Genzyme, Teva), luottamustoimet (JuKo luottamusmies Oulun yliopistollinen sairaala, Suomen lääkäriiliiton OYS:n paikallisosaston johtokunnan varajäsen), hankkeet (Aivoliiton AVH- ja kuntoutuksen neuvottelukunta, Duodecim Aivoinfarkti ja TIA Käypä hoito -suositus)

TEEMAN ERIKOISTOIMITTAJA
Jukka Putaala

VASTUUTOIMITTAJA
Perttu J. Lindsberg

KIRJALLISUUTTA

- Weiller C, Chollet F, Friston K, ym. Functional reorganization of the brain in recovery from striatocapsular infarction in man. *Ann Neurol* 1992;31:463–72.
- Taub E, Uswatte G, Morris DM. Improved motor recovery after stroke and massive cortical reorganization following Constraint-Induced Movement therapy. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2003;14(Suppl 1):S77–91.
- Bernhardt J, Churilov L, Ellery F, ym. Pre-specified dose-response analysis for A Very Early Rehabilitation Trial (AVERT). *Neurology* 2016;86:2138–45.
- Austin MW, Ploughman M, Glynn L, ym. Aerobic exercise effects on neuroprotection and brain repair following stroke: a systematic review and perspective *Neurosci Res* 2014;87:8–15.
- Egan KJ, Janssen H, Sena ES, ym. Exercise reduces infarct volume and facilitates neurobehavioral recovery: results from a systematic review and meta-analysis of exercise in experimental models of focal ischemia. *Neurorehabil Neural Repair* 2014;28:800–12.
- Hendricks HT, van Limbeek J, Geurts AC, ym. Motor recovery after stroke: a systematic review of the literature. *Arch Phys Med Rehabil* 2002;83:1629–37.
- Aivoinfarkti ja TIA. Käypä hoito -suositus. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin ja Suomen Neurologinen Yhdistys ry:n asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim 2020 [päivitetty 20.1.2020]. www.kaypahoito.fi.
- Lang CE, Lohse KR, Birkenmeier RL. Dose and timing in neurorehabilitation: prescribing motor therapy after stroke. *Curr Opin Neurol* 2015;28:549–55.
- Janssen H, Ada L, Bernhardt J, ym. An enriched environment increases activity in stroke patients undergoing rehabilitation in a mixed rehabilitation unit: a pilot non-randomized controlled trial. *Disabil Rehabil* 2014;36:255–62.
- Rosbergen IC, Grimley RS, Hayward KS, ym. Embedding an enriched environment in an acute stroke unit increases activity in people with stroke: a controlled before-after pilot study. *Clin Rehabil* 2017;31:1516–28.
- Salminen AL, Hiekkala S, Stenberg JH. Etäkuntoutus. Helsinki: Kela 2016.
- Salminen AL, Hiekkala S. Kokemuksia etäkuntoutuksesta – Kelan etäkuntoutushankkeen tuloksia. Helsinki: Kela 2019.
- Korhonen L, Setti MO, Pitkänen K, ym. Moniammatillinen etäkuntoutus aivoverenkiertohäiriön sairastaneille. Kirjassa: Salminen AL, Hiekkala S. Kokemuksia etäkuntoutuksesta – Kelan etäkuntoutushankkeen tuloksia. Helsinki: Kela 2019, s. 269–83.
- Sarfo FS, Ulasavets U, Opare-Sem OK, ym. Tele-rehabilitation after stroke: an updated systematic review of the literature. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 2018;27:2306–18.
- Lloréns R, Noé E, Colomer C, ym. Effectiveness, usability, and cost-benefit of a virtual reality-based telerehabilitation program for balance recovery after stroke: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2015;96:418–25.
- Tchero H, Tabue Tegu M, Lannuzel A, ym. Telerehabilitation for stroke survivors: systematic review and meta-analysis. *J Med Internet Res* 2018;20:e10867.
- Lee HS, Park YJ, Park SW. The effects of virtual reality training on function in chronic stroke patients: a systematic review and meta-analysis. *Biomed Res Int* 2019;2019:7595639.
- Ahn S, Hwang S. Virtual rehabilitation of upper extremity function and independence for stroke: a meta-analysis. *J Exerc Rehabil* 2019;15:358–69.
- Wolpaw JR, Birbaumer N, Heetderks WJ, ym. Brain-computer interface technology: a review of the first international meeting. *IEEE Trans Rehabil Eng* 2000;8:164–73.
- Huggins JE, Müller-Putz G, Wolpaw JR. The sixth international brain-computer interface meeting: advances in basic and clinical research. *Brain Comput Interfaces (Abingdon)* 2017;4:1–2.
- Daly JJ, Wolpaw JR. Brain-computer interfaces in neurological rehabilitation. *Lancet Neurol* 2008;7:1032–43.
- Carvalho R, Dias N, Cerqueira JJ. Brain-machine interface of upper limb recovery in stroke patients rehabilitation: a systematic review. *Physiother Res Int* 2019;24:e1764.
- Sburlea AI, Montesano L, Cano de la Cuerda R, ym. Detecting intention to walk in stroke patients from pre-movement EEG correlates. *J Neuroeng Rehabil* 2015;12:113.
- Pfurtscheller G, Leeb R, Keinrath C, ym. Walking from thought. *Brain Res* 2006;1071:145–52.
- Mellinger J, Schalk G, Braun C, ym. An MEG-based brain-computer interface (BCI). *Neuroimage* 2007;36:581–93.
- Weiskopf N, Veit R, Erb M, ym. Physiological self-regulation of regional brain activity using real-time functional magnetic resonance imaging (fMRI): methodology and exemplary data. *Neuroimage* 2003;19:577–86.
- Coyle SM, Ward TE, Markham CM. Brain-computer interface using a simplified functional near-infrared spectroscopy system. *J Neural Eng* 2007;4:219–26.
- al-Quraishi MS, Elamvazuthi I, Daud IA, ym. EEG-based control for upper and lower limb exoskeletons and prostheses: a systematic review. *Sensors* 2018;18:3342.
- Choi C, Micera S, Carpaneto J, ym. Development and quantitative performance evaluation of a noninvasive EMG computer interface. *IEEE Trans Biomed Eng* 2009;56:188–91.
- Jiang J, Zhou Z, Yin E, ym. Hybrid Brain-Computer Interface (BCI) based on the EEG and EOG signals. *Biomed Mater Eng* 2014;24:2919–25.
- Song J, Young BM, Nigogosyan Z, ym. Characterizing relationships of DTI, fMRI, and motor recovery in stroke rehabilitation utilizing brain-computer interface technology. *Front Neuroeng* 2014;7:31.
- Cervera MA, Soekadar SR, Ushiba J, ym. Brain-computer interfaces for post-stroke motor rehabilitation: a meta-analysis. *Ann Clin Transl Neurol* 2018;5:651–63.
- Sirtori V, Corbetta D, Moja L, ym. Constraint-induced movement therapy for upper extremities in stroke patients. *Cochrane Database Syst Rev* 2009;7:CD004433.
- López-Larraz E, Sarasola-Sanz A, Irastorza-Landa N, ym. Brain-machine interfaces for rehabilitation in stroke: a review. *Neuro Rehabilitation* 2018;43:77–97.
- Soekadar SR, Birbaumer N, Slutzky MW, ym. Brain – machine interfaces in neuro-rehabilitation of stroke. *Neurobiol Dis* 2015;83:172–9.
- Stinear CM, Barber PA, Peto M, ym. The PREP algorithm predicts potential for upper limb recovery after stroke. *Brain* 2012;135:2527–35.
- Pearson-Fuhrhop KM, Burke E, Cramer SC. The influence of genetic factors on brain plasticity and recovery after neural injury. *Curr Opin Neurol* 2012;25:682–8.
- Coscia M, Wessel MJ, Chaudary U, ym. Neurotechnology-aided interventions for upper limb motor rehabilitation in severe chronic stroke. *Brain* 2019;142:2182–97.
- Laki terveydenhuoltolain muuttamisesta [1516/2016]. www.finlex.fi.

SUMMARY

Emerging forms of rehabilitation of patients with cerebrovascular disturbance

Telerehabilitation is the targeted use of various devices and applications utilizing remote technology in rehabilitation. With telerehabilitation, patients having undergone a cerebrovascular disturbance can achieve the same results as in face-to-face rehabilitation. Telerehabilitation can in many cases ensure that rehabilitation continues after hospital discharge. Virtual rehabilitation is a promising form of rehabilitation, especially in promoting physical functioning and independent coping in patients who have had a cerebrovascular disturbance. Virtual rehabilitation can be utilized in both face-to-face and telerehabilitation. Exercises utilizing a virtual environment and gamification can easily increase active rehabilitation time with little financial investment. Rehabilitation methods that utilize direct interaction of the brain with the computer are gaining ground and can in many cases provide much-needed additional boost to exercising. With advancing technology and accumulating research data, individualized rehabilitation programs can be implemented over the next few years, enabling patients with cerebrovascular disturbance to expect increasingly better rehabilitation outcomes.