

Alaraajojen perifeeristen hermojen neurodynaamiset harjoitteet

Opetusvideot Lahden ammattikorkeakoulun
fysioterapeuttiopiskelijoille

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Sosiaali- ja terveysala
Fysioterapian koulutusohjelma
Opinnäytetyö AMK
Kevät 2017
Emmi Liukkonen & Henna-Riikka
Vasama

Lahden ammattikorkeakoulu
Fysioterapian koulutusohjelma

LIUKKONEN, EMMI &
VASAMA, HENNA-RIIKKA:

Alaraajojen perifeeristen hermojen
neurodynaamiset harjoitteet
Opetusvideot Lahden
ammattikorkeakoulun
fysioterapeuttiopiskelijoille

Fysioterapian opinnäytetyö, 77 sivua, 5 liitesivua

Kevät 2017

TIIVISTELMÄ

Hermokudoksen liikkumiskykyä ja toimintahäiriöitä voidaan testata ja hoitaa fysioterapeuttisten menetelmien avulla. Mekaaniset tekijät vaikuttavat perifeerisen hermon toimintaan: sen täytyy sietää tensiota ja kompressiota sekä joustaa ja liukua suhteessa ympäröiviin kudusrakenteisiin. Hermoa ympäröivien tukirakenteiden ansiosta hermokudos kykenee palautumaan, kun hermoon kohdistuva paine vapautetaan. Tämän opinnäytetyön tuotoksena kehitetyt opetusvideot alaraajojen perifeeristen hermojen neurodynaamisista harjoitteista ja niiden ohjaamisesta perustuvat hermokudoksen toiminnan palauttamiseen erilaisten liu'utus tai venytystekniikoiden avulla.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa Lahden ammattikorkeakoulun fysioterapeuttiopiskelijoille itseopiskelumateriaalia alaraajojen perifeeristen hermojen neurodynaamisista harjoitteista sekä niiden ohjaamisen perusteista. Tuotoksen tarkoituksena oli vahvistaa ja tukea opiskelijan ymmärrystä fysioterapiaprosessin ohjaamisesta perifeeristen hermojen toimintahäiriöissä. Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Lahden ammattikorkeakoulu. Tuotteistamisprosessin etenemistä ohjailivat kohderyhmän ja toimeksiantajan toiveet.

Tuotteistamisprosessissa kehitettiin audiovisuaaliset opetusvideot, joita tuotettiin yhteensä kolme. Harjoitteet perustuvat hermojen anatomiseen kulkureittiin, tutkimustietoon ja toimeksiantajan pyynnöstä Michael Shacklockin periaatteisiin. Harjoitevideo koostuu neurodynaamisista slider- ja tensioner-harjoitteista. Harjoitteet rajattiin toimeksiantajan toiveesta plexus sacraliksen ja plexus lumbaliksen hermojen harjoitteisiin. Teoriavideot sisältävät tietoa tyypillisimmistä plexus lumbaliksen ja plexus sacraliksen vaurioista, neurofysiologiasta ja neurodynaamisten harjoitteiden perusteista sekä terapiaprosessin etenemisestä. Teoriavideoiden sisältö pohjautuu raporttiosuudessa koottuun teoria- ja tutkimustietoon.

Asiasanat: hermokudos, mobilisointi, plexus lumbalis, plexus sacralis, hermosto

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Physiotherapy

LIUKKONEN, EMMI &
VASAMA, HENNA-RIIKKA:

Neurodynamic exercises for lower
limb peripheral nerves -
Learning videos for Lahti University
of Applied Sciences' physiotherapist
students

Bachelor's Thesis in Physiotherapy, 77 pages, 5 pages of appendices

Spring 2017

ABSTRACT

The peripheral nerves' dysfunction and ability to move can be tested and treated in physiotherapy. The function of peripheral nerve requires a lot from the tissue: it has to tolerate tension and compression, be flexible and slide in the relation to the surrounding tissues. Due to the connective tissue of peripheral nerve, the nerve is able to normalize its function after the compressive pressure is released. The aim of the Bachelor's Thesis was to plan and create educational videos about neurodynamic exercises for peripheral lower limb nerves. The nerve's normal function can be restored with different sliding and tension techniques.

The aim of this thesis was to create educational video material on peripheral lower limb nerves' neurodynamic exercises and their guiding theoretical basis for physiotherapy students. The purpose of the product was to support and strengthen the students' clinical reasoning. The subject and idea was given from the lecturer of the Degree Programme in Physiotherapy, Jaakko Monto. The commissioner of the thesis was Lahti University of Applied Sciences. The commissioner and target group's requests were taken into account in the productization process.

Three audiovisual learning videos were created in the productization process. The product's exercises were based on the nerves' anatomical pathways, research basis and Michael Shacklock's principles that were chosen by the thesis' commissioner. The exercise video includes neurodynamic sliders and tensioners for lower limb peripheral nerves. The exercises were planned for the plexus sacralis and plexus lumbalis nerves. The theoretical part of the learning videos includes information about the most typical injuries of the plexus lumbalis and plexus sacralis, neurophysiology and the principles of neurodynamic exercises. The content of the product was planned using the theoretical and research basis of the written report.

Key words: neural tissue, mobilization, plexus lumbalis, plexus sacralis, nervous system

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	OPINNÄYTETYÖPROSESSI	3
2.1	Tausta, tavoite ja tarkoitus	3
2.2	Toteutus	4
3	HERMOSTO	6
3.1	Hermoston rakenne	6
3.2	Hermoston toiminta	11
3.3	Ääreishermostojen tukirakenteet ja verenkierto	12
3.4	Hermosolun rakenne ja toiminta	14
3.5	Tensio ja kompressio	17
3.6	Hermokudoksen ominaisuudet ja optimaalinen toiminta	17
3.7	Hermokudoksen liikkuminen	19
4	ALARAAJOJEN PERIFEERISET HERMOT	21
4.1	Plexus lumbalis	21
4.2	Plexus sacralis	24
5	PERIFEERISEN HERMON VAMMAT	27
5.1	Hermovaurioiden luokittelu	27
5.2	Kipu	29
5.3	Pinne- ja kompressiotilat	30
5.4	Perifeerisen hermon paranemisprosessi	31
5.5	Plexus lumbaloksen tyypillisimmät vammat	33
5.6	Plexus sacraloksen tyypillisimmät vammat	35
6	NEURODYNAMIIKKA	38
6.1	Neuraalikudoksen mobilisoinnin vaikutukset	39
6.2	Neuraalikudoksen mobilisointitekniikat	41
6.3	Suoritustekniikka	43
7	FYSIOTERAPIAPROSESSI	46
7.1	Hermoperäiset oireet	46
7.2	Terapiaa edeltävä tutkiminen	47
7.3	Terapian annostelu	50
7.3.1	Neurodynaamisten harjoitteiden annostelu	51
7.3.2	Avaavien asentojen annostelu	52

7.4	Terapian intensiteetti	53
7.5	Terapian progressio ja harjoitteiden variointi	54
7.6	Hoitovaste ja terapiajakso	55
8	TUOTTEISTAMISPROSESSI	57
8.1	Ongelman tai kehittämistarpeen tunnistaminen	57
8.2	Ideavaihe	58
8.3	Luonnosteluvaihe	58
8.4	Kehittelyvaihe	60
8.5	Viimeistelyvaihe	64
9	POHDINTA	65
9.1	Tuotoksen arviointi ja kehittämissuositukset	65
9.2	Oppimisprosessi	67
9.3	Eettisyys ja luotettavuus	69
	LÄHTEET	71
	KUVIEN JA KUVIOIDEN LÄHTEET	77
	LIITTEET	
	LIITE 1. Plexus lumbaliksens ja plexus sacraliksens slider-harjoitteita	
	LIITE 2. Palaute- ja arviointilomake	

1 JOHDANTO

Tuki- ja liikuntaelimestöstä peräisin olevat ongelmat, eli TULE-vaivat, luokitellaan maailmanlaajuisesti merkittäväksi toimintavajetta aiheuttavaksi tekijäksi. Hermokudoksesta peräisin oleva neuropaattinen kipu voi olla osallisena useissa yleisissä TULE-vaivoissa, kuten tenniskyynärpäässä, rannekanava-oireyhtymässä, yläraajaan säteilevässä niskakivussa tai alaraajaan säteilevässä alaselkävivussa. Hermokudosta voidaan hoitaa fysioterapeuttisten menetelmien, kuten neurodynamisten harjoitteiden ja hermokudoksen mobilisoinnin avulla, tai epäsuoraan erilaisilla manuaalisilla tekniikoilla käsittelemällä hermokudosta ympäröiviä kudusrakenteita. (Basson, Olivier, Ellis, Coppieters, Stewart & Mudzi 2015.)

Neurodynamikka tarkoittaa ilmiönä hermokudoksen liikkumiskykyä, jota voidaan testata neurodynamisilla testeillä. Nykyisten standardoitujen neurodynamisten testien ja fysioterapeuttisten neuraalikudoksen mobilisointitekniikoiden taustalla vaikuttavat esimerkiksi aiheen edelläkävijät David Butler, Michael Shacklock, Louis Gifford ja Helen Slater. (Luomajoki 2008.)

Useat mekaaniset tekijät vaikuttavat perifeerisen hermon toimintaan: sen täytyy sietää tensiota ja kompressiota sekä joustaa ja liukua suhteessa ympäröiviin kudusrakenteisiin (Shacklock 2005, 4-5). Hermoa ympäröivien tukirakenteiden ansiosta hermokudos kykenee kuitenkin palautumaan, kun hermoon kohdistuva paine vapautetaan (Sunderland 1978, Shacklockin 2005, 7 mukaan).

Normaalisti hermokudos kykenee mukautumaan näihin muuttuviin tuki- ja liikuntaelimestön liikkeisiin, mutta joissain tapauksissa liikerajoitteen aiheuttaja onkin hermokudos itse, jolloin puhutaan neuropatodynamiikan ongelmasta (Luomajoki 2008). Mikäli hermokudoksen toiminta pettää, kudos voi altistua esimerkiksi hapenpuutteelle, turvotukselle tai kudoksiinnikkeiden muodostumiselle. Tension ja mekaanisten tekijöiden

lisäksi useat biomekaaniset ja psykologiset prosessit vaikuttavat toimintahäiriöiden kehittymiseen. (Ellis, Hing, Phty & Dip 2008.)

Tämän opinnäytetyön tuotoksena kehitetyt opetusvideot alaraajojen perifeeristen, eli ääreishermostojen, neurodynamisista harjoitteista ja niiden ohjaamisesta perustuvat tähän hermokudoksen toiminnan ja liikkumiskyvyn palauttamiseen erilaisten fysioterapeuttisten liu'utus tai venytystekniikoiden avulla.

Opinnäytetyön tuotoksen tarkoituksena oli vahvistaa ja tukea fysioterapeuttiopiskelijan ymmärrystä terapiaprosessin ohjaamisesta hermoperäisestä kivusta kärsivän asiakkaan kuntoutuksessa. Aihe rajattiin toimeksiantajan toiveesta kattamaan plexus lumbaliksien ja plexus sacralisten hermoista N. femoralis, N. cutaneus femoris lateralis, N. obturatorius, N. ischiadicus, N. tibialis, N. peroneus communis ja N. suralis. Raporttiosuuteen koottiin tuotteistamisprosessin eri vaiheet sosiaali- ja terveysalan tuotteistamisprosessimallia hyödyntäen sekä aiheen teoria- ja tutkimustietoon pohjautuvat perusteet perifeeristen hermojen neurodynamisten harjoitteiden käyttämiseksi fysioterapiaprosessissa. Raporttiosuuteen sisällytettiin teoretieto hermokehityksestä, hermokudoksesta, sen toiminnasta ja ominaisuuksista, neuropaattisesta kivusta, perifeerisen hermon kompressio- ja vaurioitiloista, tyypillisimmistä plexus lumbaliksien ja plexus sacraliksien hermojen vaurioista, neurodynamisista tekniikoista, hermoperäisestä kivusta kärsivän asiakkaan fysioterapiaprosessista ja neurodynamisten harjoitteiden ohjaamisen perusteista. Opinnäytetyön toimeksiantajana edusti Lahden ammattikorkeakoulu.

2 OPINNÄYTETYÖPROSESSI

Tässä luvussa esitellään opinnäytetyön tausta, tavoite, tarkoitus, tuotoksen sisältö, tiedonhankinnan kuvaus ja opinnäytetyöprosessin aikataulu.

2.1 Tausta, tavoite ja tarkoitus

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa Lahden ammattikorkeakoulun fysioterapeuttiopiskelijoille itseopiskelumateriaalia alaraajojen perifeeristen hermojen neurodynaamisista harjoitteista sekä niiden ohjaamisen perusteista. Tuotoksena syntyi erillinen harjoitevideo ja kaksi teoriavideota. Opetusvideoiden sisältö pohjautuu kirjalliseen raporttiosuudessa koottuun teoria- ja tutkimustietoon. Teoriavideot sisältävät tietoa tyypillisimmistä lannepunoksen (*lat. plexus lumbalis*) ja ristipunoksen (*lat. plexus sacralis*) hermojen vaurioista, neurofysiologiasta ja neurodynaamisten harjoitteiden perusteista. Harjoitevideo sisältää monipuolisesti näiden hermopunosten perifeeristen hermojen neurodynaamisia slider- ja tensionerharjoitteita. Harjoitevideossa on jokaiselle perifeeriselle hermolle useita erilaisia sliderharjoitteita sekä ilman esitensiota, että esitension kanssa. Lisäksi jokaiselle hermolle on yksi tensioner-harjoite.

Tuotoksen tarkoituksena oli vahvistaa ja tukea fysioterapeuttiopiskelijan ymmärrystä terapiaprosessin ohjaamisesta hermoperäisestä kivusta kärsivän asiakkaan kuntoutuksessa. Tuotoksena kehitetyt opetusvideot mahdollistavat neurodynaamisten harjoitteiden ja niiden ohjaamisen perusteiden opiskelun itsenäisesti lähiopetustuntien ulkopuolella. Audiovisuaaliset opetusvideot huomioivat erilaiset oppimistyyliä, jolloin tiedon omaksumisessa hyödynnetään sekä visuaalista että auditiivista oppimistapaa: visuaalista kuvaa ja tekstiä täydentää auditiivinen puhuttu teksti. Opetusvideoiden hyöty itseopiskelussa perustuu siihen, että ne ovat aikaan ja paikkaan sitomattomia ja palvelevat monipuolisesti erilaisia oppijoita.

2.2 Toteutus

Tuotoksen suunnittelua edelsi neuraalikudoksen eri käsittelytekniikoiden vertailu, jonka pohjalta neurodynaamiset harjoitteet suunniteltiin.

Toimeksiantajan toiveesta neurodynaamiset harjoitteet suunniteltiin Michael Shacklockin periaatteiden mukaisesti, sillä kyseisiä tekniikoita käytetään yleisesti Lahden ammattikorkeakoulun Fysioterapian koulutusohjelman opetuksessa (Monto 2016). Tuotoksen neurodynaamiset harjoitteet perustuvat hermojen anatomiseen kulkureittiin, tutkimustietoon ja toimeksiantajan pyynnöstä Michael Shacklockin periaatteisiin.

Fysioterapeutin ammatissa terapian sisällön ja valittujen menetelmien tulee perustua näyttöön pohjautuvaan tutkimustietoon. Koska opinnäytetyön tarkoituksena oli vahvistaa ja tukea opiskelijoiden terapiaosaamista, oli näyttöön perustuvan tutkimustiedon sisällyttäminen kirjalliseen raporttiin ja tuotokseen välttämätöntä. Tutkimuksia haettiin Lahden ammattikorkeakoulun Masto-Finna tiedonhakupöytäkirjan kautta ja PubMed-tietokannasta. Tiedonhankinnassa pyrittiin tutkimustiedon luotettavuuteen ja tiedon tuoreuteen. Tieteellisten tutkimusartikkelien haku rajattiin vuodesta 2000 eteenpäin ja haussa hyödynnettiin ainoastaan vertaisarvioituja ja satunnaistettuja tutkimuksia. Sisäänottokriteeriksi määriteltiin, että tutkimusartikkelien tuli koskea neuraalikudoksen mobilisointia tai neurodynaamisia harjoitteita ja niiden kliinisiä vaikutuksia. Hakusanoina käytettiin neural, mobilization, neurodynamic, training, active tai näiden yhdistelmiä.

TAULUKKO 1. Opinnäytetyöprosessin toteutus

Ideointi- ja valmisteluvaihe maaliskuu-elokuu 2016	Kehittämistarpeen tunnistaminen, aiheen saanti ja ilmoittautuminen opinnäytetyö-prosessiin
--	--

	<p>Tuotoksen mahdollisuuksien, hyödynnettävyyden, tavoitteiden ja sisällön määrittely yhdessä toimeksiantajan kanssa</p> <p>Aiheen rajausta, vastaaviin opinnäytetöihin tutustuminen, tiedonhankintasuunnitelma</p> <p>Opinnäytetyöprosessin aikataulus</p>
<p>Toteuttamisvaihe</p> <p>elokuu 2016 – helmikuu 2017</p>	<p>Opinnäytetyöraportin kirjoittamisprosessi</p> <p>Tiivis yhteistyö toimeksiantajan kanssa</p> <p>Tuotteistamisprosessin luonnostelu- ja kehittäelyvaihe, prosessin aikataulus</p> <p>Suunnitelmaseminaari 8.12.2016</p> <p>Tuotoksen arviointi ja palautteen keruu</p> <p>Esitysseminaari</p>
<p>Arviointi- ja julkaisuvaihe</p> <p>helmikuu - huhtikuu 2017</p>	<p>Tuotoksen ja opinnäytetyöraportin viimeistelyvaihe</p> <p>Julkaisuseminaari 20.4.2017</p> <p>Kypsyysnäyte</p> <p>Opinnäytetyön työn arkistointi Theseukseen</p>

3 HERMOSTO

”Hermosto on järjestäytynyt ryhmittymä soluja, jotka ovat erikoistuneet aistireseptorien välittämän elektrokemiallisen viestin johtamiseen hermoverkoston läpi.” (Erulkar & Lentz 2017).

3.1 Hermoston rakenne

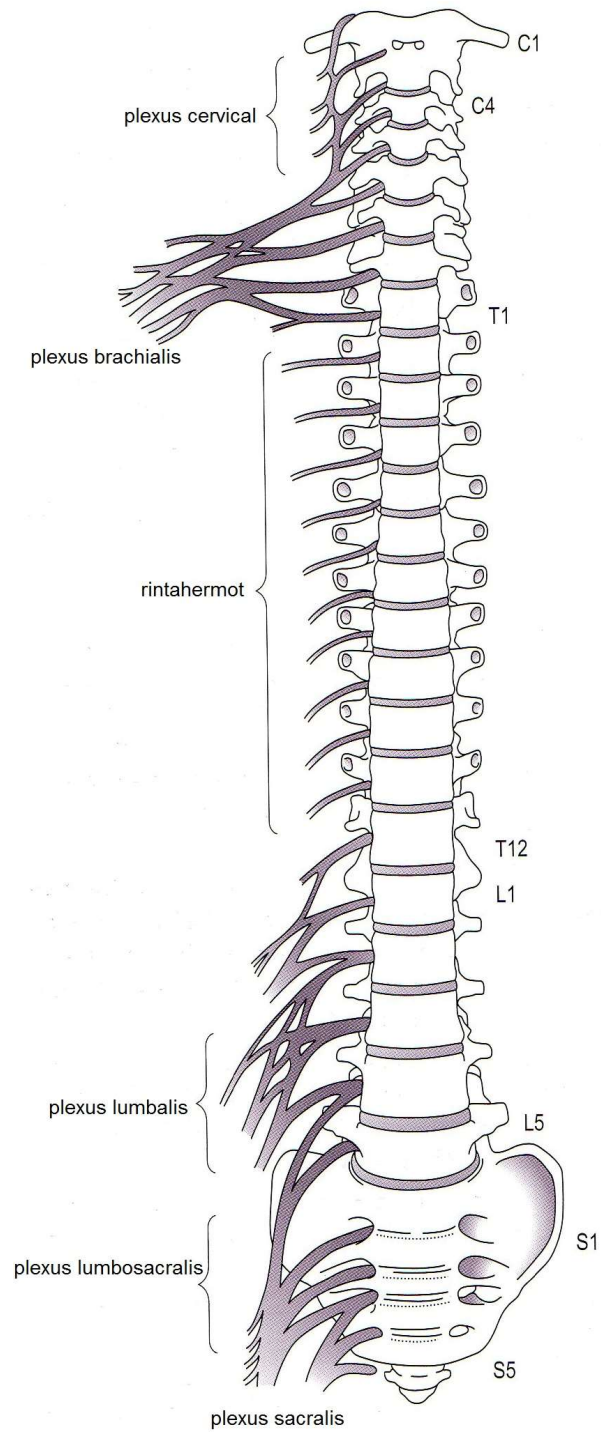
Hermosto jaetaan kirjallisuudessa kahteen osaan, keskus- ja ääreishermostoon, vaikka nämä kaksi toimivatkin aina vuorovaikutuksessa keskenään. Keskushermostoon kuuluvat aivot ja selkäydin ja ääreishermostoon aivo- ja selkäydinhermot sekä gangliot, eli hermosolmut. Ääreishermit kytkeytyvät aivorungon ja selkäytimen kautta keskushermostoon, ja näin keskushermosto saa informaatiota ympäröivistä rakenteista sekä kehon ulkopuolelta. (Sandström & Partanen 2013, 5.) Huolimatta hermoston rakenteellisesta jaottelusta sen kaikki toiminnot vaikuttavat jollain tavalla toisiinsa koko hermoston alueella. Hermoston sähköiset, mekaaniset ja kemialliset tekijät toimivat keskenään vuorovaikutuksessa: yksittäisen tekijän ominaisuuksiin vaikuttaminen näkyy väistämättä myös muissa. (Butler 2000, 100; Butler & Moseley 2003, 60.)

Aivoja ja selkäydintä suojaavat kolme kalvoa, joita ovat dura mater, arachnoid mater ja pia mater. Uloimpana kerroksena on dura mater, eli kovakalvo, joka on ominaisuuksiltaan kestävin: se kykenee sietämään merkittäviä pitkittäissuuntaisia voimia. Sen elastisuuden ansiosta kalvojen eri osat sietävät epätasaista kuormittumista rangan fleksiossa. Dura materin ja arachnoid materin väliin jää subduraalitila. Arachnoid mater, eli lukinkalvo, ja pia mater, eli pehmeäkalvo, muodostavat yhdessä kalvon sisäpinnat. Ne ovat muodostuneet verkkomaisista kollageenisäikeistä, joiden avulla nämä kalvon osat kykenevät suojaamaan ympäröivää hermokudosta. Verisuonitettu pia mater myötäilee selkäytimen ja aivojen liikkeitä ja rajaa hermokudoksen ja aivoselkäydinnesteen toisistaan.

Aivoselkäydinneste sijaitsee subaraknoidaalitilassa pia materin ja arachnoid materin välissä. (Butler 2000, 102.)

Selkäydin alkaa kallonpohjan ja toisen kaularangan nikaman väliltä ja päättyy aikuisilla L2-alueelle. Koska selkäydin on lyhyempi kuin itse selkäydinkanava, ei nikamataso vastaa automaattisesti sitä vastaavaa selkäydintasoa. Kaularangassa on seitsemän kaulanikamaa, mutta kahdeksan hermojuurta, joista kahdeksas lähtee alimman kaulanikaman ja ensimmäisen rintanikaman välistä. Thorakaaliset hermojuuret lähtevät T1- ja T9-nikamatasoilta. Lumbaaliset, sacraaliset ja coccygeaaliset juuret lähtevät T10- ja L1-nikamatasojen väliltä. (Butler 2000, 186.)

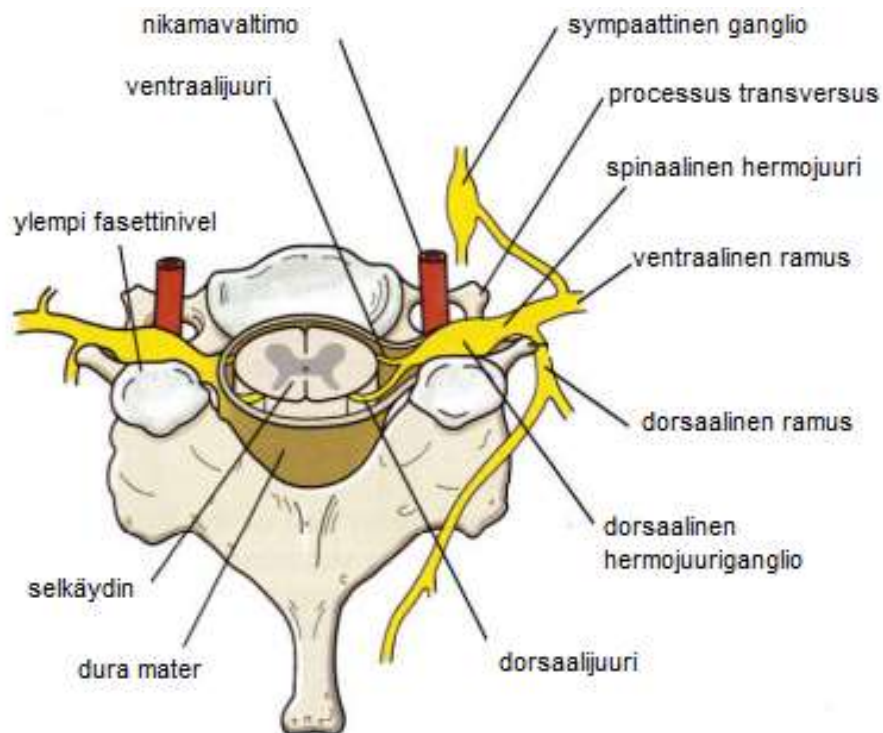
Cervikaalijuuria on 8 paria, thorakaalijuuria 12 paria, lumbaalijuuria 5 paria, sacraalijuuria 5 paria ja coccygeaalijuuria 1 pari. Hermojuuret on nimetty sen mukaan, missä rangan tasossa niiden ulostuloaukko on (Petty 2011, 189).



KUVIO 1. Perifeeristen hermojen hermopunokset (mukailtu Petty 2011, 192.)

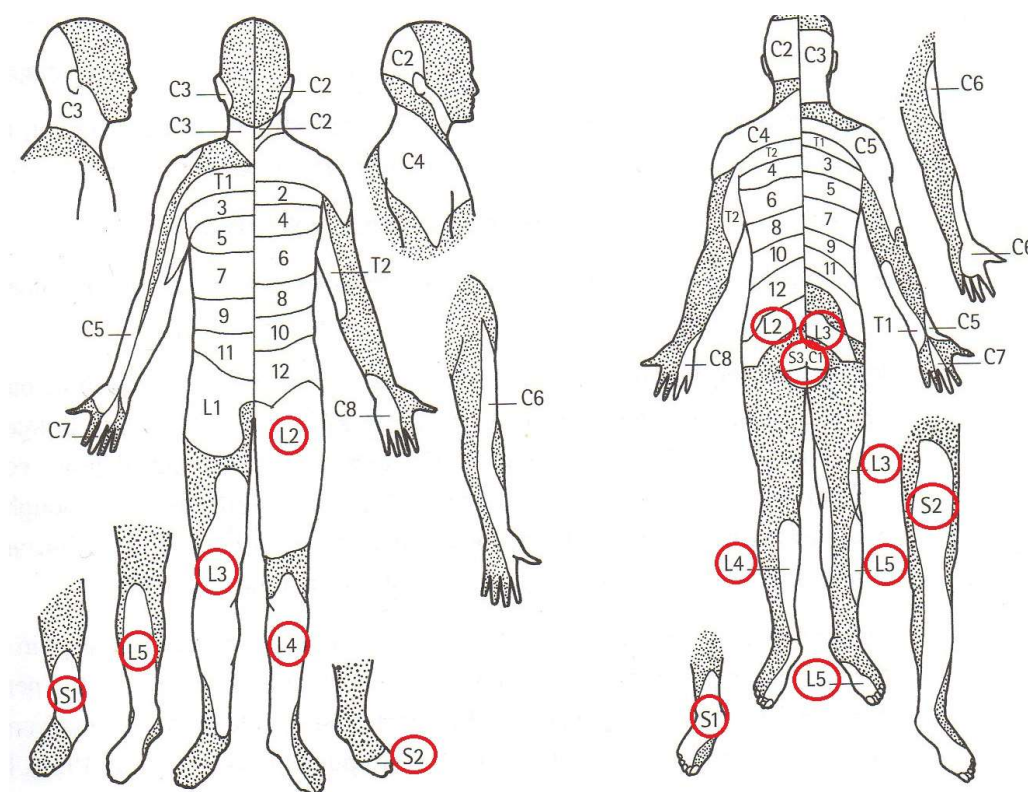
Spinaalihermot lähtevät ja muodostuvat selkäytimen ventraalisista, eli takajuurista ja dorsaalisista, eli etujuurista (Petty 2011, 189).

Ventraalisissa hermojuurissa on efferenttejä hermosäikeitä, jotka vievät hermoimpulsseja pois selkäytimestä. Dorsaalissa hermojuurissa taas on afferentteja hermosäikeitä, jotka tuovat impulsseja keskushermostolle. (Koivu 2006, 384.) Ventraalijuuret koostuvat sensorisista ja dorsaalijuuret motorisista säikeistä. Ventraalijuurien aksonien solukeskukset sijaitsevat takasarven harmaassa aineessa, ja dorsaalijuurien aksonien solukeskukset sijaitsevat selkäytimen ulkopuolella dorsaalissa hermojuurigangliossa. (Petty 2011, 189.) Dorsaalinen hermojuuriganglio on ensimmäinen keskus, jossa kudosten lähettämät stimulut arvioidaan ja tarpeen mukaan muokataan matkalla keskushermostoon. Koska dorsaalinen hermojuuriganglio on hermosolujen sooma-osien keskus, ganglion toiminnan muutokset heijastuvat aina myös perifeeristen hermojen toimintaan. Mekaaniset muutokset tai kemialliset viestit, kuten adrenaliini tai inflammaatiotekijät, voivat vaikuttaa dorsaalisen hermojuuriganglion sensitiivisyyteen. (Butler & Moseley 2003, 62.)



KUVIO 2. Spinaalihermon muodostamat rakenteet (mukailtu Neumann 2010, 310.)

Jokaisen ventraalijuuren sensorinen hermosäie kattaa kehosta tietyn segmentaalisen ihoalueen, jota sanotaan dermatomiksi. Samalla tavalla myös jokaisen dorsaalijuuren motorinen hermosäie huolehtii tiettyjen lihasten toiminnasta. Sensoriset dermatomi- ja motoriset myotomaalialueet eivät ei ole kuitenkaan tarkkarajaisia, vaan dermatomialueilla on osittaista päällekkäisyyttä ja lihaksen motorisesta toiminnasta vastaa usein useampi kuin yksi hermojuuri. (Petty 2011, 189–190.)



KUVIO 3. Tuotoksessa käytettyjen perifeeristen hermojen dermatomialueet (mukailtu Butler 2000, 219.)

Nikamajuuriaukoista spinaalihermo jakautuu kahteen haaraan: ventraaliseen ja dorsaaliseen ramukseen. Dorsaalinen ramus kattaa fasettinivelet ja pään, niskan sekä rangan motorisen ja sensorisen hermotuksen. Ventraalinen ramus muodostaa perifeerisen hermon ja kattaa vartalon anteriorisen ja lateraalisen osan sekä ylä- ja alaraajojen hermotuksen. Perifeeriset hermot yhdistyvät hermopunoksiin, joita ovat kaularangan alueella cervical plexus ja brachial plexus ja lannerangan sekä ristiluun alueella lumbal plexus, lumbosacral plexus ja sacral plexus. (Petty 2011, 190–191.) Perifeerinen hermo muodostuu useista hermofaskikkeleista, jotka muodostuvat edelleen aksoneista (Koivu 2006, 384).

3.2 Hermoston toiminta

Toimintansa mukaan hermosto jaetaan kahteen osaan: somaattiseen ja autonomiseen hermostoon. Somaattinen, eli tahdonalainen hermosto, säätelee poikkijuovaisten lihasten toimintaa. Autonominen, eli tahdosta riippumaton hermosto, säätelee sydänlihaksen, sisäelinten ja rauhasen sileiden lihassolujen toimintaa. Autonomiseen hermostoon kuuluu parasympaattinen ja sympaattinen hermosto, ja joissain määrittelyissä siihen sisällytetään myös enterinen hermosto. Sekä somaattiseen että autonomiseen hermostoon kuuluvat myös tuntohermot, jotka välittävät aistitietoja. (Sandström & Partanen 2013, 5-6.)

Hermosto toimii aktiivisesti kehon eri toiminnoissa motorisen säätelyn kautta. Hermosto ei ole ainoastaan passiivinen tietoa vastaanottava rakenne, vaan esimerkiksi kipukokemuksen aikaansaaja. Se on ominaisuuksiltaan assosiativinen: fysiologisten, psykologisten ja ympäristötekijöiden vaikutukset määrittävät sen työskentelyä. Hermoston mukautuvuus näkyy itsenäisten neuronien ja neuraalisten verkostojen toimintana. Reaktiivisuus näkyy hermoston kykyinä olla yhteydessä moniin monimutkaisiin järjestelmiin, kuten endokriini- ja immuunijärjestelmään sekä motoriseen säätelyyn. Hermosto on laajasti jakautunut, eikä motorisille tai sensorisille neuroneille ole tarkkaa sijoittumaa, vaan kehon

toiminnot vaativat useiden hermorakenteiden aktivoitumista. (Butler 2000, 18–19.)

3.3 Ääreishermosten tukirakenteet ja verenkierto

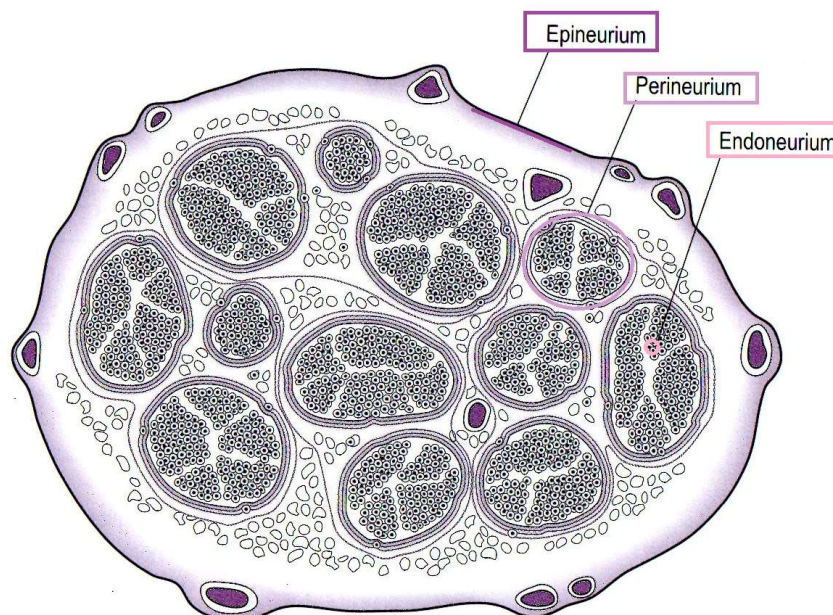
Järjestäytyneet tukirakenteet ympäröivät yksittäisiä hermosäikeitä. Syvimpänä sidekudostukirakenteena on endoneurium, joka yhdistää näitä järjestyneitä hermokimppuja, eli faskikkeleita, yhdeksi toiminnalliseksi kokonaisuudeksi. Endoneurium koostuu kollageenista ja fibroblasteista. (Koivu 2006, 384; Petty 2011, 199–200.)

Perineurium ympäröi hermosäikeistä yhdistyneitä hermokimppuja, eli faskikkeleita (Koivu 2006, 384; Petty 2011, 200). Perineurium huolehtii hermon ja ympäröivien kudosten välisestä diffuusiosta, hermon vetolujuudesta sekä elastisuudesta (Rydevik & Lundborg 1977; Sunderland 1990, Petty 2011, 200 mukaan). Lisäksi perineurium suojaa hermoa liialliselta tensiolta: sen ansiosta hermokudos kykenee sietämään keskimäärin 18–22 %:n vetoa (Sunderland & Bradley 1961, Shacklockin 2005, 5 mukaan).

Perineuriumissa verisuonet ovat järjestäytyneet poikittain, mistä johtuen hermon verenkierto häiriintyy, jos endoneuraalinen paine kasvaa. Paineen kasvaessa verenvirtaus edelleen endoneuriumissa vähenee. Hermoon kohdistuva yli 8 %:n venytys riittää häiritsemään hermokudoksen sisäistä verenkiertoa. Noin 15 %:n venytys riittää aiheuttamaan hermokudokselle iskeemisen tilan. (Lundborg 1975; Lundborg & Rydevik 1973; Lundborg ym. 1983; Petty 2011, 200 mukaan.)

Epineurium peittää faskikkeleita ja niiden verisuonia, kollageenisäikeitä sekä muita sidekudossoluja. Se muodostuu löyhästä sidekudoksesta, joka suojaa hermoa kehon eri liikkeiden aikana. Epineuriumissa kulkevat hermon verenkierrosta ja ravinnonsaannista huolehtivat verisuonet. Nämä verisuonet ovat keräjäisiä, mikä mahdollistaa hermon voimakkaankin pidentymisen ilman verenvirtauksen häiriintymistä. Epineuriumista verisuonet jakautuvat ja sukeltavat hermon sisempiin

sidekudossrakenteisiin. Endoneurium, perineurium ja epineurium muodostavat yhdessä ääreishermoston tukirakenteet. (Koivu 2006, 384; Petty 2011, 200.)



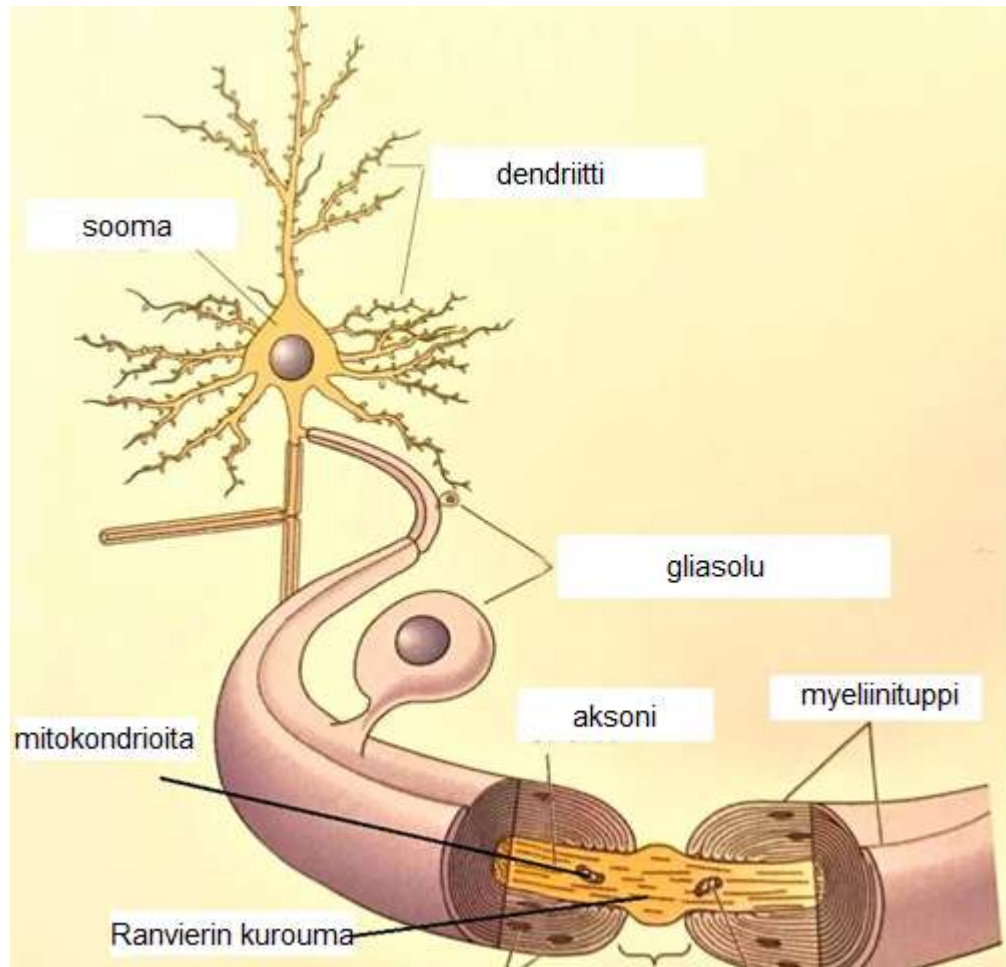
KUVIO 4. Ääreishermoston tukirakenteet (mukailtu Lundborg ym. 1987; Pettyn 2011, 202.)

Epineurium, perineurium ja endoneurium koostuvat sekä vapaista että sidekudoksisen kapselin ympäröimistä hermopäätteistä (Hromada 1963; Pettyn 2011, 202 mukaan). Nämä hermopäätteet reagoivat sekä mekaaniseen, kemialliseen että lämpötilan aiheuttamaan stimulusiin, joten niillä on nosiseptiivinen funktio (Bahns ym. 1986; Bove & Light 1995; Pettyn 2011, 202–203 mukaan). Mekaaninen tai inflammaation aiheuttama kemiallinen stimulus aistitaan suoraan ääreishermon tukirakenteen hermopäätteissä, jolloin ne toimivat suoraan kivun lähteenä (Petty 2011, 203).

3.4 Hermostolon rakenne ja toiminta

Hermokudos muodostuu neuroneista eli hermosoluista sekä gliasoluista eli hermotukisoluista. Gliasolut vastaavat hermosolujen aineenvaihdunnasta ja toimivat lisäksi esimerkiksi oppimisessa ja kivun kroonistumisprosesseissa. (Sandström & Partanen 2013, 4-6.) Noin puolet perifeerisen hermon rakenteesta on ligamenttirakennetta, jossa on runsaasti sensorisia hermopäätteitä (Butler & Moseley 2003, 61).

Hermosolujen pienistä eroavaisuuksista huolimatta ne kaikki noudattelevat rakenneosiltaan samaa perusrakennetta. Hermostolussa on dendriittejä eli tuojahaarakkeita ja yksi aksoni eli viejähaarake. Kaikki haarakkeet kiinnittyvät solukeskukseen eli soomaan. Aksonia ympäröi usein myeliinituppi eli gliasolujen muodostama rasvapitoinen eriste, jossa on Ranvierin kuroumiksi kutsuttuja katkoskohtia. Hermostolujen koko ja ääreishermostojen paksuus vaihtelevat: esimerkiksi N. medianuksen paksuus ranteessa on noin 5-8 mm ja N. ischiadicuksen paksuus reiden alueella noin 10–28 mm. (Sandström & Partanen 2013, 4-6.)



KUVIO 5. Tyypillisen hermosolun rakenne. (Mukaiilu Sandström ym. 2013, 4.)

Hermokudos jakautuu valkeaan ja harmaaseen aineeseen. Valkea aine muodostuu hermosolujen viejähaarakkeista ja niitä ympäröivistä myeliinitupista, jotka antavat hermokudokselle sen valkoisen värin. Harmaa aine muodostuu hermosolujen soomista ja tuojahaarakkeista. (Leppäluoto ym. 2008, 392; Niensted ym. 2009, 506–518; Sandström & Partanen 2013, 4.)

Yhden aktiivisen hermosolun aksoni kykenee vastaanottamaan useita viestejä samanaikaisesti useista eri kohteista ja tuottamaan useita eri kanavia pitkin kehon toimintoja voimistavia tai vähentäviä reaktioita. Nämä hermosolun välittämät kemialliset viestit palaavat myös takaisin

hermosolulle rekisteröintiä varten. Näin ollen hermosolulla on kemiallinen historiamuisti siitä, millaisten viestien ja tapahtumien kanssa se on jo aiemmin työskennellyt. Hermosolujen yhteys toisiinsa perustuu keskinäiseen palautteeseen. Hermosolujen rekisteröintikyky, historiamuisti ja hermosolujen välinen keskinäinen palaute mahdollistavat samojen toimintojen toistamisen yhä uudelleen ja uudelleen. (Butler 2000, 19.)

Hermosolun toiminta perustuu sen sähköisesti varautuneeseen puoliläpäisevään solukalvoon, jossa on tyypiltään erilaisia ionikanavia. Nämä ionikanavat voivat olla vuotokanavia, eli jatkuvasti auki olevia kanavia, jotka vaikuttavat solun lepojännitteeseen. Näiden lisäksi on jänniteherkkiä ionikanavia tai reseptorikanavia. (Partanen, Falck, Hasan, Jäntti, Salmi & Tolonen 2006, 386.) Vuotokanavat sallivat ionivuodon läpivirtaamisen ja edelleen depolarisaation, eli jännitteen purkautumisen. Osa ionikanavista aukeaa tiettyjen tapahtumien, kuten venytyksen tai lämpötilamuutosten seurauksena. Tietyt ionikanavat taas aukeavat esimerkiksi sähköisen jännitteen tai aivojen välittäjäaineen tarttuessa ionikanavan pintaan. (Butler 2000, 22.)

Nämä erilaiset mekaaniset ärsykkeet tai kemialliset viestit voivat laukaista hermosolun toiminnan, jolloin hermosolu alkaa siirtää viestiä eteenpäin hermoimpulsseina, eli aktiopotentiaalina. Hermosolun välittämät viestit liikkuvat hermosolulta toiselle liitoskohtien eli synapsien kautta. (Sandström & Partanen 2013, 5-6.) Hermoston toiminta perustuu näihin hermosoluissa tapahtuviin sähköisiin muutoksiin. Aktiopotentiaali syntyy hermosolun jänniteherkkien ionikanavien yhteisvaikutuksesta. Aktiopotentiaali etenee solukalvoa pitkin jatkuvasti depolarisoimalla, eli purkamalla viereisen kalvon osan jännitteitä. Ydintupettomissa aksoneissa impulssi kulkee hitaammin kuin aksoneissa, joissa aksonia ympäröi myeliinituppi ja Ranvierin kurouma. Nämä rakenteet mahdollistavat aktiopotentiaalin nopean liikkumisen perifeerisessä hermossa. (Koivu 2006, 386.)

3.5 Tensio ja kompressio

Kehon optimaalinen ja tarkoituksenmukainen toiminta edellyttää, että erilaiset jännitteet ja kompressiot ovat tasapainossa. Tensio ja kompressio ovat kehoa vahvistavia ilmiöitä, joita tapahtuu kudoksessa vuorotellen. Tensio vahvistaa sidekudosta, ohjailee kollageenisäikeiden suuntautumista ja vaikuttaa kudoksen jännitteiden kautta paikallisten kompressioiden syntymiseen. Esimerkiksi luurakennetta ympäröivien kudostakenteiden tensio aiheuttaa kompressiota luukudokseen. (Pihlman & Luomala 2016, 168.) Sama ajatus pätee myös perifeerisen hermon kohdalla: hermokudosta ympäröivien kudostakenteiden tensio voi aiheuttaa edelleen hermon kompressiota.

Soluväliainereseptorit eli integriinit ovat kudoksen mekaanisten muutosten aistireseptoreita solun pinnalla. Ne osallistuvat sellaisiin mekaanisiin ja kemiallisiin prosesseihin, jotka välittävät informaatiota liikkumisen aiheuttamista tapahtumista. Vaikka tensio ja kompressio ovat kudoksen ja kehon laajempien kokonaisuuksien luonnollisia ilmiöitä, ne voivat liian hallitsevina ja voimakkaina aiheuttaa kudoksiin erilaisia toimintahäiriöitä. (Pihlman & Luomala 2016, 168.) Hermokudoksessa tällainen liiallinen tensio ja kompressio voivat ilmentyä erilaisina kudoksen toimintahäiriöinä, kuten hermon pinne- ja kompressiotiloina.

3.6 Hermokudoksen ominaisuudet ja optimaalinen toiminta

Hermokudoksen on kyettävä olemaan ominaisuuksiltaan jatkuvasti liukuva, venyvä, hankausta kestävä ja erilaisia kulmia myötäilevä, jotta se kykenee mukautumaan kehon mekaanisiin toimintoihin ja liikkumaan suhteessa ympäröiviin kudostakenteisiin. Hermokudoksen on siedettävä näitä mekaanisia voimia siinä missä sen on kyettävä jatkuvaan hermostolliseen johtumiseenkin. (Butler 2000, 98.) Ääreishermit kulkevat nivelten yli jatkumona suhteessa toisiinsa ja joutuvat näin ollen sietämään tensiota (Shacklock 2005, 4-5). Hermon tukirakenteista perineurium suojaa hermoa liialliselta tensiolta: sen ansiosta hermokudos kykenee sietämään keskimäärin 18–22% vetoa (Sunderland & Bradley 1961,

Shacklockin 2005, 5 mukaan). Hermokudoksen paineen vapauttaminen tietyltä alueelta voi lisätä tensiota muualla hermoston osassa (Butler 2000, 121).

Pidentymisen, liukumisen ja tension lisäksi hermokudoksen on siedettävä kompression aiheuttamaa painetta esimerkiksi nivelen liikkeiden aikana luista rakennetta vasten (Butler 2000, 100). Perifeerinen hermo voi joutua kompressioon, kun sitä ympäröivien kudusrakenteiden paine muuttaa hermon muotoa esimerkiksi luisen rakenteen, jänteen, lihaksen ja edelleen lihaskalvon yhteisvaikutuksesta (Shacklock 2005, 7). Hermon tukirakenteista epineurium toimii hermokudoksen pehmusteena ja suojaa aksonia liialliselta paineelta. Epineuriumin ansiosta hermokudos kykenee palautumaan, kun hermoa kompressoiva paine vapautetaan. (Sunderland 1978, Shacklockin 2005, 7 mukaan.)

Hermokudoksen sopeutuvuus ja selkäydintä peittävien kalvojen ominaisuudet mahdollistavat sen, että kaularankaa voidaan viedä ojennukseen ja koukistukseen. Lisäksi hermokudoksen on oltava ominaisuuksiltaan palautuva ja toistuvaa rasitusta sietävä rakenne, jotta se kykenee palautumaan pidentyneestä asennosta takaisin lyhentyneeseen asentoon. Lisäksi hermokudoksen on kyettävä valikoimaan erilaisten nesteiden ja kemikaalien pääsyä solukalvon läpi. (Butler 2000, 101.)

Hermokudoksen viskoelastisten ominaisuuksien vuoksi sen toimintaan ja sisäisiin mekaanisiin toimintoihin voidaan vaikuttaa liikkeen kautta. Hermokudoksen pitkittäis- tai poikittaissuuntaisen liukumisen ansiosta hermo kykenee kontrolloimaan sen tensiotilaa: hermokudos pyrkii liukumaan korkeinta tensiopistettä kohti ja tasaamaan näin hermon kokonaistensiota (Shacklock 2005, 5, 15).

Hermokudos on hyvin verisuonitettua (Petty 2011, 200). Hermokudoksen toiminta onkin riippuvaista verenkierrosta: muutamaa sekuntia pidempään kestävä voima ja rasitus voivat altistaa kudoksen hapenpuutteelle (Tani ym. 1987 & Millesi ym. 1995, Shacklockin 2005, 15 mukaan). Muutokset hermokudoksen verenkierrossa esimerkiksi tulehdusreaktioiden

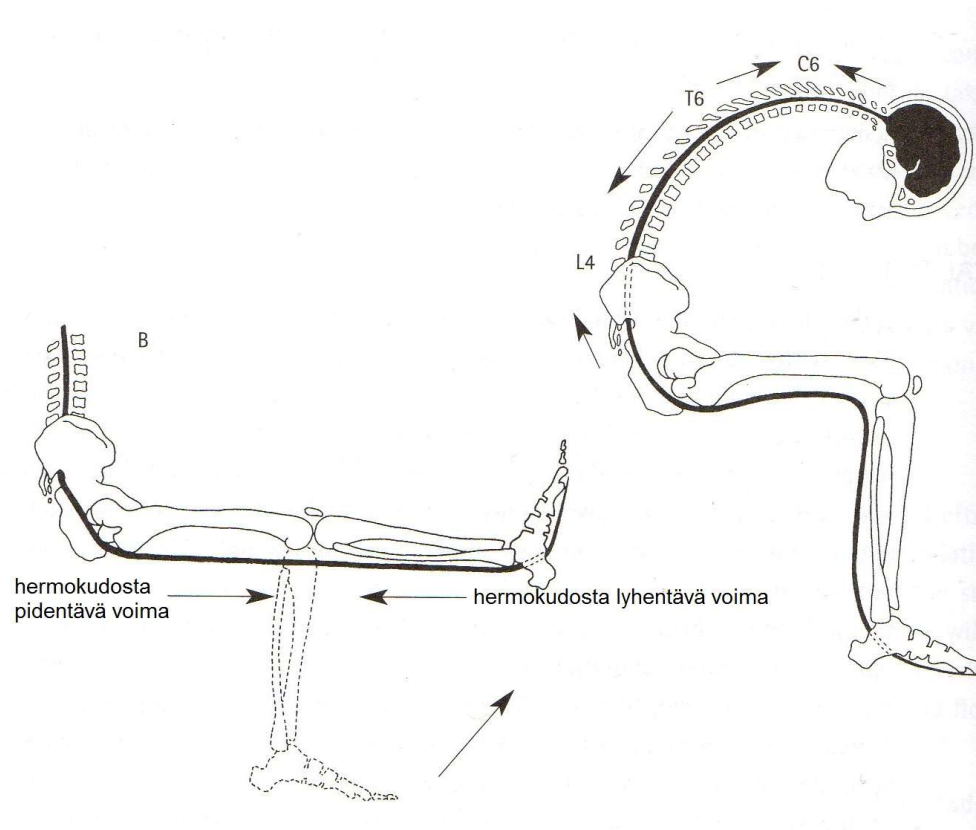
seurauksena voivat aiheuttaa hermoperäistä kipua ilman varsinaisia kudostason rakennemuutoksia (Shacklock 2005, 15).

3.7 Hermokudoksen liikkuminen

Perifeerisen hermon pitkittäissuuntainen tensio yhdessä tietyn nivelen viereisten nivelten samanaikaisiin liikkeisiin vaikuttavat vahvasti toisiinsa. Hermon lyheneminen lisää vetoa sen kulkureitillä olevissa nivelissä. (Butler & Coppieters 2008.) Hermokudoksen liikkuminen perustuu sen kulkureitillä olevien nivelten liikkeisiin: kun hermon pituus kasvaa nivelen kuperalla puolella, sen pituus vastaavasti lyhenee koveralla puolella. Hermokudoksen reagointi nivelen liikkeistä aiheutuviin voimiin riippuu siis hermon sijoittumisesta suhteessa niveleen. Kuperalla puolella sijaitseva osa hermosta reagoi näin ollen hermokudosta pidentäviin voimiin ja koveralla puolella sijaitseva osa reagoi hermokudosta lyhentäviin voimiin. (Shacklock 2005, 7-8.)

Kun hermon kulkureitillä olevien nivelten välinen kulma kasvaa, hermokudos joutuu pidentymään ja sietämään siihen kohdistuvaa kasvanutta tensiota. Jos taas vierekkäisten nivelten välinen kulma pienenee, myös hermokudokseen kohdistuu vähemmän tensiota. (Petty 2011, 231.)

Yksittäisen nivelen liike harvoin aiheuttaa hermokudokselle liiallista tensiota, sillä hermokudos on sopeutunut liukumaan niveltä kohti ylläpitääkseen optimaalista tensiotasoa. Sen sijaan hermon kulkureitillä olevien useampien vierekkäisten nivelten liikkeet saavat hermokudoksen pidentymään voimakkaammin. Neurodynaamiset testit, neuraalikudoksen mobilisointi ja neurodynaamiset harjoitteet perustuvatkin hermokudoksen liikkumisen periaatteen ympärille, jonka mukaan hermon tensioasento koostuu useiden nivelten yhdistetyistä liikkeistä. (Shacklock 2005, 7-8.)

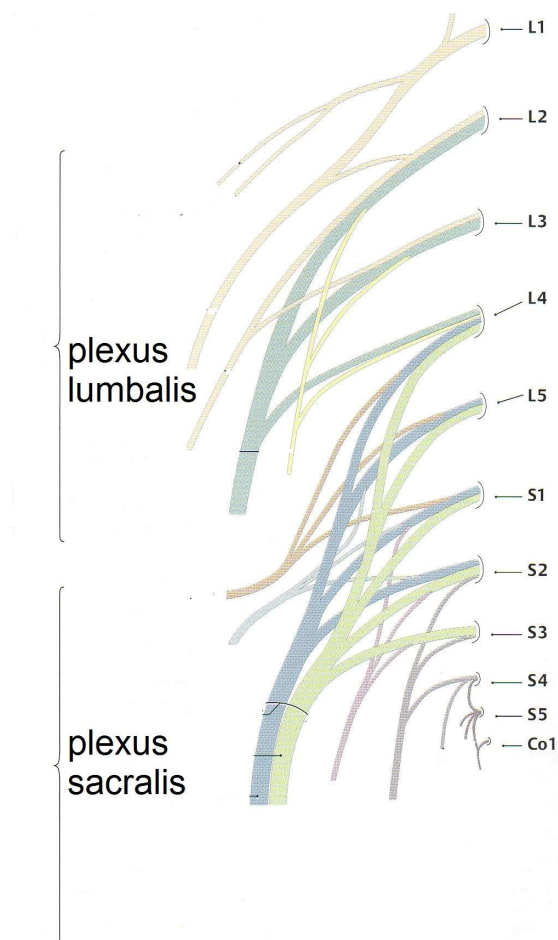


KUVIO 6. Hermokudoksen liikkuminen (mukailtu Butler 2000, 120.)

Kun hermokudosta venytetään 15 %:lla suhteessa sen lepoasentoon, voidaan vaikuttaa kudoksen patologiaan. Hermokudoksen mekaanisiin ja fysiologisiin ominaisuuksiin voidaan siis vaikuttaa neurodynamisten tekniikoiden avulla, jos pidentyminen on tätä suurempaa. Ei ole kuitenkaan olemassa vakioitua muutoskulmaa, joka automaattisesti lisäisi tai vähentäisi hermokudoksen tensiota, vaan se on riippuvaista hermokudoksen liikkumiskyvystä. Kun hermokudosta liu'utetaan pitkittäissuuntaisesti niin, ettei se ole valmiissa esitensiossa proksimaalisesta tai distaalisesta osastaan, on koko hermo vapaa liikkumaan suhteessa ympäröiviin kudoksiin. (Petty 2011, 232.) Hermon liikkumiskyky on ahtaimmillaan hermojen risteämisalueella, läpäistessään lihaskudoksen tai luisten rakenteiden ympärillä (Sunderland 1978; Pettyn 2011, 232 mukaan).

4 ALARAAJOJEN PERIFEERISET HERMOT

Plexus lumbosacralis, eli lanne-ristipunos, muodostuu lannehermojen (L1-5) ja kolmen ylimmän ristihieron (S1-3) etuhaaroista. Plexus lumbosacraliksesta lähtevät perifeeriset hermot huolehtivat alaraajojen motorisesta ja sensorisesta hermotuksesta. (Mylläri 2014.)



KUVIO 7. Plexus lumbalis ja plexus sacralis (mukailtu Gilroy ym. 2009, 449.)

4.1 Plexus lumbalis

Nervus femoralis lähtee L2-L4 hermojuurista ja on anatomialtaan pisin plexus lumbaliksien hermoista. Hermo kulkee m. psoas majorin ja m.

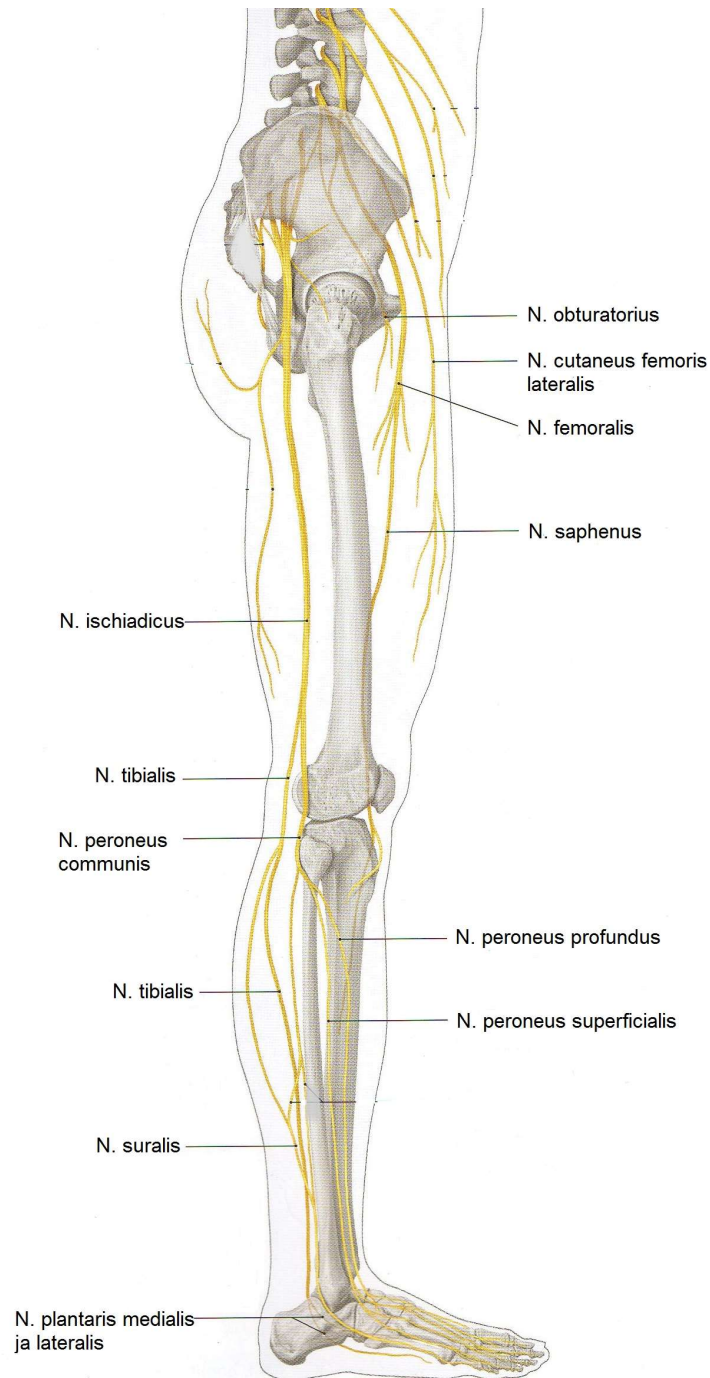
iliacuksen välissä kohti mediaalista lihasaitiota. Hermo jakautuu lukuisiksi cutaneus- ja lihashaaroiksi noin 8 cm inguinaaliligamentin alapuolelta. Hermon ihohermotusalueisiin kuuluu reiden anteriorinen ja mediaalinen osa ja edelleen saphenushermon osalta myös säären ja jalkaterän mediaaliosat. (Schuenke 2014, 535.) Nervus femoraliksen motorisesti hermottamiin lihaksiin kuuluu m. psoas major, m. iliacus, m. pectineus, m. sartorius, m. vastus lateralis, m. rectus femoris (Butler 2000, 232).

Nervus saphenus on femoralishermon sensorinen päätehaara, joka haarautuu inguinaaliligamentin alapuolelta ja jatkaa kulkuaan edelleen säären mediaalireunaa pitkin. Hermo kulkee adductorikanavan läpi ohittaen m. sartoriuksen ja kulkien kohti polven mediaalireunaa. N. saphenus jakautuu polven alueella vielä infrapatellaarihaaraan, joka vastaa polven mediaaliosan ihohermotuksesta. Polven alueelta hermo jatkaa kulkuaan yhdessä saphenuslaskimon kanssa säären mediaalireunaa pitkin ja muodostaa sensorisen hermotuksen säären ja jalkaterän mediaaliosille. (Schuenke 2014, 535.)

Nervus obturatorius lähtee L2-L4 hermojuurista. Hermo kulkee m. psoas majorin posterioriselta ja mediaaliselta puolelta ja kulkee kohti pikkulantiota. Hermo jatkaa matkaansa obturatorikanavan sisään ja jakautuu m. obturator externuksen lihasrungon päällä anterioriseen sekä posterioriseen haaraan. Haarat jatkavat matkaansa distaalisesti m. adductor breviksen anterioriselta ja posterioriselta puolelta antaen motorisen hermotuksen myös muille lonkan adduktoreille. Anteriorinen haara jatkaa sensorisena ihohermona m. gracialiksen anteriorisella puolella lävistäen fascia lataen. Nervus obturatoriuksen ihohermotusalue on noin kämmenen kokoinen alue reiden mediaalipuolella ja distaaliosassa. (Schuenke 2014, 534.) Hermon motorisesti hermottamiin lihaksiin kuuluu m. obturator externus, m. adductor magnuksen anteriorinen osa, m. adductor longus, m. adductor brevis ja m. gracialis (Butler 2000, 232).

Nervus cutaneus femoris lateralis lähtee L2-L3 hermojuurista. Se tulee näkyviin m. psoas majorin lateraaliosassa, josta se jatkaa matkaansa alas

poikittain m. iliakuksen fascian läpi kulkién spina iliaca anterior superioria kohden. Hermo ohittaa spina iliaca anteriorin sen mediaalipuolelta. Lantion alueelta hermo jatkaa matkaansa monirakenteisen lihaskalvon (*m. tensor fascia latae*) läpi ja lävistää sen noin 2-3 cm spina iliaca anterior superiorin alapuolelta. Hermo kulkee vielä m. tensor fascia lataen päällä ja vastaa reiden anteriorisen osan ihohermotuksesta. Hermolla on ainoastaan sensorinen funktio. (Schuenke 2014, 532–533.)



KUVIO 8. Opinnäytetyöhön rajattujen hermojen kulkureitit (mukailtu Gilroy ym. 2009, 448.)

4.2 Plexus sacralis

Nervus ischiadicus on kaikista suurin ja pisin perifeerinen hermo. Se lähtee L4-S3 hermojuurista ja kulkee alaraajan posteriorisella puolella

melko syvällä pakaralihaksen välissä. (Schuenke 2014, 538.) Hermo kulkee m. piriformiksen alta edelleen reiden takapinnalle. N. ischiadicus jakautuu polven yläpuolella kahteen päähaaraan: n. tibialikseen ja n. peroneus communikseen. (Soinila & Launes 2007, 515.) N. ischiadicus antaa motorisen hermotuksen polven koukistaja- ja kiertäjälihakille, joita ovat m. biceps femoris, m. semimembranosus, m. semitendinosus, ja m. adductor magnus (Martin 2017).

Nervus tibialis lähtee L4-S3 hermojuurista. Hermon kulkureitin alussa se on osa suurempaa punosta nervus ischiadicuksen kanssa.

Haaraututtuaan polvitaipteen alueella erilliseksi hermoksi, se jatkaa matkaansa säären takaosaa pitkin fleksorilihasten alla, josta se kiertyy mediaalimalleolin taakse tarsaalitunneliin. Tarsaalitunnelista hermo jakautuu vielä loppuhaaroikseen, joita ovat N. plantaris medialis ja lateralis. (Soinila & Launes 2007, 515.) Nervus tibialiksen motorisesti hermottamiin lihaksiin kuuluu m. semitendinosus, m. semimembranosus, m. adductor magnuksen posteriorinen osa, m. plantaris, m. gastrocnemius, m. popliteus, m. soleus, m. flexor hallucis longus, m. flexor digitorum longus ja m. tibialis posterior. Tibialishermon loppuhaaran, N. plantaroksen kautta motorinen hermotus kattaa m. adductor hallucis, m. plantaariset ja dorsaaliset interosseukset, m. flexor hallucis breviksen, m. flexor digitorum breviksen, m. adductor halluciksen, m. quadratus plantaen, m. lumbricalet, m. abductor digiti minimi ja m. flexor digiti minimi breviksen. (Butler 2000, 232.)

Nervus suralis on N. tibialiksen sensorinen ihotuntohermo, eli se lähtee alkuperäisesti L4-S3 hermojuurista. Hermo haarautuu N. tibialiksesta ja jatkaa matkaansa jalkaterää kohti m. gastrocnemiuksen päiden välistä. Hermo tulee pinnallisemmaksi m. gastrocnemiuksen distaaliosassa, jossa se yhdistyy N. peroneus communiksen haaran kanssa. Akillesjänne jää hermon mediaalipuolelle, josta hermo jatkaa matkaansa edelleen lateraalimalleolin taakse. Lateraalimalleolin takaa hermo jatkaa kulkuaan jalkaterän lateraaliosaan jakautuen edelleen mediaaliseen ja lateraaliseen haaraan lähellä viidettä metatarsaaliluuta. Hermo kattaa suurimman osan koko jalkaterän lateraaliosan sensorisesta hermotuksesta. Hermon

anatomisesta pinnallisuudesta ja fysiologisesta liikkuvuudesta johtuen se on helposti palpoitavissa useilla alueilla. (Butler 2000, 201.)

Nervus peroneus communis lähtee L4-S3 hermojuurista. Hermon kulkureitin alussa se on osa suurempaa punosta nervus ischiadicuksen kanssa. Jakaantuessaan polvitaiteen alueella erilliseksi hermoksi N. peroneus communis kulkee fibulan pään yli ja jakautuu säären etulateraalipinnalla kulkevaan pinnalliseen n. peroneus superficialikseen sekä jalkaterän dorsaalipinnalla kulkevaan syvempään n. peroneus profundukseen. (Soinila & Launes 2007, 515.) Hermon motorisesti hermottamiin lihaksiin kuuluu m. hamstringin lyhyt pää, m. peroneus longus, m. peroneus brevis, m. peroneus tertius, m. tibialis anterior, m. extensor digitorum longus, m. extensor hallucis longus, m. extensor hallucis brevis ja extensor digitorum brevis (Butler 2000, 232).

5 PERIFEERISEN HERMON VAMMAT

Perifeeristen hermojen neuropaattiset kiputilat ovat nykykirjallisuuden ja – tutkimuksen perusteella myös lapsilla ja nuorilla yleisempiä kuin on ajateltu (Hall & Nelson 2011). Perifeerisen hermon vamman taustalla on usein jonkin mekaaninen vamma, eli puristus, venytys tai paine. Hermon vaurioaste ja ennuste riippuvat vamman aiheuttajasta. Yleisimpiä perifeeristen hermojen vammojen aiheuttajia ovat pinne- ja kompressiotilat, ohimenevä mekaaninen puristus ja vammat. (Koivu 2006, 391.)

5.1 Hermovaurioiden luokittelu

Neurapraksia eli johtumiskatkos on hermokudoksen sisäinen toiminnallinen katkos, jossa vamma-alueelle syntyy myeliinivaurioita, hermon johtuminen estyy tai johtumisnopeus hidastuu. Toiminnallisessa hermokatkokuksessa vaurio on aksonia ympäröivissä myeliinitupissa, jolloin itse aksoni on säilynyt ilman vaurioita. Aksonivirtaus ja hermon troofiset vaikutukset lihakseen säilyvät, mutta aktiopotentiaali ei kulje vauriokohdan läpi. Neurapraksia voi syntyä, jos hermorungossa on tunnin kestävä iskemia tai 5-30 min kestävä kevyt kompressio. Neurapraksiaan johtavat vammat paranevat usein täydellisesti ennalleen 2-4 kuukauden kuluttua. Neurapraksia voidaan todentaa hermojohtonopeuden hidastumisena tai hermokatkoksenä. (Koivu 2006, 392.)

Neurapraksian aiheuttamat kliiniset oireet ovat sensorisia, joista tyypillisimpiä ovat sähköttävät oireet ja puutuminen (Jaroma, Kallio & Raatikainen 2010, 257). Johtumiskatkoksen seurauksena lihaksiin ei kehity fibrillaatiota, mutta hermon hermottamissa lihaksissa esiintyy motorista heikkoutta (Koivu 2006, 392). Lihaksen toiminta palautuu tyypillisesti muutaman päivän aikana, mutta hermokudoksen muu kliininen oirekuva voi pysyä yllä muutaman kuukauden ajan (Jaroma ym. 2010, 257).

Aksonotmeesissa hermokudokseen kohdistunut voimakkaampi kompressio aiheuttaa hermoon myös aksonivaurioita (Partanen ym. 2006, 392–393). Aksonin katkeamisen seurauksena sen katkoskohdan distaalinen aksoni ja myeliini tuhoutuvat (Jaroma ym. 2010, 258). Katkeamisen seurauksena aksoniosan kyky johtaa hermoimpulsseja loppuu. Osittaisessa tuhoutumisessa impulssin värähtely pienenee ja täydellisessä tuhoutumisessa se puuttuu kokonaan. Hermokudosta ympäröivä sidekudos ei aksonotmeesissa kuitenkaan katkea. (Koivu 2006, 392–393.)

Aksonin osittaisen tai täydellisen tuhoutumisen seurauksena vauriokohdan suhteen distaaliset lihakset kärsivät yksikkökadosta, yksikköpotentiaalini muutoksista sekä fibrillaatiosta, jotka tulevat esiin noin 10–28 vuorokauden kuluttua vauriosta. Sensorisissa aksoneissa impulssin salpautuminen tapahtuu 7-10 ja motorisissa 3-5 vuorokauden kuluttua. (Koivu 2006, 392–393.) Aksonotmeesin paranemisprosessi kestää useiden kuukausien ajan, minkä jälkeenkään paranemismvaste ei välttämättä ole täydellinen (Jaroma ym. 2010, 258).

Neurotmeesi on hermokudoksen täydellinen anatominen katkos, jossa koko hermon katkeaminen on ulottunut aksoniin ja hermoa ympäröiviin tukikudoserakenteisiin. Tällaisen vaurion taustalla on tyypillisesti leikkaava esine tai voimakas tension tai kontuusion aiheuttama hermon repäisy. Katkenneen hermon proksimaaliosassa tapahtuu versomista, jonka seurauksena alueelle syntyy neuroomamuodostumaa. Katkenneen hermon distaaliosaan taas syntyy glioomamuodostumaa. Näiden muodostumien väliin kerääntyy arpikudosta. Neurotmeesivauriossa täydellistä hermokudoksen toiminnan palautumista ei tapahdu koskaan. (Jaroma ym. 2010, 258.) Neurofysiologian avulla ei voida selvittää onko kyseessä aksonivaurio vai hermon täydellinen katkeaminen. Jos korjaantumista ei tapahdu 4-8 kuukauden sisällä, on kyseessä todennäköisesti neurotmeesi. (Koivu 2006, 392.)

5.2 Kipu

Krooninen kipu voidaan luokitella nosiseptiiviseen, neuropaattiseen, idiopaattiseen ja psykogeeniseen kipuun. Idiopaattinen kipu on mekanismeiltaan tuntematonta kipua ja psykogeeninen kipu on selittävissä psyykkisillä mekanismeilla. (Haanpää 2007.) Nosiseptiivinen kipu sen sijaan on kudostasolta peräisin olevaa kipua. Missä tahansa kudoksessa sijaitseva vaurio on hermosäikeiden kautta yhteydessä kipua aistiviin hermopäätteisiin, jotka ovat jatkuvassa jännitevalmiudessa ja aktivoituvat kudoksen inflammaation seurauksena. Nosiseptiivisessä kivussa hermopäätteet tulkitsevat mekaanisia tai kemiallisia prosesseja, jotka voivat olla lähtöisin mistä tahansa kudoksesta, kuten lihaksista, nivelistä, lihaskalvoista, sarveiskalvosta tai vaikkapa keuhkojen pleurasta. (Butler 2000, 53.)

Neuropaattinen kipu on hermovauriokipua, joka on seurausta somatosensorisen kipujärjestelmän vaurioitumisesta (Haanpää 2011, 6). Kipu voi olla sentraalista, eli keskushermostoperäistä tai perifeeristä, eli ääreishermostosta lähtöisin olevaa kipua. (Kalso 2009, 310–311.) Neuropatiaa ja perifeeristä neuropaattista kipua ei tule kuitenkaan sotkea toisiinsa. Neuropatiassa hermon toiminta on heikentynyt, ja sen todentamiseksi käytetään ENMG- eli hermo- ja lihassähkötutkimusta. Perifeerisessä neuropaattisessa kivussa taas hermon varsinainen toiminta on säilynyt, mutta neurodynaamiset testit ovat positiivisia. (Luomajoki 2008.)

Perifeerisiä neuropaattisia kiputiloja ovat ääreishermoston vauriotilat, kuten hermojen pinne- ja kompressiotilat, polyneuropatiat ja tulehduksen tai mekaanisen puristuksen aiheuttamat hermojuurivauriot (Haanpää 2007). Mononeuropatiat ovat yksittäisen ääreishermon toimintahäiriöitä, jonka aiheuttajana on tyypillisesti vamma, tensio tai tulehdus. Perifeerisen hermon neuropaattisen kivun taustalla on usein kompression tai venytyksen aiheuttama myeliinivaurio, jonka paranemisennuste on hyvä. (Soinila & Launes 2007, 511.)

5.3 Pinne- ja kompressiotilat

Hermon pinne- ja kompressiotiloilla tarkoitetaan tilannetta, jossa perifeerinen hermo joutuu omalla kulkureitillään pinteeseen anatomisen rakenteen vuoksi. Hermoon voi kohdistua kulkureitin tietyllä alueella painetta tai venytystä, minkä seurauksena hermokudoksen verenkierto ja aksoplasmavirtaus, eli hermosolun sisäinen aineenvaihdunta, voivat estyä. (Koivu 2006, 391.) Koska yksittäinen hermosolu voi olla jopa metrin pituinen, voi hermopinne tietyllä kulkureitin alueella aiheuttaa aksoplasmavirtauksen estymisen myös koko yksittäisen perifeerisen hermon alueella (Luomajoki 2008).

Hermon kulkureitillä sijaitsevan anatomisen rakenteen lisäksi muu mekaaninen kompressio voi aiheuttaa perifeeriseen hermoon kompressio- tai pinnetilan. Kompression taustalla vaikuttaa usein jokin paikallista turvotusta aiheuttava tekijä, kuten kudostason vamma ja arpikudoskiinnikkeet, leikkaus tai synoviitti. Hermoon kohistuvan ulkoisen kompression taustalla voi olla esimerkiksi hermokudosta ja sitä ympäröiviä kudoksia puristava kipsihoito. (Vastamäki 2004.)

Ulkoisen mekaanisen tekijän aiheuttama ohimenevä kompressio on hyvä erottaa varsinaisesta pinne- ja kompressiotilasta. Varsinainen pinne- tai kompressiotila vaatii kehittyäkseen riittävän voimakasta pitkäkestoista tai toistuvaa painetta, jonka seurauksena hermoon syntyy myeliinivaurio. (Koivu 2006, 391.) Perifeerisen hermon laskimoverenkiertoa heikentää jo 30 mmHg:n paineen nousu. Hermon vammariski on riippuvainen siihen kohdistuvan paineen kestosta, voimakkuudesta ja kompressioalueiden laajuudesta. (Luomajoki 2008.)

Hermon pinnekohta saattaa olla palpoitaessa arka ja kivulias, jolloin pinnealueen koputtelu voi aiheuttaa kihelmöintiä tai pistelyä hermon ihohermotusalueella. Pinnekohdassa hermon toiminta voi olla heikentynyt ja johtumisnopeus hidastunut, jolloin diagnostiikan selvittämisessä voidaan hyödyntää ENMG- ja johtumisnopeusmittauksia. (Vastamäki 2004.)

5.4 Perifeerisen hermon paranemisprosessi

Perifeerisen hermon paranemisprosessiin vaikuttaa vaurion aste ja laajuus. Paranemisennuste esimerkiksi neurapraksiassa on tyypillisesti hyvä, sillä endoneurium ei ole vaurioitunut. Myeliinivaurion asteesta riippuen tällainen hermovamma paranee yleensä täydellisesti muutamien päivien tai viimeistään kuukauden kuluttua. (Koivu 2006, 392.)

Perifeerisen hermon aksonin katkeamiskohta vaikuttaa hermon paranemisedellytyksiin. Jos aksoni katkeaa läheltä solukeskusta, saattaa aksoni menettää sen kokonaismassasta valtaosan. Jos aksoni taas katkeaa distalisemmin, ovat hermon degeneraation edellytykset todennäköisemmät. Solukeskuksensa säilyttäneessä aksonissa alkaa katkeamisen seurauksena proteiinisynteesi, jossa hermosolun uudismateriaali kulkeutuu hermon distaliosiin aksoplasmapvirtauksen avulla. (Jaroma ym. 2010, 258.)

Aksonivauriot korjaantuvat yleensä itsestään, kun uusi toiminnallinen aksoni muodostetaan vaurioituneen tilalle. Uuden toiminnallisen aksonin muodostaminen voi olla mahdollista, jos katkenneiden osien välillä säilyy pienikin yhteys. Katkenneen aksonin distaaliosassa tapahtuu Wallerin degeneraatiota, jonka aikana vaurioalueelle kerääntyy makrofageja ja tulehdussoluja poistamaan katkenneen aksonin ja myeliinijätteet. Perifeeristä hermoa ympäröivät tukisolut kehittävät degeneraatioalueelle tyvikalvotupen, jota pitkin regeneroituva aksoni kulkee kohde-elimelle. Tukisolujen muodostamat kasvutekijät suojaavat hermosoluja regeneraation aikana. Jos katkenneen aksonin proksimaalisen ja distaalisen osan yhteys katoaa, hermon regeneraatiota ei tapahdu. (Castrén & Lindholm 1999.)

Wallerin degeneraation seurauksena katkenneen aksonin päiden välillä tapahtuu kaventumista, joka mahdollistaa aksoniversojen regeneraatiomuodostumien kiinnittymisen. Aksoni kykenee versoutumaan vaurioalueella noin 1-1,5 mm vuorokaudessa. Myeliinituppi jää regeneroituneessa aksonissa kuitenkin alkuperäistä ahtaammaksi.

(Jaroma ym. 2010, 258.) Kun osa aksoneista vaurioituu, jää myös osa hermon hermottamista lihassoluista ilman hermotusta. Jäljelle jääneet aksonit kykenevät versoutumaan näihin tyhjiin lihassäikeisiin. (Koivu 2006, 392.) Hermon hermottaman lihaksen motorisen toiminnan palautuminen vaatii kuitenkin, että hermoimpulssi saavuttaa lihaksen noin vuoden kuluessa. Aksonivaurion regeneraatioaste riippuukin katkenneiden aksoneiden etenemisestä Schwannin tuppeen ja edelleen hermon hermottamiin lihakseen. Vaikka aksonit eivät olisi ohjautuneet täydellisesti, lihaksen muuttuneita viestejä voidaan harjoittelun avulla oppia kuitenkin tulkitsemaan. (Jaroma ym. 2010, 258, 263.)

Brügger, Duman, Bochud, Münger, Heller, Ruff ja Jacob ovat tutkineet ääreishermoston regeneraatiota. Ääreishermoston aksoneilla on vaurion jälkeen suurempi regeneraatiokapasiteetti kuin keskushermoston aksoneilla. Regeneraatio on mahdollista ääreishermon regeneratiivisten ominaisuuksien ja osittain ulkoisten tekijöiden ansiosta, jotka mahdollistavat ja edistävät hermon elpymistä. Schwannin solut muodostavat hermon regeneraation kannalta suotuisan ympäristön, jossa ne lisääntyvät, tuottavat kasvutekijöitä ja väliaineita sekä stimuloivat aksonien regeneraatiota. (Brügger ym. 2016.)

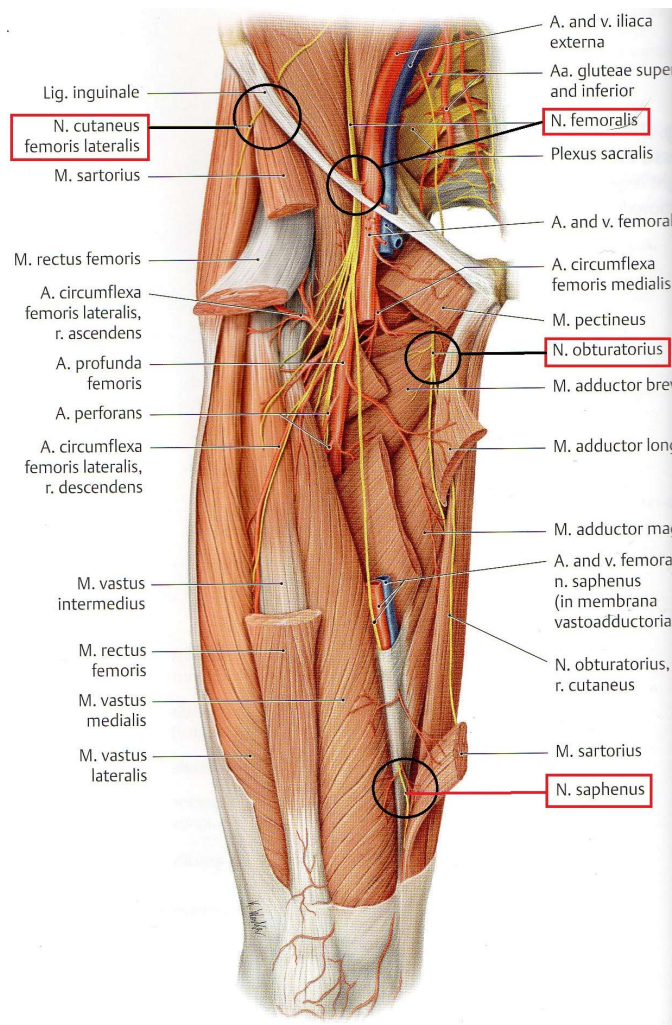
Neurotmeesi, eli hermokudoksen täydellinen anatominen katkos, ei korjaannu koskaan itsestään ilman hermon kirurgista korjaustoimenpidettä. Toimenpiteen avulla saavutetut tulokset jäävät kuitenkin usein vain tyydyttäväksi, sillä hermon proksimaalisia ja distaalisia faskikkeleita on mahdotonta asettaa täydellisesti vastakkain, jolloin alueelle syntyy virheellinen hermotus. Vääränlaisen tai heikon hermotuksen syntyminen on sitä todennäköisempää, mitä enemmän aksonin pitäisi regeneroitua. Esimerkiksi ranteeseen tehdyn N. medianuksen neurorafian jälkeen regeneraation merkit ovat havaittavissa vasta noin 4-7 kuukauden kuluttua. Hermosiirteitä hyödyntävien korjausleikkausten jälkeen regeneraatioaika on muutamaa kuukautta pidempi. (Koivu 2006, 392.)

5.5 Plexus lumbalixen tyypillisimmät vammat

Nivusalueen ja reiden alueen kiputilojen tutkiminen voi olla kliinisesti haasteellista, sillä kivun mahdollisia aiheuttajia hermopinteen lisäksi voi olla useita. Reiden ja nivusalueen kivun syitä voivat hermopinteen lisäksi olla esimerkiksi tendiniitit, bursiitit, pubiksen osteiitit, rasitusmurtumat, urheiluvammat ja nivustyrät. (Tipton 2008.)

Nervus femoralixen vamman taustalla voi olla lantion alueeseen kohdistuneet traumat, toimenpiteet tai hematoomat. Oirelöydöksiä voivat olla esimerkiksi motorinen heikkous lonkan fleksiossa ja N. saphenuksen vaurioissa myös polven ekstensiossa. (Puustjärvi-Sunabacka & Salmi 2009, 310.) Hermokudoksesta peräisin olevat oireet johtuvat paikallisesta turvotuksesta, arpikudosmuodostumasta tai esimerkiksi lonkkaproteesileikkauksissa raajan liiallisesta pidentämisestä. Lisäksi oireina voi esiintyä sensorisia muutoksia säären anteriorisella puolella. (Vastamäki 2004.)

Tyypillisin plexus lumbalixen pinteeseen joutuvista ääreishermoista on N. femoralixen sensorinen päätehaara, eli N. saphenus. N. saphenuksen pinne muodostuu yleensä m. vastus medialis ja m. sartoriuksen väliin reiden alamediaaliosaan. Saphenusvamman taustalla voi olla paikallinen runsas ihonalaiskudos, polven virheasento tai suonikohjuihin ja niiden hoitoon liittyvät komplikaatiot. Oirelöydöksiä ovat sensoriset muutokset ja kipu säären mediaaliosassa. Infrapatellaarihaaran vammojen taustalla voi olla esimerkiksi polven alueen toimenpiteet, jolloin oireena voi olla voimakastakin polvikipua. (Puustjärvi-Sunabacka & Salmi 2009, 310.)



KUVIO 9. Plexus lumbalisen tyypillisimmät vamma-alueet (mukailtu Gilroy ym. 2009, 464.)

Meralgia paraesthetica on n. cutaneus femoris lateraliuksen pinne, joka muodostuu lonkan nivusalueelle (Vastamäki 2004). Hermo on altis mekaanisille vammoille ja sen tyypillisin vamma muodostuu inguinaaliligamentin alle, jossa hermo tekee 80 asteen mutkan vertikaalisesti. Hermon anatomisen kulkureitin lisäksi inguinaaliligamentin alla oleva hermoa peittävä ohut rasvakudoskerros lisää venytysvammojen riskiä. Etenkin lonkkanivelen ekstensio kohdistaa hermoon voimakkaan venytyksen. Oirelöydöksiä voivat olla sensoriset muutokset reiden

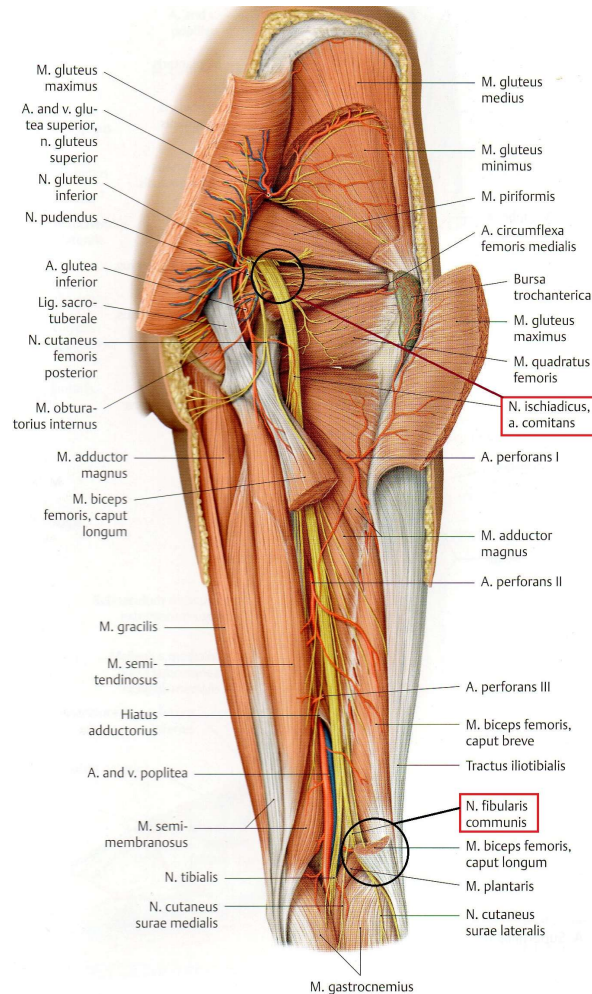
anteriorisessa osassa tai kipuoire reiden lateraaliosassa. (Schuenke 2014, 533.)

N. obturatoriuksen pinteeseen taustalla on tyypillisesti lihaskalvon aiheuttama paine. Oirelöydöksiä voivat olla reiden mediaaliosan tai nivusalueen kipu ja motorinen heikkous lonkan adduktiossa. (Tipton 2008.)

5.6 Plexus sacraluksen tyypillisimmät vammat

N. ischiadicuksen oireilu ja pinnetilat ovat hyvin tyypillisiä. Yleisesti puhutaan piriformisoireyhtymästä, jossa hermo jää pinteeseen m. piriformuksen väliin. Hamstring-oireyhtymässä hermon kompression taustalla on hamstring-lihasten kiinnittymiskohdan jännetulehdus. (Falck & Puusa 2006, 479.) Piriformissyndrooman taustalla on usein m. piriformuksen hypertrofia, tulehdus, arpikudosmuodostumat tai lihasspasmii. Oirelöydöksiä voivat olla alaselän, pakaralan tai takareiden alueen kipu ja sensoriset muutokset. (Stein 2017.)

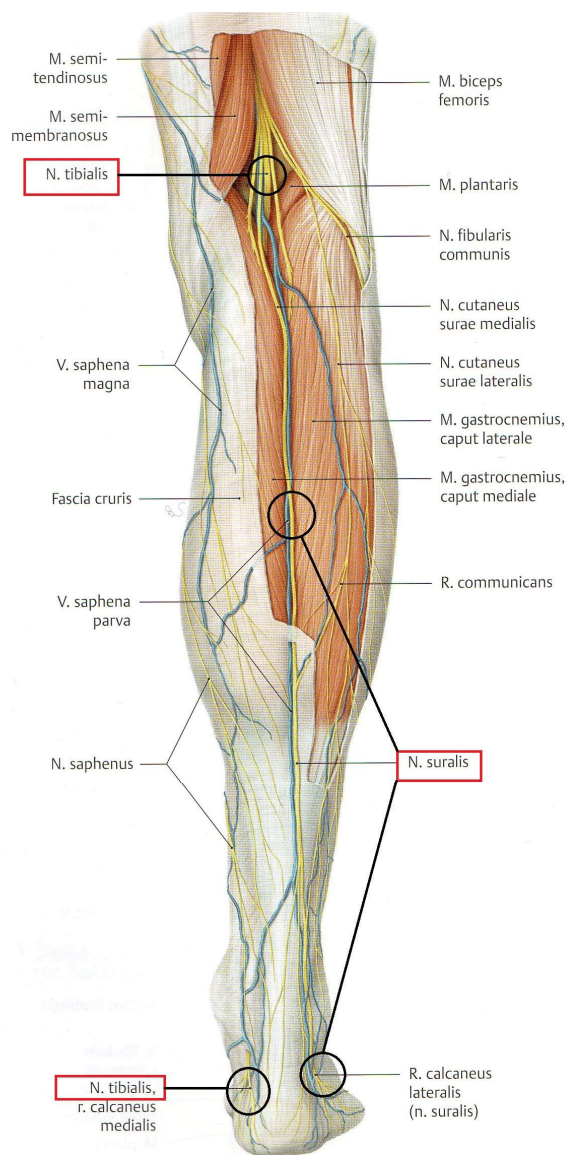
N. peroneus communis voi jäädä pinteeseen pohjeluun pään kohdalla (Mervaala 2013). Taustalla voi olla hermoa peittävän lihaskalvon kireys, m. peroneus longuksen lähtökohdan jänteisen takareunan puristus capitulum fibulaen takapuolella tai paikallinen turvotus. Lisäksi mekaaninen rasitus, kuten kyykyssä työskentely tai kipsihoito voivat aiheuttaa oireilua. Jos paine kohdistuu N. peroneuksen molempiin haaroihin voi seurauksena olla täydellinen drop foot, jonka oireet ilmenevät motorisesti kävelyn aikana jalkaterän laahautumisena ja supinaatioon ohjautumisena sekä nyrjähtämistäipumuksena. N. peroneus profunduksen vammoissa voi esiintyä nilkan dorsifleksoreiden motorista heikkoutta, muttei kuitenkaan selkeää laahausta tai nyrjähdystäipumusta. (Vastamäki 2004.) N. peroneus communis oirelöydöksiä voivat olla sensoriset muutokset säären etulateraaliosissa ja jalkapöydällä sekä motorinen heikkous etenkin nilkan dorsifleksiossa (Mervaala 2013).



KUVIO 10. N. ischiadicuksen ja N. peroneus communiksen tyypillisimmät vamma-alueet (mukailtu Gilroy ym. 2009, 464.)

N. tibialis posterior voi jäädä pinteeseen mediaalimalleolin alueella (Mervaala 2013). Lisäksi hermo voi jäädä pinteeseen polvitaiteessa soleuslihasten kiinnittymiskohdan alueella tai plantaarihermojen kautta jalkaterän mediaalisivulla isovarpaan loitontajalihaksen jänteisen reunan alla. Taustalla on tyypillisesti turvotusta aiheuttava rasitus, vamma tai jalkaterän virheasennot. Oirelöydöksiä voivat olla kipu ja sensoriset muutokset jalkapohjan, mediaalimalleolin, kantapään ja joskus myös polvitaiteen ja pohkeen yläosan alueella. Lisäksi voi esiintyä motorista heikkoutta nilkan plantaarifleksiossa. (Vastamäki 2004.)

N. suralis voi vammautua nilkan lateraaliosien leikkauksissa, sillä hermo kulkee anatomisesti lateraalimalleolin takana. Taustalla voi olla operaation aiheuttama viilto hermon kulkureitillä, arpikudos tai turvotus. Oirelöydöksiä voivat olla sensoriset muutokset ja kipu jalkaterän lateraaliosassa. Hermo voi jäädä pinteeseen myös etenkin urheilijoilla, jos hermo pääsee arpeutumaan kiinni lihaskalvoaukon alueelle pohkeen puolivälissä, jolloin oirelöydöksinä esiintyy jalkaterän lateraaliosien kivun lisäksi paikallista pohjekipua. (Vastamäki 2004.)



KUVIO 11. N. tibialiksen ja N. suraloksen tyypillisimmät vamma-alueet (mukailtu Gilroy ym. 2009, 466.)

6 NEURODYNAMIIKKA

Neurodynamiikka kuvaa hermokudoksen biomekaanisia, fysiologisia ja rakenteellisia toimintoja, joiden osallisuutta hermoston toimintahäiriöihin voidaan testata neurodynaamisten testien aikana (Mänttari 2005, 311; Stetts & Carpenter 2014, 101). Neurodynaamiset testit ilmentävät mekaanisen liikkeen vaikutusta hermokudokseen ja sen hermottamiin rakenteisiin (Shacklock 2005, 26).

Nämä mekaaniset ja fysiologiset tekijät sekä niiden keskinäinen vuorovaikutussuhde voivat vaikuttaa neurodynamiikkaan (Stetts & Carpenter 2014, 101). Fysiologisia tekijöitä voivat olla esimerkiksi verenkierron, ionikanavien aktivaation, inflammaation ja keskushermostoperäisten tekijöiden vaikutus perifeerisen hermon ominaisuuksiin ja toimintaan. Mekaanisia tekijöitä voivat olla esimerkiksi hermokudoksen kyky liukua, liikkua ja sietää kehon muuttuvien liikkeiden aiheuttamaa tensiota. Neurodynaaminen testaaminen ei siis ole ainoastaan hermokudoksen mekaanisten tekijöiden tutkimista, vaan myös fysiologisten reaktioiden ja ympäröivien kudokset rakenteiden vaikutusta hermokudoksen toimintahäiriöihin. (Butler 2000, 98.)

Hermokudoksen toimintahäiriö voi näkyä epäsuotuisana tensiona, joka ilmenee neurodynaamisen testin aikana neuropaattisena kipuna (Butler 1991; Shacklock 1995; Pettyn 2011, 226 mukaan). Positiivinen neurodynaaminen testi ei kerro ainoastaan perifeerisen hermon mekaanisesta toimintahäiriöstä, vaan on aina yhteydessä myös keskushermoston kautta psykologisiin ilmiöihin (Shacklock 1995; Hall & Elvey 1999; Butler 2000; Pettyn 2011, 226 mukaan). Koska hermokudos on voimakkaasti yhteydessä sitä ympäröiviin kudokset rakenteisiin, tarvitaan neurodynaamisessa testaamisessa positiivisen testituloksen vahvistamiseksi kudospäristä erottelua. Kudospärisessä erottelussa lisätään hermokudokseen kohdistuvaa mekaanista ulkoista voimaa, jotta voidaan varmistua siitä, onko neurodynaamisen testin aikana ilmaantuva oire todellisuudessa peräisin hermokudoksesta. (Breig & Troup 1979;

Butler 1991, 2001; Shacklock 1995; Boland & Adams 2000; Refshauge & Gass 2004, Pettyn 2011, 227 mukaan.)

Neuropatodynamiikan ongelmien hoidossa pyritään vaikuttamaan sekä patopsykologisiin tekijöihin hermojuuressa ja sen ympärillä, että patomekaanisiin tekijöihin ongelma-alueen ylemmillä tasoilla (Shacklock 2005, 198). Hermokudoksen käsittelytekniikat pohjautuvat neurodynamisten testien suoritustekniikkaan. Neurodynamisissa harjoitteissa asiakas kontrolloi liikkeen suoritustekniikkaa omien tuntemustensa ja terapeutin antamien tarkkojen ohjeiden mukaisesti. Halutun hoitovasteen saavuttaminen vaatii sitä, että asiakas osaa kontrolloida hermokudokseen kohdistuvaa voimaa ja laajuutta oikeassa suhteessa. (Petty 2011, 227, 231).

6.1 Neuraalikudoksen mobilisoinnin vaikutukset

Neuraalikudoksen mobilisointitekniikoilla pyritään palauttaan hermokudoksen liikkumiskyky suhteessa sitä ympäröiviin anatomisiin kudusrakenteisiin ja vähentämään hermokudoksen mekanosensitiivisyyttä (Stetts & Carpenter 2014, 102). Liikkumiskyvyn lisäksi tekniikoiden avulla voidaan vaikuttaa perifeerisen hermon ja sitä ympäröivien kudosten aksoplasmavirtaukseen. Lisäksi sen avulla voidaan lisätä hermokudoksen verenkiertoa muuttamalla paineolosuhteita ja lievittämällä hermon sisäistä turvotusta. Neuraalikudoksen mobilisointi voi tapahtua passiivisen liikkeen, perifeerisen hermon tai interface-tekniikkana tapahtuvan mobilisoinnin tai muun terapeuttisen harjoittelun keinoin. (Basson, Coppieters, Ellis, Mudzi, Olivier & Stewart 2015.)

Neuraalikudoksen mobilisointi on noninvasiivisena terapiamuotona vaikuttavaa neuropaattisen kivun hoidossa, mutta sen vaikuttavuuden perusteet ovat vielä verrattain epäselviä. Da Silva, Santos, Martinez, Giardini, Martins, De Oliveira, Ciena, Gutierrez, Watanabe, Britto ja Chacur (2015) tutkivat neuraalikudoksen mobilisoinnin vaikutuksia hermokudoksen paranemisprosessiin rottakokeella laboratorioolosuhteissa. Tämän tutkimuksen perusteella neuraalikudoksen

mobilisointi saattaisi fasilitoida hermokudoksen paranemisprosessia, jonka pääroolissa toimivat erilaiset kasvutekijät ja myeliiniproteiini 0.

Čolakovićin ja Avdićin (2013) toteuttaman tutkimuksen mukaan neuraalikudoksen mobilisointi yhdessä muun terapeuttiseen harjoittelun kanssa on merkittävämpää SLR:n tulosten ja kivun kannalta kuin pelkkä aktiivinen liike- ja lannerankaa stabiloiva harjoittelu. Otantaryhmä (n=60) muodostui henkilöistä, jotka kärsivät alaraajoihin säteilevästä alaselkäkivusta. Tutkimusryhmä jaettiin kahteen ryhmään, joista ryhmä A:n fysioterapiaan kuului neuraalikudoksen mobilisointia ja lannerankaa stabiloivia harjoitteita. Ryhmä B:n fysioterapiaan kuului taas aktiivisia liikeharjoitteita ja lannerankaa stabiloivia harjoitteita. Neljän viikon terapiajakson jälkeen ryhmä A:n tulokset SLR:n ja kivun suhteen olivat verrattaen paremmat kuin ryhmä B:n. Myös Torres, Martos, Sánchez, Rubio, Pelegrina ja Valenza (2015) vahvistivat RCT-tutkimuksessaan aktiivisten neurodynaamisten harjoitteiden vaikuttavan merkittävästi kipuun, neurodynamiikkaan ja toimintakykyyn verrattuna kontrolliryhmään. Tutkimusryhmään valikoitiin sokkoutetusti 48 fibromyalgiasta kärsivää henkilöä.

Useat tutkimukset vahvistavat, että neurodynaamisilla tekniikoilla voidaan lisätä lihaksen liikkuvuutta ja neuraalikudoksen liikkumiskykyä verrattain enemmän kuin tavanomaisten staattisten venytystekniikoiden avulla. Vaikutukset ovat välittömiä ja pitkäaikaisempia kuin pelkkä liikkuvuusharjoittelu. (Castellote-Caballero, Valenza, Puentedura, Fernández-de-las-Peñas & Alburquerque-Sendín 2014.) Castellote-Caballeron ym. lisäksi myös esimerkiksi Sharma, Balthillaya, Rao ja Mani (2016) vahvistivat RCT-tutkimuksessaan (n=60), että slidereiden ja tensionereiden käyttö yhdessä staattisten venytystekniikoiden kanssa ovat tehokkaampi tapa lisätä liikkuvuutta kuin pelkkä venyttely yksinään.

Neuraalikudoksen mobilisointi ei hoida ainoastaan ääreishermostoa, vaan on aina yhteydessä myös keskushermostoon. Neuraalikudoksen mobilisoinnilla voidaan vaikuttaa esimerkiksi kivun kroonistumiseen ja erilaisten negatiivisten kipukokemusten ja pelkokäyttäytymisen

kokemiseen. Esimerkiksi näköaistin yhdistäminen neurodynaamisiin harjoitteisiin voi vahvistaa aiemmin kipua tuottavien liikkeiden todellista kivuttomuutta. Näköärsyke stimuloi kipukokemusta kontrolloivia aivoalueita kivuttomasta liikkeestä, jonka liitännäisseurauksena myös perifeerisen hermon liikkumista voidaan saada aikaan enemmän. (Ramachandran & Rogers-Ramachandran 1996; Butlerin 2000, 389 mukaan.)

Pelkokäyttäytyminen tai kipumuisti kipua aiheuttavista liikkeistä voivat aiheuttaa liikkeiden varomista. Slider-tekniikoiden avulla asiakkaan keskittyminen voi parhaimmillaan ohjautua pois kipua aiheuttavasta liikekomponentista: esimerkiksi kaularangan ekstensio- ja fleksioliikkeiden suorittaminen voi viedä asiakkaan huomion pois näistä negatioita aiheuttavista liikemalleista. Slider-tekniikoiden avulla voidaan mahdollisesti vähentää osittain aivojen etummaisesta pihtipoimun aktivaatiota epämiellyttävän kivun kontrolloinnissa. (Butler 2000, 388.) Tämä aivoalue huolehtii epämiellyttävien kipukokemusten käsittelystä, erilaisista käyttäytymisreaktioista ja autonomisen hermoston tehtävistä (Selkäklinikka).

6.2 Neuraalikudoksen mobilisointitekniikat

Neuraalikudoksen käsittelyssä mekaaninen interface-tekniikka tarkoittaa hermokudosta ympäröivien rakenteiden käsittelyä ennen hermokudoksen spesifiä mobilisointia. Mekaaniseen interfaceen kuuluvat kaikki hermokudosta ympäröivät kudokset: jänteet, lihakset, nikamat, luut, nivelsiteet, lihaskalvot ja verisuonet. Näiden ympäröivien kudosten toiminta on voimakkaasti yhteydessä edelleen varsinaiseen hermokudoksen toimintaan, joten ympäröivien rakenteiden toimintahäiriöt tulee korjata ennen varsinaista neuraalikudoksen mobilisointia. (Shacklock 2005, 2.) Mikään yksittäinen neuraalikudoksen mobilisointitekniikka ei myöskään hoida ainoastaan hermokudosta, vaan vaikutukset ulottuvat aina myös hermoa ympäröiviin kudoksiin. Hermokudosta voidaan näin ollen hoitaa monen eri kudoksen kautta. Interface-tekniikoissa hermokudosta hoidetaan niiltä hermon kulkureitin alueilta, joissa nämä ympäröivät rakenteet estävät hermoa

toimimasta normaalisti. Interface-tekniikoita ovat esimerkiksi nivelmobilisaatio, pehmytkudos- tai faskiakäsittelyt tai elektroterapia. (Petty 2011, 225–226.) Interface-tekniikoiden käyttö suunnitellaan yksilöllisesti vastaamaan hermokudoksen toimintahäiriön tasoa ja asiakkaan oireistoa ja niitä voidaan hyödyntää käytännössä rajattomasti koko kehon alueella (Shacklock 2005, 23).

Useissa tapauksissa oireiden taustalla on myös ympäröivien nivelten ja pehmytkudusrakenteiden toimintahäiriöt, joten hoito on perusteltua aloittaa hermokudosta ympäröivistä rakenteista. Mitä voimakkaammat asiakkaan oireet ovat, sitä kauempaa oirealueesta interface-hoito aloitetaan. (Luomajoki 2008, 31.) Joissain tapauksissa voi olla hankalaa erottaa, onko oire peräisin hermokudoksesta vai sitä ympäröivistä rakenteista (Petty 2011, 238).

Slider-tekniikoiden avulla hermokudosta joko pidennetään proksimaalisesti ja löyhätään distaalisesti tai toisinpäin (Butler 2000, 387). Slider voidaan tehdä joko pumppaavasti jommastakummasta hermon kulkureitin päästä tai kaksipäätteisesti hyödyntäen hermon kulkureitin molempia päitä. Jos tensio kohdistetaan ainoastaan jompaankumpaan päähän perifeerisen hermon kulkureitillä, liike suoritetaan pumppaavasti. Pumppaava slider lisää hermon liukumista sen kulkureitin keskiosassa. Kaksipäätteisessä sliderissa hermokudos liikuu sitä tensiopistettä kohti, josta liike aloitetaan, ja siinä voidaan hyödyntää esimerkiksi niskan ekstensiota. Slider-tekniikat ovat hermokudokselle vähemmän rasittavia ja saavat aikaan enemmän liikettä kuin tensionerit. (Shacklock 2005, 156.)

Slider-tekniikkaa käytetään etenkin silloin, jos hermo ei kykene liikkumaan ja liukumaan normaalisti ja oire on peräisin hermokudoksesta. Sitä voidaan käyttää myös toissijaisena mobilisointitekniikkana silloin, kun hermon liikerajoitteen lisäksi esiintyy tension aiheuttamia hermokudoksen toimintahäiriöitä. Slidereita voidaan käyttää esimerkiksi tensioneritekniikoiden käytön jälkeen lieventämään tensionereiden aiheuttamaa oireprovokaatiota ja epämukavuuden tunnetta. Slidereiden avulla voidaan tehostaa laskimoverenkiertoa ja lisätä edelleen hermokudoksen

happipitoisuutta. Lisäksi slider-tekniikoiden avulla voidaan kontrolloida ja vaikuttaa kipuun keskushermostotasolla. (Shacklock 2005, 156.)

Tensioner-tekniikat samanaikaisesti sekä lyhentävät että pidentävät neuraalikudosta vierekkäisissä nivelissä, jolloin pidentyminen ulottuu myös hermorungon alueelle. Näin ollen hermokudosta venytetään tahallisesti hermon kulkureitillä sekä distaalista että proksimaalisesta osasta. Tensionereita käytetään etenkin silloin, kun hermokudoksesta peräisin olevan oireen taustalla on tension aiheuttamat toimintahäiriöt. Tensioner-tekniikoilla pyritään vahvistamaan hermokudoksen kykyä sietää tensiota ja vastata sen aiheuttamiin muutoksiin. Tekniikan avulla voidaan vähentää hermokudoksen herkistymistä tensiolle ja parantaa kudoksen viskoelastista käyttäytymistä. Tensioner-tekniikoita hyödynnetään vasta terapiaprosessin lopussa slider-tekniikoiden progression, sillä niiden käyttö aiheuttaa asiakkaalle usein epäsuotuista oireprovokaatiota. (Butler 2000, 387; Shacklock 2005, 157; Butler & Coppieters 2008.)

Tensionereilla saavutetaan riittävä hoitovaste, jos terapeutin suorittaman käsittelyn jälkeen asiakkaan liikkuvuus esimerkiksi SLR:ssä 5-10°:tta. Tekniikkaa suoritettaessa hermokudos tulee palauttaa tension jälkeen aina lepoasentoon. Tensioner-tekniikoissa hermokudokseen kohdistettu tensio vetää matalan tension rajaa jokaisen toistetun liikkeen aikana kauemmaksi. Tensionereissa hermokudos on liikkeestä vain minimaalisen osan tensiossa, jolloin hermokudoksen palautumisaika on tehokas jokaisen suorituksen liikesykliä. (Shacklock 2005, 157.)

6.3 Suoritustekniikka

Viskoelastinen hermokudos on herkkä reagoimaan liikkeen nopeuteen, mikä on otettava huomioon neurodynamisessa testaamisessa ja neuraalikudoksen mobilisointitekniikoissa. Turvallisesti ja hitaasti suoritettujen liikkeiden aikana hermokudoksella on aikaa mukautua tilanteeseen. Nopeasti suoritettujen liikkeiden aikana asiakkaalla saattaa esiintyä herkemmin suojaavia lihaskontraktioita. (Shacklock 2005, 15, 22.)

Lisäksi nopea ulkoinen voima provosoi vaurioituneita hermosäikeitä herkemmin (Howe ym. 1977, Shacklockin 2005, 22 mukaan).

Terapiaprosessin alussa ja ärtyneen hermokudoksen käsittelyssä liikkeiden suoritusnopeus ja – rytmi pidetään rauhallisina.

Terapiaprosessin progression suoritusnopeutta ja – rytmiä voidaan kuitenkin varioida. Nopea liike saa hermokudoksessa aikaan enemmän vastusta ja vähemmän liikettä, kun taas hitaasti suoritettu liike saa aikaan enemmän liikettä ja vähemmän kohdistettua vastusta. Jos asiakasta ohjataan tekemään neurodynaamisia harjoitteita nopeasti, harjoitteet on syytä ohjata ballistisina, eli liikeradan loppua kohden kiihtyvänä. (Petty 2011, 227, 230.)

Hermokudoksen lisävaurioiden välttämiseksi käsittelyssä ja tekniikoissa käytetään terapiaprosessin alussa hermon liu'uttamista venyttämisen sijaan. Perifeerisen hermon liikkumiskyvyn palauttaminen liu'uttamisen ja terapeutin harjoittelun avulla on lisäksi asiakkaalle miellyttävämpää kuin hermon venyttäminen. (Shacklock 2005, 15.) Butler ja Coppieters (2008) havaitsivat tutkimuksessaan merkittäviä eroja ulnaris- ja medianushermon neurodynaamisissa tekniikoissa: hermon liukuminen havaittiin laajemmaksi, kun käytettiin slider-tekniikoita tensioner-tekniikoiden sijaan. Tutkimuksen mukaan tensioner-tekniikat eivät välttämättä lisää hermon pituutta merkittävästi. Myös Beltran-Alacreu, Jiménez-Sanz, Carnero & Touche (2015) vahvistivat tutkimuksessaan liu'utustekniikoiden hyödyn neuraalikudoksen mobilisoinnissa: tutkimuksen mukaan slider-tekniikoilla voidaan saada aikaan kehossa laajemmille alueille ulottuvia vaikutuksia haitallisen kipustimuluksen lievittämiseksi kuin tensionereilla.

Alaraajojen perifeeristen hermojen neurodynaamisiin harjoitteisiin voidaan yhdistää kaularangan liikkeitä koukistus- ja ojennussuunnat. Kaularangan fleksio pidentää cervikaalialueen sympaattisen hermorungon pituutta (Petty 2011, 232). Lisäksi se pidentää ja lisää tensiota spinaalikanavassa, cervikaalialueen aksoneissa ja selkäydinkalvojen alueella (Reid 1960; Tencer et al. 1985; Pettyn 2011, 232 mukaan). Kaularangan fleksio myös

liikuttaa ja aiheuttaa tensiota lumbosacraalisille hermojuurille (Breig & Marions 1963; Breig 1978; Pettyn 2011, 232 mukaan).

Kaularangan ekstensiota käytetään hermokudoksen paineolosuhteiden keventäjänä. Butlerin (2000, 101) mukaan kaularangan ekstensio vaikuttaa perifeerisen hermon paineolosuhteisiin hermojuurien ja hermorungon alueella. Kaularangan ekstensiossa mekaansesti ja iskeemisesti herkäät ionikanavat sulkeutuvat, mikä saa aikaan suojaavan motorisen vasteen.

7 FYSIOTERAPIAPROSESSI

Laadukkaan kuntoutuksen ja fysioterapiaprosessin suunnittelu ja toteutus perustuvat asiakkaan kokonaisvaltaisten tarpeiden arviointiin ja yksilöllisten tavoitteiden asettamiseen. Näiden lisäksi fysioterapiaprosessin etenemiseen vaikuttavat asiakkaan henkilökohtaiset voimavarat, vahvuudet ja yleinen elämäntilanne. Hyvään kuntoutuskäytäntöön kuuluu kaikkien prosessiin kuuluvien aktiivisuus ja sujuva yhteistyö. Tämä tarkoittaa käytännössä myös asiakkaan omaehtoista osallistumista ja aktiivisuutta terapian suunnittelu- ja toteutusvaiheessa. (Kansaneläkelaitos 2017, 10.)

7.1 Hermoperäiset oireet

Perifeerisen hermon toimintahäiriön taustalla vaikuttaa usein sellainen vamma, joka aiheuttaa iskeemisen tai tulehduksellisen tilan joko hermokudoksessa itsessään tai sen ympärillä. Hermojuurien alueella oireiden aiheuttajana voi olla esimerkiksi välilevyn pullistumat, fasett nivelten turvotus tai spinaalisten ooosi. Tulehdustilan seurauksena nikamajuuriaukkojen ja edelleen hermojuurien kautta kulkevat verisuonet pyrkivät laajentumaan ja aiheuttavat hermokudoksen herkistymistä. Kun verenkierrölliset tekijät muuttavat paineolosuhteita, voi hermokudokseen kehittyä edelleen mekaanisia toimintahäiriöitä. (Shacklock 2005, 199.) Kehon muut kuormitustilat voivat lisätä ja ylläpitää hermoperäistä oiretta, jos hermokudos herkistyy kemiallisten stressitekijöiden aiheuttamalle aktivaatiolle (Butler & Moseley 2003, 66).

Perifeerisen hermon vammoissa oire on luonteeltaan tyypillisesti pistelevää, nipistelevää tai joissain tapauksissa polttavaa. Hermoperäinen oire saattaa tuntua kudoksessa narumaisena vetona tai veden valumisen tunteena iholla. Oireet ilmaantuvat hermon dermatomin tai mekaanisesti herkkien triggerpisteiden alueelle. Hermoperäinen oire saattaa tuntua myös omituisena tai kutittavana tuntemuksena hermon dermatomin alueella. (Butler & Moseley 2003, 66.) Lisäksi perifeerisen hermon motorisen hermotuksen alueella voi esiintyä hermotusongelmia (Luomajoki

2008). Vamman sijainti ja laajuus vaikuttavat oireiden esiintymiseen (Haanpää 2007).

Hermoperäiseen kipuun voi liittyä myös muita neurologisia oireita, kuten motorista heikkoutta, kömpelyyttä ja lihaskramppeja. Monimuotoisessa tyyppi II-kipuoireyhtymässä, eli CRPS:ssä, perifeerisen hermon vammaan voi liittyä autonomisen hermoston oireita, kuten hikoilua ja ihon lämpötilan poikkeavuuksia. (Haanpää 2007.)

Hermokudos ei välttämättä lähetä vauriosta kertovaa stimulusta välittömästi, vaan kehon hälytyssysteemit voivat aktivoitua viiveellä. Tästä johtuen voi kulua useita päiviä tai jopa viikkoja ennen oireiden ilmaantumista. (Butler & Moseley 2003, 61, 67.) Jatkuvan tuntemuksen lisäksi oireet voivat ilmentyä äkillisesti ja tuikkaavasti liikkeen aikana (Butler & Moseley 2003, 66). Oireet ilmentyvät usein liikkeessä ja asiakas pyrkii tyypillisesti välttämään automaattisesti hermokudoksen mekaanista kuormitusta oireita helpottavien asentojen avulla. Alaraajaoireisella tämä voi näkyä esimerkiksi rangan sivutaivutuksen korostumisena oireettomalle puolelle. Oireet voivat kuitenkin provosoitua myös staattisessa asennossa, mikä johtuu todennäköisesti dorsaalisen hermojuuriganglion osallistumisesta hermon syttymiseen ja jatkuvaan stimulusten lähettämiseen. (Butler & Moseley 2003, 66.)

7.2 Terapiaa edeltävä tutkiminen

Kuten kaikessa manuaalista terapiaa sisältävässä fysioterapiassa, ovat kontraindikaatiot huomioitava myös ennen neurodynaamista testaamista, neuraalikudoksen mobilisointia tai neurodynaamisia harjoitteita.

Kontraindikaatioiden huomioiminen ja tutkiminen on välttämätöntä ennen terapian aloittamista, jottei asiakkaan tilannetta pahenneta.

Neuraalikudoksen mobilisointiin ja neurodynaamisiin harjoitteisiin pätee manuaalisen terapian kontraindikaatiot. (Shacklock 2005, 108.)

Ehdottomia kontraindikaatioita ovat kasvaimet hermoston tai selkärangan alueella ja akuutti tulehdusinfektio. Lisäksi akuutti ja voimakas kipu, pahentuneet neurologiset oireet, cauda equina-oireet, epäily rankaan

kohdistuneesta traumasta, hermon kulkureitillä sijaitsevat selvät palpoitavissa olevat kovettumat, voimakas kipu hermon palpoinnin aikana, selvät tuntopuutokset, lihasheikkous tai heikentyneet refleksit kuuluvat kontraindikaatioihin. (Butler 2004, 105–117.)

Kontraindikaatioiden selvittämisen lisäksi neuraalikudoksen käsittelyä edeltää huolellinen fysioterapeuttinen tutkiminen. Hermokudoksesta peräisin olevat mahdolliset sensoriset muutokset selvitetään ihotunnon testaamisen avulla. Ihotunto testatetaan istuen tai selinmakuulla niin, ettei testattavalla ole alueelle näköhavaintoa. Testaamisessa selvitetään ja verrataan puolieroja ja tuntemuksen poikkeavuuksia distaaliosassa ja proksimaalisessa osassa. Tuntoaärsyke toistetaan vastakkaisen raajan tarkalleen samalle alueelle ja ärsyke annetaan distaaliosasta proksimaaliosaan päin ja tarvittaessa yli nivelrajojen. Havainnot kirjataan ylös dermatomien ja kehokartan mukaisesti. Testaamisella poissuljetaan lisäksi molemminpuolisen tuntopuutosten mahdollisuus. (Butler 2000, 223–224.)

Refleksien eli jänneheijasteiden tutkimisella voidaan selvittää hermoratojen yhteneväisen kokonaisuuden toimintaa, keskushermoston yleistä herkistymistä ja edelleen ääreishermoston tilannetta. Lihakseen kohistettu venytysheijaste ja saa aikaan lihaksen reflektorisen supistumisen. (Butler 2000, 240.) Jänneheijasteet voivat olla kiihtyneitä, kloonisia tai puuttua kokonaan. Keskushermostoperäisissä ongelmissa ne ovat tyypillisesti kiihtyneitä tai kloonisia, kun taas ääreishermoston ongelmissa ne ovat vaimeita tai puuttuvat kokonaan. (Arokoski, Karppinen & Laimi 2016.)

Motoristen hermojen toiminnan selvittämiseksi suoritetaan manuaalinen lihasvoimatestaus. Testaaminen ei kuitenkaan kaikkien asiakkaiden kohdalla tuo diagnostista lisäarvoa ja osalla se voi pahentaa ja provosoida oireita. Lihasvoimatestaamista käytetään vaurioituneiden motoristen lihasalueiden, hermojuurien ja perifeeristen hermojen paikallistamiseksi. (Butler 2000, 229.) Lihasvoimatestauksen arvoasteikossa (0-5) 0 tarkoittaa ei havaittavissa olevaa lihassupistusta, 1 näkyvää tai palpoitavissa olevaa

lihassupistusta, 2 aktiivista liikettä painovoima eliminoituna, 3 aktiivista liikettä painovoimaa vastaan, 4 aktiivista liikettä painovoimaa ja kevyttä vastusta vastaan ja 5 normaalia aktiivista liikettä huomattavaa vastusta vastaan. Lonkan fleksio testaa N. femoraliksen toimintaa, hermojuuria L-2-3 ja -4 ja m. iliacuksen ja m. psoas majorin toimintaa. Samoin polven ekstensio testaa N. femoralista, hermojuuria L-2-3 ja -4 ja edelleen m. quadricepsin toimintaa. Polven fleksio testaa N. ischiadicuksen toimintaa, hermojuuria L5-S1 ja m. hamstringin toimintaa. Nilkan dorsaalifleksio testaa N. peroneus communiksen toimintaa, hermojuuria L4-5 ja S1 ja m. tibialis anteriorin toimintaa. Nilkan plantaarifleksio testaa N. tibialiksen toimintaa, hermojuuria L5, S1-2, ja edelleen m. gastrocnemiuksen ja m. soleuksen toimintaa. Isovarpaan ekstensio testaa N. peroneus communista, hermojuuria L1-4 ja -5 ja m. extensor hallucis longuksen toimintaa. Varpaiden fleksio testaa N. tibialista, hermojuuria L5-S1 ja m. flexor digitorum longuksen toimintaa. Nilkan eversio testaa N. peroneus communista, hermojuuria L5-S1 ja m. peroneus longuksen ja m. peroneus breviksen toimintaa. Alaraajojen hermojuurien osalta hyvä muistisääntö on, että liikuttaessa yksi niveltaso alemmas, liikutaan myös yksi hermojuuritaso alemmas. Esimerkiksi polven toimintaa kontrolloivat hermojuuret L3-4-5 ja S1 ja nilkan toimintaa taas hermojuuret L4-5 ja S1-2. (Butler 2000, 229–230, 236–237, 252.)

Perifeerisen hermon palpaatio antaa tietoa hermon neuroanatomisesta sijoittumisesta ja sensitiivisyydestä. Palpaation mahdollisesti aiheuttamat oireet voivat joko vahvistaa tai hylätä terapeutin tekemää kliinistä päättelyä perifeerisen hermon epänormaalista herkistymisestä. Perifeeristä hermoa ympäröivät verenkierröllisesti ja mekaanisesti herkätkukirakenteet reagoivat palpaation aiheuttamaan ulkoiseen paineeseen. Mitä vähemmän faskikkeleita ja tukirakenteita perifeeristä hermoa ympäröi hermon kulkureitillä, sen todennäköisemmin palpaatio provosoi vaurioitunutta hermokudosta. Hermo ei kuitenkaan ole automaattisesti juuri palpaatioalueeltaan vaurioitunut, vaan varsinainen vaurioalue voi sijaita hermon kulkureitillä proksimaalisemmin. Palpaatiolle herkistynyt hermo on

aina yhteydessä koko hermoston alueella käynnissä oleviin prosesseihin. (Butler 2000, 178, 180, 183.)

Varsinaiset neurodynaamiset testit perustuvat kehon liikkeisiin, jotka aiheuttavat mekaanisia ja psykososiaalisia muutoksia hermoston alueelle. Testejä käytetään hermojen ja niiden hermottamien ympäröivien kudusrakenteiden mekaanisten ja sensitiivisten toimintojen arvioimiseksi. Koska ääreishermosto on vuorovaikutuksessa tuki- ja liikuntaelimistöön ja edelleen keskushermostoon, ei neurodynaamista testaamista voida ajatella vain perifeerisen hermon tensiotesteinä. Neurodynaaminen testi testaa useita neuraalikudoksen toiminnan muutoksia, kuten hermon liukumista, tensiota, kompressiota, viskoelastisuutta, intraneuraalista verenkiertoa ja mekanosensitiivisyyttä. Testaamisen aikana terapeutti keskittyy asiakkaan oireiden sijaintiin, laajuuteen, laatuun ja käyttäytymiseen. Näiden lisäksi tarkkaillaan liikkeen vastusta, liikelaajuutta ja kompensatorisia liikkeitä sekä asiakkaan sanattomia vihjeitä, kuten kasvojen ilmeitä, hengitystä ja suojaavia lihaskontraktioita. (Shacklock 2005, 25, 106.)

7.3 Terapian annostelu

Neurodynaamisen harjoitteen tai neuraalikudoksen käsittelyn tason tulee vastata kudoksen patobiologista oirekuvaa, joten hermokudoksen ärtyvyystaso tulee arvioida ja määrittää ennen terapian annostelua (Butler 2000, 391). Terapian annostelu aloitetaan varovaisesti ja se suunnitellaan vastaamaan hermokudoksen ärtyvyystasoa. Jos jo pieni liike aiheuttaa voimakasta kipua tai kipu jää tuntumaan pitkäksi aikaa liikkeen suorittamisen jälkeen, voi hermokudos olla erittäin ärtynyt. Tällaisessa tapauksessa neuraalikudoksen käsittelyssä annostelun ja intensiteetin kanssa tulee olla erityisen varovainen ja mobilisointi aloitetaan mahdollisimman kaukaa vammakohtasta. (Shacklock 2005, 156.) Voimakkaita oireita ei tulisi provosoida ollenkaan ja jos ärtynvän hermokudoksen oireita on jo provosoitu, kudos tarvitsee aikaa palautuakseen (Petty 2011, 227). Jos oireet sen sijaan ovat lieviä, voidaan

aluetta mobilisoida suoraan, käyttää interfacetekniikoita hermon esitensioasennossa tai slider- ja tensionertekniikoita (Luomajoki 2008).

Koska hermokudoksen toimintakyky on riippuvaista verenkierrosta, on sen herkkyys hapettomuudelle huomioitava terapeutin suorittamissa käsittelyissä sekä asiakkaan suorittamissa neurodynaamisissa harjoitteissa. Hermokudoksella on tiettyyn kompression ja tension rajaan saakka luonnollista joustavuutta verenkierron ärsykyitä vastaan. Kohdistettu voima ei tulisi kuitenkaan olla kestoaltaan muutamaa sekuntia pidempi, sillä tätä suurempi rasitus voi aiheuttaa kudokseen hapenpuutetta. (Shacklock 2005, 15.)

7.3.1 Neurodynaamisten harjoitteiden annostelu

Slider-tekniikoilla ei provosoida kipua. Jos terapian annostelussa käytetään tehokkaampia asteita, voidaan harjoitteilla tavoitella tahallisesti haluttua oireprovokaatiota, kuten venymisen tai tiukkuuden tunnetta. kudoksessa. Oireiden ärtyvyydestä riippuen tekniikkaa voidaan suorittaa kotiharjoitteena esimerkiksi kerran tunnissa tai päivässä. Arpikudoskiinnikkeiden ehkäisemiseksi slidereita voidaan käyttää harjoittelussa useasti päivän aikana, kun ne suoritetaan turvallisesti ja kivuttomasti. Tällaisessa tilanteessa taustalla voi olla esimerkiksi akuutti hamstring-vamma tai kirurgisen toimenpiteen jälkitila. (Shacklock 2005, 156.) Oireiden olessa voimakkaita ja helposti ärtyviä riittää, että neuraalikudosta käsitellään 1-2 kertaa viikossa (Petty 2011, 284).

Neurodynaamisten harjoitteiden toistot aloitetaan hyvin pienistä määristä: terapiajakson alussa usein kolme toistoa riittää. Varoajan ja hoitovasteen uudelleenarvion jälkeen toistomäärää voidaan lisätä esimerkiksi viiteen tai kahdeksaan. (Shacklock 2005, 156.) Toistoja voidaan tehdä terapeutin harkinnan mukaan 5-30 ja sarjoja vaihtelevasti 1-20 (Luomajoki 2008). Kudoksen ärsyyntyvyydestä ja muistijäljestä johtuen neuraalikudoksen mobilisointi on turvallisempaa aloittaa varovaisuutta korostaen (Petty 2011, 231).

Neuraalikudoksen käsittelyssä annostelun suhteen noudatetaan 24 tunnin varoaikaa, koska oireprovokaatio voi ilmaantua viiveellä käsittelyn jälkeen. Neurodynaamisia harjoitteita on turvallisinta ohjata asiakkaalle vasta toisen terapiakerran jälkeen, kun kliinisesti riittävä hoitovaste on saavutettu terapeutin suorittaman neuraalikudoksen käsittelyn avulla. (Shacklock 2005, 156; Luomajoki 2008.) Seuraavan terapiakerran tutkimisen ja uudelleenarvion yhteydessä terapeutti annostelee tyyppillisesti lyhyen ja spesifin käsittelyn, jonka jälkeen asiakas seuraa oirekäyttäytymistä jälleen vuorokauden ajan. (Petty 2011, 284.)

7.3.2 Avaavien asentojen annostelu

Ärtyneiden vaskulaaristen ja sentraalisten ongelmien, kuten spinaalisten noosin, prolapsin tai tulehduksellisten kompressiotilojen hoidossa hyödynnetään hermokudoksen painetta lieventäviä avaavia asentoja. Ne soveltuvat parhaiten asiakkaille, joilla esiintyy tunnottomuutta, puutumista tai pistelyä distaalisesti ja lähes jatkuvana. Avaavia asentoja ei kuitenkaan käytetä, mikäli asiakkaan oire provosoituu avaavan asennon aikana. Paineen vähennyttyä hermon sisäinen laskimovirtaus ja kapillaarisuonten toiminta tehostuvat. Ärtyneissä edellä kuvatuissa tilanteissa jo entuudestaan herkistyneen ja hapenpuutteesta kärsivän hermokudoksen ärsyttäminen kompression avulla ei ole suotavaa. Tilanteen rauhoittuessa terapiaan voidaan sisällyttää kuitenkin lisäksi esimerkiksi tietyn liikesegmentin ja neuraalikudoksen mobilisointia. (Shacklock 2005, 199–200.)

Alussa kompressiota pyritään lievittämään avaavilla asennoilla terapeutin suorittamana. Kun kontrolloitu ja tyydyttävä hoitovaste on saavutettu 24h varoaikaa noudattaen, voidaan harkita avaavan asennon ohjaamista kotiharjoitteeksi. (Shacklock 2005, 199–200.) Avaavan asennon hoitoaika on alussa noin yksi minuutti. Tässä ajassa hermojuuren verenkierto, veren uudisvirtaus ja kudoksen ravinnonsaanti tehostuvat. Pitkät hoitoajat saattavat lisätä kivun uudelleen läpivirtauksen riskiä, minkä vuoksi avaavassa asennossa ei ole suositeltavaa olla kuin maksimissaan 5-15

minuutin ajan kerrallaan. Avaava asento voidaan suorittaa kotiharjoitteena useita kertoja päivän aikana. (Shacklock 2005, 199–200.)

Avaavan asennon aiheuttama hermojuuren paineen vapauttaminen aiheuttaa äkillisen verenvirtauksen lisääntymisen, joka voi provosoida hermokudoksen oireita. Jos asennolla saavutetaan maltillinen tai kohtuullinen parannus asiakkaan oireisiin, voidaan yhdellä terapiakerralla asento suorittaa yhteensä kolme kertaa. Jos asennolla saavutetaan kuitenkin merkittävää oireiden lievittymistä, tehdään seuraava arvio vasta seuraavalla terapiakerralla. Jos oirekuva muuttuu avaavan asennon aikana, on suotavaa vaihtaa asentoa asiakkaalle miellyttävämmäksi oireiden rauhoittumiseen saakka. Avaava asento voidaan saman terapiakerran aikana toistaa muutaman kerran, jotta saadaan selville tekniikan luotettavuus ja tyydyttävä hoitovaste. Avaavan asennon astetta voidaan lisätä asteittain, mutta progressiota edeltää kuitenkin terapeutin suorittama uudelleen arvio. (Shacklock 2005, 199–200.)

7.4 Terapian intensiteetti

Hermokudokseen kohdistettu voima ja liikelaajuus määritellään suhteessa asiakkaan oireeseen ja kudosisvastukseen. Kipu ja kudosisvastus kirjataan ylös liikekartan muodossa neurodynaamisen testaamisen aikana ja myöhemmin kliinisen päättelyn tukena koko hoitoprosessin ajan. Jos kipu rajoittaa liikettä jo liikeradan alussa ja vasta pienen kudosisvastuksen aikana, voidaan annostelussa käyttää grade I tai II-periaatteen mukaisia tekniikoita ilman oireiden provosointia. Jos kudosisvastus rajoittaa liikettä aivan liikeradan lopussa ja asiakkaalla on vain lievää kipua, voidaan hoidon annostelussa käyttää grade III tai IV-periaatteen mukaisia tekniikoita. Grade III ja IV mukaisia tekniikoita voidaan käyttää silloin, kun oireet eivät ole voimakkaita tai ärtyviä. Jos vasta liikeradan lopussa esiintyvä voimakas kudosisvastus yhdessä voimakkaan kivun kanssa tai kipu yhdessä voimakkaan kudosisvastuksen kanssa rajoittavat liikettä, valitaan liikkeen voimakkuus sen mukaan, mikä on oireiden suhde ja

mahdollinen hoidolla haluttu oirevastus ja provokaatio. (Petty 2011, 229–230.)

Grade I mukaisesti neuraalikudosta liikutetaan vain kevyeen kudostavastukseen saakka yhden nivelen liikkeen kautta. Grade II mukaan liikettä lisätään enemmän useamman nivelen liikkeen kautta, mutta edelleen vain kevyeen kudostavastukseen saakka. Grade I ja II suoritetaan ilman oireen provokaatiota. Grade III mukaan liikettä lisätään entisestään ensimmäisen ja maksimaalisen kudostavastuksen puoliväliin. Grade IV mukaan liike suoritetaan liikeradan loppupäässä esitension kautta ensimmäisen ja maksimaalisen kudostavastuksen puolivälissä. (Petty 2011, 228.) Jos siis oireet ovat voimakkaita, neurodynaamiset harjoitteet ohjataan grade I tai II mukaisesti ilman esitensiota ja yhden tai useamman nivelen tension kautta kevyeen kudostavastukseen ilman oireiden provosointia. Jos taas asiakkaan oireet provosoituvat neurodynaamisten testien aikana vasta liikeradan lopussa, voidaan neurodynaamiset harjoitteet ohjata jo valmiissa esitensiossa ja mahdollisesti useamman nivelen tension kautta.

7.5 Terapian progressio ja harjoitteiden variointi

Neurodynaamisia harjoitteita voidaan varioida harjoitemäärän, ympäristön, vastuksen, psykososiaalisten tekijöiden ja hermokudoksen paranemisvaiheen mukaan (Butler 2000, 390–391). Terapeutin tulee muuttaa aina yhtä komponenttia kerrallaan, jotta kliininen päättely kulkee hoidon progression ja harjoitteiden varioinnissa mukana. Näitä komponentteja voivat olla esimerkiksi asento, liike, voiman suunta, voiman intensiteetti, liikkeen laajuus, suoritusnopeus ja -rytmi, hoitoaika ja haluttu oirevaste. Komponentteja muuttaessa terapeutin käsitys hoidon välittömistä ja pitkäaikaisista vaikutuksista vahvistuu ja uudelleenarviointi ohjaa koko hoitoprosessia. Lähtöasentoa voidaan varioida esimerkiksi niin, että hermo on ensin jatkuvasti joko distaalaisesta tai proksimaalisesta osastaan löysätyinä. Sen jälkeen lähtöasentona voidaan käyttää nivelen

neutraaliasentoa, minkä jälkeen mukaan voidaan liittää yhä enemmän esitensiota. (Petty 2011, 230.)

Ferreiran, Stieven, Araujon, Wiebuschin, Rosan, Plentzin ja Silvan (2016) tutkimus noudatteli terapian progressiivisuutta myös hermokudoksen mobilisointiasteen suhteen. Tutkimuksessa hermokudoksen mobilisointi aloitettiin grade III-periaatteita noudattaen. Jos kahden hoitokerran jälkeen asiakkaan oireet eivät olleet lisääntyneet, lisättiin mobilisoinnin astetta vastaamaan grade IV-periaatteita. Kotiharjoitteita ohjattaessa itsemobilisoinnin astetta onkin turvallisempaa lisätä vasta usean harjoituskerran jälkeen.

Neurodynaamiset harjoitteet liitetään mahdollisuuksien mukaan osaksi päivittäisiä aktiivisia toimintoja. Toiminnallista aktiivisuutta korostavat harjoitteet saattavat aktivoida keskushermostoa aktiivisemmin kuin tarkkaan suunnitellut ja irralliset harjoitteet. Toiminnallisista aktivaatioista kävelyn variaatiot mobilisoivat N. ischiadicusta ja N. tibialista ja polvistuminen taas mobilisoi N. femoralista. Parhaiten alaraajojen perifeeristen hermojen neurodynaamisia harjoitteita voidaan varioida kuitenkin istuma-asennossa ja slump-asennon kautta. (Butler 2000, 389–390.)

7.6 Hoitovaste ja terapiajakso

Neuraalikudoksen käsittelyssä noudatetaan 24 tunnin varoaikaa riippumatta siitä, käytetäänkö avaavia asentoja, neurodynaamisia harjoitteita vai terapeutin suorittamaa neuraalikudoksen mobilisointia. Tekniikoilla saavutetaan mahdollisimman pitkäaikainen vaikutus, kun varoaikaa noudatetaan ja mobilisoinnin astetta lisätään progressiivisesti. (Shacklock 2005, 156, 200.)

Hoitovastetta tarkastellaan esiintyvien oireiden perusteella. Terapeutin tulee olla jokaisen käsittelyn aikana tietoinen, minkä verran vastusta hermokudokseen kohdistetaan. Terapian progressiivinen suunnittelu ja toteuttaminen ovat mahdollisia, jos terapeutti on jatkuvasti tietoinen

asiakkaan kivun ja kuodosvastuksen liikekartasta. Käsittelyn tai neurodynaamisen harjoitteen jälkeen oireiden ilmaantuvuudessa tulee pyrkiä lyhytkestoiseen vaste. Kun terapiaprosessin edetessä asiakkaan lepo-oireet häviävät ja aktiivisessa toiminnassa ilmaantuvat oireet lieventyvät, etenee terapiaprosessi progressiivisesti oikeaan suuntaan. Oireet lieventyvät hermokudoksen vammasta riippuen joko osittain tai täysin. Terapiajakson päätteeksi varmistetaan, että hermokudos on varmasti vapaa liikkumaan. (Petty 2011, 227, 229.) Tämä on mahdollista hermokudosta voimakkaasti provosoivien tensionereiden avulla (Monto 2016).

Kun asiakkaan oireet ovat terapiajakson aikana selvästi vähentyneet ja neurodynaaminen testi ei saa aikaan enää voimakasta oireprovokaatiota, voidaan harkita tensionereiden käyttämistä kotiharjoitteena. Tensioner-tekniikoissa hermorakennetta venytetään molemmista päistä, joten hermokudos joutuu sietämään voimakasta tensiota. Sen vuoksi tensioner-tekniikoita käytetään harkiten ja varovaisuutta noudattaen aivan terapiajakson lopussa, jotta voidaan varmistua siitä, että neuraalikudos on varmasti vapaa liikkumaan optimaalisesti (Monto 2016.) Kuitenkin Butler ja Coppieter (2008) tutkimuksessaan totesivat, että hermon liukumisen helpottaminen slider-tekniikoita käyttäen saattaa olla merkittävämpää kuin hermorungon pidentäminen tensioner-tekniikoiden keinoin.

Ferreiran ym. (2016) toteuttaman tutkimuksen tuloksena kroonisesta alaraajojen hermoperäisestä kivusta kärsivillä asiakkailla saavutettiin neurodynaamisten terapeuttisten harjoitteiden avulla sekä jalka- että selkävivun voimakkuuden suhteen merkittävä hoitovaste vasta neljän viikon terapiajakson jälkeen. Merkittävää toiminnan palautumista ja yleistä terapian vaikuttavuutta havaittiin tutkimusryhmällä kuitenkin jo kahden viikon kuluttua terapian aloittamisesta. Neuraalikudoksen mobilisoinnin lisäksi hyödynnettiin aktiivisuutta korostavaa fysioterapeuttista neuvontaa ja säännöllisiä kotiharjoitteita. Tutkimuksen mukaan pitkäjänteisellä, säännöllisellä ja vähintään 4 viikon pituisella harjoittelulla voidaan saada aikaan riittävä hoitovaste.

8 TUOTTEISTAMISPROSESSI

Tuotos suunniteltiin ja kehitettiin Jämsän ja Mannisen tuotteistamisprosessin perusvaiheiden mukaan. Prosessissa on viisi vaihetta, jotka ovat ongelman tai kehittämistarpeen tunnistaminen, ideavaihe, luonnosteluvaihe, kehittelyvaihe ja lopuksi tuotoksen viimeistelyvaihe. (Jämsä & Manninen 2000, 28.) Prosessin vaiheet kulkivat osittain päällekkäin.

8.1 Ongelman tai kehittämistarpeen tunnistaminen

Tuotteistamisprosessi alkaa kehittämistarpeen tunnistamisella ja määrittämisellä. Sosiaali- ja terveysalalla tämä voi tarkoittaa jo valmiin tuotteen tai palvelumuodon kehittämistä silloin, kun sen laatu ei vastaa tarkoitustaan (Jämsä & Manninen 2000, 29). Tässä tuotteistamisprosessin vaiheessa määriteltiin tuotoksesta hyötyvä kohderyhmä ja sen tarpeet.

Opinnäytetyön tekijät suorittivat keväällä 2016 Kipu ja sen hoito-opintojaksoa, jossa opiskeltiin muun muassa neurodynamiikkaa, sen testaamista ja neuraalikudoksen mobilisointia. Kehittämistarve saatiin fysioterapian koulutusohjelman lehtori Jaakko Montolta, joka vastasi kyseisen opintojakson opetuksesta. Tuotoksen oli tarkoitus olla jatkumoa Yläraajojen neurodynaamisten testien toteuttaminen-opinnäytetyölle (Horneman & Grefberg 2016) ja yhdessä täydentävä kokonaisuus alaraajojen neurodynaamisten testien opetusvideoille. Tekijät kokivat kehittämistarpeen henkilökohtaisesti tärkeäksi, sillä kyseinen tuotos olisi tukenut heidän itseopiskeluaan kyseisellä opintojaksolla. Fysioterapian koulutusohjelmassa lähiopetustuntien ulkopuolella tapahtuva itseopiskelu saa jatkuvasti lisää painoarvoa. Aikaan ja paikkaan sitomaton sekä useita eri oppimistyyplejä palveleva etäopiskelumateriaali mahdollistaa käytännön taitojen opiskelun lähituntien ulkopuolella.

8.2 Ideavaihe

Ideavaiheessa kehittämistarpeen ja ongelman ratkaisemiseksi pyritään löytämään käytännön keinoja. Tässä vaiheessa korostuvat luovat ongelmanratkaisumenetelmät. (Jämsä & Manninen 2000, 35.)

Ideavaiheessa tekijät pohtivat tuotoksen mahdollisuuksia ja hyödynnettävyyttä. Lahden ammattikorkeakoulusta oli valmistumassa työn kanssa rinnakkain opinnäytetyö samasta aiheesta, mutta eri toimeksiantajalle. Yhteistyön ja keskustelun pohjalta päädyttiin ratkaisuun, jossa tuotoksessa korostuivat fysioterapiaprosessin ja harjoitteiden ohjaamisen perusteet, kun toinen valmistuva tuotos taas kehitettiin jo valmistuneille ja työskenteleville fysioterapeuteille. Tuotoksen alustava sisältö ja tuotteistamisprosessin aikataulu määriteltiin yhdessä toimeksiantajan kanssa. Ideavaiheessa tuotoksen valmistumisajaksi määriteltiin maaliskuu 2017, jolloin kohderyhmän käyttötarve tuotokselle oli ajankohtaista. Tuotoksen tarkoituksena oli tukea ja vahvistaa fysioterapeuttipiskelijoiden osaamista terapiaprosessin toteuttamisesta perifeeristen hermojen toimintahäiriöissä.

Ideointi aloitettiin aiheeseen tutustumisella, teoria- ja tutkimustiedon jäsentelyllä ja rajaamisella, tiedonhankinnan suunnitelmalla ja tiedonkeruulla. Tekijät osallistuivat suunnitelmaseminaariin joulukuussa 2016. Suunnitelmaseminaarissa oli esitettävänä opinnäytetyöraportin valmis sisällysluettelo sekä tarkka suunnitelma opinnäytetyön tavoitteesta, tarkoituksesta, aikataulusta, kehittämismenetelmistä, aiheen rajaamisesta ja roolien vastuujasta.

8.3 Luonnosteluvaihe

Luonnosteluvaiheessa huomioidaan tuotoksen ensisijaiset hyödynsaajat ja tuotoksen käyttö- ja hyödyntämismahdollisuudet. Asiasisällön sisällyttäminen tuotokseen edellyttää aiheen tutkimustietoon tutustumista. (Jämsä & Manninen 2000, 43–47.) Tuotoksen tavoitteiden ja alustavan ideoinnin jälkeen alkoi luonnosteluvaihe.

Tuotos suunniteltiin palvelemaan kohderyhmän eli FYS15S-ryhmän tarpeita. Kun valmis malli oli laadittu siitä, millaista tuotosta ryhdyttiin muodostamaan, alkoi tuotoksen luonnosteluvaihe. Tässä vaiheessa työstettiin ja hankittiin kirjallista teoriatietoa sekä suunniteltiin opetusvideoiden sisältöä, toteuttamista ja rakennetta.

Luonnosteluvaiheessa toimittiin vielä tiiviimmässä yhteistyössä toimeksiantajan kanssa, sillä hänen toiveillaan oli merkittävä suunta tulevien opetusvideoiden suhteen. Toimeksiantaja toivoi, että opetusvideot sisältäisivät kaksi osaa: teoriavideon ja harjoitevideon erikseen. Näin opiskelijalla on mahdollisuus valita henkilökohtaisen opiskelutilanteensa perusteella, haluaako perehtyä ainoastaan terapiaprosessin teoriaan vai neurodynaamisten harjoitteiden suorittamiseen.

Opetusvideon harjoitevideon suhteen toimeksiantajalle ehdotettiin ensin, että videoituina harjoitteina kuvattaisiin ainoastaan eritasoisia slider-mobilisointitekniikoita. Tekijät olivat sitä mieltä, että tensioltaan rajut tensionerit sisällytettäisiin ainoastaan maininnan tasolla teoriavideoon sillä ajatuksella, että opiskelijalle jäisi kuitenkin käsitys näiden käyttämisestä aivan terapiajakson lopussa. Toimeksiantaja oli kuitenkin sitä mieltä, että harjoitevideoihin sisällytettiin myös jokaisen perifeerisen hermon kohdalla yksi tensioner-tekniikka. Lisäksi toimeksiantaja painotti, että näiden hyvin harkittua ja varovaista käyttöä oli kuitenkin painotettava teoriavideossa selvästi.

Tässä tuotteistamisprosessin vaiheessa tehtiin tarkkaa suunnittelu- ja ideointityötä tulevan tuotoksen suhteen. Yksityiskohtainen käsikirjoitus laadittiin opetusvideoiden toteuttamiseksi, jotta yhteistyö ja ensimmäisten videoklippien kuvaaminen sujui mahdollisimman tehokkaasti.

Käsikirjoitukseen suunniteltiin etukäteen harjoitevideon neurodynaamiset harjoitteet niin, että ne kuvattiin jo kuvaustilanteessa kevyimmästä harjoitteesta rankimpaan tensioneriin. Näin harjoitteiden progressio ja varioiminen tuli palvelemaan opiskelijan terapiaosaamista ja -toteuttamista, kun harjoitteet laadittiin perusteltuun järjestykseen. Tekijät suunnittelivat harjoitteet perifeeristen hermojen anatomista kulkureittiä ja toimeksiantajan toiveesta Michael Shacklockin periaatteita noudattaen.

Toimeksiantaja tarkisti ja hyväksyi harjoitteet ennen niiden kuvaamista. Käsikirjoituksessa oli etukäteen suunniteltu kuvakulmat, taustat, mallit, harjoitteiden suoritusmäärät sekä alustava editointimalli. Editoinnin suhteen tavoitteeksi asetettiin, että opetusvideot olivat mahdollisimman yksinkertaisia, käytäntöön siirrettäviä, hidastempoisia mutta ammatillisesti johdattelevia, jotta opiskelijan osaaminen vahvistuisi myös videoiden avulla. Lisäksi tekstit ja puheenvuorot pidettiin mahdollisimman yksinkertaisena, selkeinä ja yhdenmukaisina.

Luonnosteluvaiheessa suunniteltiin tulevan teoriavideon asiakokonaisuudet pääotsikoiksi, joiden pohjalta ryhdyttiin luonnostelemaan alaotsikkoja ja videoon sisällytetyn teorian tiedon sisältöä. Vastuualueita jaettiin ja sovittiin, että teoriavideon tekstillisen tuotos näytettäisiin toimeksiantajalle ennen sen liittämistä osaksi teoriavideota. Alustavana ajatuksena oli, että teoriavideossa olisi tausta, jonka päälle muodostettiin ainoastaan puhuttua ja kirjoitettua tekstiä suunnitellussa järjestyksessä. Kohderyhmän terapiaosaamisen tukemisen kannalta kaikki oleellinen tieto tuli siis sisällyttää teoriavideoon, jolloin varsinaiseen harjoitevideoon ei puheenvuorojen ja yksittäisten kommenttikenttien lisäksi suunniteltu enää muuta teoriaa.

8.4 Kehittelyvaihe

Kehittelyvaiheessa edetään niiden periaatteiden ja tapojen mukaisesti, jotka luonnosteluvaiheessa on päätetty. Tässä vaiheessa työsisältöä jäsenellään, jotta siitä saadaan mahdollisimman selkeä kohderyhmä huomioiden. (Jämsä & Manninen 2000, 54 -57.)

Kehittelyvaiheessa alkoi varsinainen intensiivinen tuotoksen valmistelu. Tuotteistamisprosessin alusta saakka valmistauduttiin siihen, että kohderyhmä (opiskelijat) ja tuotoksen tilaajan toiveet (Jaakko Monto) huomioitiin opetusvideoiden sisältöä toteuttaessa. Ensimmäisellä kuvauskerralla keskityttiin ainoastaan harjoitteiden kuvaamiseen ja päätettiin äänittää harjoitteisiin linkitettävät puheenvuorot erikseen. Tarkoituksena oli liittää puheenvuorot harjoitevideoon jälkikäteen, jotta

puheen tauotusta ja rytmiä voitiin säätää harjoitteiden suoritusrytmiin sopivaksi. Näin myös puheesta saatiin selkeämpi. Ensimmäisellä kuvauskerralla saatiin kasattua kaikki harjoitemateriaali suunnitelmien mukaisesti. Materiaalin kasaamisen jälkeen harjoitevideon editointi alkoi yhteistyössä kuvaajan kanssa.

Raakaversiot harjoitevideoiden klipeistä ja teoriavideon sisällöstä esitettiin toimeksiantajalle tammikuun lopulla. Tämä tapaaminen oli merkittävä osa luonnosteluvaihetta, sillä toimeksiantajalta saatiin arvokasta tietoa ja kriittistäkin näkökulmaa työhön. Harjoitteiden suhteen oli varauduttu siihen, että harjoitteet kuvattaisiin vielä uudemman kerran, jos esimerkiksi kuvakulmissa tai harjoitteiden selkeydessä olisi puutteita. Videot katsottiin yhdessä toimeksiantajan kanssa läpi ja sekä toimeksiantaja että opinnäytetyön tekijät olivat yksimielisiä siitä, että kaksi harjoitetta täytyi kuvata uudelleen. Ensimmäisissä harjoiteklipeissä ei huomioitu riittävästi värien kontrasteja ja klipeissä esiintyvän mallin mustat housut eivät erottuneet tarpeeksi jumppamatolta. Toimeksiantajalta tuli toive, että videoiden värikontrasteja muokattaisiin, jotta alaraajat erottuisivat paremmin. Lisäksi toimeksiantaja toivoi, että videoklippien taustalla olevat pistorasiat ja muut yksittäiset materiaalit rajattaisiin pois.

Toimeksiantaja tarkisti teoriavideon käsikirjoituksen ja hyväksyi sen sellaisenaan. Kun teoriavideon käsikirjoitus äänitettiin harjoituksena läpi, huomattiin, että se oli huomattavasti pidempi kuin alkuperäisesti oli tarkoitus. Teoriavideoon oli yritetty rajata vain oppimisen kannalta oleellisimmat asiat, joten materiaalin tiivistäminen tuntui hankalalta. Toimeksiantaja antoi tässä vaiheessa uuden ehdotuksen, jonka mukaan tavoitteena oli jakaa materiaali useammaksi erilliseksi teoriavideoksi, joista jokainen olisi yksi lyhempi kokonaisuutensa. Muilta osin toimeksiantaja oli tyytyväinen jo kuvattuihin videoihin.

Teoriavideot äänitettiin uudestaan ja intensiivisen tiedon rajaamisen sekä karsimisen jälkeen äänitiedostojen kesto oli 15 minuuttia. Vaikka teoriavideo rajattiin kahteen erilliseen videoklippiin, oli yhden videon pituus silti 8 minuuttia. Teoriavideoiden kasaaminen ja editointi tekstin kanssa

samaan rytmiin tuli olemaan yksinäänkin valtava työ, joten tekijät jäivät vielä arvuuttelemaan teoriavideon hyödyntämistä. Asiaa päätettiin arvioida uudelleen, kun harjoitevideoiden lopullisesta kestosta saatiin varmuus.

Harjoitevideot pyrittiin editoimaan niin, että ne olivat mahdollisimman yksinkertaisia, käytäntöön siirrettäviä, hidastempoisia mutta ammatillisesti johdattelevia, jotta tuotoksen tavoite ja tarkoitus saavutettiin. Toisella editointikerralla harjoitevideoiden kasaaminen ja editointi edistyivät suunnitelman mukaisesti. Harjoiteklipit ja äänitiedostot synkattiin yhteen, ja äänitiedostot leikattiin sellaisiin pätkiin, että ne noudattelivat tavoitteen mukaista pedagogisuutta. Käytännössä tämä tarkoitti sitä, että jokaisen harjoitteen kohdalla käytettiin kolmea still-kuvaa: lähtöasentoa, tensioasentoa niskan ekstension kanssa ja tensioasentoa niskan fleksion kanssa. Tämän jälkeen jokainen harjoite pyöri ilman katkoja kahdesti läpi. Pelkän harjoitevideon lopulliseksi pituudeksi arvioitiin tulevan noin 30–40 minuutin kestoinen videotiedosto.

Harjoitteiden ja erillisten äänitiedostojen valtavasta määrästä johtuen editointi osoittautui erittäin työlääksi suorittaa. Työmäärästä johtuen toimeksiantajalle ehdotettiin, että teoriavideosta luovuttaisiin kokonaan. Kliininen päättely ja terapiaprosessin kuvaaminen olivat kirjallisessa raportissa oleellisessa roolissa, joten opiskelijoilla oli mahdollisuus opiskella tätä teoriaosuutta halutessaan sitä kautta. Toimeksiantaja oli kuitenkin sitä mieltä, että teoriavideoiden tuli täydentää harjoitevideoita. Lisäksi toimeksiantajan kanssa neuvoteltiin, että videoklippien hienosäädön kanssa joustettaisiin aikaisempaa enemmän. Videoiden editoijan mukaan jokaisen harjoiteklipin erillinen ja jälkeinpäin tapahtuva putsaaminen ja rajaaminen olisivat vieneet liikaa työaika. Koska video tuotettiin opiskelijoille itseopiskelumateriaaliksi, liiallisten työtuntien ja editointiresurssien käyttäminen tähän koettiin turhaksi. Opiskelijoilta kerätyn ja toimeksiantajan lopullisen palautteen perusteella päätettiin ja arvioitiin ne muokausehdotukset, jotka olivat ratkaisevassa roolissa tavoitteen täyttymisen kannalta. Itseopiskelumateriaalin tavoitteena oli tukea opiskelijan oppimista, joten irrallisiin mediayksityiskohtiin keskittyminen ei tullut vaikuttamaan ratkaisevasti lopputulokseen.

Tavoitteen saavuttamiseksi harjoitteiden sisältö, järjestys, äänitysten ja kerronnan kronologisuus, puheen nopeus ja harjoitteiden pedagogiset editointiratkaisut (still-kuvat) olivat oppimisen kannalta merkityksellisimmässä roolissa.

Tammikuun alussa tekijät ehdottivat, että FYS15S:ltä saatu palaute kerättäisiin YouTube-linkin kautta, johon opiskelijoilla oli salattu katseluoikeus. Opiskelijoita pyydettiin katsomaan ja arvioimaan tuotosta vapaaehtoisesti omalla ajallaan ennen oppitunteja, jossa keskusteltiin tuotoksen kehittämisestä. Oppitunnin aikana kohderyhmältä haluttiin kerätä kirjallinen palaute. Kirjallinen palaute olisi saattanut motivoida opiskelijoita sähköistä palautteenkeruuta vahvemmin videoklippien tutustumiseen ja palautteen antamiseen. Opintojakson fysioterapian lehtori, Anu Kaksonen, oli kuitenkin sitä mieltä, että isosta ryhmäkoosta johtuen palaute oli suositeltavampaa kerätä sähköisessä muodossa.

Opetusvideoiden editointien loppuvaiheessa tekijät huomasivat äänityksissä ja editoinneissa virheitä. Ulkopuolisen editoijan oli hankalaa ymmärtää ammattisanastoa ja sitä, mihin kohtiin still-kuvien ja puheen oli tarkalleen tultava. Äänitteitä jouduttiin nauhoittamaan jälleen toistamiseen uudelleen ja editointiurakkaa jatkettiin. Opetusvideoita ei saatu valmiiksi alkuperäisen aikataulun mukaan, joten ensimmäisen ja suullisen palautteen keruun aikana kohderyhmälle näytettiin vain osia videoista. Kohderyhmällä oli mahdollisuus kommentoida videoita heti esityksen jälkeen ja potentiaalisia kehitysideoita saatiin välittömästi suullisessa muodossa. Lopullinen palaute kerättiin kuitenkin sähköisessä muodossa (liite 2), ja valmiit videot jaettiin YouTube-linkin kautta.

Kohderyhmältä kerätty suullinen palaute:

- teoriavideon kuvat samaan laatikkoon tekstin kanssa
- teoriavideon tekstin jäsentely ja ajoitus niin, että yksittäinen lause ilmestyy kerrallaan tekstikenttään
- teoriavideoon lisäys hermon vaurioitumisen yksittäisestä syystä (opintojakson fysioterapian lehtori Anu Kaksonen)

- harjoitevideoon N. obturatoriuksen seisten tehtäviin harjoitteisiin kuva myös edestä
- harjoitevideossa hermon kulkureitin korostaminen harjoitteissa
- harjoitevideoon useampia matalan kynnyksen harjoitteita

8.5 Viimeistelyvaihe

Viimeistelyvaiheessa palaute ja mahdolliset kehittämissideat on käyty läpi, minkä pohjalta käynnistyy tuotteistamisen viimeinen vaihe. Se sisältää yksityiskohtien hiomista ja tuotteen parantelua sen lopulliseen muotoon. (Jämsä & Manninen 2000, 80–81.)

Esitysseminaari pidettiin maaliskuun lopussa. Opponoiijat sekä opinnäytetyön ohjaaja antoivat hyvää palautetta sekä kehittämissideoita tuotoksen lopulliseen viimeistelyyn. Opinnäytetyön kirjoitusasua ja -virheitä korjattiin. Kirjallisesta raportista rajattiin tässäkin vaiheessa epäolennaisia osa-alueita pois, jotta raportin pitutta ja toistoa saatiin karsittua.

Tuotoksen viimeistelyvaiheessa käytiin läpi kohderyhmältä, toimeksiantajalta, opponoijilta ja opinnäytetyötä ohjaavalta opettajalta saadut kehittämissideat ja tuotosta viimeisteltiin ja paranneltiin niiden pohjalta. Kohderyhmälle annettiin reilu kuukausi aikaa vastata sähköiseen palautekyselyyn, joka lähetettiin heille videoiden linkkien yhteydessä. Salatun YouTube-linkin takana olleita opetusvideoita oli katsottu 40 kertaa, mutta vastauksia palautekyselyyn tuli kuitenkin koko aikana ainoastaan yksi. Vastauksen perusteella videot olivat tarpeeksi selkeät, ymmärrettävät ja itseopiskelua tukevat. Suullista palautetta ja kehittämissideoita oli kerätty jo aiemmin runsaasti, joten tekijät kokivat palautteen tässä vaiheessa jo riittäväksi, sillä tutokseen käytettävissä oleva aika alkoi loppua kesken. Tuotosta muokattiin ja viimeisteltiin vielä viimeisen kerran tekijöiden omasta toimesta, jotta lopputulos oli mahdollisimman laadukas. Opetusvideoiden värikontrasteja ja valaistusta parannettiin ja lopulliset versiot tarkistettiin ja katsottiin ajatuksen kanssa vielä kertaalleen läpi. Tuotos valmistui lopulliseen muotoonsa huhtikuussa 2017.

9 POHDINTA

Tuotteistamisen tavoitteena oli kehittää Lahden ammattikorkeakoulun fysioterapeuttiopiskelijoille itseopiskelumateriaalia alaraajojen perifeeristen hermojen neurodynaamisista harjoitteista sekä niiden ohjaamisen perusteista. Tuotoksen tarkoituksena oli vahvistaa ja tukea opiskelijan ymmärrystä fysioterapiaprosessin ohjaamisesta perifeeristen hermojen toimintahäiriöissä. Tuotteistamista ohjailivat kohderyhmän ja toimeksiantajan tarpeet ja toiveet.

Opetusvideoiden tuotteistamisprosessi oli tarkkaan strukturoitu ja monivaiheinen prosessi. Prosessin eteneminen pohjautui viiteen perusvaiheeseen, joiden perusteella tuotoksen tarpeen määrittely, ideointi, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely etenivät kohti lopputulosta.

Tuotteistamisprosessin vaiheiden määrittäminen ja kuhunkin vaiheeseen ennalta suunniteltujen työvaiheiden luonnostelu ja sovittaminen auttoivat prosessin johdonmukaisessa toteuttamisessa. Prosessin perusvaiheet eivät kuitenkaan olleet tarkkarajaisia, vaan tuotteistamisen työvaiheet lopulta jäsentyivät kahdeksi suuremmaksi kokonaisuudeksi, joissa näiden eri vaiheiden välillä tapahtui liukumaa ja päällekkäisyyttä. Ensimmäinen kokonaisuus ulottui kehittämistarpeen tunnistamisesta tuotoksen luonnosteluun. Toinen laajempi kokonaisuus piti sisällään tuotoksen kehittäminen- ja viimeistelyvaiheen.

9.1 Tuotoksen arviointi ja kehittämissuhteet

Teoriatiedon rajaaminen koettiin haastavaksi prosessin aikana. Tiedonhankinnan aikana aihealue tuntui laajenevan vain laajemmaksi kokonaisuudeksi. Toimeksiantajan toiveesta tuotoksen sisällön perustana oli kahdeksan perifeeristä hermoa. Tuotoksen tavoitteen ja tarkoituksen saavuttaminen vaati kuitenkin kokonaisvaltaista teoriataustan ymmärrystä ja perusteita ääreishermoston anatomiasta, neurofysiologiasta, neurodynamiikasta, neurodynaamisista tekniikoista ja fysioterapiaprosessissa huomioitavista kokonaisuuksista. Prosessin aikana jouduttiinkin useaan otteeseen arvioimaan aihealueen rajaamista.

Lopputuloksena tuotoksesta ja kirjallisesta opinnäytetyöraportista saatiin aikaan kuitenkin kronologinen, johdonmukainen, selkeä ja riittävän kattava kokonaisuus.

Tuotoksen arviointimenetelmänä käytettiin suullisesti ja sähköisesti kerättyä palautteen keruumenetelmää, jonka antamiseen kohderyhmä ja toimeksiantaja osallistuivat vapaaehtoisesti. Tuotoksen lopputulos perustui palautteen pohjalta saatuihin kehittämisideoihin. Ilman suullisesti kerättyä palautetta tuotoksen arviointi olisi saattanut jäädä liian suppeaksi, sillä sähköiseen palautekyselyyn vastaajamäärä oli niin pieni (1 vastaus). Prosessin aikana suullisesti kerätty palaute kuitenkin oli riittävän kattavaa, jotta lopputuloksen luotettavuuteen ja laatuun voitiin olla tyytyväisiä. Tuotoksen tavoitteen ja tarkoituksen täyttymiseksi etenkin kohderyhmältä kerätty palaute koettiin merkittäväksi. Harjoitevideon harjoitteiden runsaudesta, monipuolisuudesta, harjoitteiden progressiivisuudesta ja pedagogisesta johdonmukaisuudesta saatiin sekä kohderyhmältä, että toimeksiantajalta hyvää palautetta. Palautteen perusteella harjoitteet ovat selkeitä ja helposti suoritettavia videon editointiratkaisujen ja rakenteen ansiosta. Teoriavideon osalta saatiin kiitosta kattavasta teoriaperustasta ja useita eri oppimistyyplejä palvelevasta rakenteesta. Kohderyhmä koki yleisesti hyötävänsä tuotoksen tarjoamasta opetusmateriaalista osana itseopiskelua. Lisäksi tekijät olivat itse erittäin tyytyväisiä tuotoksen lopputulokseen ja sen tuomiin käyttömahdollisuuksiin.

Tuotteistamisprosessi eteni kokonaisuutena suunnitellun aikataulun mukaisesti. Opetusvideoiden kuvaaminen ja editointi veivät kuitenkin huomattavasti enemmän aikaa kuin alkuperäisesti oli varauduttu. Tuotteistamisprosessin viimeistelyvaiheen loppuun päättäminen koettiin liian joustavaksi, sillä kohderyhmältä jäätettiin odottamaan sähköistä palautetta kenties liian pitkäksi aikaa. Tuotos saatettiin kohderyhmän ja toimeksiantajan käyttöön kuitenkin alkuperäisessä aikataulussaan. Tuotos jaettiin salatun YouTube-linkin kautta kohderyhmälle ja toimeksiantajalle.

Opetusvideoiden tuotteistamisen työläs prosessointi, opintopistemäärään suhteutettu laajuus ja prosessin monivaiheisuus yllättivät tekijät useaan

otteeseen. Toiminnallisena opinnäytetyönä kehitettävien opetusvideoiden tuotteistaminen vaatii työn tekijöiltä aihealueen teoretiedon ja perusteiden hallitsemisen lisäksi vahvaa osaamista video- ja editointiprosessista. Fysioterapian koulutusohjelma ei luo valmiuksia yleisesti videoprosessin vaiheistamisesta tai toteuttamisesta. Opetusvideon toteuttamisessa näihin edellä mainittuihin seikkoihin on kiinnitettävä erityistä huomiota. Tekijät tarvitsivatkin ulkopuolisen media-alan koulutuksen omaavan henkilön kuvaamaan ja editoimaan tuotoksena kehitetyt opetusvideot. Media-alan ammattilaisen työpanos oli merkittävässä roolissa tuotoksen tavoitteiden saavuttamiseksi. Ilman hänen työpanostaan opinnäytetyön tekijöiden olisi ollut mahdotonta saattaa tuotos sellaiseen muotoon, jota toimeksiantaja toivoi.

Tekijät pohtivatkin jatkon kehittämisehdotukseksi, että vastaavissa opetusvideoiden toimeksiannoissa olisi syytä kiinnittää huomiota videointiprosessin toteuttamista vaativiin tekijöihin. Näitä ovat esimerkiksi opinnäytetyön tekijöiden videointi- ja editointiosaaminen, videoiden laajuus, työmäärä ja rajaaminen sekä mahdollisen ulkopuolisen media-alan osaamisen tarjoaminen ennen prosessin aloittamista. Jakaa työtä useampaan eri osaan. Tuotoksena valmistuneet opetusvideot olisi voitu jakaa kahdeksi erilliseksi opinnäytetyöksi, jossa toinen olisi käsitellyt pelkästään harjoitevideon muodossa neurodynaamisia harjoitteita ja toinen niiden ohjaamisen perusteita käsiteltäviä teoriavideoita. Videoiden tuotteistamisen työmäärää ei osattu ennustaa etukäteen, ja lopullisena tuotoksena syntyikin yhteensä lähes noin 50 minuutin verran videomateriaalia. Jos opetusvideoiden tuotteistamisprosessin tueksi ei ole käytettävissä yhteistyömahdollisuutta media-alan osaamista omaavien henkilöiden kanssa, saattaisi olla järkevää mahdollistaa tekijöiden riittävä osaamistaso esimerkiksi videointi- ja editoinnin perusteiden koulutuksella.

9.2 Oppimisprosessi

Ennen opinnäytetyöprosessin aloittamista tekijöiden aihealueen osaamistaso perustui Kipu ja sen hoito – opintojakson sisältöön. Kyseisen

opintojakson sisältöön kuului muun muassa neurodynamiikan teoretietoa, hermojen palpaatiota, neurodynaamisten testien harjoittelua, neuraalikudoksen mobilisointia, kivun teoreettista taustaa ja elektroterapiaa. Neurodynaamisten harjoitteiden opetus sen sijaan jäi pääosin itsenäisen opiskelun varaan. Toimeksiantajalta saatu aihe ja kehittämisidea koettiin tekijöiden puolesta henkilökohtaisesti tarpeelliseksi. Lisäksi tekijät olivat halukkaita syventämään ja kehittämään omaa osaamistaan aihealueen osalta. Prosessin aikana tämä tekijöiden itse asettama tavoite saavutettiin ja prosessin lopuksi tekijöille oli tiedollisen osaamisen lisäksi kehittynyt konkreettista osaamista myös videointi- ja editointiprosessin toteuttamisesta. Tekijät saavuttivat prosessin aikana aiempaa vahvempaa fysioterapian teoreettista osaamista siitä, miksi, milloin ja miten neurodynaamisia harjoitteita ohjataan ja koko hermoston anatomian ja fysiologian osalta. Henkilökohtaisen ammatillisen osaamisen syventäminen motivoi tekijöitä koko prosessin ajan.

Aihealueen teoreettinen haastavuus ja isojen kokonaisuuksien hahmottaminen koettiin työlääksi. Kirjalliseen raporttiosuuteen kootun teoretiedon kasaamisessa olisi saattanut olla järkevää hyödyntää työn kanssa rinnakkain valmistuvaa opinnäytetyötä samojen ääreishermostojen neurodynaamisesta testaamisesta. Haasteeksi osoittautui kuitenkin opinnäytetöiden valmistumisaikataulujen eroavaisuus. Yhteistyön käyttämättömyyden seurauksena tekijöiden välinen saumaton yhteistyö- ja oppimisprosessi vahvistui huomattavasti, jotta opinnäytetyö- ja tuotteistamisprosessi saatiin saatettua loppuun valtavasta työmäärästä huolimatta. Tekijöiden ryhmätyöskentelytaidot vahvistuivat merkittävästi, sillä prosessin läpivienti vaati joustavuutta, johdonmukaisuutta, sitoutumista sekä ongelmanratkaisu- ja keskustelutaitoja. Tekijöiden oli työskenneltävä tiiminä jatkuvassa tiiviissä yhteistyössä toistensa kanssa ja kuunneltava sekä arvostettava molempien mielipiteitä. Tekijöiden välisen ryhmädynamiikan lisäksi yhteistyötaitoja tarvittiin toimeksiantajan, kohderyhmän, työelämän ammattilaisten ja media-alan osaajan kanssa käydyssä vuorovaikutuksessa.

Opinnäytetyöprosessin toteuttaminen ja tuotteistaminen eivät olleet tekijöille entuudestaan tuttua. Tuotteistamisprosessin ja opinnäytetyön työvaiheiden lisäksi prosessin myötä opittiin tiedonhaun ja tieteellisten tutkimusartikkeleiden etsimisen, luotettavuuden, arvioimisen ja hyödyntämisen perusteita. Tiedonhankinnan ja tieteellisen tekstin kirjoittaminen kehittyi koko prosessin ajan. Prosessi mahdollisti tämän ammattikirjallisuuteen perustuvan teoretiedon käytäntöön siirtämisen tuotettujen videoiden avulla. Käytäntöön siirrettävyys korostui sekä harjoite-, että teoriavideoissa.

Oppimisprosessissa merkittävässä roolissa oli lisäksi opetusvideoiden tuotteistamisen mahdollistama konkreettinen osaaminen. Tekijät oppivat yhteistyössä media-alan osaajan kanssa videoiden käsikirjoittamisen tärkeydestä, videoinnissa huomioitavista yksityiskohdista ja editoinnin perusteista ja haasteista. Video- ja editointiprosessin kulku ja työvaiheiden osittaminen ei ollut tekijöille entuudestaan tuttua. Mediaosaamisen ja audiovisuaalisen materiaalin hyödyntäminen ovat kasvavassa määrin korostumassa sekä opetuksessa, että työelämässä yleisesti. Prosessin lopussa tekijät olivat tyytyväisiä saavuttamaansa osaamiseen, ja uskovat sen olevan eduksi jatkossa esimerkiksi työmarkkinoilla.

9.3 Eettisyys ja luotettavuus

Opinnäytetyöprosessin kaikissa vaiheissa pyrittiin eettisyyden ja luotettavuuden arviointiin. Työn arvioinnissa ja prosessissa hyödynnettiin tutkimuseettisen neuvottelukunnan hyvän tieteellisen käytännön ohjeita siltä osin kuin tässä opinnäytetyössä oli mahdollista. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan mukaan tuotteistamisessa huomioon otettavia arvoja ovat esimerkiksi rehellisyys, yleinen huolellisuus ja tarkkuus (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2014). Opinnäytetyöprosessissa huomioitiin muiden tekemät työt sekä saavutukset ja niitä kunnioitettiin viittaamalla julkaisuihin asianmukaisella tavalla, eikä tekstiä plagioitu. Tuotoksen mallina esiintyi opinnäytetyön tekijä, joten erillisiä sopimuksia tai lupia materiaalin käyttämiseen ei tarvittu.

Tekijät kehittivät ja viimeistelivät tuotoksen kohderyhmältä kerätyn suullisen ja sähköisen palautekyselylomakkeen vastauksista esiinnousseiden kehittämideoiden ja palautteen pohjalta. Sähköisen palautekyselylomakkeen täyttäminen tapahtui vapaaehtoisesti ja anonyymina. Kyselyyn vastanneiden henkilöllisyys ei missään vaiheessa paljastunut tekijöille. Sähköisestä palautekyselystä ja suullisesta palautteesta saadut vastaukset julkaistiin opinnäytetyöraportissa niitä mitenkään muuttamatta. Ilman kohderyhmältä kerättyä monipuolista suullista palautetta tuotoksen arviointi ei välttämättä olisi ollut luotettavaa.

Tuotoksen neurodynamiset harjoitteet suunniteltiin niin, että ne perustuivat perifeerisen hermon anatomiseen kulkureittiin, alan luotettavaan kirjallisuuteen (Michael Shacklock) sekä tuotoksen tilaajan hyväksyntään (fysioterapian lehtori, Jaakko Monto).

Tietoperustan luotettavuuteen pyrittiin mahdollisimman tuoreiden, vertaisarvioitujen ja satunnaistettujen tutkimusten hyödyntämisellä. Tutkimuksia haettiin Lahden ammattikorkeakoulun Masto-Finna tiedonhakujärjestelmän kautta ja PubMed-tietokannasta. Kirjalliseen raporttiin kootun teorian tiedon referoinnissa hyödynnettiin vain luotettavien asiantuntijoiden kirjallisuutta. Lähdeaineiston lähdemateriaali valittiin kriittisyyden ja vertailun pohjalta.

LÄHTEET

Arokoski, J., Karppinen, J. & Laimi, K. 2016. Jänneheijasteet. Käypä hoito. [viitattu 6.4.2017] Saatavissa:

<http://www.kaypahoito.fi/web/kh/suosituksset/suositus;jsessionid=1C963115D1024D5BC2BD14C0F9D32160?id=nix02405>

Basson, A., Coppieters, M., Ellis, R., Mudzi, W., Olivier, B., Stewart, A. 2015. The effectiveness of neural mobilizations in the treatment of musculoskeletal conditions: a systematic review protocol. NCBI. Hakutietokanta MastoFinna. [viitattu 20.9.2016] Saatavissa:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov.aineistot.lamk.fi/pubmed/26447008>

Beltran-Alacreu, H., Jiménez-Sanz, L., Carnero, J.F., La Touche, R. 2015. Comparison of Hypoalgesic Effects of Neural Stretching vs Neural Gliding: A Randomized Controlled Trial. Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics. Volume 38, Issue 9, Pages 644–652. Hakutietokanta MastoFinna. [viitattu 8.2.2017] Saatavissa:

[http://www.jmptonline.org/article/S0161-4754\(15\)00156-6/abstract](http://www.jmptonline.org/article/S0161-4754(15)00156-6/abstract)

Brügger, V., Duman, M., Bochud, M., Münger, E., Heller, M., Ruff, S. & Jacob, C. 2016. Delaying histone deacetylase response to injury accelerates conversion into repair Schwann cells and nerve regeneration. Hakutietokanta MastoFinna. [viitattu 2.2.2017] Saatavissa:

<http://www.nature.com.aineistot.lamk.fi/articles/ncomms14272>

Butler, D.S. & Coppieters, M.W. 2008. Do 'sliders' slide and 'tensioners' tension? An analysis of neurodynamic techniques and considerations regarding their application. ScienceDirect. Manual Therapy. Hakutietokanta PubMed. [viitattu 16.9.2016] Saatavissa:

<http://www.sciencedirect.com.aineistot.lamk.fi/science/article/pii/S1356689X07000343>

Butler, D.S. 2000. The Sensitive Nervous System. Noigroup Publications.

Butler, D.S. & Moseley, L. 2003. Explain Pain. Noigroup Publications.

Butler, D.S. 2004. Mobilisation of the nervous system. Churchill Livingstone.

Castellote-Caballero, Y., Valenza M., Puenteadura, E., Fernández-de-las-Peñas, C., Albuquerque-Sendín, F. 2014. Immediate Effects of Neurodynamic Sliding versus Muscle Stretching on Hamstring Flexibility in Subjects with Short Hamstring Syndrome. Journal of Sports Medicine. Hakutietokanta PubMed. [viitattu 1.2.2017] Saatavissa: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4590905/>

Castrén, E. & Lindholm, D. 1999. Hermoston regeneraatio – lentääkö Teräsmies jälleen? [viitattu 7.1.2017] Saatavissa: <http://www.terveyskirjasto.fi/xmedia/duo/duo90153.pdf>

Čolaković, H. & Avdić, D. 2013. Effects of neural mobilization on pain, straight leg raise test and disability in patients with radicular low back pain. Journal of Health Sciences. 109-112. ISSN 1986-8049. Hakutietokanta MastoFinna. [viitattu 17.1.2017] Saatavissa: <http://www.jhsci.ba/OJS/index.php/jhsci/article/view/73>

Da Silva, J., Santos F., Martinez, D., Giardini A., Martins, D., De Oliveira, M., Ciena, A., Gutierrez, V., Watanabe, I-S., Britto, L. & Chacur, M. 2015. Neural mobilization promotes nerve regeneration by nerve growth factor and myelin protein zero increased after sciatic nerve injury. Journal Growth Factors. 8-13. Hakutietokanta PubMed. [viitattu 17.1.2017] Saatavissa: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3109/08977194.2014.953630?journalCode=igrf20>

Ellis, R.F., Hing, W.A., Phty, B. & Dip, P.G. 2008. Neural Mobilization: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials with an Analysis of Therapeutic Efficacy. NCBI. The Journal of Manual & Manipulative Therapy. 8–22. Hakutietokanta Pubmed. [viitattu 20.9.2016] Saatavissa: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov.aineistot.lamk.fi/pmc/articles/PMC2565076/>

Erulkar, S.D & Lentz, T.L. 2017. Nervous system. Britannica Academic. [viitattu 27.3.2017] Saatavissa:

<http://academic.eb.com.aineistot.lamk.fi/levels/collegiate/article/nervous-system/110703>

Falck, B. & Puusa, A. 2006. Ääreisherموjen paikalliset vauriot. Teoksessa Kliininen neurofysiologia. (toim. Partanen, J., Falck, B., Hasan, J., Jäntti, V., Salmi, T. & Tolonen, U.) Kustannus Oy Duodecim. 467–494.

Ferreira, G., Stieven, F., Araujo, F., Wiebusch, M., Rosa, C., Plentz, R., & Silva, M. 2016. Neurodynamic treatment did not improve pain and disability at two weeks in patients with chronic nerve-related leg pain: a randomised trial. Journal of Physiotherapy. 197–202. Hakutietokanta PubMed. [viitattu 29.12.2016] Saatavissa:

[http://www.journalofphysiotherapy.com/article/S1836-9553\(16\)30057-1/fulltext](http://www.journalofphysiotherapy.com/article/S1836-9553(16)30057-1/fulltext)

Haanpää, M. 2007. Neuropaattisen kivun hoito-opas. Käypä hoito. [viitattu 7.2.2017] Saatavissa:

<http://www.kaypahoito.fi/web/kh/suosituksset/suositus?id=nix00086>

Haanpää, M. 2011. Neuropaattisen kivun hoito-opas. 6. painos. Suomen Kivuntutkimusyhdistys ry. [viitattu 4.4.2017] Saatavissa:

<http://www.skyt.org/system/files/files/neuropaattisen%20kivun%20hoito-opas.pdf>

Hall, T. & Nelson, R. 2011. Bilateral dorsal foot pain in a young tennis player managed by neurodynamic treatment techniques. ScienceDirect. Manual Therapy. Hakutietokanta MastoFinna. [viitattu 16.9.2016] Saatavissa:

<http://www.sciencedirect.com.aineistot.lamk.fi/science/article/pii/S1356689X11000403>

Jaroma, H., Kallio, P.K. & Raatikainen, T. 2010. Hermovammat. Teoksessa Traumatologia. 255-263.

Jämsä, K. & Manninen, E. 2000. Osaamisen tuotteistaminen sosiaali- ja terveysalalla. Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Kalso, E., Haanpää, M. & Vainio, A. 2009. Kipu. Duodecim.

Kansaneläkelaitos 2017. Kelan avo- ja laitospuotoisen kuntoutuksen standardi. 10. [Viitattu 3.4.2017] Saatavissa:

<http://www.kela.fi/documents/10180/3093658/Yleinen+osa.pdf/45a60235-979c-41ab-8a4a-5703940aa52f>

Koivu, M. 2006. Ääreishermostojen ja lihasten anatomia ja fysiologia.

Teoksessa Kliininen Neurofysiologia. (toim. Partanen, J., Falck, B., Hasan, J., Jäntti, V., Salmi, T. & Tolonen, U.) Kustannus Oy Duodecim. 384–394.

Laaksonen, S. & Falck, B. 2006. Polyneuropatiat. Teoksessa Kliininen Neurofysiologia. (toim. Partanen, J., Falck, B., Hasan, J., Jäntti, V., Salmi, T. & Tolonen, U.) Kustannus Oy Duodecim. 503-518.

Luomajoki, H. 2008. Neurodynaamiset testit ja hoito niskapotilaalla.

Julkaisussa Fysioterapia. Vol 2. Saatavissa:

https://www.researchgate.net/publication/230603111_Neurodynaamiset_testit_ja_hoito_niskapotilaalla

Martin, T. 2017. Teach me anatomy. The sciatic nerve. [viitattu 8.3.2017]

Saatavissa: <http://teachmeanatomy.info/lower-limb/nerves/the-sciatic-nerve/>

Mervaala, E. 2013. Hermostojen pinne- ja kompressiotilat. Terveysportti.

Duodecim. Lääkärin käsikirja. [viitattu 19.9.2016] Saatavissa:

http://www.terveysportti.fi/aineistot.lamk.fi/dtk/ltk/koti?p_artikkeli=ykt00923&p_haku=hermovauriot

Monto, J. 2016. Fysioterapian lehtori. Lahden ammattikorkeakoulu, Lahti. Haastattelu 26.2.

Mylläri, J. 2014. Ihmiskehon anatomiaa. Opiskelukirja. 3.-7. painos.

Sanoma Pro Oy.

Mänttari, T. 2005. Neurodynamiikan merkitys selkäkivuissa. Luku 14. VK-Kustannus Oy. 311.

Orenius, T. Toiminnalliset ja rakenteelliset aivomuutokset kroonistuneessa kivussa. Selkäklinikka. [viitattu 12.1.2017] Saatavissa:

<http://selkakanava.fi/toiminnalliset-ja-rakenteelliset-aivomuutokset-kroonistuneessa-kivussa>

Petty, N.J. 2011. Principles of Neuromusculoskeletal Treatment and Management. A Handbook for Therapists. Churchill Livingstone Elsevier.

Pihlman, M. & Luomala, T. 2016. FASKIA – terapian ja liikkeen näkökulmasta. 1. painos. VK-Kustannus Oy.

Puustjärvi-Sunabacka, K. & Salmi, T. 2015. Perifeerisen hermon vammat ja sairaudet. Teoksessa Fysiatría. (toim. Arokoski, J., Mikkelsen, M., Pohjolainen, T. & Viikari-Juntura, E.) 5. uudistettu painos. Helsinki: Duodecim. 310.

Sandström, M. & Ahonen, J. 2013. Liikkuva ihminen. VK-Kustannus Oy.

Schuenke, M., Schulte E. & Schumacher, U. 2014. THIEME. Atlas of Anatomy. General Anatomy and Musculoskeletal System.

Shacklock, M. 2005. Clinical Neurodynamics: A new system of musculoskeletal treatment.

Sharma, S., Balthillaya, G., Rao, R., Mani, R. 2016. Short term effectiveness of neural sliders and neural tensioners as an adjunct to static stretching of hamstrings on knee extension angle in healthy individuals: A randomized controlled trial. Physical Therapy in Sport. 30–37.

Hakutietokanta PubMed. [viitattu 1.2.2017] Saatavissa:

[http://www.physicaltherapyinsport.com/article/S1466-853X\(15\)00014-0/abstract](http://www.physicaltherapyinsport.com/article/S1466-853X(15)00014-0/abstract)

Soinila, S. & Launes, J. 2007. Ääreishermit ja niiden sairaudet. Teoksessa Neurologia. (toim. Soinila, S., Kaste, M. & Somer, M.) Kustannus Oy Duodecim. 501–519.

Soinila, S. & Haanpää, M. 2007 Kipu. Teoksessa Neurologia. (toim. Soinila, S., Kaste, M. & Somer, M.) Kustannus Oy Duodecim. 239-257.

Stein, C.J. 2017. Piriformis Syndrome. Britannica Academic. [viitattu 4.4.2017] Saatavissa:

<http://academic.eb.com.aineistot.lamk.fi/levels/collegiate/article/piriformis-syndrome/627355>

Stetts, D.M. & Carpenter, J.G. 2014. Physical Therapy Management of Patients with Spinal Pain. An Evidence-Based Approach. SLACK Incorporated.

Tipton, J. 2008. Obturator neuropathy. Curr Rev Musculoskelet Med. 234–237. NCBI. Hakutietokanta MastoFinna. [viitattu 5.1.2017] Saatavissa:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2682412/>

Torres, J., Martos, I., Sánchez, I., Rubio, A., Pelegrina, A. & Valenza, M. 2015. Results of an Active Neurodynamic Mobilization Program in Patients With Fibromyalgia Syndrome: A Randomized Controlled Trial. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 1771–1778. Hakutietokanta Pubmed. [viitattu 1.2.2017] Saatavissa: [http://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993\(15\)00488-8/fulltext](http://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993(15)00488-8/fulltext)

Tutkimuseettinen neuvottelukunta. 2014. Hyvä tieteellinen käytäntö.

[viitattu 9.3.2017] Saatavissa: <http://www.tenk.fi/fi/htk-ohje/hyva-tieteellinen-kaytanta>

KUVIEN JA KUVIOIDEN LÄHTEET

KUVIO 1 & 4. Mukailtu Petty, N.J. 2011. Principles of Neuromusculoskeletal Treatment and Management. A handbook for therapists. Churchill Livingstone Elsevier.

KUVIO 2. Mukailtu Neumann, D. 2010. Kinesiology of the Musculoskeletal System: Foundations for Rehabilitation. 2. painos. Mosby.

KUVIO 3 & 6. Mukailtu Butler, D.S. 2000. The Sensitive Nervous System. Noigroup Publications.

KUVIO 5. Mukailtu Sandström M., Ahonen J. 2013. Liikkuva ihminen. VK-Kustannus Oy.

KUVIO 7, 8, 9, 10 & 11. Mukailtu Gilroy, A.M., MacPherson, B.R. & Ross, L.M. 2009. Atlas of Anatomy. Latin Nomenclature. 2. painos. Thieme.

LIITTEET

LIITE 1. Plexus lumbaliksien ja plexus sacraliksien slider-harjoitteita



KUVA 1. N. femoralis, slider ilman esitensiota (© Liukkonen & Vasama 2017)



KUVA 2. N. saphenous, slider esitensiossa (© Liukkonen & Vasama 2017)



KUVA 3. N. obturatorius, slider esitensiossa (© Liukkonen & Vasama 2017)



KUVA 4. N. cutaneus femoris lateralis, slider ilman esitensiota (© Liukkonen & Vasama 2017)



KUVA 5. N. ischiadicus, slider ilman esitensiota (© Liukkonen & Vasama 2017)



KUVA 6. N. tibialis, slider esitensiossa (© Liukkonen & Vasama 2017)



KUVA 7. N. peroneus communis, slider esitensiossa (© Liukkonen & Vasama 2017)



KUVA 8. N. suralis, slider esitensiossa (© Liukkonen & Vasama 2017)

LIITE 2. Palaute- ja arviointilomake kohderyhmälle

Alaraajojen neurodynaamiset harjoitteet

Osaisitko suorittaa ja ohjata alaraajojen neurodynaamiset harjoitteet pelkän videoista opiskelun jälkeen?

- Kyllä
 En

Jos vastasit edelliseen "en", mikä jäi epäselväksi?

Oma vastauksesi

Onko harjoitteiden suoritustekniikka kuvattu riittävän selkeästi?

- Kyllä
 Ei

Jos vastasit edelliseen "ei", mitä muuttaisit?

Oma vastauksesi

Oliko harjoitevideo mielestäsi rakenteeltaan selkeä?

- Kyllä
 Ei

Jos vastasit edelliseen "ei", mitä muuttaisit?

Oma vastauksesi

Ymmärsitkö teoriavideoiden pohjalta miksi, milloin ja miten harjoitteita suoritetaan ja ohjataan?

- Kyllä
 En

Jos vastasit edelliseen "en", mikä jäi epäselväksi?

Oma vastauksesi

Mitä kehittäisit videoissa?

Oma vastauksesi

Mikä videoissa oli mielestäsi hyvää?

Oma vastauksesi

Vapaa sana

Oma vastauksesi