

Heikki Hulkko, Atso Liesmala, Juho Reunanen

Eturistisiteen postoperatiivinen fysioterapia

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Fysioterapeutti AMK

Fysioterapian koulutusohjelma

Opinnäytetyö

13.11.2012

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Heikki Hulkko, Atso Liesmala, Juho Reunanen Eturistisiteen postoperatiivinen fysioterapia 27 sivua + 1 liite 13.11.2012
Tutkinto	Fysioterapeutti AMK
Koulutusohjelma	Fysioterapian koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Fysioterapia
Ohjaaja(t)	Fysioterapian lehtori Tarja-Riitta Mäkilä Fysioterapian yliopettaja Riku Nikander
<p>Eturistisidevammat ovat hyvin yleisiä nykypäivän urheilijoilla. Parkkarin mukaan aktiivisesti liikkuvan henkilön loukkaantumisriski on 6.6 - 18.3 loukkaantumista tuhatta osallistumistuntia kohti lajista riippuen. Vammat aiheuttavat urheilijoille pitkiä poissaoloja ja huolimattomasti kuntoutettuna vamma saattaa myös uusiutua. Ammattilaisurheilussa poissaolot lajin parista tulevat myös hyvin kalliiksi seuroille, jotka maksavat pelaajilleen suurta palkkaa. Eturistisidepotilaan fysioterapiassa ei aina huomioida kaikkia tuloksellisen kuntoutuksen osa-alueita ja siksi lopputuloksena saattaa pahimmillaan olla potilaan uusi leikkaus.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena on tuoda esille tutkittuun tietoon perustuvia esimerkkiharjoitteita perusteluineen. Tarkoitus on tuoda esille myös jotain aivan uutta, joka saa fysioterapiatyötä jo vuosia tehneet ajattelemaan asioita ehkä uudella tavalla, sekä auttaa opiskelijoita ja fysioterapeutin uraa aloittelevia fysioterapeutteja jäsentämään eturistisidepotilaan kuntoutuksen kulkua ja sen tärkeimpiä vaiheita. Harjoitteet on perusteltu biomekaniikan näkökulmasta olemassa olevaa tutkimustietoa hyväksikäyttäen.</p> <p>Työ sisältää kirjalliset perusteet harjoitteiden valinnalle. Siinä käsitellään polven anatomiaa ja sen toimintaa sekä biomekaniikan että fysiologian näkökulmasta. Lisäksi kerrotaan erilaisista eturistisidesiirteistä ja kuvataan esimerkkiharjoitteita. Työn tuotoksena on kirjallisen osion lisäksi video, jossa esimerkkiliikkeet eturistisidepotilaan fysioterapiaa varten esitellään polven lihasvoiman, lihasaktivaation ja koordinaation kehittämiseksi. Työ on tarkoitettu tukemaan fysioterapeuttien työtä ja fysioterapiaopiskelijoiden ammattiin opiskelua.</p>	
Avainsanat	eturistiside, postoperatiivinen, harjoittelu

Author(s) Title Number of Pages Date	Heikki Hulkko, Atso Liesmala, Juho Reunanen Postoperative Physiotherapy of Anterior Cruciate Ligament 27 pages + 1 appendix Autumn 2012
Degree	Bachelor of Health Care
Degree Programme	Physiotherapy
Specialisation option	Physiotherapy
Instructor(s)	Tarja-Riitta Mäkilä, Senior Lecturer of Physiotherapy Riku Nikander, Principal Lecturer of Physiotherapy
<p>Injuries of anterior cruciate ligament (ACL) are common in athletes and those of active exercisers. According to Parkkari, the injury risk in some of the most common sports ranged from 6.6 to 18.3 per 1000 hours of participation. The period of absence is usually between 9 and 12 months, which is a long time for an athlete who competes in his or her sport.</p> <p>The aim of this thesis was to produce an informative package about anterior cruciate ligaments postoperative physical therapy for physiotherapists and physiotherapy students.</p> <p>The final project includes two parts: a theory part which consists of knee anatomy, function from biomechanical and physiological point of view, information about different kinds of ACL grafts and examples of rehabilitative exercises. Other part of this thesis is a video which demonstrates example exercises for the knee to improve muscle activation, muscle strength and coordination. The video is not an exercise program but instead it gives some example exercises and hopefully makes the viewer develop his or her own exercises based on the information about biomechanics and tissue healing provided by this thesis.</p>	
Keywords	anterior cruciate ligament, postoperative, exercise

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Polven anatomia, tutkiminen ja biomekaniikka	2
2.1	Anatomia	2
2.2	Polven tutkiminen	3
2.3	Biomekaniikka	4
3	Vamman syntymekanismi ja korjausleikkaus	4
3.1	Eturistisiteen korjausleikkaus	4
3.2	Eturistisiteen ja siirteen vetolujuus	6
4	Postoperatiivisen polven paraneminen ja terapeuttiivinen harjoittelu	7
4.1	Akuutti paraneminen	7
4.2	Ligamentisaatio	8
4.3	Postoperatiivinen polvi	9
4.4	Nivelsiteen paraneminen	10
4.5	Jänteen paraneminen	11
4.6	Lihaskudoksen paraneminen	13
5	Terapeuttiivisen harjoittelun fysiologiset perusteet	14
5.1	Energiantuotto	15
5.2	Energiavarastot	17
5.3	Palautuminen	18
5.3.1	Happivelka ja maitohappo	18
5.3.2	Lihaksen fosfaatti- ja myoglobiinihappivarastojen uudistuminen	19
5.3.3	Lihasten glykogeenivarastojen uusiutuminen	20
5.4	Tiivistelmä fysiologisista perusteista	21
6	Fysioterapian eteneminen ja harjoitteet	22
7	Pohdinta	24
	Lähteet	26
	Liite 1. Esimerkkiharjoitteet kuvitettuna ja ohjeistettuna	

1 Johdanto

Eturistisidevammat ovat yleisiä niin ammatti- kuin amatööriurheilussa. Parkkari ym. mukaan aktiivisesti liikkuvan henkilön loukkaantumisriski on lajista riippuen 6.6 - 18.3 loukkaantumista tuhatta osallistumistuntia kohti (Parkkari ym. 2004). Iso-Britanniassa tapahtuu vuosittain noin 80 000 eturistisiteen repeämää ja Yhdysvalloissa noin joka kolmas tuhannes urheilija kärsii samasta vammasta. (Whiting – Zernicke 2008: 171.) Polven eturistisiteen korjausleikkauksen hinta on Suomessa halvimmillaan noin 4300 euroa, joten leikkauksen maksajan kannalta polven kuntoutuminen takaisin leikkausta edeltäneeseen tilanteeseen on tärkeää, jotta eturistiside ei repeä uudestaan, jolloin asiakas joutuu taas leikkauspöydälle.

Eturistisidevamman fysioterapian kesto vaihtelee potilaasta ja harjoittelusta riippuen yleensä 9 kuukaudesta 12 kuukauteen. Leikattu polvi on kuitenkin tervettä polvea alttiimpi uudelle eturistisiteen repeämälle vielä vuosi leikkauksesta. Tämän jälkeen eturistisidevamman ilmaantuminen on yhtä todennäköistä kummassa polvessa tahansa. Tässä opinnäytetyössä esitetään tutkimustietoon perustuen eturistisidepotilaan fysioterapiaprosessin eri vaiheen harjoitteita, jotka perustellaan anatomian, biomekaniikan ja fysiologian näkökulmasta. Opinnäytetyössä harjoitteiden pääpaino on suoritustekniikassa, mutta opinnäyte sisältää myös harjoitteisiin sekä niiden harjoitusajankohtaan soveltuvat toistomäärät ja toistojen välille sopivat palautusajat. Tämä opinnäytetyö ei ole kuitenkaan sellaisenaan sovellettava harjoitusohjelma, vaan se on kokoelma eturistisidepotilaan harjoitteluohjelmasta. Työ etenee leikkauksen jälkeen ohjattavista alkuvaiheen harjoitteista aina aktiiviurheilijan kentälle paluuseen asti. Opinnäytetyö sisältää paitsi kuntouttavia harjoitteita ja niiden perusteluita myös havainnollistavan videon liikkeistä perusteluineen.

Potilaan kohtaaminen myös henkisellä tasolla on tärkeää, koska ihminen on kokonaisuus, eikä fysioterapiassa tule kiinnittää huomiota vain yhteen osa-alueeseen. Henkinen kohtaaminen on kuitenkin itsessään jo niin iso kokonaisuus, että siitä voisi kirjoittaa oman opinnäytetyönsä. Tästä syystä henkistä puolta ei tarkastella tässä työssä tarkemmin.

Työ on suunnattu fysioterapeuteille ja fysioterapiaopiskelijoille, jotka haluavat oppia lisää eturistisiteen leikkauksen jälkeisestä fysioterapiasta. Tarkoituksena on herättää kokeneempia terapeutteja ajattelemaan asioita uudella tavalla ja toisaalta antaa fysioterapeuttiopiskelijoille kokonaiskuvaa eturistisidepotilaan terapeuttiseen harjoitteluun liittyen. Työssä käytettävissä esimerkkiharjoitteissa on käytetty lajinomaisessa osuudessa koripalloa lajina, mutta harjoitteet voidaan soveltaa käytettäväksi muissakin lajeissa. Työssä käsitellyt harjoitteet ovat esimerkkejä ja aikataulut ovat suuntaa-antavia, joten fysioterapian lopputulos ja lopullinen vastuu eivät ole tämän työn tekijöiden vastuulla vaan fysioterapian toteuttajalla.

2 Polven anatomia, tutkiminen ja biomekaniikka

Polvi on erityisen herkkä erilaisille vammoille sijaintinsa vuoksi. Sitä suojaavat ligamentit eli nivelsiteet ja lihakset, ei luiset rakenteet. Koska polvi tukeutuu pääsääntöisesti nivelsiteisiinsä, on luonnollista että sen vaurioituessa nivelsiteet testataan ja tutkitaan ensimmäiseksi.

2.1 Anatomia

Polvinivel on sarananivel ja rustopinta-alaltaan ihmisen suurin nivel. Sen ympärillä on laaja nivelkapseli, joka on yhteydessä mm. moniin bursiin eli limapusseihin polvinivelen ympärillä. Nivelkapseli koteloi koko polven ja sen sisällä kulkevat ristsiteet sääriluun tibial plateusta reisiluun condylusten eli nastojen väliselle alueelle. (Magee 2008: 727.)

Sääriluun ja reisiluun nivelpinnat eivät ole yhteneväiset, joka sallii näiden kahden luun liikkuvan eri astemäärän lihasten ja nivelsiteiden avulla. Täydessä ojennuksessa, joka on polvessa lukkoasento, näiden luiden rustopinnat muodostavat lähes yhtenäisen rakenteen. Reisiluun lateraalinen condylus on edempänä kuin reisiluun mediaalinen condylus. Tämä siksi, että se auttaa ennaltaehkäisemään patellan lateraalista sijoittaanmenoa. (Magee 2008: 727.)

Sääriluun ja reisiluun välissä sijaitsevat nivelkierukat, jotka ovat kosketuksissa sääriluuhun lisätäkseen yhteneväisyyttä. Mediaalinen nivelkierukka muistuttaa muodoltaan c-kirjainta. Lateraalinen nivelkierukka on muodoltaan kuin o-kirjain. Molemmat nivelkierukat ovat paksumpia reuna-alueilta ja ohuempia sisäpuolelta. Kun polvea liikutetaan extensiosta flexioon, molemmat kierukat liikkuvat posteriorisesti sääriluun liikkeen

mukaisesti. Lateraalinen kierukka liikkuu noin 10mm eli aavistuksen enemmän kuin mediaalinen kierukka, joka liikkuu vain noin 2mm. Kierukan tehtävä polvessa on auttaa polvinivelen voitelussa ja ravitsemuksessa sekä toimia iskunvaimentimena, eli jakaa polviniveleen kohdistuvaa painetta nivelrustolle ja vähentää ruston kulutusta. Ne tekevät nivelpinnoista myös yhteneväiset ja parantavat painon jakautumista kasvattamalla kontaktipintaa nastojen välissä. Kierukat vähentävät kitkaa liikkeen aikana ja avustavat nivelsiteitä ja nivelkapselia ennaltaehkäisemään polven yliojennusta. (Magee 2008: 727-728.)

Polvilumpio eli patella toimii käytännössä patellajänteen seesamluuna. Flexiosta extensioon tapahtuvan liikkeen aikana sen eri osat nivELYVÄT reisiluun nastojen kanssa. Patellassa on ihmiskehon paksuin rusto, ja siinä on viisi nivelpintaa. Patellan tehtävänä on ohjata nelipäisen reisilihaksen jännettä (patellajänne), vähentää kitkaa nelipäisen reisilihaksen mekaniSMISSA, kontrolloida kapselin kireyttä polvessa ja toimia luisena suojana reisiluun nastojen rustopinnoille. (Magee 2008: 728.)

Eturistiside muodostuu kahdesta osasta: anteromediaalisesta ja posterolateraalista osasta. Polven ollessa täydessä ekstensiossa, ovat eturistisiteen eri osien kiinnityskohdat lähes pystysuorassa ja anteromediaalisen osan kiinnityskohta reisiluussa on ylempänä kuin posterolateraalisen osan kiinnityskohta, kun taas polven ollessa 90 asteen fleksiossa, ovat kiinnityskohdat lähes vaakatasossa (Hensler ym. 2012: 185).

2.2 Polven tutkiminen

Polvea tutkittaessa kaikki tarpeelliset rakenteet tulee testata. Polvea tutkittaessa pitää muistaa lannerangan, lonkan sekä nilkan osuus mahdollisena polvikivun aiheuttajana. Edellä mainitut nivelet ja alueet tulee tutkia, mikäli jokin niistä saattaisi liittyä polvikipuun esimerkiksi virheellisen asennon seurauksena. Esimerkiksi lonkassa voi tapahtua reisiluun pään kasvulevyn murtuma, joka yleensä heijastaa kipua polveen, jolloin polvikipu tuntuu ensisijaiselta vaivalta vaikka näin ei ole. (Magee 2008: 727.)

Polven rakenteiden testaamista varten on kehitetty useita erilaisia testejä, joista eturistidettä tutkittaessa käytetään yleensä joko anteriorista vetolaatikko-testiä tai Lachmanin testiä, joilla saadaan selvitettyä polven stabiliteetti anteriorisesti. Jos eturistiside on hajonnut, sääriluu liikkuu tavattoman paljon anteriorisesti reisiluuhun nähden.

2.3 Biomekaniikka

Eturistisiteen taaempi osa, posterolateraalinen osa, estää päätoimisesti säären eteenpäin suuntautuvan translatorisen liikkeen reisiluun suhteen 0-30 asteen fleksiossa kun taas etummainen osa, anteromediaalinen osa, estää säären translatorisen liikkeen 60-90 asteen fleksiossa (Hensler ym. 2012: 185). Fleksioliikkeessä suuren osan työstä tekee anteromediaalinen osa ja ekstensioliikkeessä puolestaan posterolateraalinen osa (Fu ym. 1999: 823). Osat eivät kuitenkaan toimi erillään, vaan enemmänkin yhteistyössä, jolloin saavutetaan paras mahdollinen liikkuvuus ja translatorisen liikkeen estyminen (Hensler ym. 2012: 185). Polven ollessa täysin ojentuneena, estää ACL 75% säären translatorisesta liikkeestä reisiluun suhteen. Lukema muuttuu 85 prosentiksi polven ollessa 90 asteen fleksiossa (Whiting – Zernicke 2008: 171). Toinen säären translatorista liikettä rajoittava rakenne on mediaalinen sivuside (MCL). Mediaalinen sivuside on anatomisesti yhteydessä mediaaliseen kierukkaan ja polven pahimpia yhdistelmävammoja on se, kun ACL ja MCL repeävät sekä mediaaliseen kierukkaan tulee repeämä.

Kuormituksen aikana lihakseen tai muuhun rakenteeseen voi tulla kuormitusta eri tavoin. Kuormitus voi tulla yhtä akselia pitkin, se voi tulla monen akselin kautta, se voi olla rakennetta vääntävää tai se voi olla rakennetta kiertävää. Vääntävän kuormituksen aikana rakenteen sisäsivulle muodostuu puristusvoimia ja kun taas ulkosivulle muodostuu vetovoimia. (Whiting – Zernicke 2008: 82-90.)

3 Vamman syntymekanismi ja korjausleikkaus

Eturistisidevamma syntyy usein urheilussa ja erityisesti lajeissa, joissa on paljon suunnanmuutoksia. Tyypillisimpiä esimerkkejä tällaisista lajeista ovat koripallo, salibandy ja jalkapallo. Vamma syntyy useimmiten, kun polviniveltä varataan sen ollessa valgusasenossa ja siihen yhdistyy sääriluun ulkokierto. Myös polvinivelen yliojennus ja sääriluun ulkokierto ovat yleisiä vamman aiheuttajia. Nämä kaksi yhdistelmää asettavat eturistisiteen suuren loukkaantumisuhan alle. Valgus yhdistettynä ulkokierto on yleisesti ottaen ilman kontaktia syntyvä vamma. Tällöin jalka on kiinni alustassa ja sääriluu kiertyy ulospäin ja polvi romahtaa valgukseen. Polvi on tällöin lähes täydessä ojennuksessa. (Whiting – Zernicke 2008: 172).

3.1 Eturistisiteen korjausleikkaus

Polven eturistisiteen repeämä ei itsessään ole indikaatio leikkaukselle, vaan se voidaan kuntouttaa ennalleen pelkästään konservatiivista hoitoa käyttäen. Eturistisiteen repeämisen yhteydessä polvesta tulee kuitenkin löysempi ja huonommin hallittu. Urheilusuurituksen yhteydessä huonosti hallittu polvi saattaa kärsiä pehmytkudosvaurioista tai nivelkierukan ongelmista ja siinä saattaa ilmetä nivelkulumaa ajan myötä huonosta hallinnasta johtuen. (Woo ym. 2006: 1.) Näistä riskitekijöistä johtuen nykyisin suositellaan leikkausta eteenkin urheilijoille eturistisiteen repeämisen jälkeen. Leikkauksen tavoitteena on palauttaa polven tasapainoisuus, auttaa asiakas takaisin ennen leikkausta olleelle aktiivisuustasolle ja varmistaa polven kunnossa pysyminen tulevina vuosina (Vyas ym. 2012: 196).

Eturistisiteen korvaava siirre on joko yksi- tai kaksiosainen single-bundle tai double-bundle siirre (Hensler ym. 2012). Vaihtelevaa vastusta hyväksikäyttävän tutkimuksen mukaan double-bundle tekniikalla tehty siirre estää paremmin säären eteenpäin suuntautuvan translatorisen liikkeen reisiluun suhteen kuin single-bundle tekniikalla tehty siirre, kun siirteessä on käytetty takareidestä otettua lihasta. (Nohmi ym. 2012: 6). Takareidestä tehtyä siirrettä käytettäessä olisi tutkimuksen mukaan parempi käyttää double-bundle tekniikkaa, mutta takareidestä otettu siirre ei kuitenkaan ole biomekaanisilta ominaisuuksiltaan aivan optimaalinen. Takareiden siirteellä on lopulta hyvä maksimaalinen vetolujuus, mutta sen saavuttamiseen voi kulua useampi vuosi (Fu ym. 1999: 825).

Siirre on sen ottopaikan mukaan joko allogeeninen (allograffi) tai autogeeninen (autograffi). Allogeenisella tarkoitetaan toisesta ihmisestä otettua siirrettä ja autogeenisellä tarkoitetaan potilaasta itsestään otettua siirrettä. (Mäkelä ym. 2004: 1411.) Autogeeninen siirre otetaan yleensä joko polvilumpion jänteestä tai takareidestä. Siirre otetaan polvilumpion jänteestä keskimmäisestä kolmanneksesta niin sanottua bone-patellar tendon-bone tekniikkaa käyttäen, jolloin janteen lisäksi siirteeseen tulee molempiin päihin pala luuta, joka istutetaan leikkauksessa tehtäviin reikiin ja saadaan siten tukeva kiinnityskohta. Takareidestä otettaessa siirre muodostuu musculus semitendinosuksesta ja musculus graciliksesta. Bone-patellar tendon-bone siirteen etuna on tukeva kiinnitys molemmissa päissä olevien luunpalojen ansiosta. Takareidestä otetun siirteen selvä etu on vetolujuus, joka on yli 4100 Newtonia, verrattuna bone-patellar tendon-bone siirteen 2300 Newtonin vetolujuuteen. (Fu ym. 1999: 822.) Siirteen ottopaikka ei vaiku-

ta fysioterapian sisältöön, mutta ottopaikkaan vaikuttavat potilaan arkitoiminnot. Jos asiakas esimerkiksi istuu paljon polviensa päällä, otetaan siirre potilaan takareidestä.

Allogeenisen siirteen etuna on se, että potilaalle ei tule postoperatiivisia kiputiloja, koska siirre on otettu toisesta henkilöstä, eikä potilaalla näin ollen ole kivuliasta leikkauskohtaa. Muita etuja ovat muun muassa lyhyempi leikkausaika, siirteen ottopaikan vaihtoehtojen lukumäärä ja siirteen voimakkuus ja jäykkyys leikkaushetkellä verrattuna autogeeniseen siirteeseen. Allogeenisen siirteen haittoina ovat esimerkiksi kallis hinta, immunologiset reaktiot ja mahdollisesti siirteen mukana siirtyvät sairaudet. (Vyas ym. 2012: 198.) Autogeeninen siirre on kuitenkin todettu luotettavammaksi vaihtoehdoksi nuorilla urheilijoilla, jotka liikkuvat suhteellisen aktiivisesti. Allogeenista siirrettä suositellaankin käytettävän iäkkäämpien ja vähemmän aktiivisten potilaiden kanssa, jolloin vältetään turhilta kivuilta ja saadaan korvattua eturistiside tarpeeksi hyvällä korvikkeella. (Hensler ym. 2012: 188.)

Leikkauksessa siirre voidaan asettaa paikoilleen anatomisesti tai epäanatomisesti. Nykyisin suuri osa leikkauksista suoritetaan anatomisesti, koska silloin saadaan suuremmalla varmuudella palautettua polven alkuperäinen liikkuvuus (Hensler ym. 2012: 191). Anatomisesti asetettu siirre estää myös polven ulkokierron ja pienen lähennyksen, jotka epäanatomisesti asetettu siirre aiheuttaa. Tämän puutteellisen liikkuvuuden takia voikin olla mahdollista, että polveen tulee leikkauksen jälkeen nivelkulumaa. (Hensler ym. 2012: 185-186.)

3.2 Eturistisiteen ja siirteen vetolujuus

Terveen eturistisiteen vetolujuus on noin 2000 Newtonia. Eturistisidesiirrännäinen tulisi kuntouduttuaan osoittaa vastaavanlaista kestävyyttä, mutta sen kestävyys voi merkittävästi vaihdella. Siirrännäisen lopulliseen vetolujuuteen vaikuttavat mistä siirrännäinen on otettu, millä tekniikalla siirrännäinen on tehty, luovuttajan ikä sekä sen ominaisuudet. (Escamilla ym. 2012: 210.) Mansken (2006) mukaan eturistisiteen vetolujuus vaihtelee 1725 – 2195 Newtonin alueella. Lisäksi eturistisiteen jäykkyys on todettu vaihtelevan 242 N/mm ja 306 N/mm välillä. Polven tehdessä normaalin liikeratansa, eturistiside muuttuu pituussuuntaisesti 2,5mm verran. Käytettävässä siirrännäisessä tulisi olla samankaltaiset ominaisuudet. (Manske 2006: 191.)

4 Postoperatiivisen polven paraneminen ja terapeuttinen harjoittelu

Tässä luvussa käsittelemme mitä tulee ottaa huomioon postoperatiivisen polven terapeuttisessa harjoittelussa, mitä mahdollisia huomioitavia muutoksia pehmytkudoksissa (ligamentit, jänteet ja lihaskudos) on tapahtunut leikkauksen jälkeen, mikä on niiden paranemisaika sekä nivelsiteen maksimaalisen vetolujuuden saavuttamiseen tarvittava aika. Näitä aspekteja tarkastelemalla perustelemme terapeuttisen harjoittelun progressiivisen etenemisen vaikeuttamalla harjoitteita joko lisäämällä niiden haasteellisuutta tai kuormittavuutta terapian edetessä.

Kudosvaurion paranemiseen liittyy kolme vaihetta: akuutti tulehdus, uudistumis- eli regeneraatiovaihe ja uudelleenmuotoutumisvaihe. Varsinainen kudoksen korjaantuminen alkaa proliferaatiolla. (Ahonen ym. 2011: 131.) Kudosvaurion paranemisen vaiheet ovat jaksottaisia, eikä paranemisprosessi etene seuraavaan vaiheeseen ennen aikaisemman vaiheen päättymistä. Vaiheiden kesto vaihtelee ja se riippuu useista erinäisistä tekijöistä, kuten esimerkiksi kudosvaurion laajuudesta, kudoksen verenkierrosta ja kudostyyppistä. Vaiheet kulkevat osittain päällekkäin aina edellisen vaiheen kanssa. (Manske 2006: 4.) Eri vaiheiden aikana tehtävistä harjoitteista on koottu esimerkkilista tämän työn liitteeseen 1. Harjoitteet on lisäksi nähtävillä opinnäytetyön video-osuudessa. Harjoitteiden nimen perässä lukee aina kyseisen harjoitteen ajankohta viikkoina.

4.1 Akuutti paraneminen

Välittömästi leikkauksen jälkeen siirrännäinen vaatii aikaa kiinnittyäkseen luuhun. Tutkimukset ovat osoittaneet, että alkujakson 6 – 8 postoperatiivisen viikon aikana siirrännäisen kiinnittymiskohdat ovat vaurioalttiita eikä itse siirrännäinen. Siirrännäisen luutuminen, eli kiinnittyminen luuhun on todettu kestävän 6 – 12 viikkoa. Tämän jälkeen itse siirrännäinen on vaurioaltis. (Manske 2006: 229).

Akuutin paranemisen aikana tapahtuvat edellä mainitut kolme paranemisen vaihetta. Akuutin tulehduksen tehtävänä on luoda otollinen kasvu- ja korjautumisympäristö uudelle kudokselle puhdistamalla vaurioalue epäpuhtauksista. Akuutti tulehdus käynnistyy erinäisten kemiallisten välittäjäaineiden reaktioista, jotka pääsääntöisesti vaikuttavat verenkiertoon ja vammautuneen kudoksen soluihin. Se on ensimmäinen vastatoimi kudokseen ja sen toimintaan kohdistuvaan traumaan tai loukkaantumiseen. Tulehdus

muodostuu vammakohtaan ja sen tehtävä on tuhota vieraat aineet tai taudinaiheuttajat. Tulehdus on normaali ja välttämätön osa paranemisprosessia ja se mahdollistaa kudosten uusiutumisen. Akuutin tulehduksen aineenvaihdunnalliset reaktiot muodostavat nestekertymän, sekä valkosolujen ja fagosyyttien lisääntymisen vaurio alueelle. Akuutin tulehduksen vaihe voi kestää vuorokaudesta neljään vuorokauteen. (Manske 2006: 5, Ahonen ym. 2011: 132).

Uudistumisvaihe alkaa proliferaatiolla, joka kestää 2-4 vuorokautta, jolloin makrofagit saavat fibroblastit saapumaan vaurioalueelle. Fibroblastit alkavat jakautua ja muodostavat sidekudosverkon, johon uudet verisuonet kasvavat. Alueelle syntyy granulaatiokudosta, jossa on makrofageja, verisuonia muodostavia soluja (endoteelisoluja), fibroblasteja, epäkypsiä kollageenisäikeitä ja fibronektiiniverkko. (Ahonen ym. 2011: 133.) Alueelle muodostunut granulaatiokudos ei ole rakenteeltaan yhtä tiheä ja tiivis kuin vanha, mutta arpikudoksen vetäytyessä kasaan uudelleen muodostunut kudos muuttuu sisemmäksi ja tiivistyy. Tämä käynnistää pehmytkudoksen kolmannen ja viimeisen paranemisvaiheen. (Manske 2006: 8.)

Uudelleenmuodostusvaiheen aikana muodostunut arpiverkosto saavuttaa vetolujuutta jatkuvan kollageenisynteesin avulla, joka samalla muokkaa arpea halutun kokoiseksi ja muotoiseksi (Manske 2006: 8). Epäkypsät kollageenisäikeet korvautuvat joustavimmilla ja lujemmilla säikeillä. Säikeet alkavat myös järjestäytyä kudossolujen suuntaisiksi. Olennaista tässä vaiheessa on kudoksen kuormittaminen, mikä ohjaa kollageenisäikeiden järjestäytymistä ja lisää niiden vetolujuutta. Kollageenin järjestäytymistä parantavaa tensiota voidaan synnyttää paranevaan kudokseen venyttämällä ja/tai lihasta supistamalla. Tämän vaiheen kesto on kolmesta viikosta kuukausiin tai vuosiin kudoksen tyypistä riippuen. (Ahonen ym. 2011: 133.)

4.2 Ligamentisaatio

Kiinnityskohtien luutumisen, alkuvaiheen heikentymisen ja verisuoniston uudelleen kehittymisen jälkeen siirrännäinen kokee maturaation, jota kutsutaan ligamentisaatioksi. Useamman viikon kestävän maturaation aikana siirrännäisen vetolujuutta kestävät ominaisuudet paranevat. (Escamilla ym. 2012: 210.) Tätä ligamentisaatiota voisi kuvaila koostuvan hajanaisesti järjestäytyneistä kollageenisäikeistä ja ulkonäöllisesti tiheästi, sekä pitkittäissuuntaisesti järjestäytyneistä kollageenikimpusta. Paranemisprosessin aikana siirrännäisessä tapahtuu verisuonikuolio sekä uudelleen verisuonitus kehittyväs-

tä synoviaalivaipasta. Maturaation edetessä synoviaalivaippa on havaittu ohentuvan enemmänkin ylläpitäväksi kudusrakenteeksi. Uudelleen suonitus tukee kollageenisäikeiden lisääntymistä, joka lopulta muistuttaa histologiselta ulkomuodoltaan nivelsidettä 12 – 18 postoperatiivisen kuukauden jälkeen. (Parker 1994: 48.)

Lisääntynyt fyysinen aktiivisuus asteittain kuormittamalla edesauttaa ligamentisaatiota lisäämällä kudoksen aineenvaihduntaa, sekä auttaa kollageenisäikeiden järjestäytymistä. Tutkimuksissa on mitattu korkeampia aineenvaihdunnallisia muutoksia kollageenikudoksissa liikunnan ansiosta, kuin immobilisoiduissa kollageenikudoksissa. Harjoittelun vaikutuksesta lisääntynyt aineenvaihdunta voi nopeuttaa kollageenisynteesiä kuntoutuvassa siirrännäisessä, sekä kasvattaa sen kokoa ja kestävyttä. Väittämää tukee tutkimustieto, jonka mukaan liikunnan on todettu lisäävän paranevan nivelsiteen vetolujuutta ja luuliitosta koirilla. Tarkkaa ja selventävää tutkimustietoa liikunnan vaikutuksesta siirrännäisen paranemisnopeuteen ei kuitenkaan ole saatavilla, eikä vielä täysin ymmärretä liikunnan vaikutusta ligamentisaatioon. (Parker 1994: 48.)

4.3 Postoperatiivinen polvi

Postoperatiivisen polven paranemisessa huomioitavia tekijöitä ovat tulehdus ja turvotus. Tulehdus on osa kudoksen paranemisprosessia ja tulehdustekijä voi levitä ympärillä oleviin terveisiin kudoksiin ja aiheuttaa kemiallista ärsytystä ja täten kipua. Turvotus taas ahtauttaa kudusrakenteita ja polviniveltä, jolloin polven liikelajuuus (ROM – range of motion) pienenee. Turvotus kompressoii nosiseptiivisiä hermopäätteitä mikä aiheuttaa paineen tunnetta sekä kipua polvinivelessä. Turvotuksen ja tulehduksen aiheuttavat leikkauksessa vaurioituneet veri- ja hiussuonet, joiden repeämistä vuotaa verta soluväli tiloihin. Tästä seuraa useita reaktioita verisuonten ja solujen tasolla, kuten esimerkiksi trombosyyttien aktivoituminen, jonka avulla saadaan säädelyä vuodon voimakkuutta. (Manske 2006: 4.)

Postoperatiivisen polven terapeuttisen harjoittelun progressiivista kuormittavuutta ohjaa kudoksen vetolujuus, eli se, miten paljon uutta kudosta voidaan missäkin vaiheessa rasittaa. Ennenaikainen kova fyysinen rasitus esimerkiksi siirrännäisen ottokohdassa aiheuttaa lisätraumoja kudoksille ja pitkittää niiden paranemisprosessia sekä kuntoutumista operaatiosta. Huomioimmekin työssämme patofysiologian sekä itse siirteessä että sen ottokohdassa: harjoittelussa otetaan huomioon jänteiden sekä lihaskudoksen

eri paranemisajat, jotta varmistutaan siitä, että kudosten vetolujuus on riittävä harjoitteen turvallisen suorittamisen kannalta.

4.4 Nivelsiteen paraneminen

Nivelsiteen revähtäessä ilmenee merkittävä määrä kipua ja verenvuotoa. Akuutin tulehduksen muodostama turvotus aikaansaa valkosolujen, punasolujen ja imusolujen saapumisen vaurioalueelle. Nivelkapselin ulkopuolella tapahtuvaa revähdystä kutsutaan ekstrakapsulaariseksi repeämiseksi, jolloin verenvuotoa ilmenee ihonalaisessa tilassa. Jos repeämä tapahtuu nivelkapselin sisäpuolella, kutsutaan sitä intrakapsulaariseksi repeämiseksi. Tällöin verenvuotoa ilmenee nivelkapselin sisäpuolella, kunnes verihyytymä tai kapselin sisäpuolella lisääntynyt paine pysäyttää verenvuodon. 72 tunnin sisällä loukkaantumisesta verenvuoto vaurioituneista kudoksista on vähäistä ja tulehdustekijät alueella kiihdyttävät verenkiertoa laajentamalla verisuonia ja lisäävät niiden läpäisevyyttä. Fibroblastit alkavat muodostamaan uutta ja kestävämpää kudosta, joka koostuu pääasiallisesti vedestä, glykosaminoglykaanista ja tyypin III kollageeneista. (Manske 2006: 12.) Nivelsiteiden ja jänteiden kuivapainosta noin 75 - 80 prosenttia on kollageenia. Kollageeni on syinen proteiini, joka sitoo pehmytkudoksia toisiinsa ja täten vastustavat kudoksiin kohdistuvia ulkoisia voimia. (Parker 1994: 48.) Tässä vaiheessa paranemista nivelside kestää vähäistä vetoa (Manske 2006: 12).

Seuraavan kuuden viikon aikana muodostuu uusia kapillaarisuonien alkujia ja fibroblastit muodostavat fibriinihyytymän. Nivelsiteen repeytyneet päät voivat yhdistyä uudelleen hyytymän ansiosta. Kollageenisäikeet järjestäytyvät epäsäännöllisesti vammakohtaan muodostaen arpikudosverkon. Kuudennen viikon jälkeen tyypin I kollageenisäikeet korvaavat tyypin III kollageenin. Samalla glykosaminoglykaani ja vesi kudoksesta vähenee, kuten tulehdustekijätkin. Fibrillit suurenevat kooltaan ja alkavat muodostamaan tiukasti pakattuja fibrillikimppuja, fibroplastien määrän vähentyessä samalla kudoksessa. Kudoksen elastisuus vähenee vetolujuuden vahvistuessa.

Seuraavien kuukausien aikana tapahtuu kudoksen maturaatiovaihe, jossa kollageenisäikeet järjestäytyvät kudossolujen suuntaisesti. Kudokseen kohdistuva tensio voi edesauttaa kollageenin järjestäytymistä arpialueelle. Uudelleenjärjestäytymisenvaihe voi kestää jopa 12 kuukautta. Paranemisprosessia voi hidastaa tai jopa estää nivelsiteen ennen aikainen liiallinen kuormitus tai liian vähäinen kuormitus, jolloin kolla-

geenisäikeiden järjestäytyminen voi häiriintyä. Nivelsiteen repeytyneiden päiden onnistunut yhdistyminen arven ansiosta vaikuttaa paranemisaikaan.

Tutkimustuloksien mukaan paranevan nivelsiteen pidentynyt kuormittamattomuus johdattaa kudoksen heikkoon vetolujuuteen. Immobilisaatio vähentää nivelsiteen vetolujuutta sekä heikentää sen kiinnittymistä luuhun. Siksi terapeuttisesti tehty tensio kudokseen paranemisprosessin aikana edesauttaa kudosten uudelleenjärjestäytymistä ja täten parantaa sen vetolujuutta. (Manske 2006: 12.)

NIVELSITEEN PARANEMISAIKA	
Traumasta kulunut aika	Patofysiologinen prosessi kudoksessa
Välittömästi	Punasolujen, valkosolujen ja imusolujen saapuminen vamma-alueelle
24 tuntia	Makrophagit ja monosyytit puhdistavat vamma-alueen
72 tuntia	Vaurioituneissa kudoksissa minimaalinen verenvuoto
Seuraavat 6 viikkoa	<ul style="list-style-type: none"> - Kapillaarisuonien muodostuminen - fibriini hyytymän muodostuminen - kollageenisäikeiden epäsäännöllinen järjestäytyminen
6 viikkoa – 1 vuosi	<ul style="list-style-type: none"> - Tyypin I kollageenisäikeet korvaavat tyypin III säikeet - fibrillit suurenevat ja muodostavat kimppuja - fibroblastien lukumäärä pienenee
Noin 1 vuosi	Nivelside on saavuttanut lähes täyden vetolujuuden

Taulukko 1. Nivelsiteen paranemisaika. (Manske 2006: 13.)

4.5 Jänteen paraneminen

Jänteen jatkuvasta yllirasituksesta tai siihen kohdistuneesta traumasta syntyy tulehdus. Neljän päivän sisällä vauriosta, jänteen korjaantuminen alkaa fibroblastien ja fagosyyttisolujen imeytymisellä, jonka seurauksena jänteen vetolujuus lähtee nopeaan laskuun. Kollageenisynteesi käynnistyy 7 – 8 päivän sisällä vauriosta. Kuudennentoista päivän kohdalla fibroplasia, eli uuden syisen kudoksen muodostuminen on saatu päätökseen. Paranemisprosessin toisessa vaiheessa fibroblastit ovat vallitseva kudostyyppi ja ohjautuvat kohtisuoraan jänteen pitkittäisakselin suuntaisesti kollageenisäikeiden kanssa. Seuraavan kahden kuukauden aikana uudelleenjärjestäytymisenvaiheessa kollageenisäikeet järjestäytyvät jänteen pitkittäissuuntaisen akselin mukaisesti. Neljän kuukauden kuluttua vauriosta kudoksen maturaatiovaihe on valmis, edellyttäen, että jänteen tarpeellista terapeutista kuormitusta on tapahtunut. (Manske 2006: 13.)

JÄNTEEN PARANEMISAIKA	
Traumasta kulunut aika	Patofysiologinen prosessi kudoksessa
Välittömästi	Tulehdus vaihe alkaa hyytymän muodossa
4 päivää	Jänteen korjaantuminen käynnistyy fibroblastien ja fagosyyttisolujen avulla
7-8 päivää	Kollageenisynteesi alkaa, joka saavuttaa huippunsa noin neljän viikon sisällä
16 päivää	<ul style="list-style-type: none"> - fibroplasia on valmis - fibroblastit ovat vallitseva kudostyyppi - fibroblastit ja kollageenisäikeet ohjautuvat kohtisuoraan jänteen pitkittäisakselin suuntaisesti
2 kuukautta	Vaurio alueen uudelleenjärjestäytymisen vaihe alkaa
4 – 12 kuukautta	<ul style="list-style-type: none"> - fibroblastit vaihtuvat tenosyyteiksi - tyyppin II kollageeni vaihtuu tyyppin I kollageenisäikeisiin - maturaatiovaihe on normaalisti valmis - uudelleen järjestäytymisenvaihe voi jatkua vielä vuoden päästä vaurion

	synnystä, johon mennessä vetolujuus on saavuttanut 85-95% vahvuuden normaalista
--	---

Taulukko 2. Jänteen paranemisaika. (Manske 2006: 13.)

4.6 Lihaskudoksen paraneminen

Poikkijuovaisen lihaksen solut ovat muodoiltaan pitkiä ja ohuita, täten niitä kutsutaankin lihassäikeiksi. Lihassäikeet muodostavat lihassäiekimppuja, joita ympäröi tukikudos. Tämä on olennaista lihaksen paranemista ajatellen, sillä lihaksella on kyky uusiutua eli regeneroitua. Lihasta ympäröivällä tukikudoksella ei uusiutumiskykyä ole ja paraneminen tapahtuukin kudoksen korjaantumisella.

Lihaskudos paranee nopeasti sen tehokkaan verisuonituksen takia. Paranemisprosessiin kuuluu kaksi keskenään kilpailevaa vaihetta: lihassäikeiden uudelleen muodostuminen ja korjaavan arpikudoksen muodostuminen ympärillä oleviin tukikudoksiin. Vamman sattuessa lihaskudoksessa ilmenee verenvuotoa ja turvotusta sekä degeneratiivisia muutoksia. Fagosyyttisolut puhdistavat vamma-alueen jätteistä.

Poikkijuovaisenlihaskudoksen solut ovat kestäviä eivätkä omaa nopeaa lisääntymiskykyä. Siksi vahingoittunut lihaskudos vapauttaa satelliittisoluja aktivoivia ainesosia kudoksen regeneraatiovaiheen aikana. Aktivoituessaan satelliittisolut kasvavat ja erilaisuvat muodostaakseen uutta poikkijuovaislihassolukkoa kuolleen kudoksen tilalle. Tämä voi kestää jopa useamman viikon ajan. Lihasevähdyksen ollessa täydellinen, lihas paranee revenneiden päiden muodostuneen tiheän arpikudoksen avulla. Tosin lihaskudos ei uusiudu arven halki ja täten lihaksen toiminnallisuus ei palaudu. (Manske 2006: 15.)

LIHAKSEN PARANEMISAIKA	
Traumasta kulunut aika	Patofysiologinen prosessi kudoksessa
Välittömästi	Lihassyyt ovat vaurioituneet, makrofagit saapuvat vaurio alueelle
1-4 päivää	- Fibroblastit ilmenevät - lihastonus laskee

7 päivää	Suurissa lihassyissä on havaittavissa arpi- kudosta
7-10 päivää	Vetolujuus on kasvanut
10 päivää	- fagosyytit ovat lisääntyneet - makrofagit ovat vallitsevia syö- jäsoluja
2 viikkoa	- Alkavien putkimaisien lihassolujen muodostumista
3 viikkoa	- lihassyitä on näkyvissä
1.5 – 6 kuukautta	- Lihaksen supistumiskyky on palau- tunut 85-90% normaalista

Taulukko 3. Lihaksen paranemisaika. (Manske 2006: 15.)

5 Terapeuttisen harjoittelun fysiologiset perusteet

Tässä opinnäytetyössä esitellyjä harjoitteita toteutetaan erilaisilla lihastyön muodoilla. Lihastyötä on kolmea eri laatua, joista jokaisella saadaan vaikutettua tiettyyn, haluttuun ominaisuuteen. Eksentrisellä lihastyöllä pyritään erityisesti lihasten toiminnan harjoittamiseen ja kivuttomaan tilanteeseen, mutta sen avulla saadaan lisättyä myös voimaa ja lihaksen massaa. Konsentrisella työllä lisätään lihasten voimaa ja massaa. Isometrisellä työllä saadaan harjoitettua lihaskontrollia. Isometriset harjoitteet kuitenkin harjoitavat kontrollia juuri siinä asennossa, jossa harjoite tehdään. Jotta saavutettaisiin mahdollisimman hyvä kontrolli polvea ajatellen, tulee harjoitteita tehdä eri polvikulmissa ja lähtöasennoissa.

Leikkauksen jälkeen potilaalla on noin kolmen viikon ajan käytössään kyynärsauvat. Tänä aikana leikattua polvea ei saa käyttää normaalisti eikä sille voi varata normaalisti. Tämä johtaa lihasten surkastumiseen ja nopeimmin lihaksista surkastuu musculus quadriceps femoriksen vastus medialis. Tämä lihas suorittaa polven ojennuksen viimeisen vaiheen, jonka laajuus on noin 10 astetta. Polven suoristuminen on tärkeää, koska silloin polvi saadaan lukittua paikoilleen seistessä, jolloin ei käytetä turhaan reisi-
lihasten energiaa asennon ylläpitämiseksi. Tästä syystä eteenkin vastus medialis on

hyvä saada aktivoitua mahdollisimman nopeasti fysioterapian alettua. Tutkimusten mukaan turvallinen tapa lihaksen aktivoimiseksi ja lihasvoiman lisäämiseksi on eksentrisen lihastyö (Gerber ym. 2009: 52). Edellä mainitussa tutkimuksessa mitattiin eksentristen harjoitteiden vaikutusta musculus quadriceps femoriksen, musculus gluteus maximuksen, musculus graciliksen ja hamstring-lihasten voimaan ja kokoon. Kaikkien lihasten kohdalla tapahtui huomattavaa kehitystä molempien osa-alueiden suhteen sekä kontrolli- että koeryhmässä, mutta koeryhmän tulokset olivat lähes 50% paremmat m. quadriceps femoriksen ja m. gluteus maximuksen kohdalla. (Gerber ym. 2009: 55-56.)

Eksentrisen lihastyön tuoma helpotus kipuun voi johtua siitä, että konsentrisen lihastyön aikana lihaksen aineenvaihdunta kasvaa ja sitä kautta lihakseen muodostuu kuona-aineita, jotka saattavat aiheuttaa kemiallista ärsytystä hermosoluille, joka johtaa lopulta kivun tuntemuksiin. Eksentrisen lihastyön aikana lihas myös tuottaa enemmän voimaa ja kuluttaa vähemmän energiaa. (Lorenz – Reiman 2011: 28.) Eksentrisellä työllä saavutetaan keskimäärin paremmat voimatasot lihaksissa sekä paremmat tulokset hyppyjen pituuksia mitattaessa. Myös polvinivelen liikeradassa on nähtävissä eroja riippuen siitä, onko harjoitusohjelmassa ollut alkuvaiheesta lähtien eksentrisiä harjoitteita. Harjoittelun alkuvaiheessa eksentristen harjoitteiden tulee olla suljetussa kineettisessä ketjussa tehtyjä. (Lorenz – Reiman 2011: 39.)

Opinnäytetyössä olevien eri terapeuttisten harjoitteiden kohdalle merkityt palautumisajat on perusteltu fysiologian tutkimustietoa hyväksikäyttäen. Kuormituksen kesto ja rasittavuus määrittelevät mitä energiavarastoja käytetään, tai millä energiantuotannon keinoin elimistö sopeutuu rasitukseen. Fysiologian kannalta työssä on tarkasteltu eri energiavarastojen hyödynnettävyys, energiantuotto ja varastojen täydentymiseen tarvittava aika rasituksen jälkeen eli palautuminen.

5.1 Energiantuotto

Toimiakseen lihassolut ja elimistön muutkin solut tarvitsevat energiaa eli ATP:tä. ATP eli adenosiinitrifosfaatti on kemiallista energiaa, jonka poikkijuovainen lihaskudos muuntaa mekaaniseksi energiaksi eli lihasvoimaksi. Energiaa vapautuu, kun fosfaattisidokset hajoavat (Ahonen ym. 1988: 82). ATP:tä muodostuu lihassolujen mitokondrioidissa hapen avulla tai ilman happea solulimassa.

Hapen avulla tapahtuvaa energiantuottoa kutsutaan aerobiseksi energian tuotoksi. Kun happea on riittävästi, ravintoaineet ”muuttuvat” ATP:ksi lihassolujen mitokondriojyvissä. Tapahtumaa kutsutaan soluhengitykseksi. (Ahonen ym. 1988:82.) Ilman happea tapahtuvaa energian tuottoa kutsutaan anaerobiseksi energiantuotoksi. Raskaassa rasituksessa lihaksen hapensaanti ei vastaa sen tarvetta. Lihastyö ei kuitenkaan lopu hapenpuutteeseen välittömästi vaan rasitusta voidaan jatkaa tuottamalla lihassupistukseen tarvittavaa ATP:tä glykolyttisesti eli hajottamalla ravintoaineita ilman happea, anaerobisesti. Anaerobinen energiantuotto tapahtuu solulimassa siinä olevien entsyymien avulla (Ahonen ym. 1988: 82.)

Aerobinen energiantuotto on taloudellisempaa ja siitä saatu hyöty maksimaalista. Aerobisessa energiantuotossa ravintoaineista muodostuu suurin mahdollinen määrä adenosinitrifosfaattia. Anaerobisessa energiantuotossa ATP:n muodostus on nopeampaa, mutta saatujen ATP-molekyyliden määrä vähäisempi. Glukoosimolekyylistä muodostuu 3 ATP-molekyyliä, kun aerobisessa hajoamisessa syntyy 36 (Ahonen ym. 1988: 82). Lisäksi anaerobisessa energiantuotossa syntyy sivutuotteena vetyioneja, jotka vaikuttavat soluliman pH-arvoon kasvattamalla sen happamuutta eli pH-arvo laskee. Raskaassa rasituksessa lihaksen hapensaanti ei vastaa sen tarvetta. Tällöin ATP:n hajoamisen yhteydessä vapautuvat vetyionit jäävät käyttämättä ja kasaantuvat lihassoluihin. Soluliman happamuus kasvaa eli pH laskee. Tällöin muun muassa ATPaasi-entsyymien toiminta hidastuu, energiantuotto vähenee ja lihastyö alkaa väsyttää. (Ahonen ym. 1988: 82.) Rasituksen ylittäessä niin kutsutun anaerobisen kynnyksen, verenkierron välittämät ravintoaineet ja happi eivät riitä tuottamaan kovassa rasituksessa tarvittavaa ATP-määrää. Näin ollen lihas alkaa tuottaa ATP:tä ilman happea pilkkomalla varastosokeriaan eli glykogeeniä. Samalla syntyy maitohappoa. (Ahonen ym. 1988: 84.)

Glykolyysin yhteydessä osa glukoosista muuttuu palorypälehapon kautta maitohapoksi. Tämä tarkoittaa sitä, että suurin osa maitohappomolekyyleistä liukenee soluliman veteen, jolloin maitohaposta irtoaa solulimaan vetyioneja. (Ahonen ym. 1988: 82.) Edellisissä väittämässä on myös otettu kantaa lihasväsymyksen synnylle, joidenka mukaan maitohapon ja vetyioneiden synty saavat aikaan lihastyön väsymisen. Ahosen ym. (1988) mukaan tämä ATP:n ”vetyionituotto” näyttää olevankin merkittävämpi tekijä lihasväsymyksen syntymisessä kuin mitä maitohappo on (Ahonen ym. 1988: 82). Uusimman tutkimustiedon mukaan maitohaposta irtoavat vetyionit eivät kuitenkaan laske

lihaksen pH-arvoa juuri lainkaan eivätkä näin ollen ole mikään suuri tekijä lihaksen väsymisessä (Ahonen – Sandström 2011: 109). Aiheeseen palataan opinnäytetyössä myöhemmin käsiteltäessä lihastyöstä palautumista.

5.2 Energiavarastot

Energianlähteinä lihaksemme hyödyntävät niissä sijaitsevia fosfaatti- ja kreatiinifosfaattivarastoja, veressä; lihaksissa ja maksassa olevia hiilihydraatteja (veren glukoosi, lihaksiin ja maksaan varastoitunut glykogeeni), sekä rasvoja. Energianlähteiden hyödynnettävyys ovat rajalliset ja siten rasituksen kesto määrää mitä energialähteitä lihaksemme käyttävät. Terapeuttisessa harjoittelussa tehdyt harjoitteet eivät ole suorituskestoltaan yli minuutin. Tällöin hyödynnetään pääsääntöisesti lihassolujen fosfaatti- ja kreatiinifosfaattivarastoja, sekä glykogeenivarastoja.

Ensimmäiseksi lihakset käyttävät fosfaatti- ja kreatiinifosfaattivarastot, joidenka käyttöön otto on mahdollista heti rasituksen alettua. ATP:tä varastoituu lihassoluihin hyvin vähän ja tämä riittää kaksi sekuntia kestävään maksimaaliseen lihasrasitukseen. Lihassoluissa on toistakin fosfaattia varastoituneena, kreatiinifosfaatti, joka riittää tuottamaan ATP:tä maksimaalisen rasituksen yhteydessä noin kuusi sekuntia. (Ahonen ym. 1988: 84.) Lihassoluissa varastoituneet fosfaatti- ja kreatiinifosfaattivarastot tuottavat energian tarpeen lyhyt kestoiseen ja nopeaan lihastyöhön. Urheilulajit, joissa suoritukset ovat lyhyt kestoisia ja vaativat paljon räjähtävyyttä, kuten painonnosto ja 100m pikajuoksu, hyödyntävät fosfaatti- ja kreatiinifosfaattivarastoja. Ahosen ynnä muiden (1988) mukaan voimaharjoittelulla on positiivinen vaikutus varastojen suurentamiseen. Viiden kuukauden voimaharjoittelun on raportoitu lisäävän ATP-varastoja 18% ja kreatiinifosfaattivarastoja 22%. (Ahonen ym. 1988: 85.)

Fosfaatti- ja kreatiinifosfaattivarastojen ehdyttyä lihakset hyödyntävät hiilihydraatteja pääasiallisena energianlähteenä. Tällöin lihasten käytettävänä ovat sekä veren glukoosi (sokeri) että lihaksistoon ja maksaan varastoitunut glykogeeni. Glykogeeni on glukosimolekyylien muodostama varastosokeri. (Ahonen ym. 1988: 85.) Poikkijuovaiset lihakset sisältävät noin 1-3 prosenttia glykogeeniä eli yhteensä noin 200-300 grammaa. Glykolyysi eli glykogeeni-maitohappojärjestelmä aktivoituu miltei samanaikaisesti kreatiinifosfaatin hajoamisen kanssa. Glykogeeni-maitohappojärjestelmä tuottaa tehokkaasti ATP:tä maksimaalisen lihastyöhön noin kahden minuutin ajan. (Ahonen – Sandström 2011: 109.) Kuten fosfaatti- ja kreatiinifosfaattivarastoissa, myös glykogeeni-

maitohappojärjestelmän etuna on sen kyky tuottaa energiaa nopeasti. Ahosen ja Sandströmin (2011) mukaan se tuottaa lihastyön alkaessa ATP:tä yli kaksi kertaa nopeammin kuin mitokondrioissa tapahtuva aerobinen aineenvaihdunta, vaikka on energiantuottokyvyltään varsin vaatimaton (Ahonen – Sandström 2011: 109).

5.3 Palautuminen

Palautumisesta puhuttaessa normaalisti käsitämme sen hetkellisenä taukona kovasta fyysisestä ponnistuksesta, jonka tarkoituksena on sykkeen laskeminen takaisin perusarvoon ja raskaan hengittämisen normalisoituminen. Fysiologisesti palautumisen tarkoituksena on uudistaa lihasten fosfaatti- ja kreatiinifosfaattivarastot, myoglobiinihappivarastot, glykogeenivarastot ja poistaa maitohappo lihaksista, sekä verestä.

Palautumisella tarkoitetaan niiden muutosten korjaamista, jotka fyysinen aktiivisuus on tuottanut aineenvaihdunnalle. Laajemmin ajateltuna palautumisen voidaan sisällyttää myös lihasten ja jänteiden palautuminen lepopituuteen, verenkierto- ja hengityselimistön palaaminen perustoimintatilaan ja rasituksen aikaisten hormonieritysmuutosten korjaantuminen normaalirytmiiin. Kaiken kaikkiaan on kysymyksessä homeostaasin saavuttaminen. (Ahonen ym. 1988:106.) Ahosen ja Sandströmin (2011) mukaan palautuminen voidaan jakaa neljään tapahtumaan: 1) rasituksen jälkeiseen ylimääräiseen hapenkulutukseen, 2) lihaksen fosfaattivarastojen rakentamiseen, 3) myoglobiinin happivarastojen uusimiseen sekä 4) lihaksen glykogeenivarastojen uudistamiseen (Ahonen – Sandström 2011: 127).

5.3.1 Happivelka ja maitohappo

Happivelaksi on nimitetty lihastyön loppumisen jälkeen käytettyä happimäärää, joka on noin 11 litraa lepokulusta suurempi. Aikaisemmin arveltiin, että lisääntynyttä hapenkulutusta tarvitaan lähinnä ATP:n tuottamiseen ja kreatiinifosfaattivarastojen uusimiseen sekä elimistöön kertyneen laktaatin hajottamiseen. Nykyään puhutaan rasituksen jälkeisestä ylimääräisestä hapenkulutuksesta, EPOC:ista (engl. excess post-exercise oxygen consumption) eikä sitä enää yhdistetä laktaatin hajottamiseen. Sen sijaan ylimääräistä happea kuluu kreatiinifosfaattivarastojen uusimiseen ja lihaksen happivarastojen täydentämiseen. (Ahonen – Sandström 2011:127.)

Happea ei ainoastaan kulu rasituksen jälkeen lihasten varastojen uusiutumiseen. Raskas fyysinen ponnistelu saa kehossamme aikaan myös hormonieritykseen muutoksia,

sekä kehon lämpötila kohoaa. Ahosen ja Sandströmin (2011) mukaan happea kuluu mitokondrioissa paljon, niin kauan kuin veren lämpötila on kohollaan ja veressä on paljon adrenaliini- sekä noradrenaliini-hormoneja (Ahonen – Sandström 2011: 127). Toisaalta sydänlihas ja hengityselimistö tarvitsevat lepotilaa enemmän energiaa kunnes syke ja keuhkotuuletus normalisoituvat. Tällöin ATP:tä saadaan rasvavarastoista, joiden hajottaminen vie runsaasti happea. (Ahonen – Sandström 2011: 127.) Palautumisen aikana hapenkulutus voi olla jopa 40 litraa 60 minuutin ajan, kun lepotilassa samassa ajassa kulutetaan 18 litraa happea (Ahonen ym. 1988: 106).

Aikaisemmin luultiin, että lisääntyttä hapenkulutusta tarvitaan myös laktaatin hajottamiseen lihaksissa. Uusimpien tutkimustietojen mukaan rasituksen jälkeistä ylimääräistä hapenkulutusta ei yhdistetä laktaatin hajottamiseen. Mitä laktaatille sitten tapahtuu? Tiedetään, että kovan rasituksen aikana, kun happea ei ole riittävästi saatavilla, lihakseen muodostuu vety-ioneja sekä palorypälehapoa. Kun ne reagoivat keskenään, syntyy laktaattia. Näin ajateltuna laktaatti on tärkeä fysiologinen puskuriaine, joka estää vety-ionien kasaantumisen ja pH:n laskun. Laktaatti voi jäädä lihassoluun ja muuttua takaisin palorypälehapoksi tai siirtyä verenkiertoon ja sitä kautta muiden kudosten energianlähteeksi. Laktaatti on myös keskeinen yhdiste sokerin uudismuodotuksessa sekä rasituksen aikana että sen loputtua. (Ahonen – Sandström 2011: 128.)

Urheilijoita kehoitetaan palautumisvaiheen aikana kevyeen liikkeeseen sykkeen tasaantumiseksi ja palautumisen nopeuttamiseksi. Tämä perustuu siihen, että kevyt liike ylläpitää verenkiertoa lihaksiin ja näin laktaatti siirtyy verenkierron kautta toimivien lihaksien energianlähteeksi. Maitohapon puoliintumisaika eli aika, jonka kuluessa puolet veren maitohaposta on hajotettu, lyhenee liikunnan vaikutuksesta 25 minuutista 11 minuuttiin (Ahonen ym. 1988: 108).

5.3.2 Lihaksen fosfaatti- ja myoglobiinihappivarastojen uudistuminen

Ahosen ja Sandströmin (2011) mukaan miltei täydellinen kreatiini fosfaattivarastojen uudistuminen uuvuttavan rasituksen jälkeen kestää ajallisesti viidestä minuutista viiteentoista minuuttiin. Varastojen palautumiseen tarvittava aika riippuu kuinka paljon kreatiini fosfaattivarastoja on käytetty ja kuinka paljon lihasten pH on laskenut, koska varastot purkautuvat hitaammin alhaisessa pH:ssa. Myös rasitukseen käytettyjen lihasten motoristen yksiköiden ja lihassolujen tyypit vaikuttavat kreatiini fosfaattivarastojen uusiutumisen nopeuteen. (Ahonen – Sandström 2011: 128.) Koska intervalliharjoittelussa

ja lyhyt kestoisissa raskaissa fyysisissä ponnisteluissa pääsääntöisesti käytetään energiantuottoon kreatiinifosfaattivarastoja, varastot täyttyvätkin osittain nopeasti. Jo 20 sekunnin kuluttua rasituksen loppumisesta puolet varastoista on täytetty. Koko varastot ovat uudistuneet kahdessa tai kolmessa minuutissa. (Ahonen ym. 1988: 106.) Uusimpien tietojen mukaan Ahonen ja Sandström (2011) kirjoittavat, että puolentoista minuutin kestoisen levon jälkeen noin 65% kreatiinifosfaattimäärästä oli uusiutunut ja seuraavan noin viiden minuutin aikana yli kahdeksaankymmeneen viiteen (85) prosenttiin. Matemaattisen mallin avulla tutkijat arvioivat, että kreatiinifosfaatin määrä ei yllä edes 95%:iin lepoarvoon nähden, kuin 13,6 minuutissa rasituksen loppumisen jälkeen. (Ahonen – Sandström 2011: 128.) Kreatiinifosfaattivarastot uusiutuvat glykolyysissä ja aerobisessa aineenvaihdunnassa syntyvien ATP-molekyylien avulla (Baker ym. 2010).

Myoglobiini on hemoglobiinin kaltainen happea sitova yhdiste. Sitä on runsaasti punaisissa lihassoluissa ja se aiheuttaa niiden värin. (Ahonen ym. 1988: 107.) Myoglobiini sitoo 70kg painavalla henkilöllä noin 300 millilitraa happea, joka on käytettävissä heti rasituksen alkaessa (Ahonen – Sandström 2011: 129). Tiedämme, että kudoksien energiantuottoon tarvittava happi saadaan muun muassa keuhkojen ventilaatiosta, jossa hemoglobiinit sitovat hapen raudan avulla ja kuljettavat verenkierron avulla hapen kudoksille käytettäväksi. Myoglobiinit siirtävät happea lihassolun kalvolta mitokondrioihin muodostamatta kuitenkaan mitään anatomista yhteyttä lihassolun kalvon ja mitokondrioiden välille. Myoglobiinista irronnut happi liikkuu lihassolussa ainakin osittain diffuusion avulla. (Ahonen – Sandström 2011: 129.) Lihastyön käyttämä myoglobiinihappivarasto uusiutuu kudoksen lämpötilasta ja happiosapaineesta riippuen muutamassa kymmenessä tai sadassa millisekunnissa lihaksen verenkierron käynnistymisen jälkeen (Gros ym. 2010).

5.3.3 Lihasten glykogeenivarastojen uusiutuminen

Energiantuotto kappaleessa käsitelimme kuinka pH:n lasku vetyioneiden vaikutuksesta hidastaa ATPaasi-entsyymin toimintaa ja täten vaikuttaa energiantuottoon ja väsymiseen. Seurauksena oli, että energiantuotto tällöin tapahtuu glykogeenivarastoja hyödyntäen anaerobisesti. Tällöin lihasten glykogeenivarastot hupenevat ja johtaa väsymiseen. Lihasten glykogeeni-varastojen uusiminen uuvuttavan rasituksen jälkeen on todennäköisesti tärkein tekijä, joka vaikuttaa siihen, kuinka pitkä aika tarvitaan palautumiseen (Ahonen – Sandström 2011: 129). Ahosen ja Sandströmin (2011) mukaan glykogeenivarastojen täydellinen uusiutuminen voi tapahtua 24 tunnin aikana, mutta on

riippuvainen siitä, kuinka paljon lihakset ovat käyttäneet glykogeenia ja onko fyysisen rasituksen jälkeen nautittu hiilihydraatteja riittävästi (Ahonen – Sandström 2011: 129).

Pitkäkestoinen rasitus kuluttaa enemmän glykogeenivarastoja kuin intervallityyppinen harjoittelu, tällöin myös palautuminen vaatii enemmän aikaa. Intervallirasituksen jälkeen glykogeenivarastot alkavat täyttyä jo 30 minuutin kuluttua rasituksen loppumisen jälkeen, vaikka hiilihydraatteja ei syötäisikään (Ahonen ym. 1988: 107). Ahosen ynnä muiden (1988) mukaan tämä johtuu siitä, että intervallirasitus ei tyhjennä maksan glykogeenivarastoja, kuten pitkäkestoinen rasitus. Maksa pystyy näin ollen pitämään veren glukoosipitoisuuden niin suurena, että lihakset voivat täyttää siitä glykogeenivarastonsa. (Ahonen ym. 1988: 107.) Vaihe toteutuu rasituksen aikaansaaman lihassolun pintaan siirtyneiden glukoosin kuljettajamolekyylien avulla. Ne lisäävät lihassolun kalvon läpäisevyyttä glukoosille. (Ahonen – Sandström 2011: 129.) Mikäli useampana peräkkäisenä päivänä on pitkäkestoista fyysistä rasitusta tapahtunut, palautuminen vie hiilihydraattien nauttimisesta huolimatta kauemmin kuin 24 tuntia. Esimerkiksi juostaan 16 kilometriä kolmena peräkkäisenä päivänä, lihasten glykogeenivarastot pienenevät niin paljon, että niiden uusimiseen kuluu 46 tuntia (Ahonen ym. 1988: 107).

5.4 Tiivistelmä fysiologisista perusteista

Terapeuttisessa harjoittelussa rasituksen kokeminen on subjektiivista. Uusien käyttämättömien lihasten tai leikkauksen jälkeen lihasten uudelleen rekrytoiminen on vaativaa ja siten raskasta. Kuormitus kohdistuu lähinnä hermojärjestelmään, hermoihin ja hermolihasliitoksiin, ei niinkään puhtaasti itse lihakseen. Harjoitteet ovat pääsääntöisesti lyhytkestoisia, toistomäärät vaihtelevasti pieniä tai suuria, mutta vastukset kevyitä. Fysiologiselta näkökannalta rasitus jää täten pieneksi, jolloin palautumiseen ei vaadita pitkiä aikoja. Pääsääntöisesti terapeuttisessa harjoittelussa hyödynnetään fosfaatti- ja kreatiinifosfaattivarastoja, sekä myoglobiinihappivarastoja. Tällä perustelemme lyhyitä palautumisaikoja, joihin olemme harjoitteluohjelmassamme päätyneet.

Palautumisvaihe	Palautumisaika	
	suurin	pienin
ATP, kreatiinifosfaattivarastot		
-täydellinen palautuminen	13,5 min	5 min
-osittain palautuminen	5min	1,5 min

Myoglobiinin happivarastot	n. 100 millisekunnissa	n. 10 millisekunnissa
Lihaksen glykokeenivarastot	46 tuntia	10 tuntia
Maitohapon poistuminen	2 tuntia	1 tunti
-liikkumisen aikana	1 tunti	30 min

Taulukko 2. Energiavarastojen palautumisajat. (Ahonen ym. 1988.)

6 Fysioterapian eteneminen ja harjoitteet

Eturistisiteen leikkauksen jälkeinen fysioterapia mielletään usein 9-12 kuukauden mittaiseksi. On hyvin tyypillistä, että huippu-urheilijat palaavat kentälle yhdeksän kuukauden kohdalla, koska heillä on ollut mahdollisuus harjoitella fysioterapeutin ohjeistuksella useita kertoja päivässä, monta kertaa viikossa. Eteneminen perustuu suurimmalta osin kudoksen paranemisaikoihin. Terapeutin on tärkeää tietää kudosten paranemisajat, jotta hän pystyy fysioterapian sisältöä suunnitellessaan ottamaan huomioon, mitä asiakas on kykenevä tekemään missäkin vaiheessa. Harjoitteiden osalta kehitys on kuitenkin yksilöllistä ja harjoittelussa tulee edetä kuntoutettavan kykyjen mukaan. Tarvittaessa harjoitteita tulee vaikeuttaa, että asiakkaalla on jatkuvasti tarpeeksi haastetta.

Etenemisen kannalta tärkeimpiä asioita ovat alkuvaiheessa turvotuksen vähentäminen ja kivun lievittäminen, jotta varsinainen harjoittelu saadaan mahdollisimman pian käyntiin. Jalan suoristuessa lähes normaalisti voidaan tehostettu harjoittelu esimerkiksi lisäpainojen avulla aloittaa. Harjoitteita tulee vaikeuttaa asiakkaan kehityksen mukaan.

Vaikka aikataulut ovatkin yksilöllisiä, on kuitenkin syytä muistaa, että kudosten paranemisajat ovat kaikille samat ja täten voidaan fysioterapian sisältöä suunnitella tehdä karkea aikataulu. Voidaan esimerkiksi ajatella, että 6-8 viikon välillä voidaan aloittaa jo voimaharjoittelu kevyillä painoilla ja tietyillä huomioilla. Polvikulma on syytä huomioida, samoin alaraajojen linjaukset ja se, että polvinivel ei ylitä varvaslinjaa kyykistyessä asettaen turhaa ylimääräistä kuormaa leikatulle eturistisiteelle. Lisäksi voidaan ajatella, että koordinaatioharjoittelu voidaan aloittaa noin viikolla kymmenen. Tällöin eturistiside on jo sen verran vahva, että se kestää haastavampaa harjoittelua. Urheilijoiden tapauksessa juoksuluvan saa yleisesti noin kolmen kuukauden kohdalla. Tällöin eturistiside on jo sen verran kestävä, että sen voi altistaa laahaavalle juoksulle ja myöhemmin normaalille juoksulle sekä viikkojen päästä myös suunnanmuutoksille.

Jokaisella askeleella polveen kohdistuu noin seitsenkertaisesti oman kehon paino ja jokainen isku pitää saada vaimennettua jollakin tavalla. Siitä muodostuu polvelle raskaus, jota ei arkipäivänä välttämättä edes huomaa, mutta joka voi leikkauksen jälkeen provosoida kipua kevyestikin hölkkäämällä.

Kun tietää eturistisiteen kuntoutukseen liittyvät ääriviivat on omaa asiakasta helppo tarkkailla kuntoutuksen ohessa ja vaikeuttaa harjoittelua tarpeen mukaan. On tärkeää, että terapeutti aika ajoin tapaa asiakastaan ja seuraa, miten fysioterapia edistyy. Asiakkaan ahkeran harjoittelun ja asiantuntevan fysioterapeutin avulla polvesta saadaan tukeva ja hyvin toimiva urheilua silmällä pitäen.

Tämän opinnäytetyön liitteenä on esimerkkiharjoitteita fysioterapian eri vaiheista. Harjoitteista on nähtävillä myös video-versiot opinnäytetyön video-osuudessa. Alkuvaiheen, eli ensimmäisen neljän viikon aikana tapahtuvien harjoitteiden tarkoituksena on turvotuksen laskeminen, lihasaktivaation löytyminen ja polven liikeradan saaminen ennen leikkausta edeltäneelle tasolle. Seuraavien 2-4 viikon aikana harjoitetaan polven tukilihasten voimatasoja lisäämällä alkuvaiheen harjoitteisiin painoja ja muuntamalla harjoittelua räjähtävämmäksi. Kahdeksannen viikon jälkeen voidaan harjoitteluun ottaa mukaan lajinomaisia sekä koordinaatioharjoitteita ja lisätä edellisen vaiheen harjoitteisiin lisäpainoja tai tehdä niistä muulla tavalla enemmän asiakasta haastavia. Kyykkyliikkeet voidaan tehdä esimerkiksi epävakaalla alustalla, jolloin saadaan harjoitettua myös liikekontrollia.

Kolmen ja kuuden kuukauden välisenä aikana ohjelmaan voidaan lisätä juoksuharjoittelu progressiivisesti etenevänä ja tehdä lajinomaisista harjoitteista jatkuvasti haastavampia. Fyysistä kontaktia muiden pelaajien toimesta ei kuitenkaan tässä vaiheessa vielä suositella, koska siirre on kestävyuden kannalta heikoimmillaan kolmen kuukauden kohdalla. Kuuden kuukauden jälkeen voidaan lääkärin kanssa yhteistyössä arvioida asiakkaan polven tilannetta ja sitä, voiko hän tehdä paluun normaaliin harjoitusohjelmaan joukkueen kanssa.

Leikatun alaraajan voimakkuus ja polven hallinta ovat heikommat kuin operoimattomassa jalassa vielä noin vuosi leikkauksen jälkeen ja on todennäköisempää hajottaa eturistiside uudestaan samasta jalasta. Vuoden jälkeen todennäköisyys laskee vähitel-

len ja ensimmäisen vuoden jälkeen on yhtä todennäköistä hajottaa eturistiside kummasta jalasta tahansa.

7 Pohdinta

Toiminnallinen opinnäytetyömme koostuu kahdesta osasta: kirjallisesta osuudesta, joka keskittyy eturistisiteen leikkauksen jälkeiseen terapeutin harjoittelun teoriataustaan ja videosta, jossa kirjallisen osuuden liitteenä olevat harjoitteet käydään perusteellisesti läpi. Kirjallinen osuus on rakennettu polven anatomiasta, eturistisiteen tyypillisimmistä vammamekanismeista, polveen liittyvästä biomekaniikasta, patofysiologiasta, palautumiseen liittyvästä fysiologiasta, siitä millaisilla siirteillä eturistiside voidaan korjata ja kuntoutuksen aikataulusta harjoitteineen.

Vaikka kirjallinen tuotos vaati panostusta, videon työstäminen tuotti erityisiä haasteita. Alun perin videon toteuttamiseen kaavailtua kuvausryhmää ei lopulta aikatauluun liittyvistä haasteista johtuen saatu, joten jouduimme itse työstämään videon kokonaisuudessaan. Ulkopuolinen rahoitus olisi mahdollistanut kuvausryhmän palkkaamisen, mutta sitä ei ollut käytettävissä videon tekemiseen.

Kirjallisen osuuden tavoitteita tarkastellessa voidaan todeta, että saavutimme tavoitteemme hyvin. Lopputuotoksesta tuli kaavailtua pidempi ja sisällöltään monipuolisempi. Olisimme kuitenkin voineet kirjallisessa osuudessa tuoda enemmän esille harjoitteita, jotka olivat kuitenkin tämän opinnäytetyön keskeinen aihe. Videolle saimme kaiken haluamamme, mutta toteutuksen suhteen emme ole täysin tyytyväisiä lopputulokseen. Videolla näytettävät liikkeet kuvattiin aikataulusta johtuen nopeasti ja se valitettavasti näkyy laadussa liikkeitä suoritettaessa.

Sisällön luotettavuuteen olemme kohtalaisen tyytyväisiä. Olemme etsineet ajantasaista tutkimustietoa opinnäytetyöhömmä, sekä haastatelleet alan huippuosaajia harjoitteisiin liittyen. Tutkimuksia on etsitty erilaisista lähteistä, jotta esimerkiksi harjoitteiden perusteluille saatiin useita eri näkökulmia. Eturistisiteeseen liittyvää tutkimusmateriaalia on kuitenkin runsaasti saatavilla, joten on mahdollista että jotain on jäänyt myös huomaamatta.

Työtämme voisi tulevaisuudessa kehittää eteenpäin tuottamalla ammattikuvaajien avulla videon ja vertailun vuoksi videolla voisi käydä läpi myös sen, miten asiakkaat yleisimmin tekevät liikkeet väärin, jotta videota katsovat fysioterapeutit ja opiskelijat osaisivat kiinnittää huomiota oikeisiin asioihin ja näkisivät konkreettisesti, miten pienistä muutoksista ja virheasunnoista on joidenkin liikkeiden kohdalla kyse. Eturistisiteeseen liittyvää tutkimustietoa tulee koko ajan lisää, joten tietojen päivittäminen kirjalliseen osuuteen ja sitä kautta videolle olisivat myös aina aika ajoin hyvä uudistus. Samalla idealla tehtyjä videoita olisi mielekästä katsoa, sillä videolta tulee esille fysioterapian eteneminen ja sitä on myös mielekäs katsella. Myös harjoittelun eri osa-alueisiin keskittyvät videot voisivat olla jatkossa työstämisen arvoisia. Tällä tarkoitetaan esimerkiksi eturistisiteen kuntoutukseen liittyvää koordinaatioharjoittelua, joka sinällään on jo hyvin mielenkiintoinen aihe ja saattaa fysioterapiassa toisinaan unohtua.

Haluamme kiittää opinnäytetyötämme ohjanneita opettajia Riku Nikanderia ja Tarja-Riitta Mäkilää. Lisäksi haluamme kiittää Juha Koskelaa, Jarkko Räsästä, Harri Virtasta, Sasu Setälää, Jim Phillipsia ja Sanna Garamia antamastaan mielipiteistä harjoitteita koskien. Kiitos kuuluu myös Pirkko-Leena Kuosalle antamastaan avusta. Videon sisällön puolesta kiitämme KaU Korista ja haastateltavana olleita Miikka Luosmaata ja Teemu Kilpeläistä.

Lähteet

Ahonen, Jarmo – Lahtinen, Tiina – Sandström, Marita – Pogliani, Giuliano – Wirhed, Rolf 1988: Kehon rakenne, toiminta ja lihahuolto. Valmennuskolmia Oy. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä 1988.

Ahonen, Jarmo – Sanström, Marita 2011: Liikkuva ihminen – aivot, liikuntafysiologia ja sovellettu biomekaniikka. VK-Kustannus Oy. Otavan Kirjapaino Oy. Keuruu 2011.

Baker, Julien S. - McCromick, Marie Clare - Robergs, Robert A. 2010: Interaction among skeletal muscle metabolic energy systems during intense exercise. *Journal of Nutrition and Metabolism* 2010: 1-13.

Escamilla, Rafael F. – Macleod, Toran D. – Wilk, Kevin E. – Paulos, Lonnie - Andrews, James R. 2012: Anterior Cruciate Ligament Strain and Tensile Forces for Weight-Bearing and Non-Weight-Bearing Exercises: A Guide to Exercise Selection. *Journal of Orthopaedic Sports and Physical Therapy* 2012; 42(3): 208-220.

Fu, Freddie – Bennett, Craig – Lattermann, Christian – Ma, Benjamin 1999: Current Trends in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. Part 1: Biology and Biomechanics of Reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine* 1999; 27(6): 821-830.

Gerber, J. Parry – Marcus, Robin L. – Dibble, Leland E. – Greis, Patrick E. – Burks, Robert T. – LaStayo, Paul C. 2009: Effects of Early Progressive Eccentric Exercise on Muscle Size and Function After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A 1-Year Follow-up Study of a Randomized Clinical Trial. *Physical Therapy* 2009; 89(1): 51-59.

Gros G. - Wittenberg, BA. - Jue, T. 2010: Myoglobin's old and new clothes: from molecular structure to function in living cells. *The Journal of experimental Biology* 2010; 213(16): 2713-2725.

Hensler, Daniel – Van Eck, Carola F. – Fu, Freddie H. – Irrgang, James J. 2012: Anatomic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Utilizing The Double-Bundle Technique. *Journal of Orthopaedic Sports and Physical Therapy* 2012; 42(3): 184-195.

Lorenz, Daniel – Reiman, Michael 2011: The Role and Implementation of Eccentric Training in Athletic Rehabilitation: Tendinopathy, Hamstring Strains and ACL Reconstruction. *The International Journal of Sports Physical Therapy* 2011; 6(1): 27-44.

Magee, David J. 2008: Orthopedic Physical Assessment. Viides painos. Saunders Elsevier. 727-728.

Manske, Robert C. 2006: Postsurgical Orthopedic Sports Rehabilitation Knee & Shoulder. Mosby Elsevier.

Mäkelä, Arto – Uusitalo, Risto – Kivelä, Tero – Papp, Anthony 2004: Kudossiirteet ihmisten varaosina. *Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim* 2004; 120(11): 1410-1418.

- Nohmi, Shuya – Ishibashi, Yasuyuki – Tsuda, Eiichi – Yamamoto, Yuji – Tsukada, Harehiko – Toh, Satoshi 2012: Biomechanical comparison between single-bundle and double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring tendon under cyclic loading condition. *Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy and Technology* 2012; 23(4): 1-20.
- Parker, Michael G. 1994: Biomechanical and Histological Concepts in the Rehabilitation of Patients With Anterior Cruciate Ligament Reconstructions. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 1994; 20(1): 44-50.
- Parkkari, J. – Kannus, P. – Natri, A. – Lapinleimu, I. – Palvanen, M. – Heiskanen, M. – Vuori, I. – Järvinen, M. 2004: Active Living and Injury Risk. *International Journal of Sports Medicine* 2004 April; 25(3): 209-216.
- Tjoumakaris, Fotios Paul – Herz-Brown, Amy L. – Legath-Bowers, Andrea – Sennett, Brian J. – Bernstein, Joseph 2012: Complications In Brief – Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 2012; 470(2): 630-636.
- Vyas, Dharmesh – Rabuck, Stephen J. – Harner, Christopher D. 2012: Allograft Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Indications, Techniques and Outcomes. *Journal of Orthopaedic Sports and Physical Therapy* 2012; 42(3): 196-207.
- Waters, Eric 2012: Suggestions From the Field for Return to Sports Participation Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Basketball. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 2012; 42(4): 326-336.
- Whiting, William C. – Zernicke, Ronald F. 2008: Biomechanics of Musculoskeletal Injury. *Human Kinetics*. 82-90, 171-172.
- Woo, Savio – Wu, Changfu – Dede, Ozgur – Vercillo, Fabio – Noorani, Sabrina 2006: Biomechanics and Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research* 2006; 1(2).
- Zaffagnini, Stefano – Muccioli, Giulio Maria Marcheggiani – Lopomo, Nicola – Signorelli, Cecilia – Bonanzinga, Tommaso – Musiani, Costanza – Vassilis, Papakonstantinou – Nitri, Marco – Marcacci, Maurilio 2012: Can the pivot-shift be eliminated by anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction?. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 2012; 20(4): 743-751.

Esimerkkiharjoitteet kuvitettuna ja ohjeistettuna

Lonkan, polven ja nilkan pumppaus Viikot: 1-2.

Pumppaavat liikkeet tehdään selinmakuulla ja leikattu jalka pidetään kohoasennossa, jolloin aineenvaihduntaa saadaan tehostettua. Jotta neste pääsee kulkemaan ilman esteitä, aloitetaan liikkeet lonkkanivelestä josta edetään polven pumppauksen kautta nilkan pumppaaviin liikkeisiin, tehden näin aina lisää tilaa nesteen kululle.

Lonkan pumppauksen alkuasento:



Lonkan pumppauksen loppuasento:



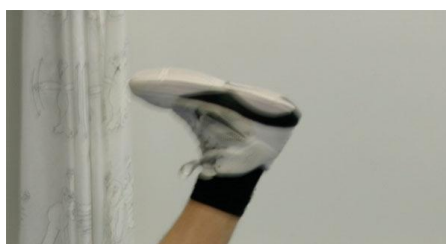
Polven pumppauksen alkuasento:



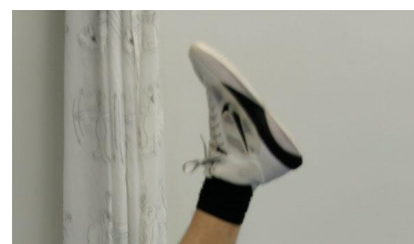
Polven pumppauksen loppuasento:



Nilkan pumppauksen
alkuasento:



Nilkan pumppauksen
loppuasento:



Jalan liu'utukset

Viikot:1-2.

Jalan liu'utukset tehdään istuvassa asennossa. Jalkaa ojennetaan ja koukistetaan asiakkaan omien mahdollisuuksien mukaan kuitenkin niin, että hän yrittää jokaisella kerralla saada jalan mahdollisimman suoraksi ja niin koukkuun kuin mahdollista. Kantapää tulee pitää alustassa liikkeen ajan.

Alkuasento:



Loppuasento:



Jalan ojennus istuen Viikot 1-5.

Jalan ojennuksessa pyritään aktivoimaan vastus medialis ojentamalla jalka mahdollisimman suoraksi lonkan ollessa pienessä ulkokierrossa. Pienillä toistomäärillä ja mahdollisimman suurella ekstensiolla tehtynä liike aktivoi vastus medialiksen motorisia yksiköitä ja parantaa sitä kautta polvinivelen ojennusta.

Alkuasento:



Loppuasento:

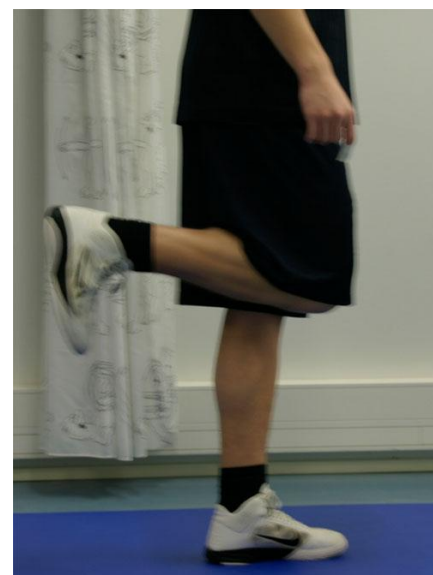


Jalan koukistus seisten Viikot 1-5.

Jalan koukistuksella saadaan lisättyä aineenvaihduntaa eteenkin takareidessä, josta siirre yleisimmin otetaan. Koukistuksessa keskitytään siihen, että liike tapahtuu ainoastaan polvinivelessä eli että reisi pysyy kokoajan vartalon linjan mukaisena eikä lähde nousemaan. Kun liike tehdään kontrolloidusti ja rauhallisesti, tehdään lihaksella konsentrista sekä eksentristä työtä yhtä tehokkaasti. Eksentrisen lihastyön avulla kehitetään aivojen ja lihaksen välistä hermoyhteyttä ja saadaan parannettua lihaksen toimintaa.

Alkuasento:

Loppuasento:



Jalan lähennys kuminauhalla

Viikot 1-5.

Leikattu jalka viedään tukijalan edestä ristiin, jolloin saadaan harjoitettua lähentäjälihaksia. Lähentäjälihasten harjoittelu tulee huomioida kuntoutuksessa, sillä usein osa siirteestä otetaan musculus graciliksesta, joka tekee lähennystä. Lähentäjälihakset ovat myös suuressa roolissa kävellessä. Ne aktivoituvat kantaiskun aikana ja jos niissä on leikkauksen jälkeen heikkoutta, ei askellus toimi normaalilla tavalla ja sii-

tä voi seurata kipuja tai virheasentoja. Harjoitetta tehdessä tulee huomioida asiakkaan hyvä ryhti ja liikkeen puhtaus. Liike ei saa tapahtua lonkan koukistuksena vaan jalan lähennyksenä, jonka takia lantio ei saa lähteä kiertymään.

Alkuasento:



Loppuasento:



Liike voidaan myös tehdä kylkimakuulla. Tällöin tulee kiinnittää erityisesti huomiota lantion hallintaan, ettei se pääse kippaamaan taakse. Taakse kippaamisen yhteydessä liikettä ei tehdä enää lähentäjillä vaan lonkan koukistajilla.

Alkuasento:



Loppuasento:



Jalan loitonnuks kylkimakuulla

Viikot 1-5.

Jalkaa nostetaan kylkimakuulla takaviistoon lonkan ollessa sisäkierrossa. Huomioi lantion hyvä asento suorituksen aikana, jotta liike saadaan kohdistettua gluteus mediukselle. Tämän liikkeen tarkoitus on lisätä lantion hallintaa ja vahvistaa pakaralihaksia, jotka ovat tärkeä osa kävelyä. Heikko pakaralihas pettää jalan tukivaiheen aikana ja johtaa lantion hallinnan pettämiseen sivusuunnassa.

Alkuasento:



Loppuasento:



Lonkan kierto

Viikot 1-5.

Liikkeen aikana kantapäävät pysyvät yhdessä ja ylempää jalka kierretään ulkokiertoon. Kun lantiossa pidetään hyvä kontrolli, saadaan liike kohdistettua ulkokiertäjille. Ulkokiertäjät tu-

kevat lantion asentoa askelluksen aikana yhdessä pakaralihasten kanssa. Näitä harjoittamalla vältetään lantion hallinnan pettämiseltä sivusuunnassa.

Alkuasento:



Loppuasento:



Varpaille nousu

Viikot 1-5.

Liike suoritetaan maksimaalisesta koukistuksesta maksimaaliseen ojennukseen. Liike tehdään musculus gastrocnemiuksella polven ollessa suorana. Gastrocnemius tukee polviniveltä takaa ja on mukana polven koukistuksessa, joten tämä liike on tärkeä etenkin silloin, jos polvessa on koukistusvajetta leikkauksen jälkeen.

Alkuasento:



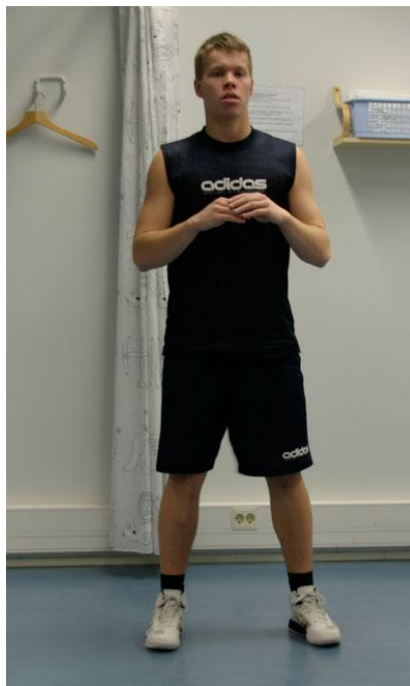
Loppuasento:



Kyykky Viikot 1-5.

Kyykyissä tärkeää on huomioida hieman etukumara ryhti, jolloin saadaan aktivoitua takareiden lihasten lisäksi pakarat ja pohkeet. Polvikulman tulee olla kaikissa kyykyissä maksimissaan 90 astetta, jolloin vältetään siirteen liialliselta rasitukselta. Yli 90 asteen mentäessä polvilumpion ja reisiluun välille muodostuu huomattava paine, joka tuottaa kipua. Polvet eivät myöskään saa mennä varvaslinjan etupuolelle, koska silloin polveen muodostuu samalla tavalla liiallista painetta ja sitä kautta kipua. Liikkeissä on syytä kiinnittää huomio myös lannerangan neutraaliin asentoon sekä alaraajan linjauksiin. Liike aloitetaan viemällä takapuolta taaksepäin, ikään kuin oltaisiin istumassa tuolille. Tämä helpottaa liikkeen hahmotuksessa ja auttaa pitämään polvet varvaslinjan tasossa. Kädet voivat olla vartalon edessä suorana toimien samalla vastapainona.

Alkuasento:



Loppuasento:



Yhden jalan kyykky

Viikosta 5 eteenpäin.

Yhden jalan kyykyssä tulee huomioida normaalissa kyykyssä mainittujen asioiden lisäksi, että paino ei ole taaemmalla jalalla. Säären kiertojen ja sitä kautta eturistisiteen turhan rasituksen välttämiseksi tulee kyykistyessä polvet pitää varvaslinjan takana. Tällä tavalla saadaan usein säilytettyä myös hyvä ryhti lannerangassa. Harjoitetta saadaan vaikeutettua laittamalla painonnostotangon molempiin päihin roikkuvat painot, jotka laitetaan liikkumaan suorituksen aikana. Tällöin liike tehdään ensin molemmat jalat vierekkäin ja kun asiakas kykenee, tehdään harjoite yksi jalka korokkeella. Etumaisen jalan alle voidaan myös laittaa tasapainolauta. Tämä harjoite haastaa asiakkaan tasapainoa sekä polven ja keskivartalon hallintaa.

Alkuasento:



Loppuasento:



Alkuasento heiluvilla painoilla:



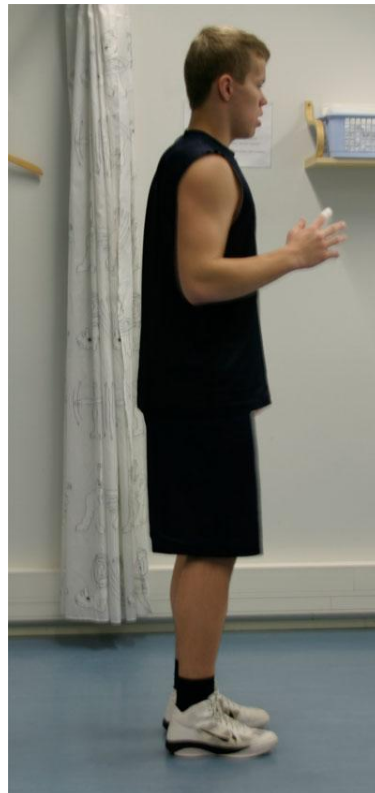
Loppuasento heiluvilla painoilla:



Askelkyykky taakse Viikosta 5 eteenpäin.

Kun askelkyykky tehdään ottamalla askel taakse, saadaan harjoitteesta toiminnallisempi ja sitä kautta tehokkaampi harjoitus asiakkaalle. Tässä harjoitteessa voimantuotto suuntautuu eteenpäin, aivan kuten tapahtuu kävellessä ja juostessa. Harjoitetta voidaan muokata nostamalla etummainen jalka korokkeelle ja vetämällä taaempi jalka voimakkaasti alustalta ylös lonkkaa koukistaen vartalon eteen. Kun kädet otetaan liikkeeseen mukaan, tulee lihasketjujen kautta aktivoitua useita eri lihasryhmiä ja harjoitteesta saadaan entistäkin toiminnallisempi.

Alkuasento:



Loppuasento:



Alkuasento korokkeelle:



Loppuasento korokkeelle:



Askelus sivulle

Viikosta 5 eteenpäin.

Sivulle askellessa alaraajojen lihakset pysyvät jatkuvasti aktivoituina, jonka seurauksena polvinivel pysyy tiukkana ja saadaan paremmin harjoitettua polven ja lantion hallintaa sivuttaissuuntaisessa liikkeessä. Sivuttaissuuntaisesti tehtävät harjoitteet ovat myös hyvin tärkeitä koripallossa tapahtuvien suunnanmuutosten ja liikesuuntien vuoksi.

Liikkeen suorituksen näkee parhaiten opinnäytetyön video-osuudessa.

Sivukyykky

Viikosta 5 eteenpäin.

Sivukyykyssä kyykistyvän polven kulman tulee olla maksimissaan 90 astetta, ettei siirre rasitu liiaksi. Suorana olevan jalan jalkapohjan tulee olla kiinni lattiassa ja polven tulee olla niin suora kuin mahdollista, jotta sen nivelsiteet pitävät polven kontrollissa. Sivukyykyssä tulee muiden kyykköjen tapaan huomioida alaraajan oikea linjaus ja hallinta.

Liikkeen suorituksen näkee parhaiten opinnäytetyön video-osuudessa.

Laskeutuminen kahdella jalalla

Noin viikolla 8.

Korokkeelta laskeutuessa tulee huomioida alaraajojen suorat linjaukset. On tärkeää, että polvi ja toinen varvas ovat polvien jouston aikana samansuuntaisesti. Alastulon tulee myös olla hallittu. Alastuloja tulee harjoitella, koska koripallossa tapahtuu paljon ponnistuksia ja alastuloja.

Yhdellä jalalla laskeutuessa pätevät samat lainalaisuudet kuin kahdella jalalla laskeutuessakin. Alaraajojen hyvä linjaus ja hallittu laskeutuminen ovat huomioitavat asiat.

Molempien liikkeiden suorituksen näkee parhaiten opinnäytetyön video-osuudessa.

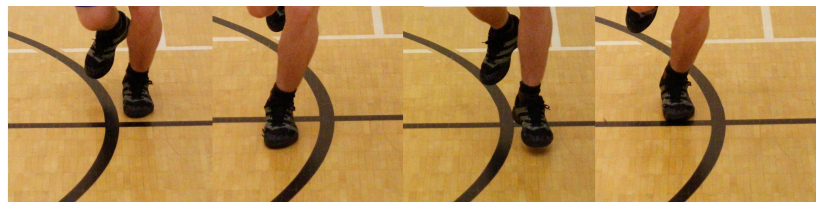
Käännökset paikallaan Kun laskeutuminen sujuu.

Käännöksissä on tärkeää kiinnittää huomio hallittuun alastuloon sekä alaraajojen linjaukseen. Harjoitetta voidaan vaikeuttaa lisäämällä syöttö aina käännöksen jälkeen.

Liikkeen suorituksen näkee parhaiten opinnäytetyön video-osuudessa.

Risti-hyppely Kun laskeutuminen sujuu.

Harjoitteessa on tarkoituksena haastaa polven hallintaa kaikissa liiketasoissa. Koripallossa, kuten muissakin pallopeleissä liikutaan monipuolisesti eri suuntiin ja tämän vuoksi on tärkeää hallita polvi jokaisessa liiketasossa. Aluksi asiakas voi hyppiä järjestyksessä kiertäen viivoja esimerkiksi myötapäivään. Edistyneemmässä vaiheessa terapeutti voi näyttää tai sanoa asiakkaalle suunnan johon hypätä. Erityisesti näytettäessä asiakkaan tulee kiinnittää huomio terapeuttiin, jolloin hän ei pysty täysin keskittymään leikattuun jalkaansa.



Eagle jump Viikosta 10 eteenpäin.

Eagle jumpissa huomioitavina seikkoina ovat jälleen alaraajan oikea linjaus sekä hallittu alastulo. On myös huomioitava

lantion hallinta. Se ei saa kallistua liiaksi puolelta toiselle, jotta polveen ei tule varus tai valgus-asentoa.

Liikkeen suorituksen näkee parhaiten opinnäytetyön videoosuudessa.

Lajinomaisia harjoitteita Viikosta 12 eteenpäin.

Lajinomaisissa harjoitteissa tulee huomioida koripallon vaatimukset lajina. Koripallossa tulee paljon suunnanmuutoksia sekä ponnistuksia ja alastuloja, kontakteja yllättävissä tilanteissa sekä äkillisiä tilanteita joihin tulee reagoida erittäin nopeasti. Lisäksi laji sisältää paljon juoksua sekä vauhdin hidastamista. Näitä edellä mainittuja asioita harjoittaessa vain mielikuvitus on rajana.

Kaikki nämä liikkeet löytyvät opinnäytetyön videoosuudesta.

Lähteet: British Medical Association 2010: The BMA Guide to Sports Injuries. Dorling Kindersley Limited. 125, 193-263.

Waters, Eric 2012: Suggestions From the Field for Return to Sports Participation Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Basketball. Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy 2012; 42(4): 326-336.