

**MAALLA JA VEDESSÄ TOTEUTETUN FYSIOTERAPIAN  
VAIKUTUKSIA POLVEN VOIMANTUOTTOON, KOETTUIHIN  
OIREISIIN JA TOIMINTAAN ETURISTISIDELEIKATUILLA  
POTILAILLA**

Hyppönen Janne

Fysioterapian  
pro gradu -tutkielma  
Terveystieteiden laitos  
Jyväskylän yliopisto  
2002

# MAALLA JA VEDESSÄ TOTEUTETUN FYSIOTERAPIAN VAIKUTUKSIA POLVEN VOIMANTUOTTOON, KOETTUIHIN OIREISIIN JA TOIMINTAAN ETURISTISIDELEIKATUILLA POTILAILLA

Janne Hyppönen

Pro Gradu -tutkielma, fysioterapia

Terveystieteen laitos

Jyväskylän yliopisto 2002

## TIIVISTELMÄ

Eturistisideleikkauksen jälkeisestä vesifysioterapian perusteista ja vaikutuksista on raportoitu tutkimuksia vähän. Veden erityisominaisuudet, kuten noste ja veden vastus tekevät vesiolosuhteista erilaiset kuin maaolosuhteista ja tehdyt tutkimukset viittaavat. Pöyhösen ym. (2000) mukaan hamstring-lihakset aktivoituvat aikaisessa vaiheessa liikettä voimakkaasti ja näin suojaa eturistisidettä liialliselta kuormitukselta. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää 10 viikon vesifysioterapian vaikutuksia polvinivelen isokineettisesti mitattuun voimantuottoon, koettuihin oireisiin ja toimintaan eturistisideleikatulla potilailla verrattuna normaalin fysioterapiakäytännön mukaisesti harjoitelleeseen kontrolliryhmään. Tutkimuksen tarkoituksena oli myös seurata vesifysioterapiaohjelman soveltuvuutta käytäntöön. Polven eturistisiteen (acl) tärkein tehtävä on estää sääriluun liiallinen eteen liukuminen reisiluuhun nähden ja polvinivelen yliojentumisen estäminen. Eturistisideleikkauksen jälkeisiä komplikaatioita ovat kipu, turvotus, liikerajoitukset, tasapaino-ongelmat ja reisilihasten atrofioituminen. Toiminnallisia rajoituksia aiheutuu päivittäisiin toimintoihin ja liikuntaharrastuksiin. Fysioterapian tavoitteena on poistaa komplikaatiot ja turvata paluu normaaleihin päivittäisiin toimintoihin.

Tutkimukseen osallistui 12 kroonista eturistisidevamman saanutta bone-tendon-bone leikkaustekniikalla leikattua koehenkilöä, jotka satunnaistettiin vesiharjoittelu (6)- ja kontrolliryhmään (6). Molemmille ryhmille ohjattiin normaalin hoitokäytännön mukaiset harjoitteet ja vesiharjoitteluryhmä harjoitteli lisäksi kaksi kertaa viikossa terapia-altaassa. Kaikille koehenkilöille tehtiin alku- ja loppumittaukset, joissa heiltä mitattiin isokineettinen

voimantuotto, koetut polven oireet Lysholmin asteikolla. Alkumittaukset tehtiin yksi viikko ennen leikkausta ja loppumittaukset 3 viikkoa leikkauksen jälkeen.

Vesiharjoitteluryhmällä ekstensiovoimat heikkenivät operoidussa raajassa. Vesiharjoitteluryhmän fleksiovoima kasvoi merkitsevästi operoidussa raajassa. Kontrolliryhmällä operoidun raajan isokineettisten voimien heikentyminen oli merkitsevä sekä ekstensio- että fleksiivoimissa. Polven akuuttivaiheen kuntoutumisen kannalta merkittävin tulos oli, että Lysholmin absoluuttiset arvot parantuivat merkitsevästi vesiharjoitteluryhmässä alku ja loppumittausten välillä. Kontrolliryhmässä ei merkitsevää parantumista tapahtunut. Vesiharjoittelussa tulee huomioida tarkasti veden fysikaaliset ominaisuudet, jotta harjoittelu on tehokasta ja turvallista. Tässä tutkimuksessa käytetyillä harjoitteilla hamstring-lihasten harjoittaminen vesiolosuhteissa näyttäisi olevan tehokasta. Samoin polven oireiden kokeminen on lievempää vesiharjoitteluryhmällä. Tutkimustulokset ja aiemmin raportoidut tutkimukset antavat olettaa, että vesifysioterapia luo turvalliset olosuhteet eturistisideleikkauksen jälkeisellä kuntoutumiselle.

Avainsanat: Polvi, eturistiside (acl), vesifysioterapia

## SISÄLLYS

<b>TIIVISTELMÄ</b> .....	<b>2</b>
<b>1. JOHDANTO</b> .....	<b>6</b>
<b>2. POLVINIVELEN TOIMINNALLINEN ANATOMIA JA BIOMEKANIikka</b> .....	<b>8</b>
<b>3. ETURISTISIDELEIKATUN POTILAAN FYSIOTERAPIASSA HUOMIOITAVIA TEKIJÖITÄ</b> .....	<b>10</b>
3.1 Uuden siirteen huomioiminen fysioterapiassa .....	10
3.2 Muita fysioterapiassa huomioitavia tekijöitä.....	11
<b>4. VEDEN ERITYISOMINAISUUKSIA JA NIIDEN HUOMIOIMINEN VESIFYSIOTERAPIASSA</b> .....	<b>15</b>
4.1 Veden fysikaaliset ja hydrodynaamiset ominaisuudet .....	15
4.2 Tutkimuksia vesiharjoittelun vaikuttavuudesta .....	17
<b>5. TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT</b> .....	<b>20</b>
5.1 Tutkimuksen tarkoitus .....	20
5.2 Tutkimusongelmat .....	20
<b>6. TUTKIMUSMENETELMÄT</b> .....	<b>21</b>
6.1 Tutkimuksen toteutus ja koehenkilöt .....	21
6.2 Tutkimusasetelma .....	21
6.3 Käytetyt mittarit.....	23
6.3.1 Isokineettiset voimanmittaukset.....	23
6.3.2 Lysholmin arviointiasteikko .....	24
6.3.3 Yhden jalan pituushyppy.....	26
6.4 Harjoitusohjelmat .....	26
6.5 Tilastolliset analyysit.....	28
<b>7. TULOKSET</b> .....	<b>29</b>
7.1 Isokineettiset muuttujat.....	29
7.2 Lysholmin asteikko .....	32

<b>8. POHDINTA.....</b>	<b>33</b>
8.1 Isokineettiset muuttujat.....	33
8.2 Lysholmin indeksi .....	35
8.3 1-jalan pituushyppy.....	36
8.4 Käytetyt mittarit.....	36
8.5 Harjoitusohjelma.....	38
8.6 Tulevaisuuden näkymiä .....	39
<b>LÄHTEET.....</b>	<b>40</b>

## **LIITTEET**

## 1. JOHDANTO

Suomessa eturistiside (acl) on yleisin vammautunut polven rakenne ja eturistisideleikkauksia suoritetaan paljon. Tarkkoja lukuja eturistisideleikkausten määrästä ei kuitenkaan ole raportoitu. Eturistisideleikkauksen jälkeinen fysioterapia on havaittu polven parantumisen kannalta yhtä tärkeäksi kuin itse leikkaus. (Beard ym. 1998.) Eturistisideleikkauksen jälkeinen fysioterapia on muuttunut viimeisen kymmenen vuoden aikana huomattavasti. Leikkausmenetelmien ja -välineiden kehittyminen on aiheuttanut sen, että kipsi-immobilisaatiosta on siirrytty nopeutettuihin fysioterapiakäytäntöihin, mikä asettaa uusia haasteita sekä ortopedille että fysioterapeuteille. (Noyes ym. 1990, Irrgang ym. 1997.) Nopeutettujen fysioterapiakäytäntöjen myötä ehkä suurimmaksi ongelmaksi on noussut polven ja eturistisiteen optimaalisen rasitustason määrittäminen. Uuden siirteen tulee saada riittävästi kuormitusta vaskularisoitukseen mutta sitä ei saa kuitenkaan rasittaa liikaa, jottei siirre venyty liikaa (Irrgang 1997, Fitzgerald 1997.) Kroonisten eturistisidevammojen kuntoutuminen on yleensä hitaampaa kuin akuutisti leikattujen, erityisesti niiden toimintojen osalta, jotka aiheuttavat suuren kuormituksen ja venytyksen siirteelle. Jos eturistisidevammaan liittyy meniscivamma, niin se on myös yleensä kuntoutumista hidastava tekijä. (Irrgang 1997, Eriksson 2001.) Eturistisideleikkauksen jälkeisestä fysioterapiasta on julkaistu paljon tutkimuksia. Raportoituja tutkimuksia mm. leikkaustekniikan osalta, uuden siirteen parantumisesta, proprioseptiikasta ja voimaharjoittelusta. Näyttää kuitenkin siltä, että lähes kaikilta osin tutkimustieto on osittain ristiriitaista ja selkeää fysioterapiakäytäntöä ei ole muotoutunut. Ristiriitaiset tutkimustulokset johtuvat osittain erilaisista mittausmenetelmistä ja siitä, että mittaukset ovat toteutettu eri vaiheessa kuntoutusta. (Noyes ym. 1991, Friden 2001.)

Vesifysioterapian tavoitteet eturistisideleikatuilla polvipotilailla ovat polven nivelliikkuvuuden lisääntyminen, kivun lievittyminen, lihaskestävyuden ja -voiman parantuminen, proprioseptiikan harjoittuminen sekä kävelyn normalisoituminen. Eturistisideleikattujen vesifysioterapiasta on raportoitu yksi tutkimus.. Tovin ym. (1994) tutkivat eturistisideleikattujen kuntoutumista maalla ja vedessä. Tulosten mukaan vedessä harjoitelleilla Lysholmin asteikon pistemäärä oli merkitsevästi korkeampi ja turvotuksen määrä vähäisempi kuin maalla harjoitelleilla. Tutkimuksessa käytetyt harjoitteet olivat kuitenkin puutteellisesti perusteltuja ja siksi tutkimustuloksiin tulisi suhtautua melko

kriittisesti. Pöyhönen ym. (1999-2001) ovat selvittäneet tutkimuksissaan lihastoimintaa ja veden vastuksia polvinivelen ojennus-koukistusliikkeen aikana terveillä koehenkilöillä. Pöyhönen ym. (2000) havaitsivat mm. hamstring-lihasten aikaisen aktivaation polven ojennusliikkeessä, millä on suojaava vaikutus polven eturistisiteeseen. Nämä tutkimukset ovat pohjana tälle pro gradu –tutkimukselleni, jonka tarkoituksena on selvittää maalla ja vedessä toteutetun fysioterapian vaikutuksia polven voimantuottoon, koettuihin oireisiin ja toimintaan eturistisideleikatuilla potilailla.

## 2. POLVINIVELLEN TOIMINNALLINEN ANATOMIA JA BIOMEKANIikka

Polvinivel muodostuu kahdesta lähes itsenäisestä nivelestä, tibiofemoraali- ja patellofemoraalinivelestä. Tibiofemoraalinivelen muodostavat femurin kuperamaiset kondylit ja vastaavat tibian laakeat kondylit, joiden molempien välissä ovat nivelkierukat. Patellofemoraalinivel muodostuu puolestaan tibiofemoraalinivelen etu- ja yläpuolelle patellan ja sitä vastaavan femurin nivelpinnan kanssa. Nivelpintojen luisten rakenteiden lisäksi polvinivelen liikettä säätelevät ligamentit, nivelkapseli ja polviniveltä ympäröivät lihakset. Polven ojennus- ja koukistusliike ovat yhdistelmä tibian liukumis- ja kiertymisliikkeestä femurin suhteen. Polven rakenne sallii liikkeet kolmella kiertoakselilla kaikkiaan kuuteen eri suuntaan. Ojennus-koukistusliikkeen lisäksi tapahtuu rotaatiota sekä reisi- ja sääriluun liukumista toisiinsa nähden. Normaali siirtymä etu-takasuunnassa on 5-10 mm. (Cailliet 1983, Hirokawa 1991, Reid 1992.)

Patellofemoraalinivel kontrolloi ekstensiojärjestelmää ja stabiloi polvea. Patellan toimintaa voidaan kuvata pulley-mekanismiin tavoin, jossa patella toimii väkipyöränä quadriceps- ja patellajänteen ollessa sen voiman varsina. (Koh ym. 1992.) Yksipyöräinen pulley ei kuitenkaan muuta voiman suuruutta, vaan sen suuntaa. Patella toimii kuitenkin kuten useamman väkipyörän systeemi lisätessään musculus quadricepsin ojennusvoimaa pidentämällä femurin vipuvartta. (Hirokawa 1991.) Kun polvi fleksoituu, liikkuvat patellofemoraalinivelen kontaktipisteet patellassa proksimaalisesti ja femoraalisessa sulcuksessa distaalisesti fleksion edetessä. Nivelkierukat stabiloivat polvinivelen liikkuvuutta kuormituksen lisääntyessä ja parantavat nivelpintojen yhteensopivuutta lisäten täten nivelten kontaktipintaa. Polven fleksio-ekstensioliikkeen aikana mediaalinen nivelkierukka liikkuu etu-takasuunnassa noin 6 mm ja lateraalinen nivelkierukka vastaavasti noin 12 mm. (Cailliet 1983, Reid 1992.)

Eturistiside (acl) on tärkein yksittäinen polvinivelen tukirakenne. Se sijaitsee keskellä polvea ja kiinnittyy sääriluun nivelpinnan etuosaan ja suuntautuu siitä ylös ja taaksepäin kiinnittyen reisiluun takareunaan. Rakenteeltaan eturistiside on hiukan viuhkamainen ja koostuu useammasta eri säiekimpusta. Etummaisesta ristisiteen tärkein tehtävä on sääriluun liiallisen



eteenliukumisen estäminen reisiluuhun nähden ja polven ylijennuksen eli hyperekstension estäminen. Etummainen ristiside on polven täydellisessä ekstensiossa kokonaisuudessaan kireällä. Polven koukistuessa sen posterolateraaliset säikeet löystyvät. Polven koukistuessa suoraan kulmaan eturistisiteen säikeet kiertyvät lähes 90°. Näin ollen liikkeen aikana reisiin kiinnityksen etusäikeet joutuvat taaemmaksi ja taaemmat säikeet kiertyvät eteen. (Arms ym. 1984, Cailliet 1983, Reid 1992.)

Takaristisiteen (pcl) tärkein tehtävä on estää tibian liiallinen siirtyminen taaksepäin femuriin nähden. Takaristisiteen säikeet ovat melko löysällä polven ekstensiossa ja kiristyvät polven fleksion edetessä 90° kulmaan. Mediaalisen sivusiteen (mcl) takaosa kiristyy polven ekstensiossa ja etuosa polven fleksiossa. Mediaalinen sivuside on löysimmillään 45° kulmassa, jolloin mediaalisen nivelraon avautuminen on suurimmillaan. Mediaalisen sivusiteen tärkein tehtävä on suojella tibiofemoraaliniveltä liialliselta valguskuormitukselta. Lateraalisen sivusiteen (lcl) tehtävä on puolestaan estää liialliselta rotaatioliikkeeltä. (Cailliet 1983, Reid 1992.) Polven fleksio alkaa musculus popliteuksen supistuksella ja samanaikaisella sisärotaatiolla. Hamstring- lihakset aktivoituvat voimakkaammin 20° jälkeen. Sisärotaatio on suurimmillaan fleksion loppuvaiheessa. Fleksion alussa 20° jälkeen lateraalipuolen kontaktipiste liikuu kummassakin kondylyssä nivelkierukan takasarveen. Ekstensioliikkeen lihastoiminnasta huolehtii musculus quadriceps femoris. Ekstensiossa ulkorotaatio on voimakkaimmillaan viimeiset 30-40°. (Cailliet 1983, Reid 1992.) Hamstringlihashen rooli polven stabiloijana korostuu suurilla liikenopeuksilla. (Ghena ym. 1991.)

Polvinivelellä on tärkeä rooli myös ihmisen kävelyssä. Normaalikävelyssä tukivaiheen alussa polviniveleltä vaaditaan kontrolloitua ekstensiota (0°). Heti ensikontaktin jälkeen polvi pehmentää kuormitusta n. 20° fleksiolla. Heilahdusvaiheen alun jälkeen polvi fleksoituu noin 60°, jolloin säären kulmanopeus (270 °/s) on suurimmillaan. Polveen kohdistuva ekstensiosuuntainen kuormitus on kävelyssä suurimmillaan tukivaiheen alun jälkeen ja juuri ennen varvastyöntöä. Fleksiosuuntainen kuormitus on puolestaan suurimmillaan juuri ennen kantaaskua. (Winter 1988, Vaughan ym. 1992.)

### **3. ETURISTISIDELEIKATUN POTILAAN FYSIOTERAPIASSA HUOMIOITAVIA TEKIJÖITÄ**

Suunniteltaessa eturistisideleikkauksen jälkeistä fysioterapiaa tulee fysioterapeutin huomioida useita eri tekijöitä. Eturistisideleikatun potilaan fysioterapiassa tärkeä huomioitava tekijä on vamman ajankohta. Kroonisten eturistisidevammojen osalta normaalin toimintakyvyn palautuminen on hitaampaa kuin akuutisti leikattujen, erityisesti niiden toimintojen osalta, jotka aiheuttavat suuren kuormituksen ja venytyksen siirteelle. Näitä toimintoja harjoitetaan vasta, kun neuromuskulaarinen kontrolli on saavutettu. Lisäksi jos eturistisidevammaan liittyy meniscivamma, niin kuntoutuminen voi olla hitaampaa. (Irrgang 1997, Eriksson 2001.) Liikunnallisen taustan, iän ja lähtötason huomioiminen on tärkeää myös eturistisideleikkauksen jälkeisessä fysioterapiassa. Huomioimalla potilaan lähtötaso, saadaan luotua mahdollisimman optimaalinen, progressiivisesti etenevä harjoitusohjelma. (Pollock ym. 1998.) Eturistisidevamman tyypillinen syntymekanismi on polveen kohdistuva sivulle loitontava voima yhdistettynä ulkokiertoon (valgus-ulkorotaatio) tai polven äkillinen fleksoituminen yhdistettynä sisäkiertoön (fleksio-sisäkierto). (Natri ym. 1996.) Eturistisideleikkauksen eli rekonstruktion jälkeisiä komplikaatioita ovat kipu, turvotus, rajoittuneet liikeradat, heikentynyt polven hallinta sekä reisilihasten atrofioituminen. Fysioterapian tavoitteena on palauttaa normaali toimintakyky ja eliminoida kuntoutusta hidastavat komplikaatiot. (Mangine & Noyes 1992, Irrgang 1997.)

#### **3.1 Uuden siirteen huomioiminen fysioterapiassa**

Eturistisideleikkauksen jälkeisessä fysioterapiassa on tärkeä huomioida leikkauksessa käytetty uusi siirre, sen alkulujuus ja siinä tapahtuvat muutokset fysioterapian edetessä. Alussa siirteen lujuuteen vaikuttavat sidekudoksen laatu ja määrä. Ajan kuluessa sen lujittumiseen vaikuttavat siihen kohdistuva aktiviteetti ja kuormitus. (Beard ym. 1994.) Bone-tendon-bone-leikkausmenetelmässä käytetty vapaa patellaarijännesiirre on käytetyistä siirteistä alkulujuudeltaan kaikkein kestävin. (Esim. Noyes 1990.) Siirteen mukana otetaan palat hohkaluuta parantamaan kiinnityksen lujuutta ja verisuonitusta. Siirrännäinen kiinnitetään

tibian ja femurin porakanaviin interferenssiruuveilla. Tämä takaa siirteelle hyvän alkulujuuden ja sallii välittömän mobilisaation. Siirrännäisen luupalkit luutuvat kanaviinsa 4-8 viikon kuluttua operatiosta. Vahva siirrännäinen ja polvinivelen tukeva fiksointi takaavat mahdollisuuden kaikkein aggressiivisempaan fysioterapiaan. Ns. hamstring-menetelmässä otetaan koukistajalihasten mediaaliosasta kaksi n. 20 cm:n pituista siirrettä, joista punotaan uusi eturistiside. Hamstring-menetelmä on potilaalle yleensä kivuttomampi kuin bone-tendon-bone-menetelmä. (Mangine & Noyes 1992, Irrgang 1997.)

Alkuperäistä eturistisidettä sekä uusia siirrännäisiä on tutkittu sekä eläimillä että ihmisillä. Siirre on vahvimmillaan heti leikkauksen jälkeen. Kuuden viikon kuluttua leikkauksesta se menee kuolioon (nekroosi) ja alkaa vaskularisoitumaan tämän jälkeen uudelleen ollen lähes täydellinen noin 16. viikon kohdalla. Siirteen lujuus on heikommillaan noin 3 kuukauden kohdalla mutta paranee sen jälkeen. Lopullinen vetolujuus saavutetaan vasta noin kahden vuoden kuluttua operatiosta, saavuttamatta kuitenkaan koskaan alkuperäisen eturistisiteen lujuutta. (Arnoczky ym.1982, Drez ym. 1991, Birmingham ym. 1998, Blackburn 1998.) Useat biomekaaniset tutkimukset ovat osoittaneet, että 6-12 kuukauden kuluttua leikkauksesta siirteen lujuus on 30-60 prosenttia alkuperäisen eturistisiteen lujuudesta. (Drez ym. 1991, Blackburn 1998.) Irrgangin (1997) mukaan polvinivelen neuromuskulaarinen kontrolli tulisikin saavuttaa ennen kuin siirrytään siirrettä kovasti kuormittaviin harjoitteisiin. Histologiset tutkimukset osoittavat kuitenkin, että tietty määrä venytystä on hyödyllistä ligamentin paranemiselle. (Fitzgerald 1997.)

### **3.2 Muita fysioterapiassa huomioitavia tekijöitä**

Kliiniset kokemukset osoittavat, että yleisin ongelma eturistisideleikkauksen jälkeen on jäykkä (stiff) polvi. Epätäydelliset liikelaajuudet johtuvat joko ekstensiovajauksesta ja/tai fleksiovajauksesta. Kokemukset osoittavat, että ekstensiovajaus on ongelmallisempi kuin fleksiovajaus ja johtaa helpommin epänormaaliin kävelyyn ja patellofemoraalinivelen kiputiloihin. (Bose ym. 1980, Barrack ym. 1989, Harner ym. 1992, BenGal ym. 1997.) Preoperatiivisen fysioterapian tavoitteena on valmentaa potilas tulevaa leikkausta varten. Potilas, joka menee leikkaukseen, kun polvi on akuutisti turvonnut, kivulias ja liikelaajuudet ovat vajaat sekä musculus quadricepsien toiminta on häiriintynyt, on todennäköisempää että vajaat liikelaajuudet ovat ongelma myös leikkauksen jälkeen. (Harner ym.1992.)

Proprioseptiikalla tarkoitetaan tiedostamatonta tai tietoista käsitystä nivelen asennosta, liikkeestä, liikkeen suunnasta, nopeuden muutoksista ja sensorista informaatiota aistivien mekanoreseptoreiden ilmaisevaa motorista vastetta eli neuromuskulaarista kontrollia (Johansson 1991, Lephart ym. 1992, Beard ym. 1993.). Mekanoreseptoreita sijaitsee nivelkapseleissa, ligamenteissa lihaksissa, rustokudoksissa ja iholla. Ne aistivat kudoksiin kohdistuvia paineita, jännityksiä ja venytyksiä. (Johansson 1991, Grigg 1994, Hogervorst ym. 1998.) Erityisesti ligamenttirakenteiden proprioseptista toimintaa pidetään ainakin yhtä tärkeänä kuin niiden biomekaanista roolia nivelstabiliteetin säilyttäjänä. (Johansson ym. 1991, Beard ym. 1993.) Proprioseptiikkaa heikentäviä tekijöitä ovat mm. traumat (Barrack ym. 1989, Barret 1991.), nivelsairaudet (Barret ym. 1991, Skinner ym. 1991.), ikä (Kaplan ym. 1985, Petrella ym. 1997), turvotus (Mangine & Noyes 1992, McDonough ym. 1996, Quido ym. 1997.) ja väsyminen. (Hutton ym. 1986, Beard 1994, Marks 1994.) Petrellan ym. (1997) ja Hogervorstin (1998) mukaan iän myötä heikkenevään proprioseptiikkaan voidaan kuitenkin vaikuttaa monipuolisella harjoittelulla.

Eturistisidevaurion vaikutusta polvinivelen proprioseptiikkaan on tutkittu paljon eri menetelmillä. Beynnon ja Johnston (1996) totesivat, että proprioseptiikka ei muuttunut vaurioituneessa polvinivelessä. Barracin (1989) ja Barretin (1991) tutkimustulokset olivat kuitenkin päinvastaiset. Tutkijoiden mukaan pitäisi kehittää sensitiivisempiä mittaamenetelmiä, jotta voitaisiin arvioida vaaralle alttiiden acl-mekanoreseptorien toimintaa polvinivelen proprioseptoreina. Nykyiset tutkimukset eivät kuitenkaan ole täysin vertailukelpoisia keskenään juuri erilaisten mittaamenetelmien ja -asetelmien vuoksi. (Friden 2001.) On ajateltu, että eturistisiteen vaurioituminen vaikuttaa haitallisesti jalan lihasten efferenttiin refleksirataan. Tutkimustulokset ovat kuitenkin vielä ristiriitaisia, jotta varmoja johtopäätöksiä voitaisiin tehdä. Ristiriitaisiin tuloksiin on voinut vaikuttaa tutkimusajankohta, jolloin laksiteetti tai ympäröivät kudokset ovat eri vaiheessa. (Beynnon & Johnson 1996.)

Fysioterapiassa suljetun ja avoimen kineettisen ketjun harjoitusten kaikkia vaikutuksia uuteen siirteeseen leikkauksen jälkeen ei täysin tiedetä ja aiheesta tarvitaan vielä lisätutkimusta sekä yhdenmukaisempia mittaamenetelmiä, jotta arviointi eri menetelmien välillä olisi helpompaa. (Irrgang 1997.) Suljetun kineettisen ketjun harjoitteissa nivelliike ja lihastoiminta

tapahtuvat useassa eri nivelessä samanaikaisesti ja raajan distaalinen osa on samanaikaisesti tuettuna esimerkiksi maahan tai johonkin laitteeseen. Polven osalta agonisti- ja antagonistilihasten samanaikainen aktivoituminen vähentää puolestaan polven eturistisiteeseen kohdistuvaa kompressiovoimaa. Tällaisia harjoitteita polven osalta ovat mm. erilaiset kyykkyharjoitteet, kävely, juoksu, hypyt, jalkaprässi jne. Avoimen ketjun harjoitteilla puolestaan tarkoitetaan liikkeitä, joissa proksimaalinen osa raajasta tekee liikettä ja distaalinen osa on vapaana. Avoimen kineettisen ketjun harjoitteilla tarkoitetaan siis puhtaasti eristettyjä harjoitteita, kuten suoran jalan nosto, polvipenkissä tapahtuva ojennus- ja koukistusharjoite jne. (Palmitier ym. 1991, Rivera ym. 1994, Stuart ym. 1996, Wilk ym. 1996.)

Eturistisiteeseen kohdistuvia rasituksia on mitattu sekä epäsuorasti (in vitro) että suoraan ligamentista (in vivo). Tutkimusten mukaan eturistisiteeseen kohdistuva kuormitus on pienimmillään 15-60° passiivisessa fleksiossa. Avoimen ketjun harjoitteiden on todettu kuormittavan eturistisidettä nivelkulmilla 60-0° (anterior shear force). (Beynnon ym. 1992, Beynnon ym. 1995, Beynnon 1996.) Wilk ym. (1996) tutkivat jalkakyykyn (suljettu ketju), jalkaprässin (suljettu ketju) ja reisipenkissä (avoin ketju) tapahtuneen polven ekstension tuottamia nivelvoimia (compressive shear force) ja lihasaktiivisuuksia. Kompressiovoimat olivat suurimpia jalkakyykyssä. Eturistisiteeseen kohdistuvat voimat (anterior shear force) olivat suurimmat polvipenkissä 38-0° fleksiossa. Suljetun ketjun harjoitteissa ei todettu eturistisiteeseen kohdistuvaa rasitusta voimien kohdistuessa taaksepäin koko liikeradalla (posterior shear force). Hamstring-lihasten aktivoituminen oli huomattavasti suurempaa kyykkyharjoitteissa kuin jalkaprässissä ja polvipenkissä. Useat tutkijat korostavat nykypäivänä suljetun kineettisen ketjun harjoitteita erityisesti kuntoutuksen alkuvaiheessa (Esim. Palmitier 1991), vaikkakin mm. Beynnon ym. (1995) ovat esittäneet ristiriitaisia tuloksia. Taloudellisessa ja tarkoituksenmukaisessa liikkeessä neuromuskulaarinen toiminta on oikea-aikaista, se tapahtuu optimaalisella voimatasolla ja oikeassa paikassa. Tätä näkemystä vasten toiminnalliset harjoitteet ovatkin tarkoituksenmukaisempia eturistisideleikatun potilaan fysioterapiassa ja erityisesti sen alkuvaiheessa. (Worrell ym. 1993, Greenberger ym. 1994, Blackburn ym. 1998.)

Yhteenvetona voidaankin todeta, että fysioterapiakäytännöt vaihtelevat yksiköiden välillä, riippuen leikkaustekniikasta ja fysioterapeuttien tieto-aidosta, mutta suuntaviivat ovat melko samankaltaiset. Fysioterapiassa suositaan nopeaa etenemistä tavoitteena estää kuitenkin uuden

siirteen liiallinen venyntyminen. (Irrgang 1997, Fitzgerald 1997.) Liitteessä 1. on esimerkinomaisesti kuvattu mukailen Shelbournen ym. (1992) sekä Manginen ja Noyesin (1992) esittämää leikkauksen jälkeistä fysioterapian etenemistä.

## **4. VEDEN ERITYISOMINAISUUKSIA JA NIIDEN HUOMIOIMINEN VESIFYSIOTERAPIASSA**

Vesifysioterapian yleisiä tavoitteita ovat verenkierron parantuminen, lihasten rentoutuminen, nivelten liikkuvuuden ylläpysyminen ja parantuminen, lihasten vahvistuminen, kävelyn harjoittuminen, koordinaation ja toimintakyvyn parantuminen sekä yleinen aktivoituminen ja virkistymisen. Vesiharjoittelua käytetään erityisesti fysioterapian alkuvaiheessa. Veden erityisominaisuuksiin kuuluu, että se vastustaa (resistance), avustaa (assistance) ja tukee (support) liikettä. (Golland 1981.) Fysioterapian tulisi perustua tietoon normaalista ja patologisesta hermo-lihasjärjestelmän toiminnasta, kehon biomekaniikasta sekä harjoittelun annostelusta. Vesifysioterapiassa tulisi huomioida vielä veden erityisominaisuudet suunniteltaessa terapiaa. Liikettä ja lihastoimintaa on tutkittu uinnissa mutta fysioterapian osalta ei samansuuntaisia tutkimuksia ole raportoitu yhtä paljon. Tämän tutkimuksen pohjana ovat Pöyhösen ym. (1999-2001) polven ojennus-koukistusliikkeen tutkimukset terveillä koehenkilöillä näyttäisivät olevan ensimmäiset, jossa on tutkittu liikettä ja hermo-lihasjärjestelmän toimintaa fysioterapian kannalta.

### **4.1 Veden fysikaaliset ja hydrodynaamiset ominaisuudet**

Arkhimeden lain mukaan veteen upotettu kappale menettää painostaan yhtä paljon kuin sen syrjäyttämä nestemäärä painaa. Mitä syvemmällä vedessä ollaan, sitä suurempi veden omasta painosta johtuva hydrostaattinen paine siellä vallitsee. Veden hydrostaattinen paine on korkeuseroista johtuen suurempi pohjasta pintaa kohti kuin pinnasta pohjaa kohti. Tämä painevoimien ero on noste (boyancy). (Reid Champion 1990.) Noste (boyancy) eroaa nostevoimasta (lift force), siinä että nostevoima syntyy liikkeen seurauksena ja noste on veden vakio-ominaisuus, vaikkei liikettä esiintyisikään. Noste sekä avustaa ja helpottaa (assistance) että myös vastustaa (resistance) liikkeitä vedessä. Tämän lisäksi nosteella on liikettä tukeva vaikutus (support). (Golland 1981.) Nosteen vaikutus kohdistuu kaikkiin kehon pisteisiin, jotka ovat veden pinnan alapuolella. Se, kuinka paljon ihmisen paino kevenee tietyssä syvyydessä vedessä, määritetään Arkhimeden lain ja nosteen perusteella. (Davis & Harrison 1988.) Veden pinnan ollessa C7-nikamatasolla ihminen painaa vedessä 8 % normaalipainostaan. Jos veden pinta on rintalastan alaosan tasolla nainen painaa 28 %

normaalipainostaan (mies 34 %) ja jos veden pinta on lantiotasolla on naisen paino noin 47 % normaalipainosta. (mies 54 %). (Harrison 1987.)

Myös kappaleen tiheydellä (density) on merkitys vesiolosuhteissa. Tiheys ilmaistaan paino jaettuna tilavuudella. Yksi litra vettä painaa yhden kilon eli tiheys on tällöin yksi. Jos kappaleen tiheys on suurempi kuin veden tiheys, painuu se pinnan alapuolelle, koska painovoima on tällöin nostetta suurempi. Ihmisen lihaskudoksen tiheys on 1,05, luukudoksen 1,80 ja rasvakudoksen 0,94. Ihmisen kudosten tiheys on siis keskimäärin tiheämpää kuin veden. Kehon ontelot kuitenkin lisäävät tilavuutta ja keuhkojen ollessa täynnä ilmaa, ihmisen kokonaistiheys on noin 0,97. Ikääntyminen, lisääntynyt rasvakudos ja tietyt sairaudet pienentävät ihmisen tiheyttä. (Davis & Harrison 1988, Reid Campion 1990.)

Veden hydrostaattinen paine vaikuttaa puolestaan ihmisen hengitys- ja verenkiertoelimistön toimintaan. Vesi vastustaa rintakehän laajenemista sisäänhengityksessä ja avustaa rintakehän supistumista uloshengityksessä. Koska laskimoverisuonten paine on pienempi kuin veden hydrostaattinen paine, kulkeutuu vedessä sydämeen runsaasti verta kasvaneen laskimopaineen vaikutuksesta, jolloin pulssi kiihtyy ja sydämen iskutilavuus kasvaa. (Davis & Harrison 1988.)

Liikkuvaan kehoon vedessä vaikuttavat vastustavat voimat (drag force), nostevoimat (buoyant force) ja vastustaviin voimiin 90°:n kulmassa vaikuttavia nostevoimia (lift force). Kehon liikettä vastaan samansuuruinen ja samansuuntainen vastakkaisvoima määritellään veden vastusvoimaksi (drag force). Vastusvoima kasvaa kehon liikkeen aikana liikenopeuden neliöksi. Veden vastusvoimaan vaikuttaa useat eri fysikaaliset tekijät, kuten veden viskositeetti (viscosity). Veden aiheuttaman vastuksen johdosta liikkuvan kehon osan taakse syntyvää vastusta kutsutaan muotovastukseksi (form drag), jonka suuruuteen vaikuttaa liikkuvan kehon osan muoto. Veden pinnan ja liikkuvan kehon osan välistä kitkaa (friction) eli veden sisäistä liikevastusta kutsutaan kitkavastukseksi (friction drag). Kitkavastukseen vaikuttavat esimerkiksi ihon pinnalla oleva karvoitus. Pyörrevastus eli turbulenssi (turbulence) tarkoittaa puolestaan hidastavana voimana olevaa vesimassaa, joka kulkee liikkuvan kehon osan takana ja on suhteessa liikkuvan kehon osan muotoon ja kokoon, mikä työskentelee edessä olevaa vesimassaa vastaan. Sekä vastusvoiman (drag force) että nostevoiman (buoyancy force) vaikutus muuttuu liikkeen aikana. Esimerkiksi jos



polvinivelen liike tapahtuu istuma-asennossa, niin ojennusliikkeen aikana 90°:n jälkeen vaikuttaa enemmän nostevoima ja ennen 90 °:ta vastusvoima. Koukistusliikkeen aikana vallitsee ennen 90 °:ta vastusvoima sen jälkeen nostevoima. Kun sama liike tehdään seisoma-asennossa, niin koukistusliikkeeseen vaikuttaa noste ja ojennusliikkeeseen enemmän vastusvoima. (Robertson ym. 1985, Edlich ym. 1987, Colwin ym. 1992.)

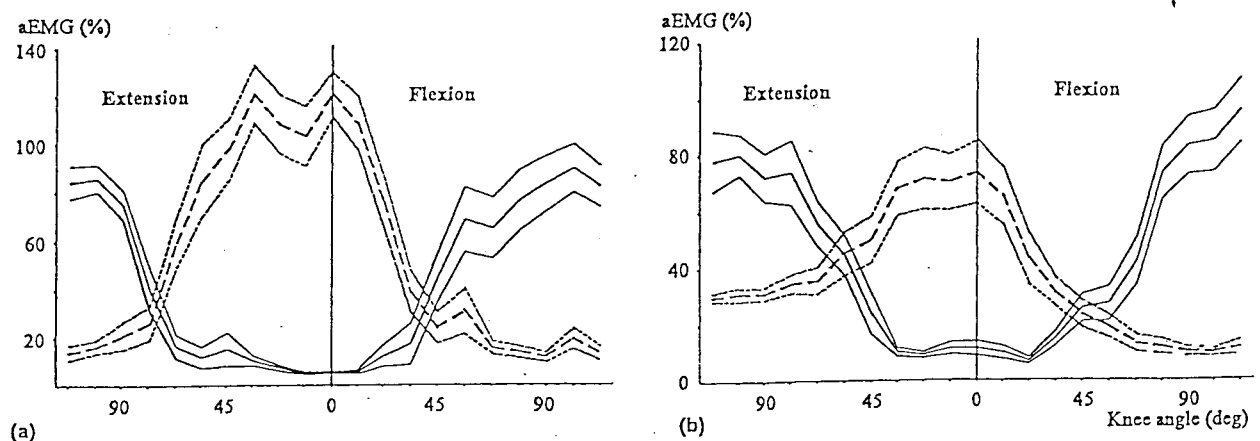
#### **4.2 Tutkimuksia vesiharjoittelun vaikuttavuudesta**

Vesiharjoittelun vaikutuksia on tutkittu ikääntyneillä ja eri potilasryhmillä. Kuitenkin eturistisideleikatuista potilaista on julkaistu vain yksi tutkimus. Vesiharjoittelun on todettu parantavan lihasvoimaa ja kestävyyttä ikääntyvillä ihmisillä, (Ruoti ym. 1994) ms-potilailla (Gehlsen ym. 1984) ja poliopotilailla. (Prins ym. 1994.) LeFort ym. (1994) totesivat vesiharjoittelun parantaneen voimantuottoa alaselkävauriosta kärsineillä potilailla. Reumasairauksista kärsivillä on myös todettu olevan hyötyä vesiharjoittelusta. (Danneskiöld ym. 1987, Melton-Rogers ym. 1996.) Polven osalta Tovin ym. (1994) tutkivat vesivoimistelun ja maalla suoritettujen harjoitusten vaikutuksia polven eturistisiteen leikkauksesta toipuvilla henkilöillä. Tutkimuksessa koehenkilöt (20) arvottiin vesi- tai maaharjoitteluryhmään. Harjoittelujakso kesti kahdeksan viikkoa. Kahden viikon välein koehenkilöiltä mitattiin reiden ympärystymitta, turvotuksen määrä ja polvinivelen liikelaajuus. Harjoittelujakson lopussa arvioitiin polven toimintakyky Lysholmin asteikolla ja testattiin polven isometrinen ja isokineettinen voima. Tulokset osoittivat, että vedessä harjoitelleilla Lysholmin asteikon kokonaispistemäärä oli merkittävästi korkeampi ja turvotuksen määrä vähäisempi kuin kuivalla maalla harjoitelleilla. Kuivalla maalla harjoitelleilla mitattiin puolestaan merkittävästi suurempi polven koukistusvoima. Muita merkittäviä eroja ei ryhmien väliltä löytynyt. Harjoitusohjelma oli tutkimuksessa kuitenkin perusteltu puutteellisesti, joten tuloksiin tulee suhtautua kriittisesti.

Pöyhönen ym. (2000) tutkivat alaraajaproteesin avulla vedessä tuotettuja voimia polven ojennus-koukistusliikkeessä. Mittauksissa alaraajaproteesi oli upotettuna suureen vesitynnyriin ja kiinnitettynä isokineettiseen voimadynamometriin, jolloin saatiin mitattua veden vastusvoimia polven ojennus-koukistusliikkeen aikana. Mittaukset suoritettiin liikenopeuksilla 250 %/s, 270 %/s ja 300 %/s. Suoritukset tehtiin sekä paljaalla jalalla sekä

erityisellä vastuskengällä eli hydro-bootsilla, joka lisäsi jalan frontaalista pinta-alaa n. 30 %. Paljaalla jalalla maksimaalinen vastusvoima oli 61 N (nopeus 300 °/s) ja hydro-bootsilla 270 N (nopeus 270 °/s). Vastusvoima oli suurimmillaan ojennusliikkeen alkuvaiheessa (150- 140° flx.), jolloin veden vastusvoima oli suurimmillaan johtuen vastaantulevista vesimassoista. Liikenopeuden vaikutus oli merkittävä vastusvoimien kannalta. Tehdyn tutkimuksen perusteella pystytään laskemaan veden vastusvoimia polven ojennus-koukistusliikkeessä, minkä avulla voidaan puolestaan ohjelmoida vesiharjoittelua tehokkaammin.

Veden vaikutuksia polven hermolihasjärjestelmän toimintaa ojennus – koukistusliikkeessä Pöyhönen ym. (2001a) tutkivat terveillä koehenkilöillä. Koehenkilöt suorittivat maksimaalisesti sekä yksittäisen ojennus-koukistusliikkeen että toistosuorituksen 6-8 ojennus-koukistusta istuen hissituolissa, joka oli upotettu veteen. Suorituksista mitattiin quadriceps- (vastus lateralis, vastus medialis) ja hamstringlihas (biceps femoris, semitendinosus) aktiivisuus (EMG) sekä kulmanopeus (angular velocity). Kulmanopeudet olivat hyvin samansuuruisia sekä kerta että toistosuorituksissa. Kertasuorituksessa agonistin lihasaktiivisuus säilyi korkeana ja antagonistin lihasaktiivisuus oli pieni koko liikesuorituksen ajan. Sen sijaan toistosuorituksessa veden lisääntyneen virtauksen seurauksena vastakkainen lihasryhmä aktivoitui voimakkaammin ja aiheutti agonistin aktiivisuuden vähenemisen liikeradan loppuosalla sekä koukistus- että ojennusliikkeessä (Kts. kuva 1). Tämä tarkoittanee sitä, että veden hydrodynaamiset ominaisuudet muuttavat quadriceps- ja hamstringlihas hermolihasjärjestelmän toimintaa polvinivelen ojennus-koukistusliikkeen aikana.



Kuva 1. Ojennus- ja koukistuslihas aktiivisuudet toistetussa ojennus- ja koukistusliikkeessä. (Pöyhönen ym. 2001.)

Pöyhönen ym. (2001b) mittasivat terveillä koehenkilöillä lihasaktiivisuuksia ja voimatasoja polven ojennus-koukistusliikkeen aikana sekä vedessä että kuivalla maalla. Mittaukset toteutettiin sekä paljaalla jalalla että hydro-bootsilla istuma-asennossa hissituolissa. Maksimaaliset isometriset ja isokineettiset voimat mitattiin BIODEX -dynamometrillä. Isokineettisissä mittauksissa kulmanopeus oli 180 °/s liikeradalla 115-0°. EMG -aktiivisuudet rekisteröitiin sekä quadriceps (vastus medialis, vastus lateralis)- että hamstringlihaksista (biceps femoris). Veden vastusvoiman määrittämiseksi käytettiin erityistä siihen tarkoitettua laskentakaavaa (the general fluid equation). Kuten osattiin olettaa, niin kuivalla maalla tuotetaan suuremmat maksimaaliset voima-arvot kuin vedessä. Hydro-bootsilla suoritettussa koukistusliikkeessä voimataso oli kuitenkin samaa luokkaa kuin kuivalla maalla isokineettisesti mitattuna. Vedessä suoritetuissa ojennus-koukistus-liikkeissä oli erityistä se, että EMG -malli osoittaa agonistin aikaisen lihasaktiivisuuden alenemisen ja samanaikaisen antagonistin voimakkaan aktivoitumisen. EMG -mallit olivat samanmuotoisia sekä paljaalla jalalla että hydro-bootsilla, vaikkakin voimatasot olivat erilaisia. Vedessä suoritettussa ojennus-koukistus-liikkeen aikana tapahtuu sekä konsentrista että eksentristä lihastyötä (venymis-lyhenemissykli). Lisäämällä alaraajan frontaalista pinta-alaa (hydro-boots) saatiin vedessä tuotetuksi merkitsevästi suurempia vastusvoimia, jolloin pystytään harjoittamaan polven voimaominaisuuksia, erityisesti koukistajalihasten osalta. Näyttäisi myös siltä, että vedessä suoritettavat ojennus-koukistusharjoitteet ovat hyvin toiminnallisia, joilla pystytään vaikuttamaan monipuolisesti hermolihasjärjestelmän toimintaan sekä terveillä että patologisilla.

Myös polven eturistisideleikkauksen jälkeisessä vesifysioterapiassa veden fysikaaliset ominaisuudet tulisi huomioida tarkasti. Terapeutin tulisi huomioida raajan koko, muoto, liikesuunta ja -nopeus sekä alkuasento tulisi ottaa huomioon, kun suunnittelemme vedessä toteutettavia harjoitteita. Raajan pinta-alaa ja sitä kautta veden vastusta voimme lisätä apuvälinein, kuten esimerkiksi säären frontaalista pinta-alaa lisäävillä hydro-bootseilla. Samalla muuttuu myös raajan muoto ja liikenopeus, mikä vaikuttaa puolestaan veden fysikaalisiin ominaisuuksiin ja lisää veden vastusta. Myös alkuasentoihin tulisi kiinnittää huomiota, kun haluamme spesifioida harjoittelu. Eturistisideleikatuilla tulisi tarkasti miettiä haluammeko vaikuttaa polvinivelen ojentaja- vai koukistajalihaksiin ja valita alkuasento ja sitä kautta liikesuunta sen mukaan.

## **5. TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT**

### **5.1 Tutkimuksen tarkoitus**

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää 10 viikon vesifysioterapian vaikutuksia polvinivelen isokineettisesti mitattuun voimantuottoon, koettuihin oireisiin ja toimintaan eturistisideleikatuilla potilailla verrattuna normaalin fysioterapiakäytännön mukaisesti harjoitelleeseen kontrolliryhmään.

### **5.2 Tutkimusongelmat**

1. Onko 10 viikon vesifysioterapialla vaikutusta polven ojennus- ja koukistusvoimiin isokineettisesti mitattuna verrattuna normaalin fysioterapiakäytännön mukaiseen harjoitteluun ?
  - Mikä on vaikutus ojennusvoimiin kulmanopeuksilla 60 °/s ja 180 °/s ?
  - mikä on vaikutus koukistusvoimiin kulmanopeuksilla 60 °/s ja 180 °/s ?
  - mikä on vaikutus puolieroihin kyseisillä nopeuksilla ojennus- ja koukistusvoimissa ?
2. Miten 10 viikon vesifysioterapia vaikuttaa koettuun ja mitattuun toimintakykyyn ?
  - 2.1 Mikä on vaikutus Lysholmin indeksiin ?
  - 2.2 Mikä on vaikutus 1-jalan pituushyppytulokseen ?

## 6. TUTKIMUSMENETELMÄT

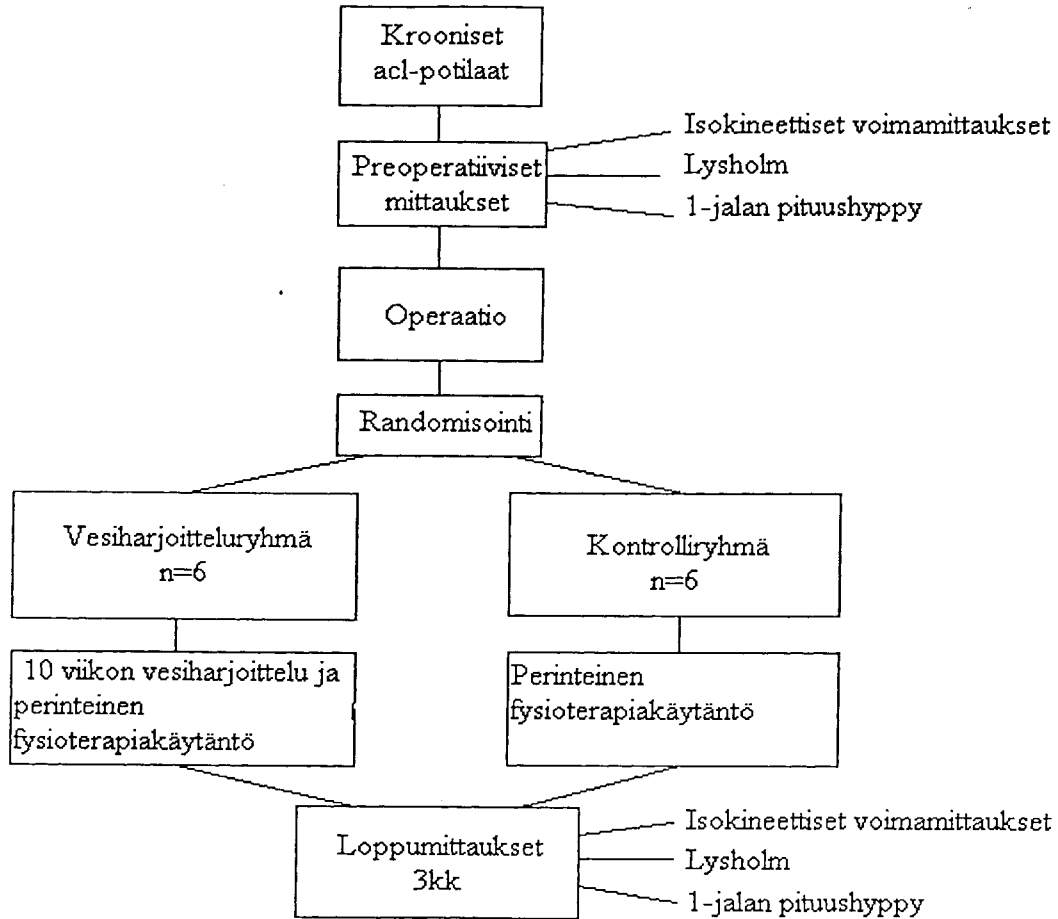
### 6.1 Tutkimuksen toteutus ja koehenkilöt

Tutkimus toteutettiin Kymenlaakson keskussairaalan fysiatrian yksikössä joulukuun 1999 ja syyskuun 2000 välisenä aikana. Tutkimussuunnitelma on hyväksytty Kymenlaakson sairaanhoitopiirin eettisessä toimikunnassa. Koehenkilöinä oli 12 eturistisideleikattua potilasta (4 naista ja 8 miestä), jotka leikattiin bone-tendon bone-menetelmällä. Koehenkilöt jaettiin satunnaisesti vesiharjoittelu- (n=6, ikä ka. 44±5 v., pituus 174±10 cm, paino 85±18 kg, BMI 28±4) ja kontrolliryhmään (n=6 ikä ka. 36±5 v., pituus 175±8 cm, paino 85±9 kg, BMI 28±3). Kahden viikon kuluttua leikkauksesta potilaat aloittivat kaksi kertaa viikossa tapahtuvan 10 viikon vesifysioterapiajakson.

### 6.2 Tutkimusasetelma

Kaikki koehenkilöt kävivät läpi kaksi mittauskertaa. Preoperatiiviset alkumittaukset suoritettiin viikko ennen leikkausta ja loppumittaukset 3 kuukautta leikkauksen jälkeen. Molemmilla mittauskerroilla kaikilta koehenkilöiltä mitattiin subjektiivinen toimintakyky Lysholmin asteikolla, yhden jalan pituushyppy sekä isokineettisesti polven ojennus- ja koukistusvoimat kulmanopeuksilla 60 °/s ja 180 °/s. Ennen pituushyppyä ja isokineettisiä voimamittauksia koehenkilöt suorittivat verryttelyn polkupyörä-ergometrillä 6 minuutin ajan syketasolla 120-130. Tämän jälkeen he venyttelivät huolellisesti reiden etu- ja takaosan sekä pohkeet, mihin aikaa kului n. 5 minuuttia. Loppumittaukset suoritettiin 3 kuukauden kuluttua eturistisideleikkauksesta saman mittausprotokollan mukaisesti. (Kaavio 1.)

Kaavio 1. Tutkimuksen eteneminen.



Subjekttiivisen toimintakyvyn arviointi tapahtui Lysholm -asteikolla, jonka tutkija täytti kysellen tarvittavat tiedot potilaalta (Kts. Taulukko 1.). Yhden jalan pituushypyssä suoritettiin kolme varsinaista hyppyä molemmilla jaloilla, joista paras hyppy kummaltakin jalalta kirjattiin ylös. Ennen varsinaisia hyppyjä potilaat saivat harjoitella 3-5 kertaa, jotta he oppivat suorituksen ja uskalsivat tehdä hypyn paremmin. Varsinaisessa suorituksessa ponnistus tapahtui yhdellä jalalla ja alastulo tapahtui kahdella jalalla. Hypyn pituus merkattiin ponnistavan jalan varpaista lähemmän jalan kantapäähän.

Isokineettisissä laitteissa käytetty laitteisto oli BIODEX ( Biodex Corporation, Shirley, NY , USA). Koehenkilöille kiinnitettiin anturi nilkan ympärille ja heidät fiksoitiin laitteeseen remmeillä reidestä lantiosta sekä ylävartalosta. Kaikki tekniset säädöt kirjattiin ylös seuraavaa mittauskertaa varten. Suoritusten aikana kädet olivat ristissä rinnan päällä. Alku- ja loppumittauksissa huomioitiin samalla tavoin polven ja laitteen liikeakseleiden yhtenevyys. Kulmanopeudella 60 °/s koehenkilöt suorittivat ensin verryttelynä 6-8 submaksimaalista ja 2-3 maksimaalista toistoa. Molempien sarjojen jälkeen oli 1 minuutin palautus. Tämän jälkeen seurasi varsinainen mittaus kulmanopeudella 60 °/s, jolloin tehtiin 5 maksimaalista toistoa, jota seurasi 2 minuutin palautus. Tämän jälkeen kulmanopeudeksi muutettiin 180 °/s. Verryttelynä koehenkilöt suorittivat ensin 6-8 submaksimaalista ja 2-3 maksimaalista toistoa, joiden jälkeen oli jälleen 1 minuutin palautukset. Tämän jälkeen varsinaisessa mittauksessa kulmanopeudella 180 °/s tehtiin 10 maksimaalista suoritusta. Kaikista tuloksista huomioitiin maksimaalinen vääntömomentti (PT), parhaasta suorituksesta nopeuksilla 60 °/s ja 180 °/s molemmista jaloista sekä ojennus- että koukistusliikkeessä. Lisäksi kirjattiin ylös maksimaalisen vääntömomentin puoliero molemmilla kulmanopeuksilla.

### **6.3 Käytetyt mittarit**

#### **6.3.1 Isokineettiset voimamittaukset**

Isokineettinen liikesuoritus tapahtuu vakionopeudella dynamometrin säätelämänä. Isokineettisessä liikesuorituksessa ei tapahdu kiihtyvyyttä eikä hidastuvuutta, joita tapahtuu ihmisen normaaleissa liikesuorituksissa. Tämän johdosta joidenkin tutkijoiden mielestä isokineettiset mittaukset ovat huonosti sovellettavissa normaalitoimintaan ja -liikkumiseen. (Rothstein ym. 1987, Capri 1991.) Urheilijoilla suoritettussa vakionopeuslaiteharjoittelussa on kuitenkin saatu hyviä siirtovaikutuksia varsinaiseen urheilusuoritukseen. (Baltzoboulos ym. 1989, Jones ym. 1986.) Isokineettisissä laitteissa liikenopeus on säädettävissä 0-500 °/s laitteistosta riippuen. (Osternig 1986.) Optimaalisen lihaskuormituksen saavuttaminen eri nivelkulmilla edellyttää maksimaalista lihassupistusta koko liikeradalla ja laitteistoon säädetyin kulmanopeuden saavuttamista. (Thistle ym. 1967.)

Isokineettisillä laitteilla tehtyjen mittausten toistettavuus on tutkimusten mukaan hyvä. Korrelaatiokertoimet päivien ja sarjojen välillä eri tutkimuksissa ovat olleet .93-.99 välillä.

Laitteiston mittaustarkkuudessa korrelaatiokertoimet ovat olleet eri tutkimuksissa välillä .94-.99. (Rothstein 1985, Osternig 1986, Capri 1991, Taylor ym. 1991, Levene ym. 1991) On tutkittu, että korrelaatiokertoimet ovat suurempia hitailla kulmanopeuksilla ja isometriset suoritukset ovat toistettavampia kuin dynaamiset. (Capri 1991) Yleisimmin käytetyt muuttujat isokineettisissä mittauksissa ovat maksimaalinen vääntömomentti (PT), kokonaistyö (TW) ja keskimääräinen teho (AP). Maksimaalinen vääntömomentti (peak torque) on korkein yksittäinen vääntömomenttiarvo (voima x vipuvarren pituus), jonka lihassupistus tuottaa liikeradalla. (Hislop ym. 1967.) PT on osoittautunut tarkaksi ja toistettavaksi muuttujaksi ja sen käyttö isokineettisessä testauksessa on hyväksytty kriittisissä julkaisuissa (Rothstein ym. 1987, Baltzoboulos ym. 1989.) Tässä tutkimuksessa puhutaan kuitenkin vääntömomentin sijaan voimantuotosta.

Monet päivittäiset toiminnot sisältävät eri lihasryhmien dynaamisia suorituksia. Viime vuosikymmeninä on kehitelty monia voimantuottoa mittaavia laitteistoja, jotta pystyttäisiin vakio-olosuhteissa mittaamaan lihasten dynaamista kapasiteettia. Isokineettisistä mittausteistä on tehty eri kliinisillä aloilla satoja tutkimuksia. (Esim. Baltzoboulos ym. 1989, Capri 1991.) Tutkimuksen ja kuntoutuksen osa-alueilla isokineettisten laitteiden hyödyntäminen on lisääntynyt viime vuosina. Tämän vuoksi on havaittu tarve yhdenmukaisiin menetelmiin, jotta eri testaaajien ja laitteiden sekä testattavien henkilöiden vertailtavuus paranisi.

Tämän tutkimuksen isokineettisissä mittauksissa käytetty isokineettinen laitteisto oli BIODEX (Biodex Corporation, Shirley, NY, USA), jolla mitattiin maksimaalinen vääntömomentti, PT (Nm) polven ojennus-koukistusliikkeessä. Laitteistoon säädetyt kulmanopeudet olivat 60 °/s ja 180 °/s. Laitteisto on todettu validiteetiltaan ja mittaustarkkuudeltaan luotettavaksi. Myös Biodexin toistettavuus mittauksesta mittaukseen on todettu hyväksi. Korrelaatiokerroin (ICC) oli eri kulmanopeuksilla polven ojennuksessa ja koukistuksessa välillä .82-.97. (Taylor ym. 1991.)

### **6.3.2 Lysholmin arviointiasteikko**

Polven oireiden luokitusta varten on kehitetty erilaisia pisteytysjärjestelmiä, joista yleisimpiä on Lysholmin arviointiasteikko. Saadun indeksin avulla arvioidaan subjektiivisesti potilaan



koettuja polven oireita ja se on todettu luotettavaksi mittariksi arvioitaessa erityisesti fysioterapian alkuvaiheessa. (Lysholm ym. 1982, Tegner ym. 1986, Risberg ym. 1994.) Asteikon avulla arvioitavat oireet ovat ontuminen, tuen käyttö, porraskävely, kyykistyminen, polven pettäminen, kipu ja turvotus. Maksimipistemäärä on 95 pistettä. (Taulukko 1.)

TAULUKKO 1. Polven oireiden luokitus (Lysholm).

Oire	Pisteet	Oire	Pisteet
<b>Oireet kävellessä, juostessa ja hyppiessä</b>			
<b>Ontuminen</b>			
1. ei lainkaan	5	<b>Pettäminen</b>	
2. ajoittain	3	1. ei koskaan	30
3. vaikea tai jatkuva	0	2. harvoin voimakkaassa rasituksessa	25
		3. usein voimakkaassa rasituksessa	20
		4. ajoittain päivittäisissä toimissa	10
		5. usein päivittäisissä toimissa	5
		6. Joka askeleella	0
<b>Tuen käyttö</b>			
1. ei tarvitse	5		
2. keppi tai kyynärsauva	3		
3. varaaminen mahdotonta	0		
<b>Porraskävely</b>			
1. ei vaikeuksia	10		
2. hieman vaikeutunut	10		
3. askelma kerrallaan	2		
4. ei onnistu lainkaan	0		
<b>Kyykistyminen</b>			
1. ei vaikeuksia	5		
2. hieman vaikeutunut	4		
3. polvia ei saa koukistettua yli suorankulman	2		
4. ei onnistu lainkaan	0		
<b>Kipu</b>			
		1. ei koskaan	30
		2. ajoittain voimakkaassa rasituksessa	25
		3. merkittävä polven pettäessä	20
		4. merkittävä voimakkaassa rasituksessa	15
		5. merkittävä yli 2 km:n kävelyn jälkeen	10
		6. merkittävä alle 2 km:n kävelyn jälkeen	5
		7. jatkuva kipu	0
<b>Turvotus</b>			
		1. ei koskaan	10
		2. polven pettäessä	7
		3. voimakkaassa rasituksessa	5
		4. tavallisessa rasituksessa	2
		5. jatkuva	0

### **6.3.3 Yhden jalan pituushyppy**

Yhden jalan pituushyppy on paljon polven tutkimuksissa käytetty, polven fyysistä toimintakykyä kuvaava mittari. Toimintakykymittarin tarkoituksena on arvioida polvinivelen toiminnallista stabiiliteettia ja arvioida käytettyjen harjoitteiden vaikutuksia polven toimintaan. 1-jalan pituushypyn suorittamisesta on raportoitu ainakin neljä eri tapaa toteuttaa se. (Tegner ym. 1986, Noyes ym. 1991, Risberg ym. 1994.)

## **6.4 Harjoitusohjelmat**

Kontrolliryhmälle ja vesiharjoitteluryhmälle ohjattiin samat harjoitteet 1. leikkauksen jälkeisenä päivänä sekä 3 ja 6 viikon kuluttua leikkauksesta. Leikkauksen jälkeisenä päivänä annetut ohjeet käsittivät erityisesti venyttäviä ojennus- ja koukistusharjoitteita sekä quadriceps-lihasta aktivoivia harjoitteita. Tavoitteena oli välitön täysi ekstensio ja quadriceps-lihasten aktivoituminen kaikilta osin. Kolmen viikon kuluttua ohjattiin kivun niin salliessa painonsiirrot kaikkiin suuntiin, varvas- ja kantanousut, kahdeksikkokävely, askelkyykyt ja porrasmousuharjoitteet. 6 viikon kohdalla askelkyykyt syvemmälle, ristiaskellusharjoitteet, theraband-ojennusharjoite sekä polkupyörä-ergometri vastuksella. Sarjaa kohti tehtiin 10-12 toistoja ja liikettä kohti sarjoja oli kolme. Kaikissa harjoitteissa pyrittiin polven hallintaan ja kivuttomaan suoritukseen. Alkuun liikenopeus oli hidas mutta hallinnan parantuessa liikenopeutta nostettiin.

Vesiharjoitteluryhmän harjoitusohjelma kesti 10 viikkoa ja se alkoi 2 viikkoa leikkauksen jälkeen, kun tikit oli poistettu ja leikkaushaava umpeutunut. Harjoittelu toteutettiin Kymenlaakson keskussairaala fysiatrian osaston terapia-altaassa 2 kertaa viikossa (Liite 2.) Pääharjoitteet olivat istuen ja seisten suoritettavat avoimen kineettisen ketjun polven ojennus- ja koukistus-liikkeet, joiden tavoitteena oli parantaa polviniveleen vaikuttavien ojennus-koukistus-lihasten aktivoitumista ja voimantuottoa. Perusteina harjoitteille on käytetty erityisesti Pöyhösen ym. (1999-2001) julkaistut tutkimukset polven terapeuttisesta harjoittelusta terveillä koehenkilöillä (kts. sivu 17). Suljetun kineettisen ketjun harjoitteilla (askellukset) oli tavoitteena toiminnallisuuden parantuminen. Harjoittelu eteni progressiivisesti siten, että harjoittelun edetessä lisättiin hydrobootilla eli vastuskengällä

veden vastuspinta-alaa, liikenopeutta sekä sarjojen ja toistojen määrää. Harjoitteissa ei saanut tuntua missään vaiheessa merkittävää kipua. Liikesarjat kestivät n. 30 sekuntia ja toistot vaihtelivat 10- 20 välillä, riippuen liikkeestä ja liikenopeudesta. Sarjojen välillä oli palautus 45 sekuntia ja liikkeiden välillä 1,5 minuuttia. Alkuverryttelynä koehenkilöt suorittivat vesikävelyä 10 minuuttia. Tämän jälkeen venytettiin reiden etu- ja takaosat sekä pohkeet. Seuraavaksi suoritettiin polven ojennus-koukistus-harjoitukset seisten siten, että koehenkilö tukeutui kaksin käsin altaan reunasta ja seiso i yhdellä jalalla ns. terveen raajan toimiessa tukijalkana. Operoidulla jalalla suoritettiin ojennus-koukistusliikettä nilkan ollessa ojennettuna. Liikesuorituksen aikana lantion tuli pysyä paikallaan. Lonkan lähennys-loitonnus-liike suoritettiin ensimmäiset 2 viikkoa siten, että henkilö tukeutui kaksin käsin kaiteesta ja suoritti liikesuorituksen seisten. Liikesuoritus toteutettiin kivuttomalla liikeradalla kontrolloiden alaraajan asentoa siten, ettei voimakkaita kiertoja tulisi. 2 viikon jälkeen harjoite suoritettiin sivulaukkoina altaan reunasta reunaan, siten että henkilö piti polven lukittuna ekstensiossa välttämättä kiertoa. Pohjousuissa oli sama alkuasento kuin lähennys-loitonnus-liikkeessäkin. Ensimmäiset kaksi viikkoa tehtiin 2 kertaa 10 toistoa ja siitä eteenpäin 3 kertaa 15 toistoa. Porraskellukset suoritettiin altaassa olevan porrastuksen avulla. Pidempiraajaisilla henkilöillä 30 cm:n askelma oli sopiva mutta lyhyemmille henkilöille lisäportaan avulla vähennettiin porrastusta 20 cm:iin. Porraskellus tapahtui siten, että henkilö astui vuoronperään ylä- ja alaportaalle aina leikattu raaja edellä. Ensimmäiset 2 viikkoa toistoja oli 2 kertaa 10 ja myöhemmin 3 kertaa 12. Seuraava ekstensio-fleksio-liike suoritettiin istuen hissituolissa, jossa suoritettiin vuorojaloin resiprokaalisesti koko liikeradalla. Toistot olivat 3 kertaa 15. Ensimmäiset kaksi viikkoa harjoitteet suoritettiin paljain jaloin, jonka jälkeen otettiin käyttöön ns. vastuskengät eli hydrobootsit, jotka lisäävät veden vastuspintaa suurentamalla jalan frontaalista pinta-alaa Pöyhösen ym. (2000) mukaan n. 30 %. Loppuverryttelynä suoritettiin vesikävelyä n. 5 minuuttia sekä venyttelyt. Harjoituksen kokonaiskesto oli 40-45 minuuttia. Harjoituksen ohjasi ja kontrolloi aina sama henkilö. Harjoituksen lisäksi potilaille ei ohjattu muita harjoitteita ja heillä oli päiväkirja apuna harjoittelun seurannassa.

## **6.5 Tilastolliset analyysit**

Tilastolliset analyysit tehtiin SPSS -ohjelmalla. Muuttujien jakaumien normalisuus testattiin Saphiro-Wilkin normalisuustestillä. Keskiarvot ja -hajonnat laskettiin yleisesti hyväksytyjä menetelmiä käyttäen. Ryhmien sisäisiä muutoksia on testattu kaikkien muuttujien osalta kuitenkin ei-parametrisellä Wilcoxonin Signed Ranks -testillä, johtuen koehenkilöiden pienestä määrästä ( $n=12$ ), vaikka muuttujat olivat normaalisti jakautuneita. Ryhmien välisiä muutoksia kaikkien muuttujien osalta on puolestaan testattu nonparametrisellä Mann-Whitneyn -testillä. Muuttujien välisiä eroja on analysoitu sekä absoluuttisilla arvoilla että prosentuaalisilla muutoksilla. Merkitsevyystaso kaikissa testeissä on  $p<0.05$ .

## 7. TULOKSET

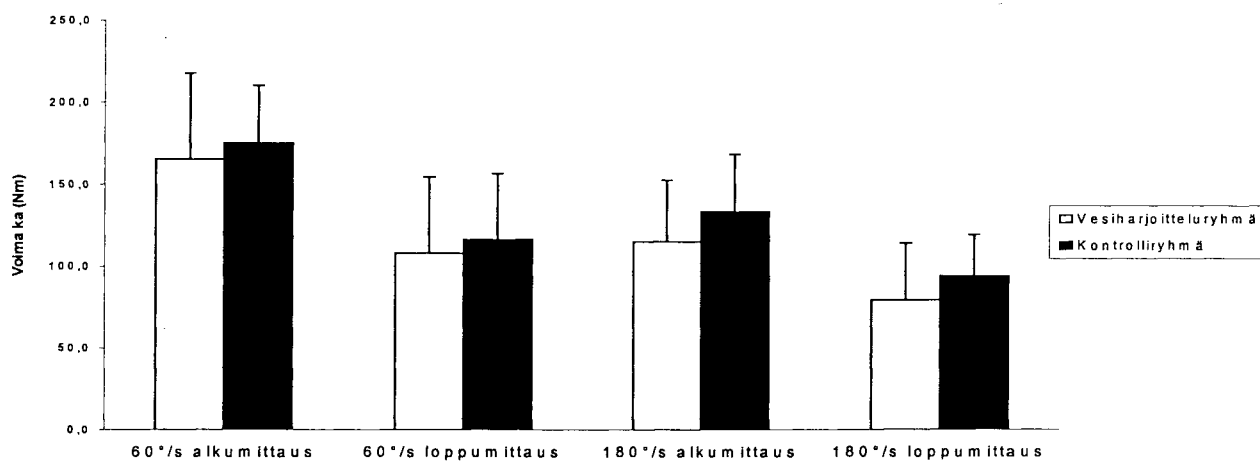
Tuloksista käsitellään ainoastaan isokineettiset muuttujat sekä Lysholmin asteikon muuttujat. 1-jalan pituushyppy jätettiin kokonaan pois, koska suuri osa koehenkilöistä ei pystynyt suorittamaan sitä. Ennen varsinaisia tilastollisia analyysyjä isokineettiset muuttujat ja Lysholmin asteikon absoluuttiset arvot todettiin kaikki normaalisti jakautuviksi. Lisäksi todettiin, että alkumittauksissa ryhmien välillä ei ollut merkitsevää eroa missään muuttujassa (baseline). Isokineettisissä muuttujissa on ensin käsitelty operoitu raaja ja sen jälkeen ns. terve raaja.

### 7.1 Isokineettiset muuttujat

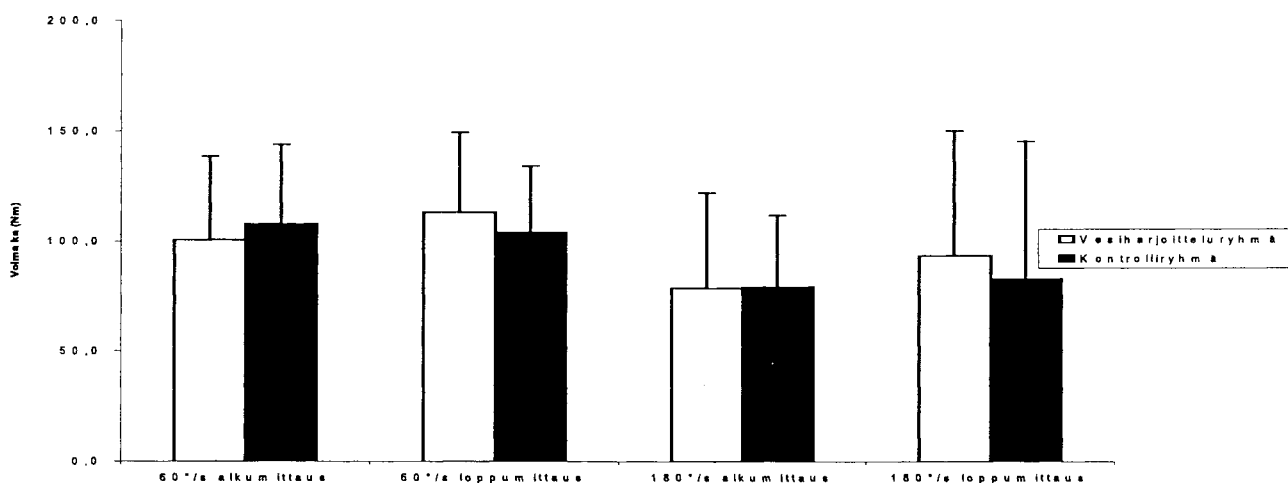
Isokineettisesti mitattu maksimaalinen absoluuttinen ekstensiovoima heikentyi tilastollisesti merkitsevästi alku- ja loppumittausten välillä operoidussa raajassa vesiharjoitteluryhmässä kulmanopeuksilla 60 °/s ( $p=0.046$ ) ja 180 °/s ( $p=0.028$ ) sekä kontrolliryhmässä kulmanopeuksilla 60 °/s ( $p=0.028$ ) ja 180 °/s ( $p=0.028$ ). Kuviossa 1. esitetään polven absoluuttiset ojennusvoimat vesiharjoittelu- ja kontrolliryhmällä alku- ja loppumittauksissa. Prosentuaaliset muutokset esitetään taulukossa 2. (Kts. s. 31) Ryhmien välinen muutos ei ollut tilastollisesti merkitsevää. Ekstensiovoimissa ryhmien väliset absoluuttiset ja prosentuaaliset muutokset eivät ole tilastollisesti merkitsevää kummallakaan kulmanopeudella.

Maksimaalinen absoluuttinen isokineettinen fleksiivoima ei heikentynyt tilastollisesti merkitsevästi operoidussa raajassa vesiharjoitteluryhmässä kummallakaan kulmanopeudella alku- ja loppumittausten välillä vaan voima kasvoi molemmilla nopeuksilla. Kontrolliryhmässä absoluuttinen isokineettinen maksimaalinen fleksiivoima ei merkitsevästi muuttunut alku- ja loppumittausten välillä. Kuviossa 2. esitetään polven absoluuttiset maksimaaliset koukistusvoimat alku- ja loppumittausten välillä. Prosentuaaliset muutokset esitetty taulukossa 2 (Kts. s. 31) Fleksiivoimassa ryhmien välinen absoluuttinen ja prosentuaalinen muutos ei ole tilastollisesti merkitsevää kummallakaan kulmanopeudella.

Kuvio 1. Operoidun polven absoluuttiset ojennusvoimat vesiharjoittelu- ja kontrolliryhmällä alku- ja loppumittauksessa nopeuksilla 60 ja 180 °/s.



Kuvio 2. Operoidun polven isokineettiset koukistusvoimat vesiharjoittelu- ja kontrolliryhmällä nopeuksilla 60 ja 180 °/s.



Vesiharjoitteluryhmässä terveessä raajassa absoluuttinen fleksiovoima kasvoi kulmanopeuksilla 60 °/s ja 180 °/s alku- ja loppumittauksen välillä eli merkitsevää heikentymistä ei tapahtunut. Terveen raajan absoluuttisessa maksimaalisessa

ekstensiovoimassa ei merkitsevää heikkenemistä tapahtunut. Prosentuaaliset muutokset esitetty taulukossa 2. (Kts. s. 31) Kontrolliryhmässä absoluuttisissa isokineettisissä maksimivoima-arvoissa ei merkitsevää muutosta tapahtunut terveessä raajassa alku- ja loppumittauksissa. Prosentuaaliset muutokset esitetty taulukossa 2. (Kts. s. 31)

Loppumittauksissa ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa isokineettisessä maksimaalisessa ekstensio- ja fleksiovoimassa (60 ja 180 °/s) prosentuaalista puolieroja vesiharjoittelu- ja kontrolliryhmän välillä. Vesiharjoitteluryhmässä prosentuaalinen puoliero kasvoi merkitsevästi ekstensiovoimassa nopeudella 60 °/s ( $p=0.028$ ) ja nopeudella 180 °/s ( $p=0.028$ ) sekä fleksiovoimissa nopeudella 60 °/s ( $p=0.028$ ) ja nopeudella 180 °/s ( $p=0.046$ ) alku- ja loppumittausten välillä. Kontrolliryhmässä prosentuaalinen puolieromuutos on merkitsevä ekstensiovoimissa molemmilla liikenopeuksilla. Fleksiovoimissa prosentuaaliset puolierot eivät ole muuttuneet merkitsevästi. Vesiharjoittelu- ja kontrolliryhmän välillä puolieroissa ei havaittu merkitsevää tilastollista muutosta alku- ja loppumittausten välillä.

**Taulukko 2.** Isokineettisten lihasvoimien alku- ja loppumittausten välinen muutos ryhmien sisällä (%).

Raaja	Liike	Vesiharjoitteluryhmä	Kontrolliryhmä
		%	%
Operoitu	Ekstensio 60°/s	-35±20,1	-33±17,4
	Ekstensio 180°/s	-33±12,0	-29±22,2
	Fleksio 60°/s	15±12,9	-2±33,8
	Fleksio 180°/s	25±34,5	7±25,3
Terve	Ekstensio 60°/s	-3±15,9	-3±8,8
	Ekstensio 180°/s	12±8,9	-9±16,2
	Fleksio 60°/s	34±18,7	11±17,6
	Fleksio 180°/s	33±31,9	12±16,4

## 7.2 Lysholmin asteikko

Vesiharjoitteluryhmällä absoluuttiset Lysholmin indeksi on parantunut tilastollisesti merkitsevästi ( $p = .043$ ) alku- ja loppumittausten välillä. Prosentuaalinen parannus on 32 %. Kontrolliryhmässä Lysholmin indeksi ei parantunut tilastollisesti merkitsevästi. Prosentuaalisesti indeksi parantui 10 % Prosentuaalinen muutos ryhmien välillä ei ole tilastollisesti merkitsevä Lysholmin indeksin osalta alku- ja loppumittauksen välillä. (Taulukko 3.)

**Taulukko 3.** Lysholmin indeksin muutos alku- ja loppumittausten välillä.

	<b>Vesiharjoitteluryhmä</b>	<b>Kontrolliryhmä</b>
<b>Alkumittaus (ka, sd)</b>	58,5±18,9	57,2±8,7
<b>Loppumittaus (ka, sd)</b>	86±6,2	63,2±10,4
<b>Muutos (%)</b>	32±19,6	9,5±22,8



## 8. POHDINTA

### **8.1 Isokineettiset muuttujat**

Sekä kontrolli- että vesiharjoitteluryhmällä maksimaaliset isokineettiset ekstensiovoimat heikkenivät merkittävästi alku- ja loppumittausten välillä operoidussa raajassa. Ryhmien välinen muutos ei ollut merkittävä eikä ryhmien välisissä puolieroissa ollut merkittävää muutosta. Näyttäisi siis siltä, ettei tässä tutkimuksessa käytetyllä 10 viikon vesiharjoitusohjelmalla ollut vaikutusta isokineettisesti mitattuihin maksimivoimiin nopeuksilla 60 %/s ja 180 %/s verrattuna normaalin fysioterapiakäytännön mukaisesti harjoitelleeseen kontrolliryhmään. Vastusvoima oli suurimmillaan ojennusliikkeen alkuvaiheessa, jolloin alkuasennosta johtuen vastusvoima vaikutti 90 °:een saakka. Tämän jälkeen noste helpotti ojennusliikettä eikä vastusvoima ollut enää niin suuri. Seisten tehdyssä ojennus-koukistusliikkeessä ei käytetty hydro-bootseja lainkaan lisäämässä säären frontaalista pinta-alaa, jotta eturistisiteeseen ei olisi kohdistunut liian voimakasta venytystä. Jos hydro-bootseja olisi käytetty, olisi saatu voimakkaampi vastus ojennussuunnassa, koska seisten tehdyssä ojennus-koukistusliikkeessä alhaalta ylöspäin suuntautuneen nosteen ansiosta olisi muodostunut suurempi vastusvoima, mikä olisi lisännyt ojennusliikkeessä veden vastusta ja sitä kautta harjoituksen vaikutusta. Näin olisi kenties saatu harjoittelujakson jälkeen vesiharjoitteluryhmällä suurempia isokineettisiä ojennusvoimia. Tutkimustiedon puutteesta johtuen toteutettiin liike kuitenkin ilman hydro-bootseja, jolloin turvallisuustekijät olivat paremmin kontrollissa.

Bone-tendon-bone –leikkaustekniikkaa käytettäessä kipualue sijaitsee polven anteriorisilla alueilla (anterior knee pain). (Noyes 1990.) Mittaustilanteessa 3 kk:n kohdalla kivulla voi vielä olla vaikutusta isokineettisiin mittaustuloksiin erityisesti ekstensiovoimien osalta, johtuen juuri polven etupuolisesta kivusta ja tämä saattaa olla jonkinlainen virhelähde arvioitaessa mittausten luotettavuutta. Toisaalta virhelähteen todennäköisyys on sama molemmissa ryhmissä, koska leikkaustekniikka oli sama. Myös psyykkisten tekijöiden vaikutus tulee huomioida mietittäessä tulosten luotettavuutta, sillä usein kipu aiheuttaa pelon tunteen eikä koehenkilö saa aikaan maksimaalista suoritusta, kuten olisi tarkoitus.

Terveen raajan ekstensiovoimassa tapahtui merkitsevää kasvua kulmanopeudella 180 °/s vesiharjoitteluryhmässä alku- ja loppumittausten välillä. Liikenopeudella 60 °/s näin ei tapahtunut. Kontrolliryhmässä ei merkitsevää muutosta tapahtunut alku- ja loppumittausten välillä kummallakaan liikenopeudella. Ainoa tilastollisesti merkitsevä muutos ekstensiovoimassa on siis tapahtunut vesiharjoitteluryhmässä liikenopeudella 180 °/s. Syynä voiman parantumiselle lienee ainakin vesiharjoitteet, mitkä ovat spesifimpiä nimenomaan suuremman liikenopeuden ja toiminnallisuuden harjoittamisella. Liikenopeudella 60 °/s mitataan enemmän isokineettistä maksimivoimaa ja näyttäisi siltä, että terveen raajan osalta käytetyt harjoitteet eivät riittäneet kehittämään sitä kummassakaan tutkimusryhmässä.

Tässä tutkimuksessa vesiharjoitteluryhmän maksimaaliset polven isokineettiset fleksiivoimat kasvoivat molemmilla nopeuksilla alku- ja loppumittausten välillä operoidussa raajassa. Kontrolliryhmässä fleksiivoima putosi hieman nopeudella 60 °/s mutta kasvoi nopeudella 180 °/s. Terveen raajan absoluuttinen isokineettinen maksimaalinen fleksiivoima parani puolestaan molemmilla nopeuksilla tilastollisesti merkitsevästi vesiharjoitteluryhmässä. Tovinin ym. (1994) tutkivat eturistisideleikkauksesta toipuvia potilaita maalla ja vedessä. Heidän tutkimuksessaan fleksiivoimat heikkenivät vesiharjoitteluryhmässä, mutta tuloksiin tulee suhtautua kriittisesti, koska harjoitteiden kuvaaminen ja perustelut olivat puutteellisia. Tässä tutkimuksessa vesiharjoitteluryhmän hamstring-lihasten voiman kasvuun vaikutti toisen pääharjoitteen, hissituolissa istuen tehdyn ojennus-koukistusliikkeen alkuasento, jossa hamstring-lihaksiston aktivoituminen on voimakasta. (Pöyhönen ym. 2001a.) Kyseisessä koukistusliikkeessä veden vastusvoima on suuri 90 °:een saakka johtuen nosteesta, jota vastaan joudutaan työskentelemään. Lisäksi käytettiin hydro-bootsia lisäämään vastusta. Moffroidin ym. (1970) mukaan lihasvoiman kehittyminen on spesifiä käytetylle kulmanopeudelle. Näyttäisi siltä, että voima kehittyy eniten harjoittelussa käytetyllä liikenopeudella. Pöyhösen ym. (2001a) mukaan polven ojennus-koukistusliikkeessä saavutetut nopeudet vedessä ovat terveillä koehenkilöillä jopa yli 400 °/s paljaalla jalalla ja tässä tutkimuksessa käytetyt polven ojennus-koukistusharjoitteet olivat samoja, joita Pöyhönen ym. (2001a) tutkivat. Tosin hydro-bootseilla toteutetuissa harjoitteissa liikenopeus jäi hieman alle 180 °/s. Voitaisiin kuitenkin olettaa, että suurempi voiman kasvu kulmanopeudella 180 °/s selittyisi osin harjoitteissa käytetyllä liikenopeudella, vaikkakaan liikenopeuksia ei tässä tutkimuksessa mitattu ja kysymyksessä on operoitu alaraaja. Suurempi

liikenopeus mittaa ja kuvaa enemmän myös toiminnallisuutta ja liikkeen tehokkuutta, minkä vuoksi on tärkeä mitata voimantuottoa myös suuremmalla liikenopeudella. Myös tässä tutkimuksessa olisi voinut käyttää mittauksissa suurempaa liikenopeutta. Näyttää myös siltä, että kontrolliryhmässä polven koukistusvoima on parantunut enemmän nopeudella 180 °/s.

Koska eturistileikkauksen jälkeen ei ole mahdollista hyödyntää maksimaalisesti veden vastusta lisäämällä säären pinta-alaa, niin silloin tulisi käyttää mahdollisimman suurta liikenopeutta, jotta polven proprioseptiikka parantuisi. Vedessä polven proprioseptiivinen toiminta on vielä hämärän peitossa eikä mitään varmaa siitä ole vielä raportoitu. On kuitenkin esitetty olettamuksia, että painereseptorit vastaisivat pääosin dynaamisesta liikekontrollista vedessä, mutta asia kaipaava vielä lisätutkimusta. (Diez ym. 1989.) Tutkimuksessa käytetty BTB-leikkaustekniikka aiheutti siis enemmän kipua polven anteriorisilla alueilla, kun sen sijaan hamstring-leikkaustekniikassa kipu esiintyy reiden takaosassa. Kivuttomuus hamstring-lihaksissa mahdollisti siten myös täysipainoisen ja kivuttoman harjoittelun altaassa, mikä saattoi heijastua myös koukistusvoimien voimakkaaseen parantumiseen.

Isokineettisesti mitatussa voimantuotossa ei ollut puolieroissa merkitsevää muutosta ekstensio- ja fleksiivoimissa kummallakaan kulmanopeudella vesiharjoittelu- ja kontrolliryhmän välillä. Vesiharjoitteluryhmässä puoliero oli kasvanut molemmissa liikesuunnissa molemmilla nopeuksilla. Kontrolliryhmässä muutos ilmeni ekstensiovoimissa molemmilla liikenopeuksilla. Ekstensiopuolella puolieromuutos näyttää johtuvan siitä, että BTB-tekniikalla leikatuilla ongelma tulee polven ojentajalihaksiin, sillä BTB-tekniikalla vaurioituvat ojentajamekanismien vaikuttavat kudokset. Kun ns. terveessä raajassa voima pysyy melko samalla tasolla niin on luonnollista, että puoliero kasvaa. Tämä ilmiö näkyy sekä vesiharjoittelu- että kontrolliryhmässä. Fleksiivoimissa puolierojen kasvu johtuu siitä, että fleksiivoimat ovat kasvaneet alkumittauksista loppumittauksiin verrattuna eli vedessä harjoitteleilla fleksiopuolella voimantuotto kasvoi, kun taas kontrolliryhmällä ne pysyivät lähes samana.

## **8.2 Lysholmin indeksi**

Lysholmin indeksin absoluuttinen arvo kasvoi merkitsevästi vesiharjoitteluryhmällä alku- ja loppumittausten välillä ( $p=0.043$ ). Kontrolliryhmässä muutos ei ollut tilastollisesti

merkitsevä. Prosentuaalisesti kasvu oli vesiharjoitteluryhmässä 32 % ja kontrolliryhmässä 10 %. Lysholmin indeksi mittaa siis polven subjektiivisia oireita. Polven oireista arvioidaan ontumista, tuen käyttöä, porraskävelyä ja kyykistymistä sekä kävellessä, juostessa ja hyppiessä polven pettämistä, kipua ja turvotusta. Nämä kaikki oireet kuvaavat hyvin polven toimintaa ja ovat tärkeitä arvioitavia muuttujia myös 3 kuukautta leikkauksen jälkeen, jolloin loppumittaukset on tehty. Näyttäisi siis tutkimustulosten mukaan siltä, että vedessä harjoitelleet kokevat 3 kuukautta leikkauksen jälkeen polven oireet merkitsevästi pienemmiksi kuin kuivalla maalla harjoitelleet. Tovin ym. (1994) saivat samansuuntaisia tuloksia tutkiessaan eturistisideleikkauksesta toipuvien potilaiden vesiharjoittelua. Syynä vesiolosuhteiden positiiviseen vaikutukseen lienee juuri veden fysikaaliset ja hydrodynaamiset ominaisuudet, kuten esimerkiksi noste, paine ja lämpötila. Vesi sekä avustaa että tukee liikettä. Diezin ym. (1989) totesivat neurofysiologisessa tutkimuksessaan veden propriosptiikan muuttumisesta ja kipuinhibiitiosta vedessä, millä saattaa olla vaikutusta tutkimustuloksiin Lysholmin indeksin osalta. Veden vaikutukset koettuihin oireisiin korostuu erityisesti kuntoutuksen alkuvaiheessa ja sitä on suositeltavaa käyttää eturistisideleikkattujen potilaiden fysioterapiassa, kun huomioidaan tarkasti veden vaikutukset käytetyissä harjoitteissa.

### **8.3 1-jalan pituushyppy**

Yhden jalan pituushyppy on paljon polven tutkimuksissa käytetty, polven fyysistä toimintakykyä kuvaava mittari. Toimintakykymittarin tarkoituksena on arvioida polvinivelen toiminnallista stabiilitettä ja arvioida käytettyjen harjoitteiden vaikutuksia polven toimintaan. Testi vaatii kuitenkin paljon rohkeutta ja se saattaa aiheuttaa kipua ponnistus- ja alastulovaiheessa. Tässä tutkimuksessa alkumittauksissa kolme koehenkilöä ja loppumittauksissa seitsemän koehenkilöt eivät uskaltaneet suorittaa hyppyä. Urheilijoille testi on mielestäni soveltuva mutta ns. normaaleille ihmiselle tulisi kehittää pehmeämpi polven fyysistä toimintakykyä kuvaava mittari.

### **8.4 Käytetyt mittarit**

Tässä tutkimuksessa isokineettisissä voimanmittauksissa käytetty laitteisto oli nimeltään BIODEX, jolla siis mitattiin maksimaalinen vääntömomentti, PT (Nm) polven ojennus-

koukistusliikkeessä kulmanopeuksilla 60 °/s ja 180 °/s. Laitteisto on todettu validiteetiltaan ja mittaus tarkkuudeltaan luotettavaksi. Myös mittausten välinen toistettavuus on todettu luotettavaksi. (Esim. Taylor ym. 1991.) Tässä tutkimuksessa pystyttiin vakioimaan isokineettiset mittausolosuhteet teknisesti hyvin. Mittauksissa tarvittavat erilaiset säädöt (esim. vipuvarret, tuolin etäisyys jne.) olivat koehenkilöllä molemmissa mittauksissa samat. Myös verryttely ja instruktio toteutettiin saman kaavan mukaisesti. Myös motivointi ja kannustaminen testin aikana vakioitiin. Kahdella koehenkilöllä oli loppumittauksissa suuret variaatiokertoimet, mikä kertoo todennäköisesti kivusta liikkeen aikana. Kivulla saattoi olla siis vaikutusta voimantuottoarvoihin erityisesti hitaalla nopeudella.

Rothsteinin ym. (1987) ja Caprin (1991) mukaan isokineettiset mittaukset ovat huonosti sovellettavissa normaalitoimintaan ja -liikkumiseen johtuen siitä, että isokineettisessä liikesuorituksessa ei tapahdu kiihtyvyyttä ja hidastuvuutta, mitä normaaliliikkeessä yleensä tapahtuu. Kuitenkin urheilijoilla suoritettussa vakionopeuslaitteharjoittelussa on saatu hyviä siirtovaikutuksia varsinaiseen urheilusuoritukseen. Pipesin ja Wilmoren (1975) mukaan lihaksen voimantuotto kehittyy eniten sillä lihastyötavalla, millä sitä on harjoitettu. Sitä, miten dynaaminen vesiharjoittelu korreloi isokineettisten voimamittausten kanssa ei kuitenkaan ole tutkittu. Uinnissa kuitenkin käytetään paljon isokineettistä harjoittelua ja testausta, sillä vedessä liikenopeus pysyy melko vakiona.

Lysholmin indeksin kuvaa subjektiivista tuntemusta polven oireista. Subjektiivinen, koettu tuntemus polven oireista on tärkeä mittari myös eturistisideleikkauksen jälkeen. Kun tuntemus polven toiminnasta on hyvä niin se oletettavasti vähentää psyykkisiä häiriötekijöitä normaalin toimintakyvyn palautumisessa, esimerkiksi ”normaalikävelyn” oppiminen voisi olla helpompaa. Tässä tutkimuksessa polven stabiliteetin arviointi suoritettiin ainoastaan epäsuorasti Lysholmin oireluokituksen avulla. Laksiteettimittari olisi ollut erinomainen mittari polven stabiliteetin arviointiin. Tosin, jotta laksiteettimittaukset olisivat luotettavia niin mittaajalla tulisi olla vankka kokemus mittarin käytöstä. Mielestäni laksiteetin arviointi kuuluisi olla osa tätä tutkimusta mutta nyt se jäi kokonaan pois johtuen siitä, että mittaria ei ollut saatavilla.

## **8.5 Harjoitusohjelma**

Tutkimuksessa käytetty vesiharjoitusohjelma perustui avoimen kineettisen ketjun istuen ja seisten tehtyjen polven ojennus-koukistusliikkeiden osalta Pöyhösen ym. (1999-2001) tutkimustuloksiin. Liikesuorituksista tiedettiin terveiden koehenkilöiden liikenopeuksia, lihasaktiivisuuksia, veden vastusvoimia ja -kertoimia. Lisäksi pyrittiin huomioimaan veden fysikaaliset erityisominaisuudet. Suljetun kineettisen ketjun askellusharjoitteella oli tarkoitus saada toiminnallinen ja tasapainoa kehittävä liikesuoritus, sivulaukat puolestaan harjoittivat reiden lähentäjiä ja loitontajia, joiden toiminta on varmasti myös tärkeä polven toiminnan kannalta. On myös tutkittu, että reiden lähentäjien aktivoiminen parantaa m. vastus medialiksen toimintaa. (Esim. McConnell 1986.) Pohjenuusut perustui puolestaan siihen, että pohjelihaksilla on myös tärkeä rooli polven kineettisen ketjun toiminnassa. Muiden, paitsi seisten ja istuen suoritettujen polven ojennus-koukistusharjoitteiden osalta ei ole vesiolosuhteissa tutkittua tietoa lihasaktiivisuuksista, liikenopeuksista jne. Harjoitusohjelman osalta voi miettiä olisiko hydro-bootsin käytöllä seisten tehdyssä ojennus-koukistusliikkeessä saavutettu suurempi isokineettinen voimantuotto loppumittauksissa. Toisaalta veden vastuksen lisääntyminen kyseisessä liikkeessä oli aiheuttanut voimakkaamman venytyksen eturistisiteeseen, mikä olisi aiheuttanut turvallisuusriskin, sillä tutkimustietoa polven kompressiovoimista vedessä puuttuu. Tutkimuksessa olisikin käytetty vain näitä kahta tutkittua ojennus-koukistusliikettä, mutta olisi ollut vaikea motivoida koehenkilöitä harjoittelemaan terapia-altaalla kahta liikettä 10 viikon ajan kaksi kertaa viikossa. Jos olisi haluttu harjoittaa lihaksia tehokkaammin loppuliikeradalla olisi ollut järkevää käyttää yksittäisiä toistoharjoituksia, jolloin olisi vältetty vastakkaisen lihasryhmän aikainen aktivaatio. Harjoitusohjelman osalta herää kysymys mikä on avoimen ja suljetun kineettisen ketjun merkitys vesiolosuhteissa. Tutkimus olikin eräänlainen preliminääri siirryttäessä veden vaikutusten tutkimisessa patologiselle sektorille terveiden koehenkilöiden sijaan. Jotta fysioterapia saa lisää uskottavuutta niin näyttöön perustuvia, tutkittuja hoitomenetelmiä tarvitaan. Myös vesifysioterapian osalta kaivataan lisätutkimusta, jotta voidaan harjoitella turvallisesti, spesifioida harjoittelu ja ennen kaikkea annostella se oikein.

## **8.6 Tulevaisuuden näkymiä**

Pöyhösen ym. (1999-2000) tutkimusten perusteella näyttäisi siltä, että vedessä hamstring-lihakset aktivoituvat tehokkaasti myös eturistisideleikatuilla polvipotilailla. Istuen suoritettussa ojennus-koukistusliikkeessä tapahtuu myös hamstring-lihasten aikainen aktivoituminen. Hamstring-lihasten voimakas aktivoituminen aiheuttaa sen, että ojennusvaiheessa sääriluu ei pääse liukumaan voimakkaasti eteen ja näin estyisi eturistisiteen voimakas venyntyminen. (Noyes ym. 1990.) Näin pystytään harjoittamaan turvallisesti koko liikeradalla ja tehokkaasti myös loppuojennusta, mikä on tärkeää eturistisideleikkauksen jälkeen, jotta saavutaan täysi ekstensio ja hyvä lihasaktivaatio quadriceps -lihaksissa. Lisätutkimusta polveen vaikuttavista nivelvoimista kuitenkin vielä tarvitaan, jotta suurempia kliinisiä johtopäätöksiä voidaan tehdä. Kun huomioidaan jo olemassa oleva tieto hermo-lihasjärjestelmän ja kinematiikan osalta polven ojennus-koukistusliikkeessä ja veden fysikaaliset erityisominaisuudet niin myös polven ojennusvoimiin pystyttäisiin tehokkaammin vaikuttamaan.

Tämän tutkimuksen perusteella näyttäisi siltä, että vesi on turvallinen ja suhteellisen tehokas ympäristö lisänä eturistisideleikatun potilaan fysioterapiaan erityisesti alkuvaiheessa. Tutkimusjoukko on kuitenkin liian pieni suurten johtopäätösten vetämiseksi mutta ainakin se antaa suuntaa tuleville tutkimuksille eturistisideleikatuilla potilailla vesiolosuhteissa. Lisätutkimusta tarvitaan vielä siis huomattava määrä, jotta saadaan luotua optimaaliset harjoitteet ja niiden annostelua eturistisideleikkauksesta toipuville potilaille.

## LÄHTEET

Andersson T., Kearney JT (1983) Effects of three resistance training programs on muscular strength and absolute and relative endurance. *Res Quat Exer Sport.* 53 (1): 1-7.

Arms S., Pope M., Johnson R., Fisher R., Arvidsson I., Eriksson E. (1984) The biomechanics of anterior cruciate ligament rehabilitation and reconstruction. *Am J Sports Med.* 12: 8-18.

Arnotczyk S., Tarvin G., Marshall J. (1982) Anterior cruciate ligament replacement using patellar tendon: An evaluation of graft revascularization in the dog. *J Bone Joint Surg.* 64A: 217-224.

Baltzopoulos V., Brodie DA. (1989) Isokinetic dynamometry: Applications and limitations *Sports Med.* 8: 101-116.

Barrack R., Skinner HB., Buckley SL. (1989) Proprioception in the anterior cruciate deficient knee. *Am. J Sports Med.* 17 (1): 1-6.

Barret DS. (1991) Proprioception and function after anterior cruciate reconstruction. *J. Bone Jt. Surg.* 73B (6): 833-837.

Barret DS., Cobb AG., Bentley G.(1991) Joint proprioception in normal, osteoarthritic and replaced knees. *J. Bone Jt. Surg.* 73B (1): 53-56.

Beard DJ., Dodd CAF. (1998) Home or supervised rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction: A randomised controlled trial. *J. Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 27 (2): 134-143.

Beard DJ., Dodd CAF., Trundle HR. (1994) Proprioception enhancement for anterior cruciate ligament deficiency. *J. Bone Jt. Surg.* 76B (4): 654-659.



Beard DJ., Kyberd PJ., Fergusson CM. (1993) Proprioception after rupture of the anterior cruciate ligament. *J. Bone Jt. Surg.* 75B (2): 311-315.

BenGal S., Lowe J., Mann G. (1997) The role of the knee brace in the prevention of anterior knee pain syndrome. *Am. J. Sport Med.* 25 (1): 118-122.

Beynon B., Howe J., Pope M., Johnson R., Fleming B. (1992) The measurement of anterior cruciate ligament strain in vivo. *Int. Orthop.* 16: 1-12.

Beynon B., Fleming B., Johnston R., Nichols C., Renström P., Pope M. (1995) Anterior cruciate ligament strain behavior during rehabilitation exercises in vivo. *Am. J. Sports Med.* 23 (1): 24-34.

Beynon B., Johnston R. (1996) Anterior cruciate ligament injury rehabilitation in athletes. biomechanical considerations. *Sports Med.* 22: 54-64.

Birmingham TB., Kramer JF., Inglis JT. (1998) Effect of neoprene sleeve on knee joint position sense during sitting open kinetic chain and supine closed kinetic chain tests. *Am. J. Sports Phys. Ther.* 27 (6): 430-435.

Blackburn JR., Morrissey MC. (1998) The relationship between open and closed kinetic chain strength of the lower limb and jumping performance. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 27 (6): 430-435.

Bose K., Kanagasuntheram R., Osman MBH. (1980) Vastus medialis oblique; An anatomic and physiologic study *orthopedics* 39: 880-883.

Caillet R. (1983) *Knee pain and disability.* Philadelphia: F.A. Davis Company.

Capri JMH. (1991) Isokinetic strength aspects of human joints and muscles; Critical reviews in biomedical engineering 19 (2,3): 231-259.

Colwin CM. (1992) *Swimming into the 21. Century* Champaign, IL Leisure press: 19-59.

Danneskiold B., Lyngberg K., Risum T. (1987) The effect of water therapy given to patient with rheumatoid arthritis. *Scand J Rehab Med.* 19: 31-35.

Davis BC., Harrison RA.(1988). *Hydrotherapy in practice*, 58. Churchill Livingstone. London..

Dietz V., Horsmann G., Trippel M., Gollhofer A. (1985) Human postural reflexes and gravity - an under water simulation. *Neuroscience Letters.* 106: 350-355.

Edlich RF., Towler MA., Goitz RJ. (1987) Bioengineering principles of hydrotherapy. *J Burn Care Rehab* 8: 540-584.

Eriksson K., Anderberg P., Hamberg P., Löfgren AC. (2001) A comparison of quadruple semitendinosus and patellar tendon grafts in reconstructions on the anterior cruciate ligament. *J. Bone Jt. Surg.* 83B (3): 348-354.

Fitzgerald GK. (1997) Open versus closed kinetic chain exercise. *Issues in rehabilitation after cruciate ligament reconstructive surgery.* *Physical Therapy* 77 (12): 1747-1754

Friden T., Roberts D., Ageberg E., Walden M., Zätterström R. (2001) Review of knee proprioception and the relation to extremity function after an anterior cruciate ligament rupture. *J. Orthop Sports Phys Ther* 31 (10): 567-576.

Gehlsen GM., Grigsby SA., Winant DM. (1984) Effects of aquatic fitness program on the muscular strenght and endurance of patients with multiple sclerosis. *Physical Therapy* 64: 653-657.

Ghena DR., Kurth AL., Thomas M., Mayhew J. (1991) Torque characteristics of the quadriceps and hamstring muscles during concentric and eccentric loading. *J. Ortop Sports Phys Ther* 14: 149-153.

Golland A. (1981) Basic hydrotherapy. *Physiotherapy* 67 (9): 258-267.

Graves JE., Pollock ML., Jones AE., Colvin AB., Leggett SH. (1989) Specificity of limited range of motion variable resistance training. *Med Sci Sports Exercise*. 21 (1): 84-89.

Greenberger HB., Paterno MV. (1994) Relationship of knee extensor strength and hopping test performance in the assessment of lower extremity function. *J. Orthop Sports Phys Ther*. 22 (5): 202-206.

Grigg P. (1994) Peripheral neural mechanisms in proprioception. *J. Sport Rehab*. 3: 1-17.

Harner CD., Irrgang JJ., Dearwater P., Fu FH. (1992) Loss of motion after ACL reconstruction. *Am. J. Sports Med*. 20: 499-506.

Harrison R., Bulstrode S. (1987) Percentage weight bearing during partial immersion in the hydrotherapy pool. *Physiotherapy Practise*. 3: 60-63.

Hirokawa S.: (1991) Three-dimensional mathematical model analysis of the patellofemoral joint. *J. Biomech*. 24: 659-671.

Hislop HJ., Perrine JJ. (1967) The isokinetic concept of exercise. *Physical Therapy* 47:114-117.

Hogervorst T., Brand R. (1998) Mechanoreceptors in joint function. Current concepts review. *J. Bone Jt. Surg*. 80A (9): 1365-1378.

Hutton RS., Nelson DL. (1986) Stretch sensitivity of golgi tendon organs in fatigued gastrocnemius muscle. *Med Sci. Sports* 18 (1): 69-74.

Häkkinen K. (1990) Voimaharjoittelun perusteet. Vaikutusmekanismit, harjoitusmenetelmät ja ohjelmointi. Gummerrus Oy. Jyväskylä.

Irrgang JJ., Harner CD. (1997) Recent advances in ACL rehabilitation: Clinical factors that influence the program. *J. Sport Rehab*. 6:111-124.

Johansson H. (1991). Role of knee ligaments in proprioception and regulation of muscle stiffness. *J. Electromyogr. Kinesiol.* 1: 158-179

Johansson H., Sjolander P., Sojka P. (1991) Receptors in the knee joint ligaments and their role in the biomechanics of the joint. *Biomed. Engineering* 18: 341-368.

Jones NL., McCartney N., McComas AJ. (1986) *Human muscle power*; McMaster University, Hamilton, Ontario; Human Kinetics Publishers, Inc. Champaign, Illinois, USA.

Kaplan FS., Nixon JE., Reitz M. (1985) Age-related changes in proprioception and sensation of joint position. *Acta. Orthop. Scand.* 56 (1):72-74.

Kennedy JC., Alexander IJ., Hayes KC. (1982) Nerve supply of the human knee and its functional importance. *Am J. Sports Med.* 103 (2): 329-335.

Koh TJ., Grabiner MD., DeSwart RJ.: (1992) In vivo tracking of the human patella. *J. Biomech.* 25 (6): 637-643.

Komi PV. Training of muscle strength and power: Interaction of neuromotoric, hypertrophic, and medical factors. *Int J Sports Med. Suppl.* 10-15.

Le Fort S., Hannah T. (1994) Return to work following an aquafitness and muscle strengthening programs for the low back injury. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 75 (11): 1247-1254.

Levene JA., Hart BA., Seeds RH., Fuhrman GA. (1991) Reliability of reciprocal isokinetic testing of the knee extensors and flexors; *Journal of orthopaedic sports and physical therapy* 14 (3): 121-126.

Lephart SM., Kicher MS., Fu FH. (1992) Proprioception following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Sport Rehab.* 1:188-196.

Lysholm J., Gillquist J. (1982) Evaluation of knee surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am J Sports Med* 10 (3): 150-154.

Mangine R., Noyes FR. (1992) Rehabilitation of the allograft reconstruction. *J Orthop Sports Phys* 6 (15): 294-302.

Marks R. (1994) Effect of exercise-induced fatigue on position sense of the knee. *Aust. J. Physiotherapy* 40: 175-181.

McConnell J. (1986) The management of chondromalacia patellae: A long term solution. *Aust. J. Phys.* 32 (4): 215-223.

McDonough AL., Weir JP. (1996) The effect of the postsurgical edema of the knee joint on reflex inhibition of the quadriceps femoris. *J.Sport Reh.* 5:172-182.

Melton-Rogers S., Hunter G., Walter J. (1996) Cardiorespiratory responses of patients with rheumatoid arthritis during bicycle riding and running in water. *Physical Therapy* 76: 1058-1065.

Moffroid M., Whipple RH. (1970) Specificity of speed of exercise. *Phys Ther.* 50: 1692-1700.

Natri A. (1996) Anterior cruciate ligament (ACL) injuries – epidemiology, injury, mechanism, treatment and rehabilitation. *Urheilulääketiede* 4: 18.

Noyes FR., Barber SD., Mangine RE. (1990) Bone-patellar ligament –bone and fascia lata allografts for reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Am* 72 (8): 1125-1136.

Noyes FR., Barber SD., Mangine RE. (1991) Abnormal lower limb symmetry determined by function hop tests after anterior cruciate ligament rupture. *Am J Sports Med.* 19 (5): 513-518.

Palmitier RA., An K-N., Scott SG. (1991) Kinetic chain exercise in knee rehabilitation. *Sports Med.* 11 (6): 402-413.

Petrella RJ., Lattanzio PJ., Nelson MG. (1997) Effect of age and activity on knee joint proprioception. *Am. J. Phys. Med. Rehab.* 76:235-241.

Pollock ML., Gaesser GA., Butcher JD., Despres J-P., Dishman RK., Franklin BA., Garber CE. (1998) The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in health adults. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30 (6): 975-991.

Prins JH., Harley Hartung G., Merritt DJ. Effects of aquatic exercise training in persons with poliomyelitis disability. *Sports Med Training and Rehab.* 5: 29-39.

Pöyhönen T., Kyröläinen H., Keskinen K.L., Hautala A., Savolainen J., Mälkiä E. (2001a) Electromyographic and kinematic analysis of therapeutic knee exercises under water. *Clinical Biomechanics* 16: 496-504.

Pöyhönen T., Kyröläinen H., Keskinen K.L., Hautala A., Savolainen J., Mälkiä E. (2001b) Neuromuscular function during therapeutic knee exercise under water and on try land. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 82: 1446-1452.

Pöyhönen T., Kyröläinen H., Keskinen K.L., Hautala A., Savolainen J., Mälkiä E. (2000) Determination of hydrodynamic drag forces and drag coefficients on human leg/foot model during knee exercise. *Clinical Biomechanics* 15: 256-260.

Pöyhönen T., Kyröläinen H., Keskinen K.L., Hautala A., Savolainen J., Mälkiä E. (1999) Human isometric force produktion and electromyogram activity of knee extensor muscles in water and on try land. *Eur J. Appl. Physiol.* 80: 52-56.

Quido J., Voight ML., Blackburn TA. (1997) The effects of chronic effucion on knee joint proprioception: A case study. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 25 (3): 208-212.

- Reid Champion M. (1990) Adult hydrotherapy. Oxford: Heinemann Medical Books. London.
- Reid D. (1992) Sports injury assessment and rehabilitation. Churchill Livingstone. London.
- Risberg MA., Ekeland A. (1994) Assessment of functional tests after anterior cruciate ligament surgery. *J Sports Phys Ther.* 4 (19): 212-217.
- Rivera JE. (1994) Open versus closed kinetic chain rehabilitation of the lower extremity: A functional and biomechanical analysis. *J. Sport Reh.* 3: 154-167.
- Robertson JA., Crowe CT. (1985) Engineering fluid mechanics (3<sup>rd</sup> edition). Houghton Miffling Company. Boston.
- Ruoti R., Troup J., Berger R. (1994) The effects of nonswimming water exercises on older adults. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 19 (3): 140-145.
- Shelbourne KD., Nitz P. (1992) Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *J. Orthopedics Sports Physiotherapy.* 6 (15): 256-263.
- Skinner HB., Barrack RL. (1991) Joint position sense in the normal and pathologic knee joint. *J. Electromyogr. Kinesiol.* 1:180-190.
- Stuart MJ., Meglan DA., Lutz GE. (1996) Comparison of intersegmental tibiofemoral joint forces and muscle activity during various closed kinetic chain exercises. *Am. J. Sports Med.* 24 (6): 792-799.
- Tegner Y., Lysholm J., Lysholm M., Guillquist J. (1986) A performance test to monitor rehabilitation and anterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med.* 14 (2): 156-159.
- Tovin B., Wolf S., Greenfield B., Crouse J. (1994) Comparison of the effects of exercise in water and no hand on the rehabilitation of patients with infra-articular anterior cruciate ligament reconstruction's. *Physical Therapy.* 74 (8): 710-719.

Vaughan C., Davis B., O'Connor J. (1992) Dynamics of human gait. Human Kinetic Publishers.

Wilk KE., Escamilla RF., Fleisig GS., Barrentine S., Andrews J., Boyd M. (1996) A comparison of tibiofemoral joint forces and electromyographic activity during open and close kinetic chain exercises. *Am. J. Sports Med.* 24:518-527.

Winter D. (1988) The biomechanics and motor control of human gait. University of Waterloo Press.

Worrell TW., Borchert B., Erner K. (1993) Effect of lateral step-up exercise protocol on quadriceps and lower extremity performance. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 18 (6): 646-653.



## Liite 1.

### **Esimerkki fysioterapian etenemisestä eturistisideleikkauksen jälkeen mukailien Shelbournea ym. (1991) sekä Mangingea ja Noyesia (1992):**

1-4 vrk

Isometriset quadriceps harjoitukset eri nivelkulmilla (70°, 50°, 10° ja 0° flx.). Isometriset hamstring-harjoitukset (30° ja 70° ), SLR. Useamman nivelkulman käyttö tärkeää, jotta saadaan harjoitusvaikutus lihasten eri osille. Toistomäärät >30.

5-15 vrk

Isometriset harjoitukset kuten edellä. SLR kaikkiin suuntiin, liikelaajuus 0-110°. Jalkakyykyt 0-40° kehon painolla. Tarkoituksena kestovoiman kehittäminen kivun sallimissa rajoissa. Varpaille ja kantapäille nousujen tavoitteena harjoituttaa kineettisen ketjun muiden lihasten voimaa ja proprioseptiikkaa.

15-35 vrk

Kesto- ja perusvoimaharjoitteet: isometriset harjoitukset, SLR lisäpainolla, seinäistuminen 70° polvikulmalla, jalkaprässi, neljänneskyykyt, kuntopyörä, uinti. Koordinaation ja proprioseptiikan harjoittaminen: kävely ristiaskelin sivuttain, kuminauhaharjoitteet, tasapainolauta. Liikerata 135° fleksioon, hyvä patellan liike ja asento.

6-12 vk

SLR, tasapainoharjoitukset, uinti, kevyt hölkkä, naruhyppely. Kuntosalilla kesto- ja perusvoimaharjoitteita: quadriceps 90-30°, hamstring 10-90°, jalkaprässi 0-60°, loitontajat, lähentäjät, pohkeet.

3-4 kk

Proprioseptiikan harjoittaminen, lihasvoimaharjoitteet (quadriceps, hamstring), hyppelyharjoitukset. Tavoitteena täysi liikerata.

4-6 kk

Toiminnalliset ja lajinomaiset harjoitteet, esim. juoksu ja kuntosali.

## Liite 2.

# VESI HARJOITUSOHJELMA 10 vk

## VIIKOT 1-2

- vesikävely 10 min
- venyttely (etu- ja takareidet, pohkeet)
- lähennys-loitonnuks seisten (operoitu raaja)  
toistot 10-15, sarjat 2, liikenoisuus submaksimaalinen
- ojennus-koukistus seisten paljaalla jalalla (operoitu raaja)  
toistot 10-15, sarjat 2, liikenoisuus submaksimaalinen
- seisten varpaille nousut  
toistot 10, sarjat 2
- porrasaskellus  
toistot 10, sarjat 2
- ojennus-koukistus istuen hissituolissa (resiprokaalinen liike)  
toistot 15, sarjat 3
- vesikävely 5 min
- venyttely (etu- ja takareidet, pohkeet)

## VIIKOT 3-10

- vesikävely 10 min
- venyttely (etu- ja takareidet, pohkeet)
- sivulaukat polvi ”lukittuna”  
toistot 15, sarjat 3, liikenoisuus suuri
- ojennus-koukistus seisten paljaalla jalalla (operoitu raaja)  
toistot 15-20, sarjat 3, liikenoisuus suuri
- seisten varpaille nousut  
toistot 15, sarjat 3
- porrasaskellus  
toistot 12, sarjat 3
- ojennus-koukistus istuen hissituolissa (resiprokaalinen liike)  
toistot 15, sarjat 3
- vesikävely 5 min
- venyttely (etu- ja takareidet, pohkeet)

Sarjojen kesto n. 30 s.

Palautus sarjojen välillä 45 s. ja liikkeiden välillä 1 min 30 s.

Kokonaiskesto n. 40-45 min

Tavoitteena hallittu ja kivuton liike