



Neuroplastisuuden hyödyntäminen aivovamman fysioterapeuttisessa kuntoutuksessa

Narratiivinen kirjallisuuskatsaus

Ina Villberg

Opinnäytetyö, AMK

Toukokuu 2021

Terveys- ja hyvinvointialat

Fysioterapeutti (AMK)

Villberg Ina

Neuroplastisuuden hyödyntäminen aivovamman fysioterapeuttisessa kuntoutuksessa Narratiivinen kirjallisuuskatsaus

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. **Toukokuu 2021**, 42 sivua

Terveys- ja hyvinvointialat, Fysioterapeutti (AMK), Opinnäytetyö

Julkaisun kieli: suomi

Verkkojulkaisulupa myönnetty: x

Tiivistelmä

Aivovamma on yleisin alle 45-vuotiaiden kuolinsyy ja kasvava syy pitkäaikaiseen vammautumiseen nuorten miesten ja vanhusten keskuudessa. Aivovammalle altistavina tekijöinä ovat pääasiassa päihteet ja yleisimpiä vammamekanismeja ovat kaatumiset sekä liikenneonnettomuudet.

Opinnäytetyön tarkoituksena on avata teoriaa aivovammojen syntymisen ja kuntoutuksen takana, sekä lisätä aivovammapotilaiden kanssa työskentelevien fysioterapeuttien, hoitoalan henkilöstön sekä asiasta kiinnostuneiden tietoisuutta aivojen muokkautuvuudesta vammasta toipumisen eri vaiheissa ja siitä, kuinka plastisuutta pystyttäisiin sisällyttämään tehokkaammin kuntoutuksen suunnitteluun ja toteutukseen. Opinnäytetyö tarkastelee plastisuutta ja kuntoutumista narratiivisen kirjallisuuskatsauksen avulla.

Kirjallisuuskatsauksen tuloksena perinteisen terapian vaikuttavuuden todettiin olevan heikohkoa kuntoutumisen kroonisessa vaiheessa, erityisesti jos kuntoutusta toteutettiin harvoin (1-2 kertaa viikossa). Terapian tehostamisella, joko intensiteetin lisäämisen (Constraint Induced terapia), rikastettujen ympäristöjen (Virtuaaliodellisuutta tai videopelejä hyödyntävä terapia) tai neurostimulaation (tässä tutkimuksessa TLNS) avulla saatiin aikaan merkittäviä positiivisia muutoksia kuntoutujien toimintakyvyssä, sekä havaittavia plastisia muutoksia kuntoutujien aivorakenteissa. Tutkimuksissa yhteneväisenä havaintona nousi esille aivojen plastisten muutosten tapahtuminen vielä vuosia vammautumisen jälkeen. Vaikka muutosten tapahtuminen voi ajan myötä hidastua, ei kuntoutuminen siitä huolimatta ole koskaan liian myöhäistä.

Avainsanat (asiasanat)

Aivovammat, neuroplastisuus fysioterapia

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

Esim. opinnäytetyön liitteen salassapitoperuste, ks. raportointiohjeen luku 4.1.2

Villberg Ina

**Harnessing neuroplasticity as a tool for neurologic physical rehabilitation of traumatic brain injury
Narrative review**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, May 2021, 42 pages

Bachelor of Health Care, Degree Programme in Physiotherapy, Bachelors Thesis

Permission for web publication: x

Language of publication: Finnish

Abstract

Traumatic brain injury is the leading cause of death among population under 45 years old. It is also the increasing cause of long-term disability affecting mainly young males and elderly people. Most commonly traumatic brain injuries happen while intoxicated, usually due to falls or traffic accidents.

The purpose of this thesis was to describe the theory behind formation of traumatic brain injuries and the following rehabilitation process. Additionally, the aim was to increase the knowledge of physical therapists and other professionals working with neurological patients, to establish the potential and possibilities neuroplasticity offers to rehabilitation after injury. This study was written using a method of narrative review.

The results point out that the approach of using mainly conservative therapy is fairly ineffective regarding plastic changes or improvement in daily functions. Low frequency of therapy is also associated with minimal outcomes. Several studies suggested that enhancing therapy with enriched environments (utilising VR or videogames), neurostimulation (here TLNS) or upregulated intensity (Constraint-Induced therapy) result in increased plastic and functional changes. It was observed that the damaged brain tissue has the ability to heal even years post-injury and even if the rehabilitation had reached its so called plateau. Although the effectiveness of rehabilitation can decrease over time, plastic changes can be observed by tailoring the therapy to meet needs of an individual.

Keywords/tags (subjects)

Brain damage, neuroplasticity, physiotherapy

Miscellaneous (Confidential information)

For example, the confidentiality marking of the thesis appendix, see Project Reporting Instructions, section 4.1.2

Sisältö

1	Johdanto	3
2	Keskushermosto ja aivojen rakenne	4
3	Traumaattinen aivovamma	8
3.1	Aivovamman syntymekanismit.....	8
3.2	Aivovamman seuraukset	12
4	Neuroplastisuus	13
5	Fysioterapia	16
6	Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoite	20
7	Tutkimuksen toteuttaminen	21
7.1	Narratiivinen kirjallisuuskatsaus.....	21
7.2	Aineistonhankintamenetelmä	22
8	Aineiston analysointi	24
9	Tulokset	27
9.1	Aivovamman fysioterapiassa käytettävät menetelmät	27
9.2	Harjoittelun esiintyminen ja kesto.....	30
9.3	Harjoitteluun liittyvät plastiset muutokset.....	33
10	Yhteenveto ja johtopäätökset	36
11	Eettisyys ja luotettavuus	37
12	Pohdinta	39
	Lähteet	43
	Liitteet	47
	Liite 1. Aivojen lepotilaverkosto (Jehkonen ym. 2019)	47
	Liite 3. Aivojen motorinen verkosto (Jehkonen ym. 2019)	48
	Liite 4. Aivojen tarkkaavuusverkosto (Jehkonen ym. 2019).....	48
	Liite 5. Aivojen motivaatioverkosto (Jehkonen ym. 2019).....	49
	Liite 6. Taulukko aivovamman vaikeusasteen luokittelusta.....	50
	Liite 7. ICF-luokitus (Suomen fysioterapeutit N.d.).....	50
	Liite 8. Taulukoitu aineiston analyysi (tutkimusysymys nro 1. Millaisia harjoituksia/menetelmiä aivovamman kuntoutuksessa käytetään?)	1
	Liite 9. Taulukoitu aineiston analyysi (tutkimusysymys nro 2. Miten niitä käytetään?)	5
	Liite 10. Taulukoitu aineiston analyysi (tutkimusysymys Millaisiin neuroplastisiin muutoksiin käytetyt harjoittelumenetelmät johtavat?)	10

Kuva 1. Aivojen anatominen rakenne. Kuvituskuva. (Terveyskylä, 2018; Jehkonen ym. 2019, 32)	4
Kuva 2. Aivojen limbiset alueet. Kuvituskuva (Jehkonen & Saunamäki 2019, 29)	5
Kuva 3. Hermosolun rakenne (solunetti 2006).....	6
Kuva 4. Aivovamman seuraukset. (Bakuley ym. 2003, 291)	13
Kuva 5 Harjoitteluinterventiossa käytettyjen harjoittelumenetelmien esiintyvyys kategorioittain.	27
Kuva 6 Aivojen plastisten muutosten esiintyminen kategorioittain.	33
Taulukko 1. Käypähoitosuositusta mukailleen tehty versio Glasgow Coma Scalesta (Duodecim 2020)	10
Taulukko 2 Poissulku ja sisäänottokriteerit.....	23
Taulukko 3 Hakuprosessi ja tutkimusten valinta taulukoituna.....	24
Taulukko 4 Esittely kirjallisuuskatsaukseen sisällytetyistä tutkimuksista.	25
Taulukko 5 Esimerkki aineiston analysoinnista ja käsitteistä.	29

1 Johdanto

Aivovamma on yleisin alle 45-vuotiaiden välitön kuolinsyy ja kansainvälisellä tasolla vuosittainen kuolleisuus on n. 1-8/100 000. Suomessa aivovamman saa vuosittain n. 20 000 henkilöä ja yleisin vammamekanismi on kaatuminen (56%), jolle miehet ovat tilastojen mukaan naisia alttiimpia. Erityisesti nuoret miehet ovat alttiimpia aivovammoille ja syitä ovat useimmiten liikenneonnettomuudet ja kaatumiset. Naisten kaatumiset ja niistä seuraavat aivovammat sattuvat usein miehiä iäkkäämpinä. (Duodecim 2020)

Kansainvälisellä tasolla kaatumis- ja putoamisonnettomuuksien aiheuttamia vammoja on n. 29-62% tapauksista ja liikenneonnettomuuksien seurauksena syntyy 41-59% vammoista, jotka ovat työikäisillä 60-70%:sti yleisin vaikean aivovamman syy. Aivovammaliiton vuoden 2016 tilaston mukaan 5% vammoista johtuu väkivaltatapahtumista, joiden lisäksi vuosittain sattuu n. 10% sekalaisia aivovammoja. Vammat ovat useimmiten asteeltaan lieviä (71-98% vammoista), mutta silti sairaalahoitoa vaatii Euroopassa n. 260/100 000 ihmistä vuosittain. Jopa 51% tapauksissa aivovamman saanut on tapaturmahetkellä ollut alkoholin vaikutuksen alaisena. Myös muiden päihteiden käyttö on linkitetty aivovammoille altistavaksi tekijäksi. (Aivovammaliitto 2016 & Duodecim 2020)

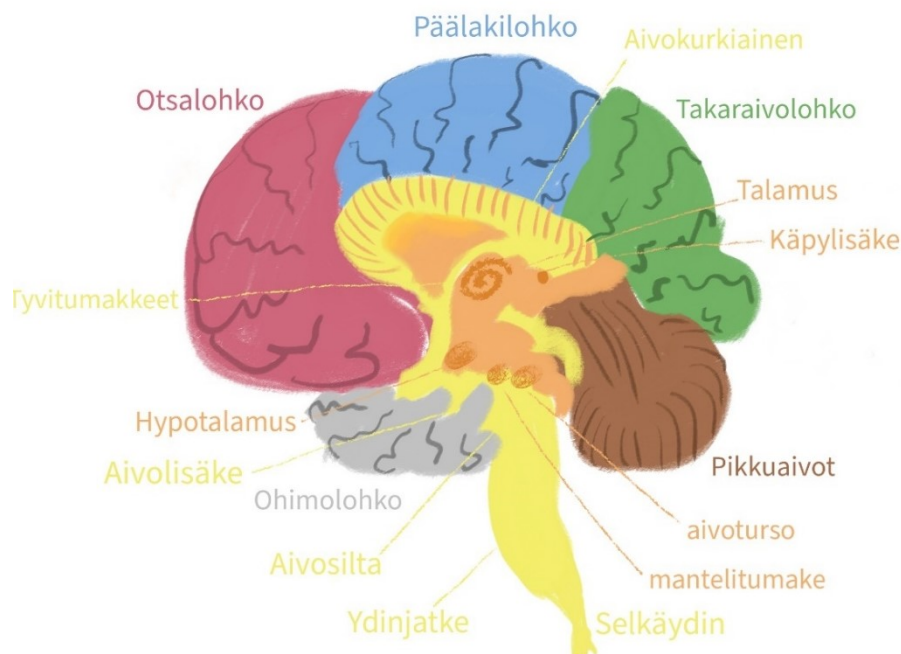
Opinnäytetyön tarkoituksena on lisätä aivovammapotilaiden kanssa työskentelevien fysioterapeuttien, hoitoalan henkilöstön sekä asiasta kiinnostuneiden tietoisuutta aivojen muokkautuvuudesta vammasta toipumisen eri vaiheissa ja siitä, kuinka plastisuutta pystyttäisiin sisällyttämään tehokkaammin kuntoutuksen suunnitteluun ja toteutukseen. Tavoitteena opinnäytetyössä on kartoittaa ja koota jo olemassa olevaa tietoa aivovamman kuntoutukseen linkittyvästä neuroplastisuudesta kirjallisuuskatsauksen avulla ja tuoda sitä esille erityisesti fysioterapeuttisesta näkökulmasta.

Lopullinen tuotos esittelee erilaisia metodeja, joilla aivovammasta kuntoutumiseen voidaan fysioterapeuttisten elementtien kautta vaikuttaa. Myös neurostimulaatio on otettu mukaan menetelmiin. Katsaus tarjoaa tutkittua tietoa siitä, millaisia muutoksia aivokudoksessa syntyy, kun erilaisia harjoitusmenetelmiä käytetään. Katsauksen kokoava ajatus on, että jotta kuntoutumista ja plastisuutta saadaan tehostettua, on perinteisen terapian rinnalle hyvä ottaa intensiteettiä tai motivaatiota lisääviä tekijöitä.

2 Keskushermosto ja aivojen rakenne

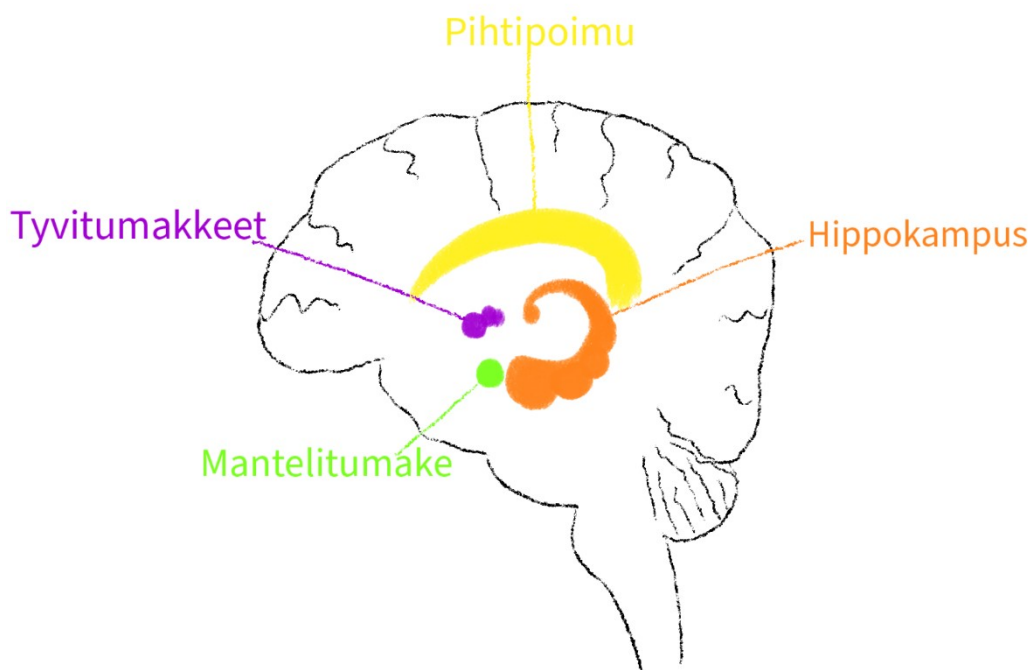
Ihmiskehon keskeinen rakenne luiden, lihasten ja muiden pehmytkudosten muodostamien elinten lisäksi on kehon toimintaa ohjaava hermosto. Ihmisen hermosto voidaan jakaa keskushermostoon sekä ääreishermostoon. Keskushermostoon kuuluvat aivot ja selkäydin ja ääreishermostoon hermoradat, jotka kuljettavat informaatiota aivoista ja selkäytimestä kehon ääreisosiin ja takaisin. (ACC, 2008.) Keskushermoston tärkeimpänä tehtävänä onkin kerätä, tallentaa ja prosessoida informaatiota, sekä tuottaa toimintaa. (Gjelsvik & Line 2016, 1.1)

Anatomisesti aivot koostuvat niiden n. 2,5 cm paksuisesta pintakerroksesta, eli aivokuoresta, joka on voimakkaasti poimuttunut. Aivokuoren poimuttuminen takaa suuren pinta-alan aivokudokselle ja onkin sen myötä edellytys ihmisen edustamalle kognitiotasolle. Karkeasti aivot voidaan jakaa etuaivoihin (aivokuori ja limbiset alueet), keskiaivoihin (talamus, hypotalamus, aivolisäke ja käpylisäke) sekä taka-aivoihin (aivosilta, ydinjatke ja pikkuaivot). Isoaivojen alueella sijaitsee tarkemmin tarkasteltuna otsalohko, ohimolohko, ylempi ja alempi päälakilohko, takaraivolohko sekä aivokiila. Kyseiset rakenteet on edelleen jaettu poimuihin, joista eri lohkot muodostuvat. (Kuva 1.)



Kuva 1. Aivojen anatominen rakenne. Kuvituskuva. (Terveyskylä, 2018; Jehkonen ym. 2019, 32)

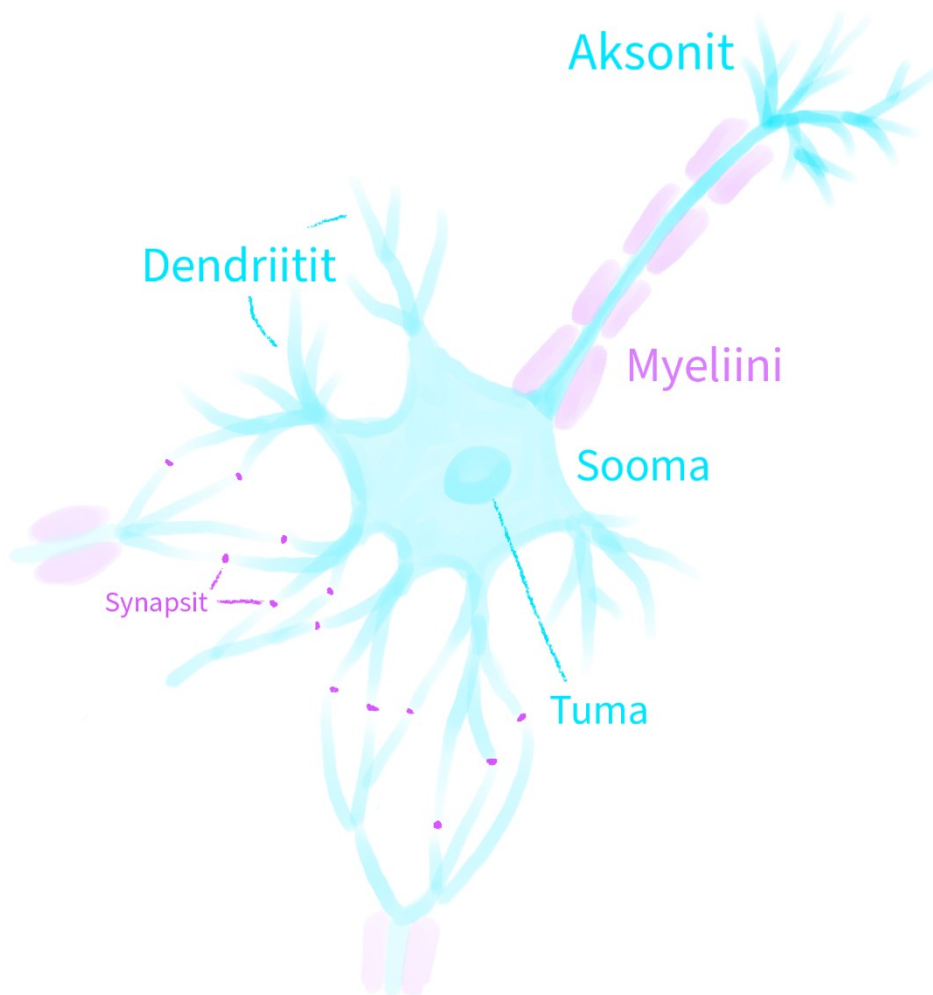
Lohkojen alla sijaitsevat etuaivoihin luettavat limbiset alueet. Näitä ovat mm. otsa- ja päälakilohkoihin yhdistyvä kaarimainen pihtipoimu, joka jaetaan etu-, keski- ja takaosaan, ohimolohkon sisäpuolinen aivoturso (hippokampus), sekä mantelitulake ja tyvitumakkeet (sis. häntätumake, aivo-kuorukka, accumbens-tumake, linssitulake, mustatumake ja subtalaaminen tumake). (Jehkonen, Saunamäki & Hokkanen 2019, 31-34) Aivot yhdistyvät selkäyttimeen aivorungon välityksellä, joka sisältää väliaivot, keskiaivot, aivosillan sekä ydinjatkeen. (Kauranen 2011, 62) Aivot ovat jakautuneet kahteen puoliskoon, vasempaan ja oikeaan. Kummallakin aivopuoliskolla on havaittu olevan hieman erilaiset tehtävät tiedonkäsittelyssä. (Jehkonen ym. 2019, 31)



Kuva 2. Aivojen limbiset alueet. Kuvituskuva (Jehkonen & Saunamäki 2019, 29)

Aivokudosta ympäröi kalvosto, jossa on kolme erillistä kerrosta. Uloimmainen kovakalvo ympäröi aivokudosta suojaten sen poimuja ja kiinnittyen kallon luisiin rakenteisiin. Kovakalvo erottaa aivopuoliskoja, sekä etu- ja pikkuaivoja rakenteillaan. Keskimmäinen kalvo on nimeltään lukinkalvo, joka on rakenteeltaan verkkomaisempi. Sisin kalvo on nimeltään pehmeäkalvo, joka kulkee tiiviisti aivojen pinnalla. Kalvojen välissä on rasvaa sekä aivo-selkäydinnestettä, eli likvoria. Neste toimii aivojen ja selkäytimen iskunvaimentimena kallon ja selkärangan luisia rakenteita vastaan. (Kauranen 2011, 62-63)

Aivokudos muodostuu niin kutsutusta harmaasta- (grey matter) sekä valkoisesta aineesta (white matter). Hermosolut (neuronit) muodostavat aivojen harmaan aineen ja osallistuvat paikalliseen tiedonvälitykseen sekä aivokuorella että aivojen syvissä osissa. (Jehkonen ym. 2019, 30) Neuronit ovat muodostuneet niiden rungosta (soma), josta lähtevät aksonit (viejähaarake) sekä dendriitit (tuojahaarake). Aksonit ja dendriitit yhdistyvät toisiinsa synapseilla.



Kuva 3. Hermosolun rakenne (solunetti 2006)

Neuroneilla on erityinen viestinvälityksellinen tehtävä keskushermostossa ja ne ovat jakautuneet tehtäviensä mukaan hermosoluiksi, jotka kuljettavat sensorista tai motorista informaatiota, tai viestivät keskushermoston osasta toiselle keskitetysti tai aina kehon periferiaan saakka. (Gjelsvik & Line 2016, 1.1) Valkoisen aineen radastoista puhuttaessa viitataan pitkiin aksonikimppuihin, jotka ovat paksun myeliinikerroksen peitossa. Nämä hermosolukimput kuljettavat informaatiota pidempiä matkoja, myös aivojen puoliskolta toiselle. (Forsbom, Kärki, Leppänen & Sairanen 2001, 19) Myeliini toimii solujen pinnalla ikään kuin uloimpana tukirakenteena, joka mahdollistaa sujuvan

viestinvälityksen solujen kesken. Mitä paksumpi myeliinikerros solussa on, sen nopeampi on myös viestinvälitys, sillä sähköinen impulssi liikkuu myeliinitupen jättämiä aukkoja pitkin. Myeliinin alla on gliasoluja, jotka toimivat neuronin ”siivoojina”. Gliasoluja on kolmenlaisia; astrosyyttejä, oligodendrosyyttejä (myeliini) sekä migroklioita. Muodoltaan tähtimäiset astrosyytit kiinnittyvät tiiviisti neuronin tukien neuronin ja sitä ympäröivien verisuonten rakennetta. Samalla ne poistavat hiilidioksidia ja kaliumia soluista, ja täten ylläpitävät solussa vallitsevaa homeostaattista tilaa. Ne toimivat myös väliseinämänä neuronien, ja muun kudoksen välillä (mukaan lukien verisuonet) estäen erinäisten kemiallisten aineiden pääsyn neuroniin. Toiselta nimeltä tämä seinämä tunnetaan veri-aivoesteenä. Mikroglia pääasiallisena tehtävänä on poistaa kuolevat hermosolut ja näin tehostaa hermoston toimintaa. (Gjelsvik & Line 2016, 1.1)

Viestinvälitys neuronien välillä toimii osin sähköisesti, osin kemiallisesti. Sähköinen hermoimpulssi saa aikaan kemiallisen reaktion aksonin presynaptisella solukalvolla, jonka ansiosta hermovälittäjäaineita vapautuu synapsirakoon. Dendriitin postsynaptisella solukalvolla reseptorit vuorostaan ottavat välittäjäaineet vastaan ja viesti jatkaa kulkuaan seuraavaan soluun. (Mts. 2016, 1.1)

Aivoissa on eri aisteille, motoriselle toiminnalle ja erilaisille kognitiivisille psyykkisille toiminnoille omat edustusalueensa, jotka käsittelevät kunkin osa-alueen informaatiota ärsykkeiden saapuessa aivoihin (Forsbom ym. 2001, 22). Terveissä aivoissa Jehkonen ym. (2019, 39-42) ovat jakaneet toiminnan erilaisten toiminnallisten verkostojen alaisuuteen. Kategorioittain näitä ovat lepotilaverkosto, havaintoverkosto, motorinen verkosto, tarkkaavuusverkostot sekä motivaatioverkosto. (Liitteet 1-5) Kyseisiä alueita voidaan nimittää myös Brodmannin alueina. (Biomag N.d.) Kullakin verkostolla on omat spesifit tehtävänsä, joista aivoalueet hajautuneesti vastaavat. Karkeasti voidaan ajatella otsalohkon olevan vastuussa toiminnasta, toiminnanohjauksesta, kyvystä soveltaa opittua, tunteista sekä muistista. (Jehkonen ym. 2019, 39-42) Aivokuoren toimintahierarkiassa edellä mainitut alueet ovat ylimpänä. (Forsbom ym. 2019, 22) Myös motorisia alueita sijaitsee aivojen otsalohkon takaosassa. Muut lohkot (päälakolohko, ohimolohko ja takaraivolohko) vastaavat osaltaan aisti-informaation käsittelystä. (Jehkonen ym. 2019, 39-42)

Motoriikasta ja motorisesta oppimisesta vastaa useat aivoalueet ja verkostot. Esimerkkinä motorinen-, premotorinen- sekä suplementaarinen motorinen aivokuori, pikkuaivot sekä Brocan alue. Sensoriikan prosessoinnista vastaa primaarinen ja sekundaarinen somatosensorinen aivokuori.

Motorinen käsky lihakselle muodostetaan pikkuaivoissa, basaaliganglioissa, suplementaarisella- ja premotorisella aivokuorella. Primaari motorinen aivokuori kokoaa impulssit, viimeistelee ne ja lähettää motoriset käskyt aivokuorelta lähtevää kortikospinaalirataa pitkin kohdelihakseen. (Kauranen 2011, 65-66)

Kortikospinaalirata muodostuu niin kutsutuista ylemmistä motoneuroneista (upper motor neurons), jotka kulkevat aivoista selkäyttimeen ja alemmista motoneuroneista (lower motor neurons), jotka lähtevät selkäytimestä ja hermottavat kehon lihaskudosta. Premotoriselta, primaarilta motoriselta aivokuorelta sekä suplementaariselta- ja premotoriselta alueelta lähtevät hermosolut liittyvät kohti selkäydintä kulkiessaan hermokimpuiksi, ja muodostavat niin kutsutun pyramidiradan, joka päättyy selkäytimen etusarveen, eli medullaan. Suurin osa (n.90%) pyramidiradan aksoneista risteävät ydinjatkeen kohdalla ja muodostavat lateraaliset kortikospinaaliradat, jotka hermottavat kehoa kontralateraalisesti aivopuoliskoihin nähden (Vasen aivopuolisko hermottaa kehon oikeaa puolta ja toisinpäin). Aksoneista loput (10%) jatkavat kulkuaan selkäyttimeen muodostaen anteriorisen kortikospinaaliradan ja risteävät vasta yhdistyessään alempiin motoneuroneihin. Lateraalisen radaston tehtävänä on hermottaa raajoja, kun taas anteriorisen radan hermosäikeet vastaavat keskivartalon, rintakehän ja hartioiden liikekomennoista. (Physiopedia N.d.) Aivovamman seurauksena ilmenneen ylemmän motoneuronin vaurion tyypillisiä piirteitä ovat spastisuus, kohonneet jännerefleksit sekä liikkeen koordinoinnin vaikeus. (Stensaas 2015)

3 Traumaattinen aivovamma

3.1 Aivovamman syntymekanismit

Aivovammojen syntymekanismit voidaan luokitella kahteen eri kategoriaan: niin sanottuihin polttopistevammoihin eli kontaktivammoihin, joissa vammamekanismina on päähän kohdistuva ulkoisen voiman aiheuttama isku, sekä hajanaisiin vammoihin, jotka syntyvät aivokudoksen kiihtymis- ja hidastumistyyppisestä liikkeestä. (Werner & Engelhard, 2007) Joissain lähteissä kontaktivammoista puhuttaessa käytetään termejä avoin (penetrating) ja suljettu (non-penetrating) vamma, jolloin huomioidaan ulkoisen objektin aiheuttama mahdollinen aivokudoksen ja kallon luiden ruhjoutuminen, eli kontuusio. (NAS, 2019) Tyypillistä avoimelle tai suljetulle polttopistevammalle on kontuusion lisäksi kallonsisäinen verenvuoto. (Werner & Engelhard 2007) Verenvuoto, joka luokitellaan suomalaisen käypähoitosuosituksen mukaan aivokudoksen ulkoiseksi vaurioksi, voi ilmetä

lukinkalvon ulko- tai sisäpuolella. (Käypähoito 2021) Hajanaisissa vammoissa puolestaan vammamekanismina toimii kiihtymis- ja hidastumistyyppinen liike, eli coup- ja countre coup-ilmiö. Pään kohdistuneen iskun myötä aivokudos törmää kallon vastakkaiseen sisäseinämään (coup) ja kimpoaa takaisin törmäten iskupuolelle (countrecoup). Tämä johtuu aivojen hitaasta reagoinnista pään liikkeisiin niiden kelluessa aivonesteessä luisen kuoren sisällä. Aivokudoksen törmätessä luisiin rakenteisiin syntyy kontuusiotyyppisiä kudosaivovaurioita. Lähes aina edestakaisen liikkeen lisäksi aivokudos joutuu kierremäiseen liikkeeseen kallon sisällä, joka aiheuttaa aksonien kiertymistä ja repeytymistä eli diffusiaksonivauriota (DAI) sekä repeytymisvaurioita verisuonissa. (NAS, 2019; De Jesus, Payne & Payne 2020) Hajanaisille vammoille tyypillisenä oireena ilmenee usein tietoisuuden tason vaihteluja ja muutoksia. (Bakuley, Cameron & Khan. 2003, 291) Tämän lisäksi hajanaisissa vammoissa esiintyy aivojen turvotusta. (Duodecim 2020) Erityisen herkkiä aivoalueita DAI-tyyppiselle vammalle ovat ohimolohko, otsalohko, aivorunko ja tyvitumakkeet. (Jehkonen ym. 2019, 223)

Syntymekanismien lisäksi vammat luokitellaan primäärisiin ja sekundäärisiin vammoihin. Primäärisellä vammalla tarkoitetaan mekaanista vammaa, joka syntyy iskuhetkellä, eikä tähän vamman vaiheeseen pystytä vaikuttamaan terapeuttisilla metodeilla. Ainut toimivaksi todettu hoitomuoto on preventio. Sekundäärinen vamma on itse tapaturman tai aivotapahtuman jälkeen syntyvä, myöhemmin aivoissa ilmenevä muutos, kuten aivoalueiden iskemia tai hypertensio, jonka hoidossa terapeuttiset menetelmät, kuten mekaaninen hyperventilaatio sekä liiketerapia on todettu vaikuttaviksi. (Werner & Engelhard, 2007 99;4-9) Primaariin vaurioon vaikuttaa vammamekanismin voimakkuus, kesto ja suunta. (Jehkonen ym. 2019, 222)

Suomalaisen Käypähoitosuosituksen (2020) mukaan aivovammojen luokituksessa ja arvioinnissa huomioidaan vamman vakavuus, jota mitataan erilaisten mittaristojen sekä kuvantamisen avulla. (Liite 6.) Glasgow Coma Scale (GCS) arvioi aivovamman vakavuutta tajunnantason laskun tai menetyksen ja sen keston mukaan sen perusteella, kuinka potilas reagoi erilaisiin ulkoisiin ärsykkeisiin. Tajunnan tason lisäksi arvioidaan vamman yhteydessä ilmeneviä liitännäisoireita, joita ovat posttraumaattinen amnesia (PTA, muistiaukko tapahtumaan liittyen), erilaiset henkisen tilan muutokset, kuten sekavuus, uneliaisuus ja disorientaatio sekä neurologiset oireet, kuten näön tai tasapainon häiriöt sekä halvaus tai kouristustyyppinen oireilu. GCS on laajasti maailmallakin käytetty

aivovamman arvioinnin työkalu, jonka lisäksi tärkein aivovamman vakavuudesta kertova indikaattori on PTA. (Duodecim, 2020; Bakuley ym. 2003, 291) Sairaalahoitoa vaativien aivovammojen laajuuden selvittämiseen käytetään Suomessa TT-kuvauksia (tietokonetomografia), sekä magneettikuvia (MK). (Duodecim 2020)

Taulukko 1. Käypähoitosuosituksen mukainen tehty versio Glasgow Coma Scalesta (Duodecim 2020)

GLASGOW COMA SCALE		
TOIMINTO	REAGOINTI	PISTEET
SILMIEN AVAAMINEN	SPONTAANISTI	4
	PUHEELLE	3
	KIVULLE	2
	EI VASTETTA	1
PUHEVASTE	ORIENTOITUNUT	5
	SEKAVA	4
	IRRALLISIA SANOJA	3
	ÄÄNTELYÄ	2
	EI MITÄÄN	1
PARAS LIIKEVASTE	NOUDATTAA KEHOTUKSIA	6
	PAIKALLISTAA KIVUN	5
	VÄISTÄÄ KIPUA	4
	FLEKSIO KIVULLE	3
	EKSTENSIO KIVULLE	2
	EI VASTETTA	1
YHTEENSÄ		3-15

Aivoihin kohdistuvat vammat aiheuttavat poikkeuksetta muutoksia aivojen verenkierrossa ja sen myötä aivokudoksen metabolismissa. Vaikka aivoverenkierron häiriöihin (AVH) luettavissa aivoinfarktissa ja aivoverenvuodossa ilmenee samantyyppisiä oireita aivotapahtuman jälkeen välittömästi ja pitkällä aikajänteellä, tarkastellaan tässä kuitenkin vain aivovammoista seuraavia mekanismeja ja tapahtumaketjuja, joita aivovaurion jälkeen ilmenee.

Aivojen yksi tärkeimmistä toimintaa ylläpitävistä rakenteista on verisuoniverkosto, jonka tehtävänä on kuljettaa aivokudokseen happea ja ravinteita. Terveissä aivoissa aivojen verenkierto ja -metabolismi ovat tasapainoisessa suhteessa toisiinsa nähden. (Werner & Engelhard 2007) Tätä koko aivokudoksen kattavaa homeostaattista tilaa pitää yllä veri-aivoeste. Gliasolujen muodostaman muurin lisäksi aivojen mikroverisuonissa olevissa neurovaskulaarisissa yksiköissä olevat endo- ja epiteelisolut muodostavat esteen, jonka kautta aivoihin ja aivoista kulkeutuvia molekyylejä, plasmaproteiineja ja verisoluja (leukosyytit) siivilöidään. Veriaivoesteen tehtävänä on molekyylien suodattamisen lisäksi erotella keskushermoston lokaaleja ja periferisiä hermoyhteyksiä. (Abbott & Yusof 2010)

Aivot kuluttavat noin neljänneksen kehon energiantuotannosta ja valtimoverenkierrossa kulkevasta hapesta noin 20% menee aivojen tarpeisiin. (Forsbom ym. 2001, 21) Aivovamman seurauksena verisuoniverkosto ja suonten rakenteet vaurioituvat, joka voi aiheuttaa kahdenlaisia ilmiöitä kudoksen verenkierrossa. Hypoperfuusiossa aivojen neste- ja verenkierto on hidastunut ja heikentynyt, eikä tällöin pysty vastaamaan kudoksen metabolisiin vaatimuksiin. Hyperperfuusiossa taas tilanne on täysin päinvastainen ja aivokudoksessa ilmeneekin niin kutsuttua verenpaljoutta eli hyperanemiaa. (Werner & Engelhard 2007) Verisuonten toimintaa säätelee autoregulatorinen järjestelmä, johon lukeutuu verenpaineen vaihtelun havaitsemisen lisäksi CO₂-reaktiivisuus. Verisuonet siis laajenevat (matala paine) ja supistuvat (korkea paine) verenpaineen ja veren hiilidioksidipitoisuuden kasvaessa tai vähentyessä. (Jehkonen ym. 2019, 34) Säätelijärjestelmän toimintaan vaikuttaa merkittävästi sekä kallonsisäinen paine (ICP – intracranial pressure) että aivokudoksessa vallitseva perfuusiopaine (CPP – cranial perfusion pressure). Aivovammatapauksissa matalan perfuusiopaineen on todettu linkittyvän huonoon ennusteeseen, eli vegetatiiviseen tilaan tai kuolemaan. (Werner & Engelhard 2007)

Aivokudoksen iskeeminen tila saa aikaan muutoksia molekyylitasolla ja laukaisee katabolista toimintaa, joka johtaa aivokudoksen nekroosiin ja apoptoosiin. Solutasolle vietyinä kudovaurioista johtuvan aivojen verenkierron häiriön myötä syntyvän iskeemisen tilan seurauksena aivokudokseen kehittyy ödeemaa anaerobisen glykolyysin muodostaessa maitohappoa ja tämän kerääntyessä soluihin solukalvojen löyhentyneen rakenteen vuoksi. Hapenpuutteesta johtuvan toiminnantavajauksen vuoksi anaerobinen metabolismi pyrkii kompensoimaan aivokudoksessa vallitsevaa poikkeustilaa, jonka tarkoituksena on ylläpitää normaalia toimintaa. Anaerobinen metabolismi ei

kuitenkaan tuota tarvittavaa määrää energiaa, jonka vuoksi solujen ATP-varastot tyhjenevät ja energiaa vaativat ionipumput lakkaavat lopulta toimimasta. Kyseisen tilan seurauksena solukalvot depolarisoituvat ja hermosoluja aktivoivia välittäjäaineita alkaa erittyä suuria määriä. Solukalvojen depolarisoituessa myös natriumin ja kalsiumin pitoisuudet solun sisä- ja ulkopuolella muuttuvat epäedullisesti. Molekyylien sisäänvirtaus käynnistää soluissa katabolisen toiminnan, jota kaspaasiaktivaatio edelleen edistää. (Werner & Engelhard, 2007)

Aivoverenkierron säätelyjärjestelmän vauriot voivat ilmetä potilaalla välittömästi vamman yhteydessä, mutta voivat kehittyä myös vasta toipumisvaiheessa (esim. akuutti ja krooninen hema-tooma) (Stokes & Stack 2010, 31) Vauriot eivät myöskään ole suoranaisesti linkittyneet vamman vakavuuteen vaan voivat ilmetä myös lievemmissä aivovammoissa. Joka kolmannella traumaattisen aivovamman saaneella ilmenee aivoverisuonten kollapseja eli niin kutsuttuja vasospasmeja, jotka puolella (50%) tapauksista johtuu aivokudoksen matalasta perfuusiopaineesta. Vasospasmit vaikuttavat osaltaan aivokudoksen vaurioitumiseen ja ovat huomioonotettava riski myös kuntoutusvaiheessa. (Werner & Engelhard 2007)

3.2 Aivovamman seuraukset

Aivovaurion seuraukset ja oireet ovat kytköksissä vaurioalueeseen ja vaurion laajuuteen. Aivovamma voi vaikuttaa fyysisellä, psyykkisellä sekä sosiaalisella tasolla. (Baguley ym. 2003, 292) Fyysisinä oireina vamman jälkeen voidaan havaita huimausta, tasapainon ongelmia, päänsärkyä, väsyvyyttä (fatiikkia) ja univaikeuksia. Myös sensorisia oireita, kuten yliherkistymistä ulkoisille ärsykkeille, aistien heikentymistä tai katoamista voi ilmetä vamman jälkeen. Motorisesti vammautunut voi kärsiä halvaustyypisistä oireilusta tai spastisuudesta, riippuen vamma-alueesta. (Käypähoito 2021) Vammautuminen voi aiheuttaa muutoksia myös hormonitoiminnassa, vireystilan säätelyssä sekä vaikuttaa heikentävästi sympaattisen ja parasympaattisen hermoston toimintaan. (Forsbom ym. 2001, 19) Vamman vaikutukset seuraavat luonnollisesti myös arjen toimintaan. Baguley ym. (2003) on listannut aivovamman seurauksia ja jakanut ne neljään kategoriaan (ks. kuva 4). Vaikka fysioterapiassa tärkeimpänä fokuksena on fyysinen kuntouttaminen, täytyy muutkin osa-alueet ottaa huomioon. Aivovammasta selviytyneille tehdyssä kyselytutkimuksessa on ilmennyt, että kognitiossa, käyttäytymisessä tai persoonassa havaituilla muutoksilla on suurin vaikutus elämänlaatuun niiden vaikeuttaessa ihmissuhteiden ylläpitämistä, koulunkäyntiä ja työntekoa. (Baguley ym. 2003, 292) Suurimmat muutokset ilmenevät keskivaikeissa ja vaikeissa aivovammoissa,

jolloin akuutti hoito vaatii pitkiä sairaalajaksoja, ja vamman vaikutukset ovat nähtävissä vielä sairaalasta kotiutumisen jälkeen. Koska fysioterapeutti työskentelee pääasiassa kyseisen skaalan potilaiden kanssa, on moninaisuuden ymmärtäminen tähdellistä moniammatillisen kuntoutuksen näkökulmasta. Jotta potilasta voidaan kuntouttaa kohti yhteiskuntaan palaamista, täytyy ottaa huomioon eri osa-alueet, joilla vamma voi oireilla, samoin kuin tahot, jotka voivat osallistua kuntoutukseen kohdennetulla ammattitaidolla. (Stokes & Stack 2011, 30)

AIVOVAMMAN SEURAUKSET

NEUROLOGISET HÄIRIÖT

-Motorisen toiminnan häiriöt— sis. Koordinaatio, tasapaino, kävely, ylärajan toiminta, puhe
 -Aistipuutokset - sis. Maku, näkö, kuulo, tunto ja hajuaisti
 -Univaikeudet - unettomuus, väsymys/fatikki
 -Lääketieteelliset komplikaatiot - sis. Spastisuus, post-traumaattinen epilepsia, hydrokefalus, heterotooppinen ossifikaatio*
 -Seksuaaliset toiminnanhäiriöt

KOGNITIIVISET HÄIRIÖT

-Muistin heikkeneminen, uuden oppimisen vaikeus, tarkkaavaisuus- ja keskittymishäiriöt; ajatusprosessien hitaus ja jäykkyys; ongelmanratkaisutaitojen heikkeneminen
 -Vaikeuksia suunnittelussa, organisoinnissa ja päätöksenteossa
 -Kielelliset ongelmat - sis. Dysfasia, sanajen löytämisen vaikeus ja heikentynyt kirjoitus ja lukutaito
 -Heikentynyt arviointikyky sekä vaarantaju

AIVOVAMMAN SEURAUKSET

PERSOONALLISUUDEN JA KÄYTTÄYTYMISEN MUUTOKSET

-Heikentyneet sosiaaliset taidot, sekä coping-taidot, heikentynyt itsetunto
 -Emotionaalisen kontrollin muutokset; heikko turhautumisen sietokyky sekä vihanhallintakyky; kieltäminen ja itsekeskeisyys
 -Heikentynyt käsityskyky, estottomuus, impulsiivisuus
 -Psykiatriset häiriöt ja sairaudet - ahdistus, masennus, post-traumaattinen stressi, psykoosi
 -Apaattisuus ja amotivaatio-oireyhtymälle tyypilliset tilat

VAIKUTUKSET YLEISEEN ELÄMÄNTAPAAN

-Työttömyys ja taloudelliset vaikeudet
 -Vaillinaiset akateemiset suoritukset
 -Kuljetus/kulkuvälineiden vaihtoehtojen puute
 -Vaillinaiset mahdollisuudet virkistystoimintaan tai vapaa-ajan viettoon
 -Hankaluus ylläpitää ihmissuhteita, parisuhdeongelmat
 —Vammaa edeltävän roolin menetys; itsenäisyyden menetys

LÄHDE: BAKULEY YM. 2003. MJA PRACTICE ESSENTIALS. S. 291

LÄHDE: BAKULEY YM. 2003. MJA PRACTICE ESSENTIALS. S. 291

Kuva 4. Aivovamman seuraukset. (Bakuley ym. 2003, 291)

4 Neuroplastisuus

Aivot ovat muokkautuva elin, joka reagoi uuden oppimiseen läpi elämän. Erityisesti lapsuudessa ja nuoruudessa uusien hermosolujen ja -ratojen syntyminen on luontaisesti vauhdikasta, mutta plastisia muutoksia tapahtuu myös myöhemmällä iällä uusia taitoja opetellessa. (Jehkonen ym. 2019, 48) Aivojen muokkautuvuus voidaankin jakaa kyseisten piirteiden perusteella niin kutsuttuun geneettiseen plastisuuteen (experience-expectant), joka mahdollistaa lapsen kasvun ja kehityksen,

sekä kokemuspohjaiseen plastisuuteen (experience-dependent), joka mahdollistaa uuden oppimisen vielä aikuisuudessakin. (Kauranen 2011, 317)

Aiemmin vallitsevan käsityksen mukaan aivot kehittyvät tiettyyn ikävuoteen saakka, jonka jälkeen saavutettu kehitys on pysyvää. Kuitenkin keskushermoston ja aivojen tutkimukset ovat paljastaneet hermosolujen ja hermoverkostojen kyvyn muokkautua ja muovaantua pitkin ihmisen elinkaarta. Täten myös vamman yhteydessä kuntoutuminen on plastisten muutosten ansiosta mahdollista. (Gjelsvik & Line 2016, 1.3)

Fysiologisella tasolla plastisiteetti voidaan jakaa harmaan ja valkoisen aineen muutoksiin. Harmaan aineen muutoksina pidetään itse hermosoluissa tapahtuvaa muokkautumista, sekä harmaan aineen lisääntymistä. Oppimisen seurauksena syntyy sekä uusia hermosoluja (neurogeneesi) että uusia verisuonia (angiogeneesi). Hermosolujen aksonit ja dendriitit versovat uusia haaroja ja näin muodostuu uusia yhteyksiä, eli synapseja hermosolujen välille (synaptogeneesi). (Jehkonen ym 2019, 49) Neurogeneesiä tapahtuu tutkitusti pikkuaivojen ja hippokampuksen alueella. Myös isoainojen aivokuorella ja selkäytimessä on todettu tapahtuvan uusien hermosolujen syntymistä. (Kauranen 2011, 323) Hermoston kasvutekijöiden (neurotrofiini) esiintyminen saa aikaan neurogeneesiä ja myös ylläpitää kyseistä prosessia. (Gjelsvik & Line 2016, 1.3) Tällaisia neurotrofiineja ovat mm. hermosolujen kasvutekijä (NGF), neurotrofiini-3 ja -4 sekä aivoperäinen neurotrofinen tekijä (BDNF). (Kauranen 2011, 329)

Hermoston kasvutekijät saavat aikaan proteiinisynteesin, jossa neuronin tumassa olevan DNA:n emäsketju kopioituu ja kulkeutuu solulimaan. Siellä RNA:n kuljettama emäsketju tarttuu paikalla olevaan ribosomiin, jossa aminohappojen yhdistymisen myötä syntyy proteiineja, jotka anterogradisen aksonaalisen kuljetuksen kautta päätyvät solun aksonipäätteeseen, synapsirakoon. Geenejä kuljettavat proteiinit vastaavat synapsien rakenteellisesta muuttumisesta ilmentäen muistamista ja oppimista. Hermoston kasvutekijöitä erittyy erityisesti levon ja unen aikana, jonka vuoksi myös vaurioituneeseen keskushermostoon kohdistuvassa oppimisessa unen ja levon merkitys on suuri. (Mts. 2011, 327-330)

Sähköinen aktiivisuus hermosoluissa saa aikaan hetkellistä muokkautumista synapseissa, mutta jotta muutos jäisi pysyväksi täytyy aktiivisuuden olla toistuvaa. Uutta taitoa opittaessa muistijälki

luodaan aivoihin juuri neuroneiden aktiivisuuden kautta. Sähköisen impulssin aiheuttamasta hermosolun aktivaatiosta lähtee viesti motorista ja sensorista palautetta vastaanottaville aivoalueille (pikkuaivot, hippokampus ym.). Siellä tieto aktivoituneista hermosoluista käsitellään ja palautetaan takaisin hermosoluun. Tämä vahvistaa motorisesta toiminnasta jäävää muistijälkeä. Usein yhtä neuronin ärsyttämällä joukko ympäröiviä neuroneita aktivoituu. Tätä ilmiötä kutsutaan potentiaatioksi. Sähköinen ärsyke saa synapsiraossa aikaan reaktion, jossa välittäjäaineissa tapahtuvan tapahtumaketjun ansiosta ionivaihto pitkittyy, joka puolestaan vaikuttaa välittäjäaineiden määrän kasvamiseen. Tätä kutsutaan pitkäkestoiseksi potentiaatioksi ja kyseinen ilmiö on edellytys muistamiselle ja oppimiselle. Jotta pitkäkestoinen potentiaatio on mahdollista, täytyy soluissa tapahtua proteiinisynteesiä, joka mahdollistaa solun muokkautumisen ja toiminnan muuttuneissa olosuhteissa. (Mts. 2011, 318, 322-325)

Neuronien plastisuutta voidaan ajatella karkeasti prosessina, jossa presynaptisen aktiopotentiaalinnan kasvu johtaa hermovälittäjäaineiden suuremman määrän erittymiseen synapsirakoon, jonka seurauksena postsynaptinen solukalvo pyrkii muokkautumaan siten, että se pystyy ottamaan vastaan synapsirakoon purkautuneet neurovälittäjäaineet. (Gjelsvik & Line 2016, 1.3) Rakenteellisesti tämä tarkoittaa pre- ja postsynaptisten kalvojen pinta-alan kasvua, hermosolun laukeamiskynnyksen madaltumista sekä postsynaptisen potentiaalinnan kestoajan pitenemistä. (Kauranen 2011, 323) Myös neuronien aktiivisuus määrää sen, mikä neuroni säilyy ja mikä kuolee pois. Käyttämättömät yhteydet surkastuvat ja puolestaan käytettävät yhteydet vahvistuvat. (Gjelsvik & Line 2016, 1.3) Myös gliasoluja muodostuu enemmän ja näiden sekä hermosolujen yhteistoiminta tehostuu. Valkean aineen plastisiteetista puhuttaessa tarkoitetaan hermosäikeisiin kohdistuvia muutoksia. Erityisesti myeliinikerroksessa tapahtuu muokkautumista sen paksuuntuessa ja myeliinintuotannon lisääntyessä. Hermosäikeitä ympäröivissä verisuonissa tapahtuu angiogeneesiä ja hermosäikeet uudelleenorganisoiduvat plastisten muutosten ansiosta. (Jehkonen ym. 2019, 49)

Aivoissa tapahtuvat muutokset voivat olla adaptiivisia tai maladaptiivisia riippuen siitä, millaisia vaikutuksia muutoksilla on. Adaptiivisista muutoksista puhuttaessa uuden oppiminen johtaa positiivisiin muutoksiin ja yksilön kyky toimia lisääntyy. Uusia hermoyhteyksiä muodostuu ja hermosolut aktivoituvat asianmukaisesti. Vaurioituneiden alueiden toiminta kompensoituu muissa aivojen osissa, jolloin yksilö pystyy suorittamaan päivittäisiä toimintojaan vammasta huolimatta. Maladaptiivisista muutoksista puhuttaessa uuden oppiminen johtaa negatiivisiin muutoksiin ja yksilön kyky toimia vähenee. Uusia hermoyhteyksiä muodostuu ja hermosolut aktivoituvat asianmukaisesti. Vaurioituneiden alueiden toiminta kompensoituu muissa aivojen osissa, jolloin yksilö pystyy suorittamaan päivittäisiä toimintojaan vammasta huolimatta. Maladaptiivisista muutoksista puhuttaessa uuden oppiminen johtaa negatiivisiin muutoksiin ja yksilön kyky toimia vähenee. Uusia hermoyhteyksiä muodostuu ja hermosolut aktivoituvat asianmukaisesti. Vaurioituneiden alueiden toiminta kompensoituu muissa aivojen osissa, jolloin yksilö pystyy suorittamaan päivittäisiä toimintojaan vammasta huolimatta.

tiiviset muutokset taas tarkoittavat haitallisia muutoksia, jolloin hermosolut ovat hypo- tai hyperaktiivisia ja hermosoluissa tapahtuu rappeutumista. Maladaptiivisten muutosten johdosta vammautuneella saattaa ilmetä esimerkiksi yliherkkyyttä, kipua, spastisuutta tai dysreflexiaa. Riippuen siitä, miten eri hermosoluja ja -ratoja aktivoidaan, uudet yhteydet saattavat myös yhdistyä toisiinsa. Tällöin voidaan puhua hermoyhteyksien päällekkäisyydestä tai kollateraalisesta versomisesta. (Jehkonen ym. 2019, 49-50; Gjelsvik & Line 2016, 1.3)

Kollateraallinen versominen ja kestoherkistyminen (LTP) sekä kestodepressio ((LTD) LTP:lle vastakkainen ilmiö) saavat aikaan uusien hermoyhteyksien aktivoitumista, joka saa aikaan kehon kortikaalisten edustusalueiden uudelleenorganisointumista. Tämä ilmenee muun muassa synapsien vahvistumisena, synaptogeneesinä sekä aivokuoren paksuuntumisena. (Gjelsvik & Line 2016, 1.3)

Jokaiselle yksilölle muodostuu elämänsä aikana erilaisia liikeskeemoja, eli malleja, joilla yksilö liikkuu. Skeemaa voidaan kuvata aivoissa kehon sensorimotorisena karttana. Näiden skeemojen muodostumiseen vaikuttavat vahvasti somatosensoriset, motoriset, visuaaliset sekä vestibulaariset viestit. Käytännössä kehoa edustava kartta päivittyy jatkuvasti toiminnan ohessa aivoihin tulevan palautteen ansiosta. Skeemat mallintuvat aivoissa kortikaaliseksi kartoiksi, jonka perusteella liiketoiminto ohjelmoidaan toteutettavaksi. Uuden taidon oppiminen vaatii näiden kortikaalisten karttojen aktivoitumista ja jäsentymistä opitun taidon kehittyessä. Esimerkiksi motorista oppimista ja spastisuuden vähenemistä voidaan havaita, kun sensorisia järjestelmiä aktivoidaan. Spontaania toipumista tapahtuu traumaattisen aivovamman jälkeen kuuden kuukauden ajan. Harjoittelun aikaansaamia tuloksia voidaan saada aikaan vielä vuosia tapaturman jälkeen. (Mts. 2016, 1.3)

5 Fysioterapia

Fysioterapeuttisessa kuntoutuksessa pääpaino on fyysisten toimintojen kuntoutumisessa. Terapialla pyritään mahdollistamaan liikkumista ja sen myötä arkipäiväistä toimintaa. Kuntoutuksen suunnittelun ja toteutuksen on tärkeää tapahtua moniammatillisena yhteistyönä, sillä esim. fysioterapeuttien ammattitaito on rajallinen verrattuna aivovamman aiheuttaman oirekuvan laajuuteen. Fysioterapian suunnittelussa on myös otettava huomioon sekä kuntoutuja yksilönä että kuntoutujan lähtökohdat (perhe, elinympäristö ym.) ja näin ollen esimerkiksi läheisten ohjaaminen kuuluu merkittävänä osana kuntoutumisprosessiin. (Stokes & Stack 2010, 37-38, 44) Potilaan tilan-

netta voidaan tarkastella kuntoutuksessa hyödynnettävän ICF-kehiksen läpi. ICF on luokitusjärjestelmä, jota voidaan hyödyntää kuntoutujan toimintakyvyn, rajoitteiden ja terveyden arviointiin. (THL 2021) Neurologisen kuntoutujan kohdalla tarkastelussa huomioidaan kaikki yksilöön vaikuttavat tekijät ja erityisesti kokonaisuudet, jotka koskettavat terveydentilaa, kehon rakenteita ja toimintoja sekä aktiivisuutta. (Gjelsvik & Line 2016, 1.3)(Liite 7) Fysioterapiaa hyödynnetään potilaan kuntoutuksessa erityisesti, jos potilas kärsii tasapainon, motorisen kontrollin tai koordinaation ongelmista tai halvausoireista. Fysioterapia aivovamman hoidossa noudattaa samoja periaatteita kuin aivoverenkiertohäiriön kuntoutuksessa. (Käypähoito 2021) Näitä periaatteita ovat muun muassa kuntoutuksen intensiivisyys sekä aktiivisuuden tasapainottaminen aivopuoliskojen välillä. (Gjelsvik & Line 2016, 1.3)

Myös liikunnalla on todettu olevan vaikutusta mm. vauhdikkaampaan neurogeneesiin sekä angiogeneesiin, pienentyneeseen oksidatiiviseen stressiin sekä aktivoituneeseen proteasomien toimintaan (vaurioitunut kudos poistuu aivoista). Liikunta edistää aivoissa kehittyvää hermokasvutekijää, BDNF:ia (Brain Derived Neurotrophic Factor), joka aktivoi synapsitoimintaa. Samoin aivojen serotoniini- sekä asetyylikoliinipitoisuus kasvaa, jotka vaikuttavat motivaatioon sekä muistitoimintoihin. Liikunnalla on myös vaikutus ihmisen hormonitoimintaan, jonka ansiosta kehon kemiallinen stressitaso laskee ja stressinsietokyky paranee. Stressin seurauksena elimistön kortisolitaso nousee, joka vaikuttaa neurogeneesiin hidastumiseen ja solujen nopeutuneeseen vanhenemiseen. (Sandström & Ahonen 2011, 146-147)

Akuuttivaiheessa aivovamman hoitoon kuuluu merkittävänä osana hapensaannin varmistaminen, sekä kehon neste- ja verenkierron toimivuuden varmistaminen, jotta aivojen metabolismi pystyisi vastaamaan vaurioituneen hermoston energiankulutukseen. (Stokes & Stack 2010, 34) Lääkityksellä, verenpaineen monitoroinnilla sekä kallonsisäisen paineen madaltamisella voidaan vaikuttaa sekundaarivammojen syntyyn ja vaikeusasteeseen. (Käypähoito 2021) Asentohoitona akuutissa vaiheessa voidaan käyttää neutraalia tai hieman kohotettua asentoa. Kohotetussa asennossa potilaan kallonsisäistä painetta pystytään madaltamaan, mutta joissain tapauksissa kohoasento voi laskea verenpainetta, jolloin asennon hyödyt ovat minimaaliset haittoihin verrattuna. Sub-akuutissa vaiheessa fysioterapiaan kuuluu toimintakyvyn arvioinnin lisäksi asteittaisesti etenevä päivittäisten toimintojen harjoittelu sekä itse potilaan että omaisten ohjaaminen. (Stokes & Stack 2010, 34)

Kuntoutumisen lähtökohtana toimii oppiminen sekä muisti. Opinnäytetyössä käsiteltävässä kontekstissa erityisesti motorisella oppimisella on suuri rooli. Motorista oppimista voidaan kuvata prosessiksi, jossa suunnitellun ja suoritettun liikkeen, sekä siitä saadun sensorisen palautteen välille muodostuu assosiatiivinen yhteys, eli liikemalli. Kyseistä mallia hiotaan myöhemmin kehosta tulevan palautteen avulla ja hioutunut liikemalli painetaan muistiin. (Gjelsvik & Line 2016, 1.3) Fysiologisesti oppiminen, muistiin painaminen ja sieltä palauttaminen ovat neuronien toiminnan tehostumisen seurausta. Liikkeen tuottama hermoimpulssi aktivoi neuronien synapsitoimintaa saaden aikaan pitkäkestoisen potentiaation, jonka prosessointi aivojen eri osissa muuttaa synapsin aktiivisuuden muistijäljeksi suoritettusta liikkeestä. (Kauranen 2011, 322)

Gjelsvikin ja Linen (2016, 1.3) mukaan neurologisen kuntoutujan kohdalla tulisi hyödyntää sekä proseduraalista (implisiittinen) että deklaratiivista (eksplisiittistä) muistia. Implisiittiset muistot tarkoittavat niin kutsuttuja tiedostamattomia muistoja, joita mediaalinen ohimolohko, etuotsalohkon kuori, pikkuaivot, basaaligangliat sekä sensomotorinen aivokuori säilövät. (Mts. 2016, 1.3) Nämä muistot kertyvät erinäisistä motorisista toiminnoista ja niiden aikaansaamasta sensorisesta palautteesta. Kyseiset muistot ovat tiedostamattomia, eikä niiden oppiminen vaadi tietoista keskittymistä. Tämän vuoksi implisiittisten muistojen ohjaama toimintakin on tiedostamatonta. Proseduraalinen oppiminen tapahtuu assosiatiivisen ja ei-assosiatiivisen oppimisen kautta. Assosiatiiviseen oppimiseen kuuluu klassinen sekä operatiivinen ehdollistuminen. Klassisen ehdollistumisen mallin mukaan ihminen oppii tiedostamattomasti yhdistämään ärsykkeet, joille tämä toistuvasti ja samanaikaisesti altistuu. Reagointi ärsykkeisiin on ehdollistumisen johdosta lähes refleksinomaista ja oppiminen tätä kautta täysin ulkoa päin tulevaa. (Kauranen 2011, 320) Hermostollisesti klassinen ehdollistuminen vaatii sekä pre- että postsynaptista reagointia ehdolliseen ja ehdottoman viestiärsykkeen välittämiseksi eteenpäin. (Gjelsvik & Linen 2016, 1.3) Operatiivisessa ehdollistumisessa yksilö puolestaan toimii itse ja oppii reagoimaan ärsykkeisiin niiden syy-seuraussuhteen ansiosta. Tässä mallissa toimintaa ohjaa palkkio tai rangaistus, jonka mukaan yksilö toimii itselleen suotuisimmalla tavalla. Ei-assosiatiivinen oppiminen puolestaan tapahtuu tottumisen (habituaatio) tai herkistymisen (sensitisaatio) kautta. Habituaatiossa toistuvien ärsykkeiden johdosta synaptinen ärsyyntyvyys yksilölle merkityksettömiä ärsykeitä kohtaan heikkenee ja opittu taito siirtyy tiedostamattomaan muistiin. Sensitisaatiossa tilanne on puolestaan päinvastainen. Esimerkiksi aistiärsykkeet, kuten kosketus tuntuvat presynaptisen toiminnan tehostumisen myötä normaalia voimakkaampina. (Kauranen 2011, 319-320)

Deklaratiivinen muisti tarkoittaa tiedostettua muistia ja hyödyntää toiminnassaan eksplisiittisiä muistoja. Toiselta nimeltään deklaratiivista muistia kutsutaan säilömuistiksi (Mts. 2011, 321) Tiedostettuun muistiin opitun säilöminen edellyttää yksilön ymmärrystä suoritettavasta tehtävästä. Esimerkiksi kun oppija tiedostaa porraskävelyn tai tuolilta seisomaannousun eri vaiheet, voi tämä oppia taidon tietoisien toiminnan kautta. Oppiminen on siis kokemuspohjaista ja perustuu tosiasioihin. Verbaalinen ohjaus toimii erityisesti deklaratiiviseen muistiin pohjaavassa oppimisessa, mutta aivovammapotilailla tällaista väylää ei suositella käytettäväksi. Tietoinen tekeminen voi ajaa tiedostamattoman oppimisen yli, jonka vuoksi kuntoutumista saattaa varjostaa maladaptiiviset muutokset. (Gjelsvik & Line 2016, 1.3) Deklaratiivinen muisti jakaantuu semanttiseen ja episodiseen muistiin, joista episodinen sisältää voimakkaasti kokemuksellisia ja henkilökohtaisia tapahtumia. Eksplisiittisten muistojen mieleen palauttamisesta vastaavat ohimo- ja otsalohko sekä hippokampus ja häntätumake. (Kauranen 2011, 321)

Vaurio aiheuttaa aivokudoksessa muutaman päivän kestävä shokkitilan, jolloin aivoissa vallitsee laaja inhibitiotila. Myöhemmin toipumisvaiheessa tapahtuu spontaania kuntoutumista, jolloin vaurioalue tarkentuu ja kompensatorisia liikekaavoja alkaa muodostua. Myös korvaavat mallit alkavat ilmetä myöhemmässä vaiheessa. (Gjelsvik & Line 2016, 1.3) Vaikka voitaisiin ajatella, että vaurioitunut keskushermosto ei välttämättä palaudu tai palautuu hitaasti, on toipumisen mahdollisuus silti hyvä erityisesti lievemmissä vammoissa. (Käypähoito 2021) Muutamia viikkoja vamman jälkeen aivoja muokkaavat mekanismit ovat aktivoituneet, jonka johdosta palautuminen ja motorinen oppiminen on mahdollista. Gjelsvikin ja Linen (2016, 1.3) mukaan harjoittelun tulisi tapahtua usein ja tasaisin aikaväleillä, jotta tulokset olisivat suotuisimpia. Opittujen taitojen pysyvyys ja käytettävyys myös kasvavat tasaisen harjoittelun myötä. Vaurioituneiden aivoalueiden aktivointi lisää välittäjäaineiden pitoisuuksia aivoissa sekä edistää kortikaalisten alueiden kasvua. Inaktiivisuus puolestaan johtaa toimivampien aivoalueiden ylikompensatioon, jolloin vaurioituneen alueen toiminta heikkenee entisestään sen surkastuessa käyttämättömyyden vuoksi. Jotta saavutettuja positiivisia plastisia muutoksia ei menetetä tulisi harjoittelua toistaa tasaisesti. Tutkimusten mukaan harjoittelun laadulla on vaikutusta plastisiin muutoksiin. On myös todettu, että monipuolinen taitojen harjoittelu johtaa parempaan lopputulokseen, kuin yksipuolinen toistuva harjoittelu. Kun harjoittelu on kuntoutujalle itselleen mielekästä ja merkityksellistä, on sillä positiivisia vaikutuksia motivaatioon sekä plastisiin muutoksiin aivokudoksessa. (Gjelsvik & Line 2016, 1.3)

Aivovauriolle tyypillinen oire on vauri puolen inhibitio ja terveen puolen hyperaktiivisuus. Usein terve aivopuolisko pyrkii kompensoimaan vaurioituneen aivopuoliskon toiminnan vajautta, joka voi myös aiheuttaa vauri puolen kuntoutumisen hitautta. Vauri puolen raajojen käytön ollessa haastavaa, kuntoutuja saattaa jättää kyseisen puolen raajojen käytön vähemmälle. Opittu inaktiivisuus saattaa lisätä terveen puolen hyperaktiivisuutta, jota seuraa vamma puolen motorisen kartan pieneneminen ja puolestaan terveen puolen motorisen kartan laajeneminen. Opittu inaktiivisuus saattaa myös viitata vauri puolen raajojen hallinnan puutteeseen, joka osaltaan saattaa vahvistaa kompensatorisia liikemalleja. Fysioterapeuttisessa kuntoutuksessa tärkeänä tekijänä on aktiivisuuden tasapainottaminen molempien aivopuoliskojen välillä ja terveen puolen aktiivisuuden rajoittamisen onkin todettu edistävän vauri puolen kuntoutumista. Tätä prosessia voidaan edistää erilaisin aivostimulaatiota hyödyntävin mekanismein, joita ovat NIBS (non invasive brainstimulation), rTMS (repetitive transcranial magnetic stimulation) sekä tDCS (transcranial direct current stimulation). (Mts. 2016, 1.3)

Fysioterapeuttisessa ohjauksessa on hyvä ottaa neurologisenkin kuntoutujan kohdalla huomioon neuroplastisuutta fasilitoivat tukiaktiiviteetit. Synaptisen viestinvälitystä tehostaa vaurioitumattomassa keskushermostossa yksilön motivaatio, vireystila, tarkkaavuus sekä mahdollinen lääkitys. (Kauranen 2011, 318)

6 Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoite

Opinnäytetyön tarkoituksena on lisätä aivovammapotilaiden kanssa työskentelevien fysioterapeuttien, hoitoalan henkilöstön sekä asiasta kiinnostuneiden tietoisuutta aivojen muokkautuvuudesta vammasta toipumisen eri vaiheissa ja siitä, kuinka plastisuutta pystyttäisiin sisällyttämään tehokkaammin kuntoutuksen suunnitteluun ja toteutukseen.

Tavoitteena opinnäytetyössä on kartoittaa ja koota jo olemassa olevaa tietoa aivovamman kuntoutukseen linkittyvästä neuroplastisuudesta kirjallisuuskatsauksen avulla ja tuoda sitä esille erityisesti fysioterapeuttisesta näkökulmasta.

Tutkimuskysymyksinä opinnäytetyössä ovat:

1 Millaisia harjoituksia/metelmiä aivovamman kuntoutuksessa käytetään?

2 Miten niitä käytetään?

3 Millaisiin neuroplastisiin muutoksiin käytetyt harjoittelumenetelmät johtavat?

7 Tutkimuksen toteuttaminen

7.1 Narratiivinen kirjallisuuskatsaus

Kirjallisuuskatsaus on metodi, jolla pyritään jäsentämään olemassa olevaa tietoa ja mahdollisuuksien mukaan kehittämään sen avulla uutta teoriaa. Menetelmä kokoaa, kartoittaa ja seuloa tehdyistä tutkimuksista nousevaa tietoa, arvioi sitä ja pyrkii tuomaan esille potentiaalisia ongelmia. Kirjallisuuskatsauksella on mahdollisuus tarjota näin monipuolinen katsaus käsiteltävään aiheeseen tai sen historiaan ja kehitykseen. (Salminen 2011, 3)

Opinnäytetyön tutkimusmenetelmäksi valikoitui narratiivinen kirjallisuuskatsaus sen vastatessa parhaiten opinnäytetyön tutkimusasetelmaan ja -kysymyksiin. Tutkimusasetelman ollessa laaja, tutkimukselle otollisen metodin avulla tarkasteltavaa aihetta pystytään kuvaamaan laajasti ja monipuolisesti. (Hewitt-Taylor 2017, 12)

Kirjallisuuskatsaus on niin kutsuttu sekundaarinen tutkimusmenetelmä, sillä se hyödyntää primäärin tutkimuksen tuloksia (alkuperäinen data jo kerätty ja analysoitu). Jotta kirjallisuuskatsaus täyttää tieteellisen tutkimuksen laadulliset kriteerit, on sen tekemisessä noudatettava systemaattisesti ja tarkasti metodiin kuuluvia erinäisiä vaiheita. (Mts. 2017, 12) Salminen (2011) kuvaa tekstissään porrastusta Finkin mallina, jonka mukaan systemaattinen kirjallisuuskatsaus etenee. Narratiivinen kirjallisuuskatsaus on metodina huomattavasti löyhempi, eikä vaadi systemaattisen katsauksen veroista seulontaa käytettävän aineiston suhteen. Kerätyn aineiston tutkimusmenetelmät voivat siis olla moninaisempia, kuin systemaattisen katsauksen. (Salminen 2011, 14; Laaksonen ym. 2010, 28) Tähän opinnäytetyöhön narratiivinen katsaustyyppi valikoitui juuri siitä syystä, että karkeamman seulonnan ansiosta aineistoa saadaan kerättyä laajemmin. Koska narratiivinen katsaus voi pitää

sisällään erilaisin tutkimusasetelmin toteutettuja tutkimuksia, voi tällöin myös lopullisen tuotoksen näkökulma olla laajempi. (Axelin, Stolt & Suhonen 2015, 9) Tarkoituksena on pohtia aivovamma-kuntoutuksen mahdollisuuksia rajaamatta tuloksia välttämättä yhteen harjoitusmuotoon.

7.2 Aineistonhankintamenetelmä

Kun tutkimusasetelma on laadittu ja tutkimuskysymykset asetettu, alkaa tiedonhaku, jonka ensimmäinen vaihe on huolellinen suunnittelu. (Hewitt-Taylor 2017,77) Aineiston keruuta varten on valikoitu hakusanat ja käytettävät tietokannat sekä sisäänotto- ja poissulkukriteerit. Alun perin hakusanat muokattiin asiasanastojen mukaisiksi, jotta tietokantojen osumat täsmäisivät hakuja mahdollisimman tehokkaasti. Käytettäviä hakusanoja olivat brain injuries, brain injury, traumatic (MeSH), physical therapy (Finto), neuroplasticity (Finto), neuronal plasticity (MeSH) neuroplastisuus (Finto), aivovammat (Finto), fysioterapia (Finto) sekä memory (MeSH).

Hakutulosten ollessa liian suuria, rajattiin hakutermit seuraaviin; "Physical Therapy", physiotherapy, "Traumatic brain injury", Neuroplasticity sekä rehabilitation. Hauissa käytettiin Boolin fraaseja (AND ja OR) yhdistämään fysioterapiaa kuvaavat sanat sekä neuroplastisuus ja kuntoutus. Aineistoa haettiin eri tietokannoista, joita ovat Cinahl Plus Full Text, ProQuest Central, Pubmed, Medline sekä Cochrane Library. Alkuperäisessä testihaussa oli mukana suomenkieliset termit, mutta hakutuloksia ei suomenkielisistä tietokannoista tullut. Loppujen lopuksi tiedonhaussa käytettiin vain englanninkielisiä termejä. Aineiston keruussa huomioidaan sisäänotto- ja poissulkukriteerit, jotka on muodostettu perustuen tutkimuskysymyksiin (Laaksonen ym. 2010). Kriteerit listattuna alla.

Taulukko 2 Poissulku ja sisäänottokriteerit.

Sisäänottokriteerit	Poissulkukriteerit
Kielenä tutkimuksessa suomi tai englanti	Kielenä tutkimuksessa muu, kuin suomi tai englanti
Tieteellinen tutkimus	Opinnäytetyö, muu toissijainen lähde
Saatavilla koko aineisto	Vain osa aineistosta saatavilla
Tutkimus vastaa tutkimuskysymyksiin	Tutkimus ei vastaa tutkimuskysymyksiin
Tutkimus on julkaistu vuonna 2010 tai sen jälkeen	Tutkimus on julkaistu ennen vuotta 2010

Hakutuloksia tuli yhteensä kaikista tietokannoista 64. Tutkimukset seulottiin ensin otsikoiden perusteella. Tässä vaiheessa tutkimuksista karsiutui pois 27. Jäljelle jääneistä tutkimuksista poistettiin duplikaatit, jonka jälkeen tutkimuksia oli 32. Seuraavaksi tutkimuksia karsittiin abstraktin perusteella, jonka jälkeen tutkimuksia oli jäljellä 15. Koko tekstin perusteella opinnäytetyöhön valikoitui loppujen lopuksi 8 tutkimusta. Alla hakuprosessi ja tutkimusten valinta taulukoituna.

Taulukko 3 Hakuprosessi ja tutkimusten valinta taulukoituna.

Tietokannat	Osumia	Otsikon perusteella valittu	Duplikaattien poiston jälkeen	Abstractin perusteella valittu	Koko tekstin perusteella valittu
Medic	1	1	1	0	0
Medline	3	2	1	1	1
Cinahl	1	1	1	1	1
Proquest	37	17	15	5	3
Pubmed	22	16	14	8	3
Cochrane	0	0	0	0	0
Tutkimuksia yhteensä	64	37	32	15	8

8 Aineiston analysointi

Aineiston analysoinnissa käytetään teoriaohjaavaa sisällönanalyysiä. Kyseinen menetelmä valikoitui tutkimusasetelman myötä. Aineistoa käsitellään valmiin teorian pohjalta ja peilataan siihen. Tuloksista pyritään löytämään yhtäläisyyksiä ja eroavaisuuksia olemassa olevaan teoriaan nähden ja teoriaa pyritään tutkimusten pohjalta rakentamaan ja mahdollisesti kehittämään etsimällä potentiaalisia ongelmakohtia. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006, 2.3.2) Ensimmäinen askel kerätyn aineiston analysoinnissa on sen pelkistäminen (redusointi). Tässä vaiheessa aineistosta kerätään tutkimuksen kannalta merkitykselliset kokonaisuudet ja ne tiivistetään pelkistetympään muotoon. Pelkistetyt ilmaukset teemoitellaan ja ryhmitellään (klusterointi) ja ryhmistä muodostetaan alaluokat, jotka nimetään teeman mukaisesti. Sisällönanalyysin ollessa teoriaohjaava, käsitteet ja teemat voivat nousta valmiista teoriasta ja ryhmittely muokkautua sen mukaan. Jotta teoriaorientoituneisuus ei kavenna tutkimuksen näkökulmaa liian ahtaaksi, on analysoinnissa

jätettävä väljyyttä myös aineistosta nouseville mahdollisesti teoriaa haastaville käsitteille. (Seitamaa-Hakkarainen N.d.) Ilmauksista pyritään lopuksi muodostamaan yleiskäsitteitä. Tätä vaihetta kutsutaan abstrahoinniksi. Pelkistetyt, ryhmitellyt ilmaukset jaetaan pääluokkiin ja alaluokkiin, jonka kautta käsitteistö vahvistuu. (Leinonen 2018) Aineiston analysointi on jo keruuvaiheessa alkava prosessi ja kulkee läpi opinnäytteen raportoinnin ja työstämisen. (Seitamaa-Hakkarainen N.d.) Alla olevassa kuviossa on lyhyesti esitelty tutkimukset, niiden tekijät, keskeiset tutkimustulokset sekä tutkimusasetelma. (Taulukko 5)

Taulukko 4 Esittely kirjallisuuskatsaukseen sisällytetyistä tutkimuksista.

Tutkimuksen nimi, tekijät	Tutkimuksen keskeisimmät tulokset	Tutkimusasetelma
Comparison of amounts and types of practice during rehabilitation for traumatic brain injury and stroke. Jacobson K.T; Sarmargia S.; Moore L.G.; Shakya J.K.; Lang C.E. 2010	Tutkimuksessa havaittiin terapiassa tehtävien harjoitusten toistomäärän olevan huomattavasti matalampi, kuin mitä neuroplastisiin muutoksiin vaaditaan. Terapeutin kokemuksella havaittiin olevan merkitystä toistojen määrään – 5-15 vuotta neurologista fysioterapiaa tehneet terapeutit ohjasivat tekemään enemmän toiminnallisia harjoituksia kuin <1 vuotta tai >15 vuotta tehneet. Diagnoosi vaikutti suoritettuihin toistoihin vain vähän.	Koehenkilöt; 24 TBI-kuntoutujaa, 24 AVH-kuntoutujaa, 40 ohjaavaa toiminta- tai fysioterapeuttia, 3 koulutettua havainnoijaa. Yhteensä 107 observeitua terapiaa; 53 AVH, 54 TBI.
Robotic gait assistive technology as means to aggressive mobilization strategy in acute rehabilitation following severe diffuse axonal injury: a case study. Stam D. & Fernandez J. 2016	Tutkimuksessa todettiin aikaisesta, intensiivisestä, kuntouttavasta interventtiosta olevan hyötyä TBI:n jälkeisessä kuntoutuksessa. Robottivälineinen kävelyharjoittelu mahdollisti paremman kuntoutumisen huonoon ennusteseen nähden, kuin mitä konservatiivinen kuntoutus olisi tarjonnut.	Single Case Study; DAI vaurio, subduraali ja subarachnoidaaliverenvuodot. Kuntoutusjakso 6 kuukautta.
Emergence of Virtual Reality as a Tool for Upper Limb Rehabilitation: Incorporation of Motor Control and Motor Learning Principles. Levin M.; Weiss P.; & Keshner E. 2015	VR-harjoittelulla voidaan kasvattaa terapiassa tehtyjen toistojen määrää, jonka ansiosta kuntoutumista ja neuroplastisia muutoksia saadaan tehostettua.	Teoreettinen koonti VR-terapien käytöstä.
Meaningful Functional Change Achieved from Physical Therapy Provided in a Student-Run	Bro Bono klinikalla tarjottu fysioterapia mahdollisti minimaalisen harjoitusmäärän, mutta sen todettiin kuitenkin vaikuttavan positiivisesti asiakkaiden toimintakykyyn. Tutkimuksessa to-	71 tutkimuskohdetta, AVH, TBI, MS diagnooseilla. 60 min terapia kerran viikossa

Tutkimuksen nimi, tekijät	Tutkimuksen keskeisimmät tulokset	Tutkimusasetelma
Pro Bono Clinic. O'Brien S.; Bulas M.; Metcalfe A.; Mix Z.; Richert T. et al. 2017	dettiin motorisen kuntoutumisen olevan mahdollista vielä usean vuoden "stabiilin vaiheen" jälkeen.	toisen vuoden fyysioterapeuttiopiskelijoiden toteuttamana.
The effects of video game therapy on balance and attention in chronic ambulatory traumatic brain injury: an exploratory study. Straudi S.; Severini G.; Amira S.C.; Pavarelli C.; Gamberini G. et al. 2017	TUG-, sekä UBS-testin tulokset paranivat videopeliterapialla, samoin kuin tasapainon säilyttäminen silmät auki. Myös valikoidun tarkkaavaisuuden todettiin parantuvan. Tutkimuksessa havaittiin käytöstä riippuvan neuroplastisuuden esiintymistä vielä vuosien stabiilin vaiheen jälkeen. Videopeliterapia vaikutti motoriikan lisäksi kognitioon positiivisesti.	21 TBI-kuntoutujaa, VR-terapiaryhmä, tasapainolaudalla harjoitteleva verrokki-ryhmä. Harjoittelua 60 minuuttia 3 kertaa viikossa kuuden viikon ajan.
Portable neuromodulation induces neuroplasticity to re-activate motor function recovery from brain injury: a high-density MEG case study. D'Arcy R.; Greene T.; Greene D.; Frehlick Z.; Fickling S.; Campbell N.; Etheridge T.C.; Bollinger F.; Danilov Y.; Livingstone A.; Tannouri P.; Martin P. & Lakhani B. 2020	TLNS:n käytöllä havaittiin olevan merkittävä vaikutus potilaan kuntoutumiseen vielä vuosia tapaturman jälkeen. Pelkällä fysioterapialla pystyttiin saavuttamaan tietty toimintakyvyn taso, mutta neurostimulaation avulla terapiaa saatiin tehostettua vielä stabiilin vaiheen saavuttamisen jälkeenkin.	Single Case Study. Avonainen sagitaalinen traumaattinen aivovamma. Tutkimuksessa vuoden pelkkä fysioterapia+14 viikon fysioterapia, johon yhdistettiin TLNS neurostimulaatio. Yläraajojen hienomotorinen testaus, EEG:n ja MEG:n avulla.
The functional significance of cortical reorganization and the parallel development of CI therapy. Taub E.; Uswatte G. & Mark V.W. 2014	CI (constraint Induced, eli tehostettu raajan käyttö)-terapialla todettiin olevan positiivisia vaikutuksia erityisesti hippokampusissa ilmeneviin plastisiin muutoksiin. Hippokampus on erityisesti kytköksissä tiedon käsittelyyn, muistiin ja oppimiseen.	Teoreettinen koonti CI-terapian käytöstä.
Training-induced improvements in postural control are accompanied by alterations in cerebellar white matter in brain injured patients. Drijkoningen D.; Caeyenberghs K.; Leunissen I.; Vander Linden C.; Leemans A.; Sunaert S.; Duysens J.; Swinnen S.P. 2014	Tasapainoharjoittelulla saatiin aikaan parempia tuloksia staattisessa ja dynaamisessa tasapainossa, niin TBI-koehenkilöillä, kuin terveillä verrokeillakin. Harjoittelun todettiin vaikuttavan aivojen valkoisen aineen lisääntymiseen sekä pikkuaivoissa, että isoavovarressa.	48 osallistujaa, 19 TBI:tä, 29 tavallisesti kehittyvää. Tasapainoharjoittelua tasapainolevyillä 5 kertaa viikossa 8 viikon ajan puoli tuntia kerrallaan. 10 verrokkiä ei harjoitellut lainkaan.

9 Tulokset

9.1 Aivovamman fysioterapiassa käytettävät menetelmät

Kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena oli tutkia aivojen muokkautuvuutta ja kuntoutuksen vaikutusta plastisuuteen kuntoutuksen eri vaiheissa. Koottu aineisto esittelee laaja-alaisesti erilaisia menetelmiä, joilla aivovamman saaneen toimintakykyä pyritään edistämään. Kuvassa 5 on jaoteltu tutkimuksista löytyvät harjoittelumenetelmät kategorioittain. Karkeana jaotteluna harjoitusmenetelmiä olivat yläraajan harjoitteet, liikkumisen harjoitteet (joka sisältää alaraajan harjoitteet), tasapainon harjoitteet sekä kognitiiviset harjoitteet. Tutkimuksissa esitetyt yksittäisesti esiintyvät harjoitteet tai menetelmät on sisällytetty kategoriaan ”muu”.



Kuva 5 Harjoitteluinterventiossa käytettyjen harjoittelumenetelmien esiintyvyyden kategorioittain.

Tutkimuksissa yhteneväisimmäksi harjoittelun kohteeksi nousi tasapainon harjoittaminen eri keinoin. Kuudessa tutkimuksessa (O'Brien, Bulas, Metcalfe Mix, Richert et al. 2017; Fernandez & Stam. 2016; Jacobson, Samargia, Moore, Shakya, & Lang 2010; Straudi, Severini, Amira, Pavarelli, Gamberini, et al 2017; D'Arcy, Greene, Greene, Frehlick, Fickling, Campbell, Etheridge, Smith, Bollinger, Danilov, Livingstone, Tannouri, Martin, & Lakhani 2020; Drijkoningen, Caeyenberghs, Leunissen, Vander, Leemans, Sunaert, Duysens & Swinnen 2014; Jacobson, Samargia, Moore, Shakya & Lang 2010.) tutkittava tai tutkimusryhmä harjoitteli tasapainoa ja asennonhallintaa joko istuen tai seisten. Staattisen tasapainon lisäksi tutkimuksissa esiintyi dynaamisen ja toiminnallisen tasapainon harjoitteita. (Straudi ym. 2017) Yhdessä tutkimuksessa harjoitettiin pelkkää tasapainoa, kun taas muiden tutkimusten kohderyhmän tai -henkilön toimintakyky vaati myös liikkumiseen kohdistuvaa harjoittelua. (Drijkoningen ym. 2014) Erityisesti virtuaalitodellisuuden yhdistetyssä kuntoutuksessa tasapainoharjoitteet olivat pelinomaisia ja vaativat kuntoutujalta tasapainon monipuolista ja laaja-alaista hyödyntämistä. (Levin, Weiss & Keshner 2015)

Tasapainon ohella tutkimuksissa esiintyvä fysioterapia sisälsi kävelyä ja sen harjoittelua, portaissa liikkumista, siirtymisiä, pyörätuolilla liikkumista ja eräässä tutkimuksessa dynaamista tasapainoa haastavaa hyppimistä. (Levin ym. 2015) Kävelyharjoitteet saattoivat olla toiminnallisia tai kuntoutujaa taidollisesti haastavia (kävely joka suuntaan). (Straudi ym. 2017)

Yläraajan toimintojen harjoittelu korostui kolmessa tutkimuksessa. (Taub, Uswatt & Mark 2014; Levin, Weiss & Keshner 2015; Jacobson ym. 2010) Videopelejä käsittelevässä tutkimuksessa tasapainoharjoitteet sisälsivät kurottamistehtäviä ja Afganistanissa palvelleen kapteeni Trevor Greenin tapauksessa yläraajan hienomotorisia harjoitteita käytettiin aivojen sähköisen aktiivisuuden mittaamiseen. Yläraajan harjoitteissa merkittävänä laadullisena tekijänä nousi esille harjoittelun tehtävääorientoituneisuuden tärkeys. Harjoitteet tuli kohdistaa arjessa käytettäviin tehtäviin tai harjoitteiden tuli muuten olla kuntoutujalle merkityksellisiä tai tarpeeksi viihdyttäviä, jotta motivaatio harjoitteluun säilyi. (Levin ym. 2015)

Kognitiiviset harjoitteet esiintyivät pääosin samoissa tutkimuksissa, kuin yläraajan harjoitteet. CIt-terapiaa tutkivassa tutkimuksessa kognitiivisten tehtävien lisäämisen raajan tehostettuun harjoitteluun todettiin vaikuttavan plastisuuteen merkittävästi. (Taub ym. 2014)

Kuvassa 5 mainittu kategoria ”muu” viittaa harjoituksiin ja toimintoihin, jotka olivat yksittäisiä ja esiintyivät harvemmissä tutkimuksissa. Tällaisia harjoituksia olivat mm. erilaiset tekniikat, kuten shaping (harjoittelun vaikeusasteen kasvattaminen progressiivisesti kuntoutujan taitotasoon nähden), TP (Training Package – liuta kognitiivisia harjoitteita, joiden tarkoituksena on tehostaa kuntoutumista ja joihin liittyi oleellisesti potilaan oma harjoittelun edistymiseen liittyvä kirjaaminen), erilaiset toiminnalliset harjoitteet, harjoitteet, joihin liittyi voimakas sensorinen palaute, lihastouksen hallinta sekä hengitys-, tietoisuus-, ja mindfulnessharjoittelu. Trevor Greenin tapauksessa myös harjoittelua edeltävä lämmittely, johon oli sisällytetty pään liike, olkapäiden pyörittely sekä rintakehän liikkeitä, oli kirjattu harjoittelun ohkeen siihen oleellisesti kuuluvana. (D’Arcy ym. 2020)

Aineistoa analysoitaessa katsauksesta nousseille alkuperäisilmauksille luotiin käsitteistö. Harjoittelumenetelmiin kohdistuviksi pääkäsitteiksi nousivat kehonhallintaan tähtäävät harjoitteet, toiminnallisuuteen tähtäävät harjoitteet, jotka jakautuivat ala- ja yläraajojen toiminnallisuuteen, kognitiota kehittävät harjoitteet, kehon ja mielen yhdistämiseen tähtäävät harjoitteet, fysiologisten oireiden hoito, sekä harjoitteluun valmistautuminen. Osa harjoittelumenetelmistä (Shaping, TP sekä sensoriikkaa hyödyntävät tehtävät) luokittuivat pääkäsitteen ”laadulliset tekijät” alle, niiden vaikuttaessa erityisesti harjoittelun laatuun. (Liite 8) Alla olevassa taulukossa esimerkki aineiston analysoinnista ja käsitteistä, jotka muodostuivat teemoittelun aikana.

Taulukko 5 Esimerkki aineiston analysoinnista ja käsitteistä.

Alkuperäinen ilmaus	<u>pelkistetty ilmaus</u> (redusointi)	<u>yläluokka</u> (Klusterointi)	<u>yhdistävä luokka</u> (Abstrahointi)
<p>”--standing, utilizing a mechanical standing frame--”</p> <p>”Balance/rebalancing, postural stability and weightshifting exercises with and without visual feedback were administered using a balance platform (Biodex Medical Systems, Inc., Shirley, NY)--”</p>	<p><u>seisominen apuvälineen kanssa</u></p> <p><u>Staattisen tasapainon harjoittelu tasapainolevyn avulla</u></p>	<p><u>tasapainoa kehittävät harjoitteet</u></p>	<p><u>kehonhallintaan tähtäävät harjoitteet</u></p>

Alkuperäinen ilmaus	<u>pelkistetty ilmaus (reduointi)</u>	<u>yläluokka (Klusterointi)</u>	<u>yhdistävä luokka (Abstrahointi)</u>
intensive training of the more-affected arm for multiple days; "—imitation of a moving virtual hand and an actual hand.	<u>Oirepuolen yläraajan intensiivinen, pitkäaiksoinen harjoittelu.</u> <u>virtuaalisen käden imitoiminen kuntouttavana harjoitteena</u>	<u>raajan toiminnallisuuden tähtävät harjoitteet</u>	<u>toiminnallisuuden tähtävät harjoitteet</u>

9.2 Harjoittelun esiintyminen ja kesto

Tutkimuksissa esitetyt harjoittelumenetelmät erosivat toisistaan mittavasti, eikä harjoittelun esiintyvyydestä (frekvenssi) tai kestosta (duraatio) voitu tämän vuoksi muodostaa vertailukelpoista synteesiä. Tulokset on kuitenkin esitelty niiden vaikuttavuuden mukaan ja tekstimuotoisessa analyysissä laadullisesti harjoittelua kuvaa tutkimuksissa usein esiintynyt, teoriasta nouseva käsite intensiivisyys.

Akuuttivaiheen fysioterapiaa käsitteli pääasiassa yksi tutkimus (Fernandez & Stam 2016), jonka metodeja mukaili toisessa tutkimuksessa kirjattu akuuttivaiheen fysioterapia. (D’Arcy ym. 2020) Akuuttivaiheessa terapian intensiivisyyttä pyritään mukauttamaan potilaan toimintakykyyn. Fernandezin ja Stamin (2016) toteuttamassa single case studyssa huomioitavana tekijänä kuntoutuksen aloittamisessa ja progressiivisessa lisäämisessä oli potilaan verenpaineen, sykkeen ja muiden elintoimintojen seuraaminen. Harjoittelu aloitettiin varhain potilaan heikosta ennusteesta huolimatta, jonka vuoksi alkujaan harjoittelumäärät pystyasennossa pysyivät maksimissaan viidessä minuutissa. Erityisesti potilaan verenpaine ja syke nousivat harjoittelussa voimakkaasti, jonka vuoksi kehoa siedätettiin pystyasentoon hiljalleen. Aiemman teorian mukaan potilaan verenpaine on suorassa suhteessa aivojen perfuusiopaineeseen ja sitä kautta kallon sisäiseen paineeseen. Tästä

syystä aivokudoksen ollessa vielä vaurioille herkistyneessä tilassa verenpaineen nousua akuuttivaiheessa tulee välttää sekundaaristen vammojen ehkäisemiseksi. (Stokes & Stack 2010, 34) Tässä vaiheessa kuitenkin aivokudos on herkimmillään myös plastisille muutoksille, jonka ansiosta intensiivisellä harjoittelulla saadaan akuuttivaiheessa aikaan merkittäviä muutoksia toimintakyvyssä. Fernandezin ja Stamin (2016) tutkimuksessa harjoittelun progressiivinen lisääminen onnistui ja tuotti merkittävää kuntoutumista siten, että potilas pystyttiin kotiuttamaan kotiinsa hoitolaitoksen sijaan. Tutkimuksessa ei mainittu harjoittelun frekvenssiä, eli sitä, kuinka usein harjoittelua toistettiin, mutta kuntoutumisen edetessä harjoitteluaika kasvoi tasaisesti noin kymmenen minuuttia kerrallaan.

Kroonisessa vaiheessa harjoituksen määrä katsaukseen valittujen tutkimusten perusteella vähenee huomattavasti. Ylläpitävää kuntoutusta järjestettiin tutkimusten mukaan noin kerran viikossa ja terapian kesto oli noin 60 minuuttia. Kyseisen harjoittelumäärän todettiin olevan liian matala, jotta varsinaisia plastisia muutoksia voitaisiin havaita. Samoin toistomäärät kyseisissä harjoituksissa olivat liian pienet plastisten muutosten ilmenemiseen nähden. Aivoinfarktista ja traumaattisesta aivovammasta kuntoutuvien harjoittelua ja plastisuutta tutkittaessa saatiin selville, että tyyppillisessä fysio- tai toimintaterapiassa esimerkiksi yläraajan toistoja tulee ainoastaan 40–60, riippuen ohjaavan terapeutin kokemuksesta. Plastisiin muutoksiin tarvittaisiin yläraajan toistoja satoja, jotta huomattavia muutoksia aivojen rakenteessa voisi ilmetä. (Jacobson ym. 2010)

Tätä teoriaa kuitenkin haastaa muiden tutkimusten tulokset, joissa viikoittaisen kolmen tai useamman päivän harjoittelun todettiin saavan aikaan muutoksia sekä toiminnassa, että aivojen rakenteessa. Yksikään tutkimus ei raportoinut satoja toistoja, mutta erityisesti videopelejä ja virtuaalitoimintaa hyödyntävät terapiat lisäsivät kuntoutujien motivaatiota ja sen myötä toistojen määrää. Näin ollen terapia oli tehokkaampaa. Kyseisten terapiamuotojen hyötynä lienee se, että pelattavat pelit ovat verrattain lyhyitä (2-5 minuuttia/peli). Myös niihin kytkeytyvä kokonaisvaltaisuus, auditoriivinen, visuaalinen ja sensorinen vihjeistys sekä välitön palaute mahdollistavat mielenkiinnon pysymisen pelissä ja motorinen kuntoutuminen sekä oppiminen tapahtuvat ikään kuin huomaamatta. (Levin ym. 2015; Straudi ym. 2017) Siispä vaikka harjoittelun pituus oli VP-terapiassa kokonaisuudessaan vain puoli tuntia, olivat tulokset toimintakyvyn kannalta silti merkittävästi positiiviset. (Straudi ym. 2017)

Intensiivisen kuntoutuksen puolesta puhuu myös CI-terapia. Kyseisessä terapiamuodossa vaurioituneen puolen raajaa (pääasiassa yläraajaa) ohjataan käyttämään tehostetusti usean päivän ajan, jonka johdosta saadaan aikaan muutoksia aivokudoksessa ja näin ollen myös toiminnassa. Tutkimuksessa todettiin terveen raajan käytön rajoittamisen olevan merkityksettömin osuus hoidossa. Tehokkaampaa kuntoutumista saadaan aikaan juuri vauriopuolen käytön tehostamisella. (Taub ym. 2014) Kyseinen havainto on mielenkiintoinen, sillä se haastaa Gjelsvikin ja Linen (2016, 1.3) teoriaa siitä, että aivopuoliskojen aktiivisuutta toiminnassa tulisi tasapainottaa ja aktiivisemman raajan toimintaa tämän vuoksi rajoittaa. (Gjelsvik & Line 2016, 1.3) Toisaalta tulos voi johtua aiheeseen otetusta näkökulmasta, jossa ”rajaamisen” sijaan pyritään ”vahvistamaan”. Alaraajassa tehostettua käyttöä ei tutkimuksen mukaan suositeltu, sillä tämän todettiin johtavan epäsuotuisien liikemallien kehitykseen, sekä hankaloittavan liikkumista samalla tavoin kuin alaraajan käytön rajaamisenkin kanssa. (Taub ym. 2014)

Mielenkiintoisena lisänä eri terapiamuotoihin eräessä tutkimuksessa tutkittiin neurostimulaation vaikutusta aivojen muokkautumiseen fysioterapeuttisen harjoittelun ohessa. Kohdehenkilönä toimivan eläköityneen kapteenin kuntoutuksessa oli ennen interventiota käytetty akuuttivaiheessa robottivälineistä kävelyä sekä muita kävelysimulaattoreita. Tämän jälkeen kuntoutus oli jatkunut fysioterapeuttisena harjoitteluna. Toimintakyvyn kehittymisen pysähtyttyä terapian oheen otettiin neurostimulaatiomenetelmä (TLNS= Translingual Neurostimulation), jonka toiminta perustuu kasvohermon ja trigeminaalihermon aktivointiin kielen kautta. Stimulaation tarkoituksena on rajoittaa aivojen aktivoitumista harjoittelun aikana, jotta synapsitoiminta olisi harjoittelussa aktivoituneella alueella keskitetympää ja täten tehokkaampaa. Kohdehenkilö harjoitteli intervention aikana itsenäisesti kuutena päivänä viikossa, kolme kertaa vuorokaudessa. Interventio kesti 14 viikkoa, joista ensimmäisillä viikoilla terapia toteutettiin pääasiassa lähiohjauksena hoitavan klinikan toimesta, jotta kohdehenkilö pystyi tutustumaan neurostimulaatiolaitteen (PoNS) käyttöön. Harjoitukset oli jaettu aamu-, päivä-, ja iltaharjoituksiin. Osa harjoitteista suoritettiin ilman neurostimulaatiolaitetta (PoNS) ja osa laitteen kanssa. Harjoittelu sisälsi aiemmissä kappaleissa mainittujen tasapaino ja kävelyharjoitusten lisäksi tietoisuus-, hengitys-, ja meditaatioharjoitteita sekä lämmittelyn ennen harjoittelua. Lämmittely sisälsi viisi eri liikettä ja muut harjoitteet oli jaettu 20 minuutin osioihin. Aivojen plastisia muutoksia mitattiin aivosähkökäyrän (EEG) ja magneettisähkökäyrän (MEG) avulla.

9.3 Harjoitteluun liittyvät plastiset muutokset

Kirjallisuuskatsaukseen koottu aineisto käsitteli tavalla tai toisella fyysisen harjoittelun vaikutuksia aivokudoksen muokkautumiseen, eli aivojen plastisiteettiin. Tutkimuksissa nousseita muutoksia olivat niin kutsutut rakenteelliset muutokset, joihin lukeutuivat aivojen harmaan ja valkoisen aineen muutokset, kemialliset/sähköiset muutokset käsittäen pääasiassa synapsiyhteyksien muutokset, sekä kortikaaliset muutokset. Tutkimuksessa käsiteltiin myös toiminnallisia muutoksia, jotka havaittiin pääasiassa toimintakyvyn muutoksina enemmän kuin itse aivojen rakenteen muutoksina. Kyseinen kategoria on tästä huolimatta sisällytetty tähän kappaleeseen. Yhdessä tutkimuksessa todettiin, ettei muutoksia syntynyt lainkaan. (Jacobson ym. 2010) (Kuva 6)



Kuva 6 Aivojen plastisten muutosten esiintyminen kategorioittain.

Rakenteellisista muutoksista yhteneväisimpiä ilmaantuvuudeltaan olivat aivojen valkoisen aineen ja sähköisen toiminnan muutokset. Valkoisen aineen muutokset tarkoittavat aksonien ja dendriittien versomista sekä gliasolujen lisääntymistä. Drijkoningen ym. (2014) mukaan kyseiset muutokset tapahtuivat tasapainoharjoittelun johdosta päälakilohkon alaosissa, otsalohkossa, pikkuaivoissa sekä isoaivoja ja pikkuaivoja yhdistävän aivosillan valkoisen aineen radastoissa. CI-terapian tutkimuksessa intensiivisen harjoittelun todettiin saavan aikaan myös angiogeneesiä. (Taub ym. 2014)

Sähköisen aktiivisuuden huomattavista muutoksista raportoi D'Arcy ym. (2020) eläköitynyttä kapeutta koskevassa tutkimuksessa. Yläraajan hienomotoriikan testeissä kohdehenkilön aivoalueiden aktiivisuus nousi sekä suorituksen aikana että suorituksen jälkeen. Aktivaatiokäyrät osoittivat, että toiminnasta seuraava aktivoituminen väheni ipsilateraalisesti (raajan kanssa saman puoleinen aivolohko) ja puolestaan kasvoi kontralateraalaisesti (raajaan nähden vastakkainen aivopuolisko). Aktivaatioalue siis rajautui ja pieneni, jolloin aivojen massa-aktivaatio ja sen aiheuttama hallitsemattomampi liikkuminen vähenivät. Käytännössä siis toiminta rajautui terveen keskushermoston lailla kapeammalle alueelle, saaden aikaan yläraajan hienomotorisen toiminnan tehokkaampaa ilmene mistä. Tutkimuksessa havaittiin myös aivopuoliskojen välistä inhibitiota, kun kohdehenkilö toteutti yläraajan hienomotorista testiä.

Havainto oli sinänsä mielenkiintoinen, sillä inhibitio ilmeni erityisesti vasenta yläraajaa käytettäessä, vaikka kohdehenkilön oikea yläraaja oli vasenta spastisempi ja sen toimintakyky tästä syystä huomattavasti heikompi. Tulkinallisesti tutkimus viittaa näin ollen aivojen tasaavan toimintaansa tässä tapauksessa myös itse, sillä hyperaktiivisuuden ja kompensaation sijaan aivot vaimensivat vasemman yläraajan tuottamaa aktivoitumista aivoissa. Tutkimuksessa havaittiin päälakilohkojen välisen aktiivisuuden kasvun lisäksi etuotsalohkon aktiivisuuden lisääntymistä, mikä puoltaa motorisen kontrollin kehittymistä entisestään. Tämän lisäksi aivorungossa ja pikkuaivoissa havaittiin kestoherkistymisen (LTP) kaltaisia muutoksia, sekä alfa- ja theta-aaltojen lisääntymistä. (D'Arcy ym. 2020) CI-terapian todettiin Taubin ym. (2014) tutkimuksessa saavan aikaan aiemmin hiljaisten hermoyhteyksien aktivoitumista. Kenties hieman maladaptiivisina muutoksia tutkimuksessa havaittiin myös vievien hermoratojen yliherkistymistä, kun tuovat hermoyhteydet vaimenevat vaurion seurauksena.

Kemiallisesti aivojen välittäjäaineissa havaittiin harjoittelun aikaansaamia muutoksia. Fernandezin ja Stamin (2016) suorittamassa tutkimuksessa intensiivisen kävelyharjoittelun havaittiin nostavan hermokasvutekijän (BDNF) määrää aivoissa. Tutkimuksessa mainittiin aiemmissa eläinkokeissa liikunnallisen intervention nostaneen BDNF:n pitoisuuksia ja kyseisen määrän pysyneen korkeana pitkään intervention jälkeenkin. Tutkimustulos siis viittaisi elimistöä kevyesti rasittavan liikunnan edistävän aivokudoksen toipumista vaikuttaen synapsitoimintaan ja sen myötä viestinvälityksen sujuvoitumiseen.

Harmaan aineen muutoksina pidetään itse hermosolujen muutoksia, sekä uusien hermosolujen syntymistä, eli neurogeneesiä. Näitä muutoksia mainittiin vain kahdessa tutkimuksessa. Fernendezin ja Stamin (2016) toteuttamassa tutkimuksessa havaittiin hippokampuksen neurogeneesiä, jonka todettiin vaikuttavan muistiin ja oppimiseen positiivisesti. Taub ym. (2014) puolestaan toteivat aivoihin tulevien hermoimpulssien aikaansaaman kortikaalisen reorganisoitumisen aiheuttavan neurogeneesiä kyseisillä alueilla.

Kortikaalisen uudelleenorganisoitumisen näkökulmasta Taub ym. (2014) esittävät tutkimuksessaan selkeän syy-seuraussuhteen kortikaaliselle reorganisaatiolle. Erityisesti tehostetun raajan käytön tapauksessa lisääntynyt raajan käyttö saa aikaan aivoihin tulevien hermoimpulssien viestitulvan. Tämä puolestaan saa aikaan kyseisen raajan kortikaalisen edustusalueen laajenemisen, joka edelleen johtaa kortikaaliseen uudelleenorganisoitumiseen. Kyseinen teoria on sovellettavissa myös muihin harjoittelumetodeihin, joissa ulkoisten tai sisäisten ärsykkeiden määrä kasvaa harjoittelun myötä. Virtuaalitodellisuutta tarkastelevassa tutkimuksessa todettiin tehtäväorientoituneen harjoittelun saavan aikaan erityisesti sensorisen ja motorisen aivokuoren uudelleenorganisoitumista. (Levin ym. 2015)

Tässä katsauksessa toiminnallisiksi muutoksiksi ovat listautuneet jotkin neuropsykiatriset muutokset, sekä muutokset, joita ei välttämättä voida kohdentaa aivojen tiettyyn alueeseen. Esimerkiksi videopelejä hyödyntävän terapian vaikutuksena voidaan havaita tarkkaavaisuuden ja sen säätelyn paranemista. Tutkimuksessa esitetään kuntoutujan toiminnanohjauksen, kyvyn kontrolloida automatisoitunutta toimintaa sekä häiriintymisherkkyuden vähenemisen muodostuvan niin kutsutun ”top down” mekanismin kautta. Tässä teoriassa yksilön huomio kiinnittyy asiaan, johon kuntoutujalla on suuri motivaatio tai jota kohtaan kuntoutujalla on henkilökohtaisia tavoitteita tai odotuksia. (Straudi ym. 2017) Videopeliterapian todettiin aktivoivan kuntoutujan palkkiojärjestelmän, joka osaltaan saa aikaan motoristen taitojen oppimista sekä toiminnallista kuntoutumista, jonka osin arveltiin johtuvan myös pelien tarjoamasta suuresta palautteen määrästä. Straudin ym. (2017) tutkimuksessa koehenkilöillä havaittiin intervention jälkeen valikoivan tarkkaavaisuuden, kognitiivisen toimintakyvyn, liikkuvuuden ja dynaamisen tasapainon paranemista. Tutkimuksessa todettiin myös käytöstä riippuvaisia plastisia muutoksia liikkuvuudessa ja dynaamisessa tasapainossa vamman kroonisessa vaiheessa. Jehkosen ym. (2019, 228) mukaan toiminnanohjauksesta, tarkkaavuudesta ja muistitoiminnoista vastaavat etuotsalohko, pihtipoimu, syvät aivotumakkeet,

talamus ja niiden välissä kulkevat hermoradat. Nämä alueet ovat siis niitä, joiden toiminta vamman seurauksena häiriintyy ja joissa plastiset muutokset tapahtuvat. Huomioitavaa videopelejä hyödyntävässä terapiassa kuitenkin on se, ettei se sovi kuntoutujille, joilla palkkiojärjestelmä on vaikeasti vaurioitunut, sillä peliterapian vahvuudet kohdistuvat juuri sen kaltaisiin kognitiivisiin menetelmiin. (Straudi ym. 2017) Virtuaalitodellisuutta hyödyntävässä terapiassa rikastetun ympäristö on todettu tehostavan plastisia muutoksia ja parantavan sen myötä keskittymiskykyä (Levin ym. 2015)

Eläköityneen kapteenin kohdalla toiminnallisena muutoksena havaittiin asennonhallinnan merkittävää parantumista. Kohdehenkilö pystyi harjoitteluintervention jälkeen seisomaan itsenäisesti ja liikuttaen samalla yläraajojaan sekä torsoaan, kun alkutilanteessa asennonhallinnan ylläpitämiseksi pystyasennossa kohde vaati kahdella kädellä tukeutumisen hoitajan hartioihin. (D'Arcy ym. 2020) Tasapainoharjoittelua hyödyntävässä tutkimuksessa puolestaan havaittiin, että traumaattisen aivovammadiagnoosin omaavan kohderyhmän tulokset paranivat merkittävästi alku- ja loppumittausten välillä. Samoin tulokset paranivat terveellä verrokkiryhmällä, josta voitaisiin päätellä harjoittelun johtavan toiminnallisen kapasiteetin laajemman käytön mahdollistumiseen myös terveessä keskushermostossa. Tutkimukseen osallistuneiden kuntoutujien toipumisvaihetta tarkastellessa tutkimuksessa havaittiin, että varhaisemmassa vaiheessa olevat hyötyivät harjoittelusta enemmän. (Drijkoningen ym. 2014) Myös tutkimuksessa, jossa tutkittiin toisen vuoden fysioterapeuttipiskelijoiden järjestämää ilmaista kuntoutusta ja sen vaikutusta aivovammasta toipuviin, havaittiin lieviä muutoksia potilaiden toimintakyvyssä. Toimintakyvyn paranemista seurottiin erinäisin testeillä, kuten Timed up and Go (TUG) testillä, Bergin tasapainotestillä, 10-metrin kävelytestillä sekä 5 kerran seisomaannousutestillä. Jokaisella kuntoutujalla havaittiin minimaalisen muutoksen kynnyksen ylittävää toimintakyvyn paranemista.

10 Yhteenveto ja johtopäätökset

Kirjallisuuskatsauksen niin kutsuttuna synteessä voitaisiin pitää sitä, että aivovamman oireisiin voidaan aiemmasta käsityksestä poiketen vaikuttaa vielä pitkään vaurion saamisen jälkeenkin. Terapialla pystytään vaikuttamaan aivojen rakenteeseen merkittävästi erityisesti akuuttivaiheessa, joskin huomionarvoista on se, että akuuttivaiheen terapia on luontaisesti intensiivistä ja usein toistuvaa. Kroonisessa vaiheessa tapahtuvan terapian vaikutukset ovat minimaaliset, eivätkä vaikuta kuntoutujan toimintakykyyn kuin korkeintaan ylläpitävästi, jos terapia toistuu harvoin. Jos terapiaa

puolestaan tehostetaan toistojen määrän lisäämisellä ja lyhentämällä harjoitusten väliaikaa, voidaan harjoittelun tuloksiin vaikuttaa. Myös jos terapiaa tehostetaan neurostimulaatiolla, joka kohdentaa harjoittelun vaikutusta tiettyihin aivoalueisiin, tai VR- tai VP-tekniikoilla, jotka lisäävät kuntoutujan motivaatiota ja sen mukana huomio- ja keskittymiskykyä, voidaan harjoittelulla saada aikaan merkittäviäkin positiivisia muutoksia kuntoutujan toimintakyvyssä.

Katsaukseen kootuissa tutkimuksissa tutkittiin harjoittelun vaikutusta aivojen plastisuuteen sekä toimintakykyyn. Käytettäviä harjoitteita olivat muun muassa tasapainoharjoitteet, liikkumisen harjoitteet, yläraajan harjoitteet sekä kognitiiviset harjoitteet. Kaksi tutkimusta käsitteli virtuaalitodellisuuden sekä videopelien hyödyntämistä terapian ohessa ja yksi tutkimus hyödynsi tasapainolautoja tasapainoharjoittelun pelillistämässä. Myös neurostimulaatiota hyödynnettiin fysioterapeuttisen harjoittelun ohessa. Harjoittelukerrat vaihtelivat kerran viikossa tapahtuvasta tunnin mittaisesta harjoittelusta kuutena päivänä viikossa tehtävään harjoitteluun, joka toistui useita kertoja noin tunnin kerrallaan. Plastisten muutosten valossa tutkimuksissa havaittiin harjoittelumäärän ja harjoittelun laadun korreloivan voimakkaasti neuroplastisten muutosten kanssa. Intensiivinen tai muutoin motivoiva harjoittelu sai harjoittelutavasta riippuen aikaan muutoksia aivojen valkoisessa ja harmaassa aineessa, johon laskettiin myös angiogeneesi ja gliasolujen lisääntyminen. Hermoston aktivoiminen liikkeen ja sensorisen palautteen avulla sai myös aikaan sähköisiä ja kemiallisia muutoksia aivojen välittäjäaineissa.

11 Eettisyys ja luotettavuus

Kirjallisuuskatsauksen toteuttaminen perustuu hyvään tieteelliseen käytäntöön. Tämä tarkoittaa sitä, että opinnäytetyön suunnitelma ja toteutus raportoidaan tarkasti ja huolellisesti ja tutkimustuloksien esittelyssä noudatetaan tarkkuutta ja avoimuutta. Tulokset pyritään esittelemään objektiivisesti ja rehellisesti. Tiedonhankinnassa, tutkimuksen toteuttamisessa ja tulosten arvioinnissa käytetään eettisesti kestäviä menetelmiä, jotka palvelevat tutkimusta. Hankittu aineisto kirjataan ja raportoidaan asianmukaisesti. (TENK, 2012) Kriittisen ajattelun ja kysymysten esittämisen tulee olla osa opinnäytetyöprosessia jo aineistonkeruuvaiheessa. Tutkimuksia valikoitaessa on esimerkiksi hyvä miettiä, onko tutkimukset toistettavissa ja kuinka paljon sosiaalisella ympäristöllä on vaikutusta tutkimustuloksiin. On siis hyvä pohtia, kuinka tilannesidonnaisia tutkimustulokset ovat. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006, 3.3.2) Määrällisten tutkimusten analysoinnissa voidaan

tutkimusten oikeellisuutta pohtiessa nojata enemmän reliabiliteettiin ja validiteettiin, mutta laadullisissa tutkimuksissa haasteena on niiden sosiaalisen todellisuuden yksilöllisyys. Kukin tutkija voi luoda ”omaa todellisuuttaan” tutkimassaan aiheessa, eikä tällaisissa tutkimuksissa absoluuttisia totuuksia ole edes perusteltua etsiä. Tästä syystä laadullisen tutkimuksen toteuttamisen perustana on ennemminkin uskottavuus ja vakuuttavuus sekä tutkimuksen pätevyys. Pohdittavaa on, kysytäänkö tutkimuksessa oikeita kysymyksiä ja pysytäänkö johdonmukaisesti asiassa. (Mts. 3.3.1.) Edellä mainitut seikat on otettava huomioon sekä tutkimusta raportoidessa että aineistoa käsitellessä, jotta tutkimuksen toteutus noudattaisi eettisiä periaatteita ja olisi kokonaisuudessaan luotettava. Tutkimusta tehdessä erityistä huomiota tulee kiinnittää prosessin tarkkaan suunnitteluun, raportointiin ja toteuttamiseen. (Mts. 3.1.1.)

Tutkimusten aineiston keruussa on hyödynnetty PICO-mallia, jota voidaan käyttää jonkin lääketieteellisen metodin vaikuttavuuden arviointiin. PICO-malli on työkalu, joka auttaa tutkimuskysymysten jäsentelyssä ja rajaamisessa ja jonka tarkoituksena on helpottaa tiedonhakuun käytettävien hakulausekkeiden muodostamista. Työkalun toimintaperiaate koostuu erinäisistä komponenteista, joihin tutkimuskysymyksen pitäisi vastata. PICO:n ensimmäinen kirjain P tarkoittaa potilasta tai problemaa. Tämän kategorian avulla rajataan potilasryhmä ja mahdollinen ongelma, johon haetaan ratkaisua tai hoitoa. I tarkoittaa interventiota ja pyrkii löytämään menetelmän, jolla ongelmaa hoidetaan. C kirjain tarkoittaa vertailumenetelmää ja tulee englannin kielen sanasta comparison. Kyseisellä komponentilla pyritään selvittämään mahdollinen vertailtava menetelmä, jota potilaan hoidossa käytetään. Vertailumenetelmä ei ole pakollinen, erityisesti, jos tutkimus keskittyy yhteen interventiomenetelmään. O puolestaan tarkoittaa terveystulosta ja juontuu englanninkielisestä termistä outcome. Viimeisellä komponentilla pystytään selvittämään mahdollisia intervention aikaansaamia tutkittuja terveystuloksia. (Isojärvi 2011, 1-3) Tässä tutkimuksessa PICO-mallia on hyödynnetty hakulausekkeiden rajaamiseen ja muodostamiseen. Mallin mukaan potilas tai probleema oli aivovamman saanut aikuinen/aivovamma, interventiona fysioterapia ja terveystuloksena plastiset muutokset. Vertailumenetelmää ei tutkimuksessa ollut, joten osio C jäi hakulausekkeesta täysin pois. Käytetyt hakusanat muodostuivat mallin perusteella.

Tutkimusten valintakriteereihin kuului, että tutkimus on vertaisarvioitu. Tämä lisää tutkimuksen luotettavuutta ja siten käytettävyyttä. Osa tutkimuksista oli single case studyja, toisin sanoen tutkimuksia, jotka käsitelivät yksittäisiä henkilöitä. Tämä tarkoittaa sitä, ettei kyseisten tutkimusten

tulokset ole suoranaisesti verrattavissa koko potilasryhmään. Osa tutkimuksista oli katsauksia jonkin terapiamenetelmän vaikuttavuudesta yksilön toimintakykyyn, eivätkä näin ollen sisältäneet toistettavaa tutkimusasetelmaa. Rajatumman tutkimusasetelman omaavissa tutkimuksissa puolestaan oli havaittavissa myös tarkat ja testatut tutkimusmenetelmät, joilla testattavien koehenkilöiden toimintakyvyn kehittymistä seurattiin. Interventiot sisälsivät alku-, väli- ja loppumittaukset sellaisilla mittareilla, joita hyödynnetään fysioterapian kentällä (kuten TUG-testi tai Bergin tasapainotesti) tai aivotutkimuksen kentällä (EEG ja MEG).

Opinnäytetyöhön pyrittiin sisällyttämään tutkimuskysymyksiin vastaavia tutkimuksia. Tutkimusasetelma ja työssä esitetyt tutkimuskysymykset olivat erittäin laajat, mikä saattaa osaltaan vaikuttaa tutkimuksen lopputulokseen. Kirjallisuuskatsaus oli tekijälleen ensimmäinen ja sen aineisto oli täysin englanninkielistä, joka voi vaikuttaa tutkimuksen luotettavuuteen merkittävästi. Osassa käytettyjä lähteitä aivotutkimusta avattiin laajasti, mutta koska opinnäytetyön kirjoittaja on erikoistunut fysioterapiaan, on katsauksessa esitelty tutkimuksia sillä tasolla, joka on erikoistumisalaan nähden mahdollista. Myös se, että tutkimuksen on toteuttanut yksi ihminen, on huomioitava tutkimuksen lopputuloksessa.

Katsaukseen valittuja tutkimuksia on aineiston valinnan ja analysoinnin jälkeen peilattu Joanna Briggs-Instituutin arviointikriteereihin, jotka koskevat narratiivisen katsauksen materiaalin luotettavuutta. (Hotus N.d.) Jokainen katsaukseen valittu aineisto sai pisteet, joiden varjolla tutkimukset olisi voitu valikoida katsaukseen alkuvaiheessakin. Joanna Briggs-Instituutti on kehittänyt useita lomakkeita, joiden avulla järjestelmällisten katsausten laadullista kelpoisuutta voidaan arvioida, kun valitaan tutkimuksia, jotka täyttävät katsauksen sisäänottokriteerit. (Mts. N.d.)

12 Pohdinta

Ajatus opinnäytetyön aiheesta lähti käytännön haasteesta. Neurologisessa harjoittelussa nousi esille ajatus siitä, ettei neurologisessa kuntoutuksessa välttämättä tiedetä riittävästi aivojen kyvystä muovautua ja että tämä näkyy käytännön työssä. Potilaan kuntoutumisen potentiaalia ei tämän johdosta hahmoteta tarpeellisella tasolla, sillä aiemmin vallalla olleen käsityksen mukaan aivojen muokkautuvuus on rajallista, samoin kuin kuntoutuminen neurologisen vaurion, kuten aivovamman jälkeen. Aivojen plastisuutta tutkitaan kuitenkin jatkuvasti lisää ja kuten on havaittu, jopa uusia hermosoluja syntyy myös vaurioituneessa keskushermostossa. (Kauranen 2011, 317)

Aiheen valinnassa päädyttiin käsittelemään aivovammaa, sillä aivoverenkiertohäiriöistä löytyy tutkimustietoa ja opinnäytetöitä paljon. Tosin plastisuuden näkökulmasta aihetta ei ole kovinkaan laajasti käsitelty. Fysioterapia valikoitui tekijän opintolinjan mukaan ja plastisuuden näkökulma nousi pääasiassa omasta kiinnostuksesta. Aiheen valinnan jälkeen alkoi aiheen rajaaminen, joka osoittautui haastavaksi. Tavoitteena oli esitellä kattavasti, millaista tutkimustietoa harjoittelun vaikutuksista neuroplastisuuteen on, mutta tämä toi mukanaan ensimmäisen haasteen - hakusanoilla saadun aineiston paljouden. Valtaosa löytyneistä tutkimuksista ei myöskään vastannut tutkimuskysymyksiin edes otsikon perusteella. Aineistomäärää pyrittiin rajaamaan tarkentamalla tutkimuskysymyksiä ja PICO-mallin mukaisia hakulausekkeita. Fysioterapeuttista interventiota kavennettiin johonkin yksittäiseen harjoitusmenetelmään, kuten kehotietoisuusharjoituksiin tai liikkeen fasilointiin. Kummallekään interventiolle ei kuitenkaan saatu ainuttakaan tutkimustulosta, joten haku oli laajennettava takaisin fysioterapiaan. Hakutulosten pysyttyä laajoina lähdettiin hakusanojen määrää karsimaan. Hakusanojen rajaamisen avulla hakua saatiin rajattua siten, että hakutulokset pystyttiin seulomaan manuaalisesti. Kyseisen haun perusteella lopulta katsaukseen päätyneet tutkimukset valikoitiin. Loppujen lopuksi yllättävää oli, kuinka vähän haetuista tietokannoista löytyi tutkimuksia, jotka käsittelivät sekä harjoittelua että neuroplastisuutta ja vastasivat siten tutkimuskysymyksiin.

Tarkoituksena opinnäytetyössä oli laajentaa aivovamman parissa työskentelevien tietoisuutta plastisuudesta ja sen mahdollisuuksista kuntoutuksessa. Tutkimusten ollessa toisiinsa nähden hyvinkin erilaisia ja niiden tarjotessa laajan katsauksen erilaisiin metodeihin, jota aivovamman neurologisessa kuntoutuksessa hyödynnetään, oli aineiston analysointi osaltaan haastavaa. Yhtä lailla yhte näisten kategorioiden luomisessa toisistaan eroavista metodeista ja tuloksista ilmeni haasteita. Toisaalta kirjallisuuskatsauksen tavoite toteutui haastavista vaiheista huolimatta, sillä kirjallisuuskatsauksen narratiivisen luonteen vuoksi tarkoitukseen sopi erojen ja mahdollisuuksien pohtiminen pelkkien yhtäläisyyksien sijaan.

Katsaukseen valikoidun aineiston haasteena voitaisiin pitää sen heterogeenisyyttä ja sitä, etteivät esimerkiksi interventiot olleet toisiinsa verrattavia. Tutkimusten valinnassa pyrittiin kuitenkin noudattamaan hyviä eettisiä periaatteita ja varmistaa tutkimusten laatu valintavaiheessa.

Merkityksellisyytensä puolesta katsaus tarjosi laajahkon valikoiman toimivia menetelmiä, josta fyysioterapeutti tai muu kuntoutuksesta vastaava taho voi valita pohtiessaan kuntoutusta traumaattisesta aivovammasta kuntoutuvalle. Kuten Levin ym. (2015) tutkimuksessaan toteavat, yksi mahdollinen selitys sille, ettei perinteisellä fysioterapialla saada aikaan kovinkaan optimaalisia tuloksia, voisi olla se, etteivät perinteiset terapiamenetelmät pysty riittävästi hyödyntämään aivojen potentiaalia oppia ja muovautua. Sen vuoksi motorisessa kontrollissa ei välttämättä saada aikaan yhtä merkittäviä tuloksia, kuin terapiaa tehostamalla. (Levin ym. 2015)

Katsaus herättääkin kysymyksiä nykyisen kuntoutuksen rakenteellisesta relevanttiudesta. Tutkimukset osoittavat intensiivisen harjoittelun vaikuttavan merkittävästi kuntoutujan toimintakykyyn, kun taas harvoin toteutuneen harjoittelun olevan melko tehotonta toimintakyvyn kohentumisen näkökulmasta. Hypoteettisena jatkotutkimuskohteena voitaisiin esittää tutkimusta terapian toteuttamisen muokkaamisesta ja sen mahdollisuuksista – onko terapian intensiivinen järjestäminen mahdollista tai ylipäätään toteuttamiskelpoista.

Usea tutkimus mainitsi tulososiossaan, että aihetta on kuitenkin edelleen tutkittu melko vähän. Tutkimuksissa ei myöskään aina pystytä testaamaan jotain tiettyä interventiota aukottomasti ja sen perusteella toteamaan sen toimivuutta. Havaitut muutokset ovat usein monen tekijän summa ja näiden tekijöiden selvittäminen vie useita tutkimuksia ja runsaasti aikaa. Katsaukseen kootut tutkimukset kärsivät paikoin myös yleistettävyyden puutteesta, jonka johdosta aiemmin esitetyn jatkotutkimuskysymyksen rinnalla voisi pohtia yksittäisiä henkilöitä tutkineiden tutkimusten suorittamista suuremmalle tutkimusjoukolle. Näin saataisiin selvitettyä, voiko neurostimulaatiolla saada aikaan positiivisia plastisia muutoksia aivovamman saaneiden henkilöiden kuntoutuksessa yleisemmällä tasolla, tai onko akuuttivaiheen intensiivinen kuntoutus aina suositeltavaa ja johtaako se tehokkaampaan kuntoutumiseen, jos tutkimuskohteiden otanta on suurempi.

Myös tässäkin tutkimuksessa esiintynyt virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen tulee mitä luultavimmin lisääntymään tulevaisuudessa. Vaikka aihetta on melko laajalti jo tutkittu aivoverenkiertohäiriöiden jälkeisessä yläraajan kuntoutuksessa, voisi jatkotutkimusaiheena selvittää, VR-tekniikan vaikutusta harjoittelun intensiivisyyteen. Toisin sanoen, kun VR-tekniikkaa hyödyntävien laitteiden hinta laskee ja saatavuus paranee, voitaisiin tutkia mahdollisuutta VR pohjaiseen

kotikuntoutukseen. Kotona harjoittelun intensitettiä pystytään lisäämään huomattavasti verrattuna järjestettyyn fysioterapiaan, jolloin plastisten ja toiminnallisten muutosten voisi olettaa lisääntyvän tiiviimmän harjoittelun myötä.

Lähteet

- Abbot, N. & Yusof S. 2010 Structure and function of of the blood-brain barrier. *Neurobiol. Disease* 37:13-25. King's College London, Pharmaceutical Science Division, United Kingdom. Viitattu 18.3.2021. https://www.frontiersin.org/10.3389/conf.fphar.2010.02.00002/event_abstract
- ACC. Austin Community College District. 2008. Central Nervous System. Austin. Viitattu 16.3.2021. <https://www.austincc.edu/apreview/PhysText/CNS.html>
- Ahonen, J. & Sandström, M. 2011. Liikkuva ihminen – aivot, liikuntafysiologia ja sovellettu biomekaniikka. VK-Kustannus Oy.
- Aivoliitto. 2021. Aivoverenkiertohäiriö. Viitattu 11.2.2021. <https://www.aivoliitto.fi/aivoverenkiertohairio/>
- Aivovammaliitto 2021. Aivovammat. Viitattu 11.2.2021. http://aivovammaliitto.fi/aivovaurio/aivovamma/aivovamma/mika_on_aivovamma/index.html
- Axelin, A., Stolt, M. & Suhonen, R. 2015. Kirjallisuuskatsaus hoitotieteessä. Hoitotieteen laitoksen julkaisuja, tutkimuksia ja raportteja. Turun yliopisto.
- Bakuley, I.J., Cameron, I.D. & Khan, F. 2003. Rehabilitation after traumatic brain injury. *Rehabilitation medicine*. Vol. 178. Viitattu 15.2.2021. https://www.mja.com.au/system/files/issues/178_06_170303/kha11095_fm.pdf
- Biomag HUS. N.d. Aivojen rakenne. Opetusmateriaali. Viitattu 13.5.2021 <https://www.biomag.hus.fi/braincourse/L8.html>
- D'Arcy, R., Greene, T., Greene, D., Frehlick, Z., Fickling, S., Campbell, N., Etheridge, T., Smith, C., Bollinger, F., Danilov, Y., Livingstone, A., Tannouri, P., Martin, P & Lakhani, B. 2020. Portable neuromodulation induces neuroplasticity to re-activate motor function recovery from brain injury: a high-density MEG case study. *Neuroeng Rehabil*. Vol. 17. Viitattu 13.5.2021 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezproxy.jamk.fi:2443/pmc/articles/PMC7708191/>
- De Jesus, O., Payne, W.N. & Payne, A.N. 2020. Countercoup brain injury. National Center for Biotechnology Information. Viitattu 11.2.2021. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK536965/>
- Duodecim. 2017. Lievän aivovamman eri kriteerit. Taulukko. Viitattu 11.2.2021. <https://www.kaypahoito.fi/nix02573>
- Duodecim. 2020. Aivovammat. Käypähoitosuositus. Viitattu 11.2.2021. <https://www.kaypahoito.fi/hoi18020#T1>
- Drijkoningen, D., Caeyenberghs, K., Leunissen, I., Vander, L. C., Leemans, A., Sunaert, S., Duysens, J. & Swinnen, S.P. 2014. Training-induced improvements in postural control are accompanied by alterations in cerebellar white matter in brain injured patients. *Neuroimage Clinic*. s. 240-251. Viitattu 13.5.2021 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezproxy.jamk.fi:2443/pmc/articles/PMC4300016/>

Engelhard, K. & Werner, C. 2007. Pathophysiology of traumatic brain injury. Oxford Academic: British Journal of Anaesthesia, Vol. 99, 1.p. s. 4-9. Viitattu 18.11.2020.
<https://academic.oup.com/bja/article/99/1/4/269306>

Fernandez, J. & Stam, D. 2016. Robotic gait assistive technology as means to aggressive mobilization strategy in an acute rehabilitation following severe diffuse axonal injury: a case study. Disability and rehabilitation. Assistive technology. Vol. 12; (nro. 5) 543-549. Viitattu 13.5.2021
<http://web.b.ebscohost.com.ezproxy.jamk.fi:2048/ehost/detail/detail?vid=4&sid=ec6f7bed-bbcf-4fd7-8827-d7890235dc7e%40pdc-v-sessmgr01&bdata=JnNpdGU9ZWwhvc3QtbGl2ZQ%3d%3d#AN=27049732&db=cmedm>

Forsbom, M-B., Kärki, E., Leppänen, L. & Sairanen, R. 2001. Aivovauriopotilaan kuntoutus. Helsinki: Tammi.

Gjelsvik, B. E. B. & Line, S. 2016 The Bobath concept in adult neurology. Second Edition. Thieme Medical Publishers Inc. E-kirja. Viitattu 16.5.2021. janet.finna.fi

Hewitt-Taylor, J. 2017. The Essential Guide to Doing a Health and Social Care Literature Review. eBook. Viitattu 20.3.2021.
<http://web.b.ebscohost.com.ezproxy.jamk.fi:2048/ehost/detail/detail?vid=0&sid=93b20421-7053-4124-8014-a63a9ed5b8bb%40sessionmgr103&bdata=JnNpdGU9ZWwhvc3QtbGl2ZQ%3d%3d#AN=1511096&db=nlebk>

Hotus. N.d. Tutkimuksen arviointikriteeristö (JBI). Viitattu 15.5.2021. <https://www.hotus.fi/jbin-kriittisen-arvioinnin-tarkistuslistat/>

Isojärvi, J. 2011. PICO-asetelma informaation työkaluna. Terveiden ja Hyvinvoinnin laitos. Viitattu 12.5.2021. <https://bmfry.files.wordpress.com/2018/06/pico-asetelma-informaation-tyc3b6kaluna.pdf>

Jacobson, T., Samargia, S., Moore, G., Shakya, K. & Lang, E. 2010. Comparison of amounts and types of practice during rehabilitation for traumatic brain injury and stroke. Journal of Rehabilitation Research and Development. Vol. 47, Iss 9, 851-862. Washington. Viitattu 13.5.2021
<http://web.b.ebscohost.com.ezproxy.jamk.fi:2048/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=5&sid=d345259c-efa7-4d72-82de-e94743b1fc4a%40pdc-v-sessmgr01>

Jehkonen, M. & Saunamäki, T. N.d. Aivojen keskeiset rakenteet kognitiivisissa ja psyykkisissä toiminnoissa. Viitattu 13.5.2021. https://www.jyu.fi/edupsy/fi/laitokset/psykologia/poistetut-ja-suunnitelmat/valintakoe/aivojen_keskeiset_rakenteet_kognitiivisissa_ja_psyykkisissa_toiminnoissa-1.pdf

Jehkonen, M., Saunamäki, T. & Hokkanen, L. 2019. Kliininen neuropsykologia. Helsinki: Duodecim.

Käypähoito 2017. Aivovammat. Viitattu 13.5.2021 <https://www.kaypahoito.fi/kht00091>

Laaksonen, M., Kuusisto-Niemi, S. & Saranto, K. 2010. Sosiaalityön tiedonhallinnan tutkimus – kirjallisuuskatsaus tutkimusmetodina. Finnish Journal of eHealth and eWelfare. Viitattu 23.3.2021
<file:///C:/Users/matia/Downloads/2632-Article%20Text-6278-1-10-20100125.pdf>

Leinonen, R. 2018. Sisällönanalyysi. Spoken”. Viitattu 8.3.2021. <https://spoken.fi/sisallonanalyysi/>

Levin, M., Weiss, P. & Keshner, E. 2015. Emergence of Virtual Reality as a Tool for Upper Limb Rehabilitation: Incorporation of Motor Control and Motor Learning Principles. *Physical Therapy*. Vol. 95, Iss. 3; 415-425. Washington. Viitattu 13.5.2021 <https://www-proquest-com.ezproxy.jamk.fi:2443/docview/1660924554/7534DA24B2B94900PQ/2?accountid=11773>

NAS. National Academies of Sciences. 2019. Diagnosis and assessment of Traumatic Brain Injury. Engineering and Medicine: Health and Medicine Division. Washington (DC). Viitattu 18.3.2021. Physiopedia. N.d. Corticospinal Tract. Viitattu 8.3.2021. https://www.physio-pedia.com/Corticospinal_Tract

O'Brien, S., Bulas, M., Metcalfe, A., Mix, Z., Richert, T. et al. 2017. Meaningful Functional Change Achieved from Physical Therapy Provided in a Student-Run Pro Bono Clinic. *Journal of Allied Health*. Vol 46, Iss. 3; 138-142. Washington. Viitattu 13.5.2021 <https://www-proquest-com.ezproxy.jamk.fi:2443/docview/1948917659/E6FE510E3C1245E5PQ/1?accountid=11773>

Physiopedia. N.d. Corticospinal Tract. Viitattu 8.3.2021. https://www.physio-pedia.com/Corticospinal_Tract

Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. 2006. KvaliMOTV – Menetelmäopetuksen tietovaranto. Tampere; Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. Viitattu 2.3.2021 https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L2_3_2_3.html

Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka A. 2006. KvaliMOTV – Menetelmäopetuksen tietovaranto. Tampere; Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. Viitattu 9.3.2021. https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L3_1_1.html

Salminen, A. 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyypeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin. Vaasan yliopiston julkaisu. Opetusjulkaisu 62. Viitattu 11.2.2021 https://www.univaasa.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-349-3.pdf

Seitamaa-Hakkarainen, P. N.d. Kvalitatiivinen sisällönanalyysi. Metodix – Metoditietämystä kaikille. Viitattu 8.3.2021 <https://metodix.fi/2014/05/19/seitamaa-hakkarainen-kvalitatiivinen-sisallon-analyysi/>

Solunetti 2006. Hermosolu eli neuron. Viitattu 15.5.2021 <https://www.solunetti.fi/fi/histologia/hermosolu/>

Stensaas, S. 2015. The Most Important Pathway: Motor Control: Neuroanatomy Video Lab - Brain Dissections. Youtube video. Eccles Health Sciences Library Digital Publishing. Viitattu 8.3.2021. <https://www.youtube.com/watch?v=NKLw5vLNFd0>

Stokes, M, & Stack, E. 2011. *Physical Management for Neurological Conditions*. 3rd Edition. Churchill Livingstone Elsevier. 30-

Straudi, S., Severini, G., Amira, S., Pavarelli, C., Gamberini, G. et al 2017. The effects of video game therapy on balance and attention in chronic ambulatory traumatic brain injury: an exploratory study. *BMC Neurology*. Vol. 17. London. Viitattu 13.5.2021. <https://www-proquest-com.ezproxy.jamk.fi:2443/docview/1904974318/D9615FC40C394491PQ/1?accountid=11773>

Suomen fysioterapeutit. N.d. ICF – Toimintakyvyn, toimintarajoitteiden ja terveyden kansainvälinen luokitus. Viitattu 15.5.2021

<https://www.suomenfysioterapeutit.fi/fysioterapia/dokumentointi/rakenteinen-kirjaaminen/toimintakykytiedon-kirjaaminen-fysioterapiassa/icf-toimintakyvyn-toimintarajoitteiden-ja-terveyden-kansainvalinen-luokitus/>

Tampereen yliopiston kirjasto. N.d. Lääketiede: Tutkimuskysymyksen jäsenys ja PICO. Viitattu 22.3.2021. <https://libguides.tuni.fi/Laaketiede/PICO>

Taub, E., Uswatte, G. & Mark, V. 2014. The functional significance of cortical reorganization and the parallel development of CI therapy. *Front Human Neuroscience*. nro 7. Viitattu 13.5.2021 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezproxy.jamk.fi:2443/pmc/articles/PMC4072972/>

Terveyskylä 2018. Aivojen rakenne ja toiminta. Aivotalo. Viitattu 18.3.2021. <https://www.terveyskyla.fi/aivotalo/sairaudet/aivokasvaimet/yleist%C3%A4-aivokasvaimista/aivojen-rakenne-ja-toiminta>

Terveyskylä 2018. Heterotooppinen ossifikaatio. Kuntoutustalo – selkäydinvamma – selkäydinvamman erityispiirteet. Viitattu 18.3.2021. <https://www.terveyskyla.fi/kuntoutumistalo/kuntoutujalle/selk%C3%A4ydinvamma/selk%C3%A4ydinvammaan-liittyv%C3%A4t-erityispiirteet/heterotooppinen-ossifikaatio>

The Joanna Briggs Collaboration 2019. JBI: Arviointikriteerit asiantuntijoiden näkemykselle ja narratiiviselle tekstille. Viitattu 15.5.2021. <https://www.hotus.fi/wp-content/uploads/2019/03/jbi-kriteerit-asiantuntijoiden-nakemys-ja-narratiivinen-teksti.pdf>

THL 2021. Toimintakyky - ICF-luokitus. Verkkojulkaisu. Viitattu 13.5.2021 <https://thl.fi/fi/web/toimintakyky/icf-luokitus>

Tutkimuseettinen neuvottelukunta (TENK) 2012. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. Helsinki 2013. Viitattu 2.3.2021. <https://tenk.fi/fi/ohjeet-ja-aineistot/HTK-ohje-2012>

Liitteet

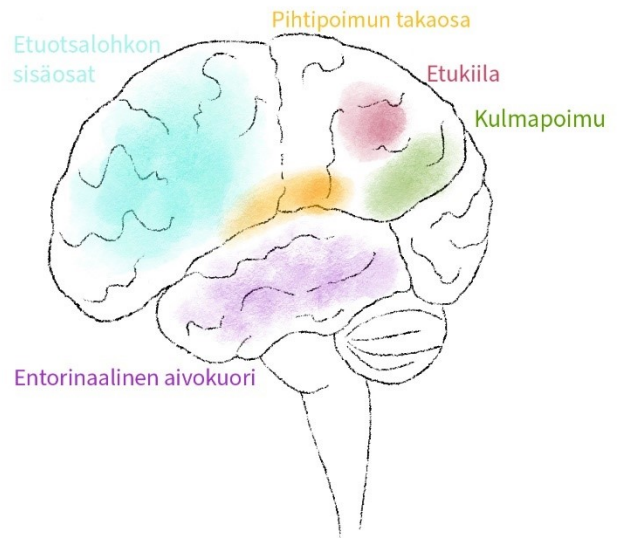
Liite 1. Aivojen lepotilaverkosto (Jehkonen ym. 2019)

Lepotilaverkosto

Toiminta:

- Emootioiden prosessointi
- Itsereflektio
- Sosiaalinen kognitio
- Autobiografinen muisti

Rakenne:



Liite 2. Aivojen havaintoverkosto (Jehkonen ym. 2019)

Havaintoverkosto

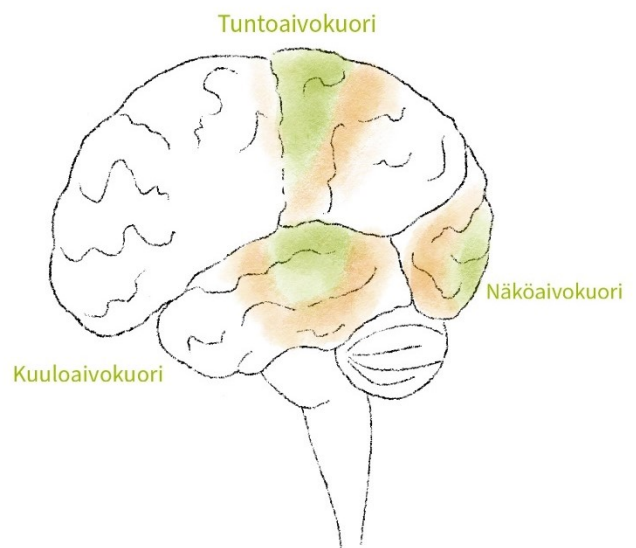
Toiminta:

- Aistiärsykkeet kulkeutuvat kehosta aivoihin kontralateraalaisesti
- Primaarinen ja sekundaarinen aistitiedon käsittely
- Eri aistiipiireistä tulevan tiedon yhdistäminen primaariin aistiärsykkeeseen

Rakenne:

Primaariset alueet:

Sekundaariset assosiaatioalueet:



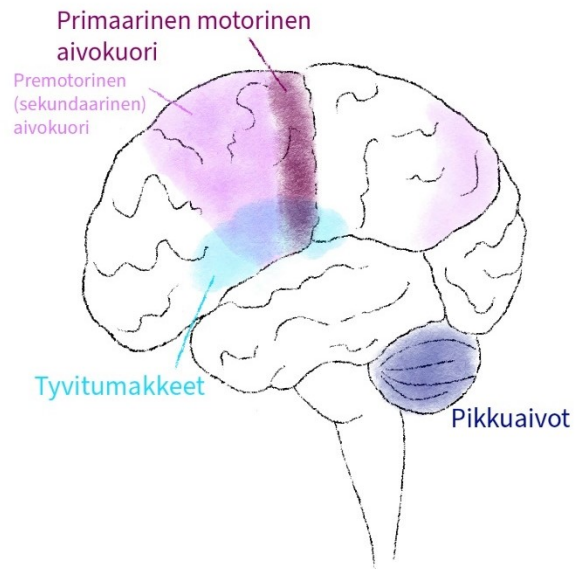
Liite 3. Aivojen motorinen verkosto (Jehkonen ym. 2019)

Motorinen verkosto

Toiminta:

- Primaarinen motorinen aivokuori:
Kehon liikkeen säätely
- Sekundaarinen motorinen aivokuori:
Liikkeen suunnittelu ja koordinaatio, aistitiedon integrointi liikekomentoihin
- Tyvitumakkeet ja pikkuaivot:
Liikkeen kontrolli, ajoitus, tasapaino, asennon ylläpitäminen, motorinen oppiminen

Rakenne:



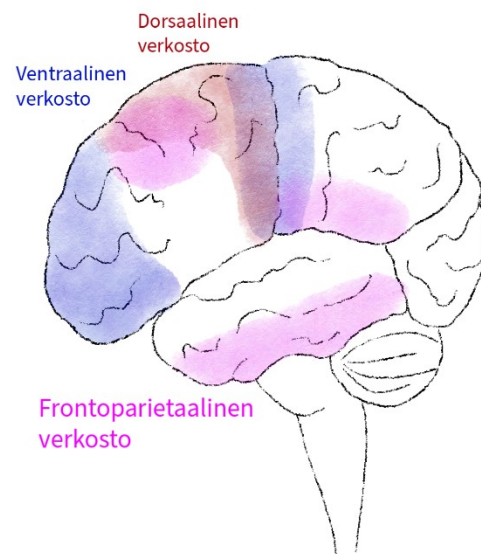
Liite 4. Aivojen tarkkaavuusverkosto (Jehkonen ym. 2019)

Tarkkaavuusverkosto

Toiminta:

- Koostuu ventraalisesta, dorsaalista sekä frontoparietaalisesta verkostosta
- Osallistuu tahdosta riippumattomaan (bottom-up) ja tahdonalaiseen (top-down) tarkkaavuuden säätelyyn
- Osallistuu tarkkaavuuden säätelyyn lisäksi kognitiiviseen toimintaan
- (ventraalinen verkosto painottuu aivojen oikealle puoliskolle)

Rakenne:



Liite 5. Aivojen motivaatioverkosto (Jehkonen ym. 2019)

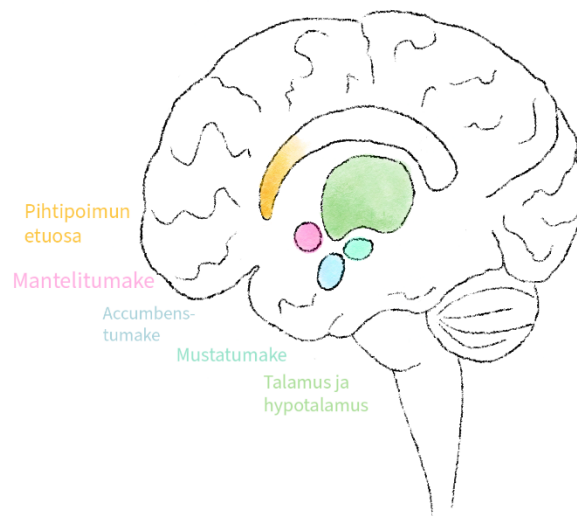
Motivaatioverkosto

Rakenne:

Limbiset alueet;

Toiminta:

- Ulkoisten ja sisäisten ärsykkeiden seulominen ja havaitseminen
- Hallinnoi tarkkaavuus- ja lepotilaverkoston välillä tapahtuvaa vaihtelua
- Tärkeä kommunikointiin, sosiaaliseen käytökseen ja itsetajuntaan vaikuttava verkosto



Liite 6. Taulukko aivovamman vaikeusasteen luokittelusta

AIVOVAMMAN VAIKEUSASTE		
KRITEERIT		
LIEVÄ	KESKIVAIKEA	VAIKEA
GCS pistemäärä 13-15 30 min vamman jälkeen ja koko seurannan ajan. Lisäksi joku seuraavista: -enintään 30 min. tajuttomuus -enintään 24h PTA -vähäinen löydös magneettikuvassa	Vamman aiheuttama TT-, tai magneettikuvalöydös. Lisäksi joku seuraavista: -GCS pistemäärä 9-12 30 min. kuluttuessa vammasta tai sen jälkeen -Yli 30 min tajuttomuus max. 24h tajuttomuus -Yli 24h, enintään 7 vrk PTA	Vamman aiheuttama TT-, tai magneettikuvalöydös. Lisäksi joku seuraavista: -GCS pistemäärä enintään 8 30 min. kuluttua vammasta tai sen jälkeen -Yli 24h tajuttomuus -Yli 7 vuorokauden PTA

Liite 7. ICF-luokitus (Suomen fysioterapeutit N.d.)



Liite 8. Taulukoitu aineiston analyysi (tutkimuksysymys nro 1. Millaisia harjoituksia/menetelmiä aivovamman kuntoutuksessa käytetään?)

Alkuperäinen ilmaus	pelkistetty ilmaus	yläluokka	yhdistävä luokka
<p>”--standing, utilizing a mechanical standing frame--”</p> <p>“--mobility, and balance--”</p> <p>”--balance, mobility, or gait speed.”</p> <p>”Pre-selected games were chosen from “Kinect Adventures” and “Kinect Sports” that encompassed a wide range of motor activities in a standing position. Specifically, balance and mobility-related motor tasks, such as side stepping, lateral weight shifting, jumping, walking (lateral, forward and backward) and arm goal reaching were trained.”</p> <p>”Balance/rebalancing, postural stability and weightshifting exercises with and without visual feedback were administered using a balance platform (Biodex Medical Systems, Inc., Shirley, NY)--”</p> <p>”--balance (20 min of sitting balance work with the PoNS® device)-- (20 min sessions of standing exercises with the PoNS® device)--”</p> <p>”The afternoon session consisted of balance training, movement control--”</p> <p>”The Pro-balance system (Fig. 1A and B) is a portable balancer which can be connected to a laptop, providing real-time visual feedback (Ang et al., 2008).-- Participants in both training groups were instructed to train for five sessions per week with approximately 30 min per session, using two portable platforms for balance control in home settings--”</p>	<p>seisominen apuvälineen kanssa</p> <p>Liikkuminen ja tasapaino</p> <p>tasapaino ja liikkuminen</p> <p>Dynaamisia ja toiminnallisia tasapainoharjoitteita videopelien avulla</p> <p>Staattisen tasapainon harjoittelu tasapainolevyn avulla</p> <p>tasapainoharjoitteita istuen sekä seisten</p> <p>liikekontrolliharjoituksia</p> <p>Tasapainoharjoittelu tasapainolaudan avulla</p>	<p>tasapainoa kehittävät harjoitteet</p>	<p>kehonhallintaan tähtäävät harjoitteet</p>

Alkuperäinen ilmaus	pelkistetty ilmaus	yläluokka	yhdistävä luokka
<p>”--more dynamic bilateral upper and lower extremity elliptical intervention utilizing the SportsArt ICARE© motorized elliptical device--”</p> <p>”--robotic assistive gait training using the Hokoma Lokomat© device to allow for greater kinematic control of the trunk and lower extremities—”</p> <p>”Body weight assisted gait was initiated using an overhead track suspension system—”</p> <p>”--over-ground gait training using a bilateral upper extremity supported walking frame.”</p> <p>”Mobility was divided into the following subcategories: gait, transfers, stairs, wheelchair mobility, and balance--”</p> <p>”--physical and cognitive items, --transfers (bed, chair, wheelchair), mobility (gait/wheelchair), and stair navigation—”</p> <p>“--gait (20 min sessions of standing exercises with the PoNS® device)—”</p>	<p>kävelyharjoittelu painokevennetysti ICARE – kävelysimulaattorin kanssa</p> <p>Robottivusteinen kävelyharjoittelu keskivartalon ja alaraajojen hallinnan parantamiseksi</p> <p>Kävely painokevennysvaljaiden avulla tasaisella alustalla</p> <p>Tasaisella alustalla kävely kävelytuen kanssa.</p> <p>liikkumisen harjoittelu.</p> <p>kognitio, siirtymiset liikkuminen</p> <p>kävely neurostimulaation kanssa</p>	<p>kävelyn/liikkumisen harjoitteet</p>	<p>toiminnallisuuden tähtäävät harjoitteet</p>
<p>”Data were collected by the counting of reps of a particular activity according to the following categories: UL, LL, and mobility. The UL and LL categories were further divided into the following subcategories: (1) active exercise, (2) passive exercise—”</p> <p>”--intensive training of the more-affected arm for multiple days;--”</p>	<p>Ylä- ja alaraajan aktiiviset ja passiiviset harjoitukset</p> <p>Oirepuolen yläraajan intensiivinen, pitkäjaksoinen harjoittelu,</p>	<p>raajan toiminnallisuuden tähtäävät harjoitteet</p>	<p>toiminnallisuuden tähtäävät harjoitteet</p>

Alkuperäinen ilmaus	pelkistetty ilmaus	yläluokka	yhdistävä luokka
<p>"In the motor task, TG was instructed to press a button (Lumitouch, Photon Control Inc., Burnaby, Canada) at a selfguided pace, approximately every 2 to 4 s in sequence with digits 1 to 4 alternating between both high right and left hands—"</p> <p>"--activities requiring the user to intercept stationary or moving objects with their hand in various parts of the screen—"</p> <p>"—imitation of a moving virtual hand and an actual hand.</p> <p>"Patients were assisted with repetitive reaching toward targets that were both seen and felt through gentle haptic cues."</p>	<p>napin painallus sormilla 1-4</p> <p>erilaiset silmä-käsi-koordinaatioharjoitukset</p> <p>virtuaalisen käden imitoiminen kuntouttavana harjoitteena</p> <p>kurkotustehtävä, jossa lisänä silmä-käsikoordinaatioharjoitus sensorisen palautteen kanssa,</p>	<p>yläraajan hienomotorinen harjoittelu</p>	
<p>"--, (3) sensory, and (4) functional activity."</p> <p>"Enhanced learning occurs when participants practice a variety of related tasks and receive feedback intermittently to allow time to integrate sensory information into movement."</p> <p>"--motor learning include repetitive and varied practice, progression of task difficulty, problem solving or error correction, motivation, and the quality and frequency of feedback—"</p>	<p>sensoriikka</p> <p>sensorisen palautteen ansiosta tapahtuva laajempi oppiminen</p> <p>motorisen oppimisen perustana progressiivisuus ja motivoivat harjoitteet</p>	<p>palaute oppimisen tehostajana</p>	<p>laadulliset tekijät</p>
<p>"--tasks varying from simple (hitting objects) to complex (grasping and moving objects)—"</p>	<p>Eri vaikeusasteen tehtäviä</p>	<p>progressiivisuus</p>	<p>laadulliset tekijät</p>

Alkuperäinen ilmaus	pelkistetty ilmaus	yläluokka	yhdistävä luokka
“(2) training with a behavioral technique termed shaping; (3) the transfer package (TP), a set of behavioral techniques designed to facilitate transfer of therapeutic gains from the treatment setting to daily life; and (4) discouraging behaviors that compensate for the nonuse or reduced use of the affected function.”	muovaaminen, terapian siirtäminen käytännön elämään, ei-toivottujen toimintamallien ehkäisy ja vähentäminen	kognitiiviset menetit	laadulliset tekijät
“--visual search training, phasic alerting, eye patching, prism adaptation, or cognitive imagery—”	tarkkaavaisuuteen kohdistuva harjoittelu	kognitiiviset harjoitteet	kognitiota kehittävät harjoitteet
“--and Breathing and Awareness training (BAT, 20 min of mindfulness/meditation with the PoNS® device).” “The evening session involved BAT.”	hengitys ja tietoisuusharjoituksia yhdistettynä neurostimulaatioon Hengitys ja tietoisuusharjoituksia ilman neurostimulaatiota	meditatiivinen harjoittelu	kehon ja mielen yhdistämiseen tähtäävät harjoitteet
“Morning sessions consisted of a warm up (about 5 exercises working on upper body movements such as chin tucks, shoulder rolls, thoracic movements without the PoNS® device),--”	Lämmittely (yläkehon liikkeillä) ilman neurostimulaatiota	lämmittely	valmistautuminen harjoitteluun
“--tone inhibition techniques in seated postures and re-introduction of static loading of both lower extremities in a mechanical standing frame requiring assistance of three to four persons—”	Korkean tonuksen vähentäminen istuma-asennossa sekä staattinen seisominen apuvälineen ja avustajien kanssa	Lihastasapainon ylläpitäminen	fysiologisten oireiden hoito

Liite 9. Taulukoitu aineiston analyysi (tutkimuksysymys nro 2. Miten niitä käytetään?)

Alkuperäinen ilmaus	pelkistetty ilmaus	yläluokka	yhdistävä luokka
<p>”Three trained observers conducted a total of 107 observations (53 stroke, 54 TBI-) over 9 months—”</p> <p>“--one semester of weekly 60-minute sessions.”</p> <p>“Each patient received three 1-h sessions per week over the course of 6 weeks.”</p> <p>”Both the PT alone and PT + TLNS programs included six training days a week, with three training sessions a day.”</p> <p>”The treatment program consisted of physiotherapy exercises for one-year (PT alone; B1–B3), followed by the same program paired with the PoNS® device for 14 weeks (PT + TLNS; T4–T5).”</p> <p>”Daily training sessions were divided into morning, afternoon and evening.”</p> <p>”At each visit, TG performed three × 2.5-min motor sessions with each hand.”</p> <p>”Subjects attended a home-based balance training program for 8 weeks. -- five sessions per week.”</p>	<p>107 seurantaa 9 kuukauden aikana</p> <p>yhden lukukauden aikana viikoittain 60 min terapia</p> <p>3x1h terapia/vko, kuuden viikon ajan</p> <p>kuusi harjoittelupäivää, kolme harjoitusta/päivä</p> <p>yhden vuoden fysioterapia, sekä 14 vkon neurostimulaatioon yhdistetty FT-jakso</p> <p>harjoitteet jakautuneet päivälle tasaisesti</p> <p>(5 käyntiä, eli testiä), 3x2.5min testierät</p> <p>8 viikon ohjelma, 5 harjoituskertaa viikossa</p>		<p>Frekvenssi (esiintyvyys/tiheys)</p>

Alkuperäinen ilmaus	pelkistetty ilmaus	yläluokka	yhdistävä luokka
<p>“--~3–5 min,--”</p> <p>“--15–17 min,--”</p> <p>“-->30 min activity tolerance in a static standing,--”</p> <p>“--bouts of 7 and 10,--”</p> <p>“--single bouts of up to 25 min—”</p> <p>“--about 5 exercises—”</p> <p>“--20 min of sitting balance work with the PoNS[®] device—”</p> <p>“--(20 min sessions of standing exercises with the PoNS[®] device)—”</p> <p>“--(BAT, 20 min of mindfulness/meditation with the PoNS[®] device).”</p> <p>“--movement control (20 min of physiotherapy exercises without the PoNS[®] device)—”</p> <p>“Patients exercised for 2–5 min during each game with a rest period if necessary—”</p> <p>“--30 min per session—”</p> <p>“The mean total training time was 927 min (SD = 187 min) for the TBI-t group and 1029 min (SD = 120 min) for the TD-t group—”</p> <p>“The estimated total training time was 1120 min (=18.7 hours).”</p>	<p>harjoitteluajan kasvu (kehon siedät- täminen rasitukseen)</p> <p>5 harjoitusta</p> <p>20 min istumatasapinoa</p> <p>20 min seisomaharjoituksia</p> <p>20 min BAT-harjoituksia</p> <p>20 min liikekontrolliharjoituksia</p> <p>2-5 min harjoitusjaksot + lepo tarvit- taessa</p> <p>30 min/kerta</p> <p>Arvioitu harjoittelu-aika yhteensä 18.7h.</p>	<p>progressii- vinen har- joittelu- ajan lisääntymi- nen</p> <p>staattinen harjoitte- lu-aika</p>	<p>Duraatio (kesto)</p>

Alkuperäinen ilmaus	pelkistetty ilmaus	yläluokka	yhdistävä luokka
<p>“--decreasing body weight assistance to 70%.”</p> <p>“Matching task difficulty to the skill level of the performer is an important factor for the prevention of frustration, boredom, and fatigue when engaging the learner in a repetitive exercise program.”</p> <p>“An example of the latter is the incorporation of a "buzzer" sound that occurs when a patient uses excessive trunk compensatory movement during a reaching task in the virtual environment”</p> <p>“Exercise can be presented in a gaming environment, and virtual environments have been created that support the performance of activities of daily living, including kitchen skills,⁵⁹ reaching skills,⁵⁷ street crossing,⁶⁰ shopping,⁶¹ and social interactions.”</p> <p>“Overall, VR permits the manipulation of important task (difficulty, ecological validity) and individual (motivation, enjoyment, adherence) variables during rehabilitation--”</p> <p>“The flexibility of the computer environment allows the clinician to target specific motor control deficits and to provide meaningful feedback that encourages motor learning based on motor control principles of movement organization—”</p> <p>“During the first session, the tasks were performed at an “entry level,” and the exercise progression was adjusted over time according to the patients’ functional level (intermediate and difficult level).”</p>	<p>Ulkoisen tuen vähentäminen</p> <p>Taito- ja vaikeustason samanlaistaminen</p> <p>auditiivinen vihjeistys</p> <p>tosielämän kaltaisten tilanteiden luominen</p> <p>terapian kohdentaminen</p> <p>”koneistettu” palaute suorituksesta</p> <p>Pelien räätälöinti potilaan tarpeeseen ja taitotasoon nähden.</p>	<p>itsenäisyyden lisääntyminen</p> <p>Suorituskyvyn parantaminen</p>	<p>Laadulliset tekijät</p>

Alkuperäinen ilmaus	pelkistetty ilmaus	yläluokka	yhdistävä luokka
<p>“During the first session, a list of games was tested according to the patients’ characteristics, desires and functional level.-- Within each game, progression proceeded over time according to the patients’ abilities and successes.”</p> <p>“Video game therapy provided different types of feedback: visual and augmented (knowledge of both results and performance).”</p> <p>“During the sessions, the patients were carefully supervised by a physiotherapist who monitored the safety of the patients (e.g., risk of falls, impulsive reactions) and provided external feedback.”</p> <p>“Balance platform therapy offered visual feedback and knowledge of performance (augmented feedback). The physiotherapist, as during VGT, provided additional external feedback.”</p> <p>“The PT alone program included three in-clinic days during each of the baseline testing visits and in-home training—”</p> <p>“It has been found that restraint of the lessaffected arm is the least important component of CI therapy, and can be dispensed with entirely if the training conditions are arranged appropriately.—”</p>	<p>visuaalinen ja augmentoitu palaute</p> <p>Turvallisuuden varmistaminen</p> <p>Tasapainolevyn tarjoaman palautteen lisäksi fysioterapeutti antoi palautetta suorituksesta</p> <p>Kontrollikäynnit klinikalla, samoin kuin PoNS-laitteeseen tutustuminen. Muuten harjoittelu itsenäistä.</p> <p>Terveemmän puolen raajojen rajoittamisesta ei merkittäviä hyötyjä</p>		
<p>“--the number of reps performed per session (e.g., between 40–60 reps for all UL categories) did not approach that which neuroplasticity research has suggested is required for cortical reorganization “</p> <p>”--approximately 70 click events per hand (~ 66% of available events)—”</p>	<p>40-60 toistoa yläraajalla/ harjoituskerta (ei riittävä)</p> <p>70 klikkausta/yksi käsi</p>		Määrälliset tulokset

Alkuperäinen ilmaus	pelkistetty ilmaus	yläluokka	yhdistävä luokka
<p>“Shaping is a training method in which a motor or behavioral objective is approached in small steps by “successive approximations” (i.e., a task is gradually made more difficult with respect to a participant’s motor capabilities).-- For rehabilitation, shaping involves providing immediate and very frequent feedback concerning improvements in the quality of movement and frequent encouragement—”</p> <p>“The TP techniques used here are: behavioral contracts, daily home diary, daily administration of the Motor Activity Log to track amount and quality of use of the more-affected arm in 30 important activities of daily living (ADL), problem solving to overcome perceived barriers to more-affected arm use in ADL performance, written assignment during treatment of practice at home both of tasks carried out in the laboratory and use of the more-affected arm in specified ADL, post-treatment home skill practice assignments, and weekly telephone calls for the first month after laboratory treatment in which the MAL is given and problem solving carried out.”</p>	<p>harjoittelun progressiivinen vaikeuttaminen, sekä liikkeen laatua koskeva välitön ja kannustava palaute</p> <p>= muokkaaminen</p> <p>Siirtymävaihe = päiväkirjan pito, aktiivisuuden kirjaaminen päivittäisien toimintojen osalta, ongelmanratkaisu,</p> <p>kirjalliset tehtävät, puhelinkontrollit</p>		Tehostaminen
<p>“For the leg, the less impaired extremity is not restrained because under these conditions the resulting ambulation would involve simply substituting one degraded pattern of coordination (i.e., gait with one leg prevented from having full movement) for another. Patients are given intensive shaping to promote an improved pattern of walking and other uses of the legs for many hours on each weekday over a period of three weeks, and they also receive a transfer package of techniques equivalent to that used for the upper extremity, to facilitate translation of improvements achieved in the treatment setting to everyday activities in the life situation.”</p>	<p>Alaraajan rajoitettua käyttöä ei suositella sen johtaessa epäsuotuisien liikemallien oppimiseen</p>		maladaptiiviset muutokset

Liite 10. Taulukoitu aineiston analyysi (tutkimuksysymys Millaisiin neuroplastisiin muutoksiin käytetyt harjoittelumenetelmät johtavat?)

Alkuperäinen ilmaus	pelkistetty ilmaus	yläluokka	yhdistävä luokka
<p>”--TG’s injury did not involve brainstem and cerebellar structure, but rather cortical gray and white matter tissue. In spite of the extensive nature of the lesion, TLNS induced significant neuroplasticity-related improvements.”</p> <p>”--sprouting from neighboring neural elements --”</p> <p>“Interestingly, WM microstructure of the ICPs in young chronic TBI patients was altered as a result of intensive balance training. A significant increase from the pre- to post-test in MD of the ICP in the TBI-training group was found—”</p> <p>“Hence, higher balance levels on the RWS task were associated with higher FA and/or lower MD in several of the cerebellar WM structures.”</p> <p>“However, intensive balance training resulted in postural control improvements (as measured by force plate recordings) and associated alterations in the cerebellar WM microstructure in young TBI patients, particularly in the inferior cerebellar peduncle (ICP).”</p> <p>“Here, we specifically demonstrated TBI-related WM differences in the SCP, ICP and cerebellum.”</p> <p>--"increase in MD (right cerebellar and right inferior parietal WM regions) along with a decrease in FA (bilateral prefrontal WM regions) in response to training—”</p>	<p>Valkoisen ja harmaan aineen plastisiteettimuutokset</p> <p>kollateraalin versominen</p> <p>valkoisen aineen lisääntyminen (ydinjatkeessa)</p> <p>pikkuaivojen valkoisen aineen kasvu yhteydessä tasapainon kohenemiseen</p> <p>valkoisen aineen kasvu pikkuaivoissa ja ydinjatkeessa</p> <p>Valkoisen aineen kasvu ydinjatkeessa, pikkuaivoissa ja</p> <p>oikean pikkuaivon ja parietaalilohkon valkoisen aineen lisääntymistä</p>	<p>valkoisen aineen muutokset</p>	<p>hermoston rakenteelliset muutokset</p>

Alkuperäinen ilmaus	pelkistetty ilmaus	yläluokka	yhdistävä luokka
<p>“In healthy adults an increase in MD has been reported in the right cerebellar hemisphere after 6 weeks of balance training (Taubert et al., 2010). Moreover, balance training in patients with cerebellar degeneration has demonstrated an increase in cerebellar GM volume.”</p>	<p>6 viikon harjoittelun jälkeen terveissä aivo</p>		
<p>“--neurogenesis within the hippocampus correlated to memory and learning.”</p> <p>“--and neurogenesis in the case of input-increase cortical reorganization.”</p> <p>“Groups receiving the TP showed profuse increases in gray matter tissue in sensorimotor cortices both contralateral and ipsilateral to the more-affected arm, as well as in bilateral hippocampi.”</p>	<p>hippokampuksen neurogeneesi</p> <p>tulevien impulssien aikaansaama neurogeneesi</p> <p>harmaan aineen lisääntyminen sensorimotorisilla aivokuorilla sekä hippokampuksessa</p>	<p>harmaan aineen muutokset</p>	
<p>“--possibility of long-term neurocognitive benefits through physical cardiovascular exercise following acquired brain injury—”</p> <p>“VR-based rehabilitation typically provides augmented feedback during training that can contribute to learning motor skills.”</p> <p>“Video game therapy can improve executive attention components such as control of the automatic response, control of goal-directed behavior and the ability to inhibit irrelevant stimuli.--Those cognitive components are part of a “top-down” attentional control mechanism that directs attention in a controlled manner that depends on our personal goals and expectations.”</p>	<p>hengityselimistöä rasittavasta harjoittelusta mahdollisesti hyötyä</p> <p>Suuri palautteen määrä parantaa motorista oppimista</p> <p>Tarkkaavaisuuden ja sen säätelyn paraneminen kognitiivisten komponenttien sisältyessä harjoitteluun</p>		<p>toiminnalliset muutokset</p>

Alkuperäinen ilmaus	pelkistetty ilmaus	yläluokka	yhdistävä luokka
<p>"In addition, video games had an influence on the reward system. Consequently, the involved reward system represents a key step in learning and cognitive processing [47]. Increased attention can help motor skill learning and functional recovery in TBI survivors and can partially explain the functional gains obtained by our cohort of patients who received VGT."</p> <p>"Our primary findings are that dynamic balance and overall mobility improved after training; moreover, selective attention resulted increased, revealing a significant cognitive engagement during VGT."</p> <p>"--even in a chronic phase TBI survivors can improve their mobility and dynamic balance with a therapy based on use-dependent neuroplasticity principles."</p> <p>"Plasticity also is enhanced by using enriched training environments that engage cognitive abilities of the learner (eg, problem solving) as well as those that increase the motivation to succeed in the task, particularly after brain injury or disease."</p> <p>"As training progressed, patients increased the number of targets acquired and gradually improved in their attention to the visuomotor task—"</p> <p>"Patients seen in a SRPB PT clinic with chronic stroke, TBI, and MS were able to achieve meaningful functional change, defined as achieving the MDC on one objective,-- Examples of the measures included were the timed up-and-go (TUG), Berg Balance Scale (BBS), 10meter gait speed, and five-time sit-to-stand"</p>	<p>Aivojen palkkiojärjestelmän aktivoituminen edistää motorista oppimista ja toimintakykyä</p> <p>tasapinon, liikkuvuuden ja tarkkaavaisuuden parantuminen</p> <p>Käyttöön liittyvä harjoittelu saa aikaan neuroplastisia muutoksia kroonisessa vaiheessa</p> <p>Plastisuus tehostuu, kun harjoitelluun lisätään kognitiivinen ulottuvuus</p> <p>huomiokyvyn ja visuomotorisen toimintakyvyn kehittyminen</p> <p>Testien perusteella potilaiden toimintakyky parani osittain terapian ansiosta</p>	<p>Muutosten tehostuminen</p>	

Alkuperäinen ilmaus	pelkistetty ilmaus	yläluokka	yhdistävä luokka
<p>“For example, TG progressed from moderate support (two hands on the therapist’s shoulders) to minimal assistance. -- Over time, he was able to activate his extensors and core to maintain stability while moving his limbs and body, outlining improvements in motor function and control.”</p> <p>“The larger the increase in FA was over time, the higher the training-related increase in balance performance.”</p> <p>“Specifically, we found that performance improvements in the TBI training group were significant on the two dynamic posturography test protocols (RWS and LOS tests) and on the SOT test with compromised sensory feedback.”</p> <p>“Improvements over time were also found in the TD-t group on each of the balance test protocols, suggesting that there is room for further balance improvement, even in healthy children and adolescents.”</p>	<p>Tuen tarpeen merkittävä väheneminen pystyasennossa</p> <p>Rakenteelliset muutokset korreloivat toiminnallisiin muutoksiin</p> <p>Harjoittelusta johtuva testitulosten paraneminen</p> <p>Tulosten paraneminen terveellä verokkiryhmällä</p>		
<p>“--up-regulation of neurotrophins specifically such as BDNF—”</p> <p>“Initiation of intervention too early in this process may result in an inverse production of BDNF following injury”</p> <p>“Right hand MEG activation changes showed a significant decrease in interhemispheric bilateral post-central regions, with the largest extent in the right hemisphere.</p> <p>“Left hand MEG activation changes resulted in a significant increase in right frontal superior/middle regions”</p>	<p>hermovälittäjäaineen lisääntyminen</p> <p>Liian aikainen harjoittelun aloittaminen saattaa aiheuttaa hermokasvutekijän vähenemistä Sähköisen aktiivisuuden väheneminen käytettävän raajan puolella</p> <p>vastakkaisen aivolohkon sähköisen aktiivisuuden kasvu</p>	<p>adaptiiviset muutokset</p>	<p>kemialliset/sähköiset muutokset</p>

Alkuperäinen ilmaus	pelkistetty ilmaus	yläluokka	yhdistävä luokka
<p>“In TG’s case, for right hand activity there was an increase in contra-lateral beta rebound during the treatment period (compared to baseline) and a decrease in the same measure for left hand activity.</p> <p>particularly interesting given the MEG activation results, as it appears to suggest the potential involvement of interhemispheric inhibition [35].</p> <p>In this case, increased beta rebound activation was detected in the contra-lateral frontal regions, suggesting further improved motor function.</p> <p>It is postulated that intensive activation of the brainstem and cerebellar structures initiates a cascade of activation --This phenomenon appears similar to well-known processes such as long-term potentiation (LTP) and depression.</p> <p>Frehlick et al. [23] used high-density EEG to investigate PoNS® effects and showed significant increases in alpha and theta signal power following a single session.</p> <p>“--unmasking of previously silent synaptic connections.”</p> <p>“--deafferentation hyperexcitability in the case of loss of afferent input.”</p>	<p>oikean yläraajan toiminnan jälkeen kontralateraalinen toiminnan jälkeinen aktiivisuus koholla</p> <p>lohkojen välinen inhibitio</p> <p>Kontralateraalinen otsalohkon alueiden toiminnan jälkeisen aktiivisuuden lisääntyminen viittaa parantuneeseen motoriseen kontrolliin</p> <p>aivorungon ja pikkuaivojen aktivointi aikaansaama kestoherkistyminen</p> <p>alfa ja theta-aaltojen kasvu</p> <p>aiemmin hiljaisten yhteyksien aktivoituminen</p> <p>vievien hermoratojen yliherkkyystuovien impulssien puuttuessa.</p>	maladaptiiviset muutokset	
<p>“--taskspecific training causes reorganization in sensory and motor cortices.”</p> <p>cortical reorganization is related to the recovery of function produced by Constraint-Induced (CI) therapy after stroke and other types of damage to the CNS.</p>	<p>sensorisen ja motorisen aivokuoren reorganisaatio</p> <p>Kortikaalinen reorganisaatio yhdistetään toiminnan parantumiseen</p>	adaptiiviset muutokset	kortikaalinen reorganisaatio

Alkuperäinen ilmaus	pelkistetty ilmaus	yläluokka	yhdistävä luokka
increased use of a limb and the resulting increase in afferent inflow leads to an expansion of the cortical representation zone of that body part	kortikaalisen edustusalueen laajeneminen		
<p>“--considerably fewer total reps are performed in any category compared with what neuroplasticity research suggests is required for neuroplastic change—”</p> <p>“Most research into human brain plasticity has not advanced past the initial years post-diagnosis, and thus our efforts to manage such patients was without supporting evidence.”</p>	<p>Harjoitusmäärä liian vähäinen neuroplastisiin muutoksiin nähden</p> <p>Tieteellinen näyttö plastisuudesta puutteellista</p>	muutokset kyseenalaisia	ei muutoksia
<p>Continued advancements in scientific research have suggested initiation of higher level intensity of physical rehabilitation even in patients with delays of consciousness.”</p> <p>in this study was establishment of baseline activity tolerance utilizing blood pressure response, physiological response to exercise and progression of more advanced mobilization tasks as an indirect measure to activity intensity, and biochemically, a BDNF response in the brain and central nervous system.”</p> <p>Importantly, when paired with PT (and possibly other forms of intervention), synaptic plasticity may arise through activity-dependent processes to integrate adaptive changes at the molecular, cellular, regional, and systemic levels, which in turn result in a host of improvements in sensory-motor functions, cognitive functions, and behavior</p>			

Alkuperäinen ilmaus	pelkistetty ilmaus	yläluokka	yhdistävä luokka
<p>This case study demonstrates that TG's clinical functional gains are related to improvements in both neural structure and function, however it is difficult to isolate neural recovery or neural compensation as the true underlying cause.</p> <p>These studies employed functional brain imaging and brain mapping techniques to demonstrate that CI therapy could alter the function of specific brain regions.</p> <p>Alternatively, or in addition, gray matter increases may result from rehabilitation-induced increases in dendritic arborization, synaptic density (Briones et al., 2006), and possibly gliosis or angiogenesis. Determining which of these processes or combination of processes is responsible for the observed increase in gray matter following CI therapy awaits future research.</p> <p>We correlated the changes over the course of training (balance and DTI difference scores) with the time since injury (# months between the head injury and the pre-test session). None of the correlations was significant using a conservative Bonferroni corrected threshold.</p> <p>Nevertheless, one moderate correlation was observed between the change in FA (post- minus pre-test) in the whole cerebellum and the time since injury, which was significant using an uncorrected significance threshold ($r = -0.56$, uncorrected $p < 0.05$). This may suggest that the training has a higher effect on the cerebellar microstructure in patients who were in an earlier stage of recovery, possibly suggesting that these patients benefit more from training.</p>			