

**ACL –REKONSTRUKTION POSTOPERATIIVISTEN
KUNTOUTUSPROTOKOLLIEN VERTAILU**

Riikka Niemeläinen & Riikka Väilä
Fysioterapian tutkielma
Jyväskylän yliopisto
Terveystieteiden laitos
Syksy 2002

ABSTRACT

A Comparison of the Rehabilitation Protocols Following ACL Reconstruction. Riikka Niemeläinen & Riikka Väilä. University of Jyväskylä, Faculty of Sport and Health Sciences, Department of Health Sciences, 2002. 70 pages + 6 appendixes.

The purpose of this research paper was to compare the ACL reconstruction rehabilitation protocols nationally and internationally. The comparison consisted of 6 protocols of which 3 were from Finland and 3 from abroad (Sweden, Unites States and Canada). The contact persons from the rehabilitation centres involved were addressed with the more detailed questions about the practices. The questions were made using a phone, mail, e-mail or a fax machine. The compared factors included cold therapy, knee brace, weight bearing, range of motion, patellar mobilization, muscle stretching, strength training, balance/proprioceptive training, pool training/stationary biking, running straight, cutting, plyometrics and returning to sports. The comparisons were performed utilizing a chart in which there was a distribution of time from postoperative weeks to postoperative months. The discrepancies were found in the usage of muscle stretching, open kinetic chain knee extension, running straight, cutting, plyometrics and returning to sports. Attention should be paid in unifying the rehabilitation practices and in developing proper methods for evaluating the rehabilitation processes.

Key words: knee, anterior cruciate ligament, reconstruction, physical therapy

TIIVISTELMÄ

ACL –rekonstruktion postoperatiivisten kuntoutusprotokollien vertailu. Riikka Niemeläinen & Riikka Vätilä. Jyväskylän yliopisto, liikunta- ja terveystieteiden tiedekunta, terveystieteiden laitos, 2002. 70 sivua + 6 liitettä.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli vertailla käytössä olevia suomalaisia sekä ulkomaalaisia ACL –rekonstruktion postoperatiivisia kuntoutusprotokollia, onko löydettävissä eroavaisuuksia ja/tai yhteneväisyyksiä. Vertailussa käytettiin kuntoutusprotokollia kuudesta eri kuntoutuskeskuksesta Suomesta (n=3) ja ulkomailta (n=3). Jokaisesta vertailussa mukana olleesta kuntoutuskeskuksesta oli käytössä yhteyshenkilö, jolle tarkentavat kyselyt kuntoutusprotokollaa koskien osoitettiin. Kyselyt suoritettiin puhelimitse, postitse, sähköpostitse ja faksaamalla. Vertailtavina tekijöinä olivat kylmähoito, tuen käyttö, varaaminen, liikelaajuus, patellan mobilisointi, lihasvenyttelyt, voimaharjoittelu, tasapaino-/proprioseptiikkaharjoittelu, allasjumppa/kuntopyöräily, suora juoksu, suunnanvaihtajuoksu, hyppyharjoittelu sekä kilpaurheiluun paluu. Vertailut protokollien välillä suoritettiin käyttämällä analyysitaulukkoa, joka oli jaettu postoperatiivisiin viikkoihin ja kuukausiin puoleen vuoteen asti. Tutkimuksessa mukana olleiden kuntoutuskeskusten ACL –rekonstruktion postoperatiivisissa kuntoutusprotokollissa oli havaittavissa eroavaisuuksia eri tekijöiden välillä. Eniten eroavaisuuksia protokollien välillä ilmeni venytettävissä lihasryhmissä, avoimen kineettisen ketjun polven ekstension suoritustavoissa sekä suoran juoksun, suunnanvaihtojen ja hyppyharjoittelun alkamisajankohdassa sekä mahdollisessa kilpaurheiluun paluun ajankohdassa. Jatkotutkimuksia tarvitaan kuntoutuskäytäntöjen yhtenäistämiseksi sekä optimaalisen kuntoutusprotokollan ja seurantamenetelmien löytämiseksi.

Avainsanat: polvi, eturistiside, ACL -korjausleikkaus, fysioterapia

SISÄLLYS

ABSTRACT	2
TIIVISTELMÄ.....	3
1 JOHDANTO.....	6
2 POLVEN ETURISTISIDE - ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT (ACL)	8
2.1 Polvinivelen anatomia	8
2.2 ACL:n rakenne ja toiminta	9
2.3 ACL ja proprioseptiikka	10
2.4 Vammamekanismi	12
3 ACL:N OPERATIIVINEN HOITO	13
3.1 Vamman diagnostisointi ja rekonstruktion indikaatiot	13
3.2 Preoperatiiviset vaatimukset.....	14
3.3 Rekonstruktio.....	14
4 HAMSTRINGSIIRRE	15
4.1 Siirteen lujuus	15
4.2 Siirteen fiksaatiokohdan lujuus.....	16
4.3 Postoperatiiviset erityispiirteet	17
5 PARANEMISPROSESSIT REKONSTRUKTION JÄLKEEN	19
5.1 Siirrekudos.....	19
5.2 Fiksaatiokohta.....	20
5.3 Siirteen ottokohta.....	21
6 PERUSTELUJA POSTOPERATIIVISELLE KUNTOUTUKSELLE	22
6.1 Kylmähoito	22
6.2 Tuen käyttö	23
6.3 Varaaminen.....	24
6.4 Liikelaajuusharjoitteet.....	25
6.5 Lihasharjoitteet	26
6.5.1 Suljetun ja avoimen kineettisen ketjun lihasharjoitteet.....	27
6.5.2 Yleisimpien alaraajalihasharjoitteiden aiheuttamat ACL -venyttymät	28
6.5.2.1 Suljettu kineettinen ketju	29
6.5.2.2 Avoin kineettinen ketju.....	30
6.6 Proprioseptiikkaharjoitteet	31

7 TUTKIMUKSEN TARKOITUS.....	34
8 MENETELMÄT	34
9 TULOKSET	35
10 POHDINTA.....	41
10.1 Menetelmät	41
10.2 Tulokset	42
10.3 Kuntoutuksen eteneminen	51
10.4 Johtopäätökset.....	54
LÄHTEET	55

LIITTEET

1 JOHDANTO

Polven eturistiside (anterior cruciate ligament, ACL) on polvinivelen yleisen stabiiliteetin kannalta yksi tärkeimmistä ligamenteista (Fleming ym. 2001). Sen pääasiallinen tehtävä on tibian anteriorisen siirtymän estäminen suhteessa femuriin (Butler ym. 1980; Irrgang ym. 1996, 657). ACL -vammat ovat yksi yleisimpiä polven nivelsidevammoja, ja niitä tapahtuu pelkästään USA:ssa vähintään 20000 vuosittain (Johnson 1996). Naisilla on todettu suurempi riski ACL -vammoihin kuin miehillä (Lindenfeld ym. 1994), minkä syyksi on esitetty esimerkiksi ligamentin kokoa ja laksiteettia, lihasheikkoutta, biomekaanisia tekijöitä, liikuntamuotoa ja pelikokemusta (Nattiv ym. 1996, 843). Miehillä vammoja esiintyy kuitenkin enemmän, koska he harrastavat urheilua enemmän kuin naiset, ja näin ollen altistuvat useammin ACL -vammoille (Arendt & Dick 1995).

ACL -vamman aiheuttaman kivun, instabiiliteetin ja toiminnanhaitan lisäksi sen on todettu johtavan usein myös tibiofemoraalinivelen rustovaurioihin (Beynon & Fleming 1998; Irrgang ym. 1996, 663). Vammautuneella ACL:llä on hyvin vähäinen, käytännöllisesti katsoen olematon kyky parantua. Näin ollen yleisin hoitovaihtoehto etenkin nuorilla, liikunnallisesti aktiivisilla potilailla on ACL -rekonstruktio (korjausleikkaus). (Woo ym. 1997a.) Suomessa tehtiin vuonna 2000 noin 2000 ACL -rekonstruktiota, joista noin 1400 miehille ja 600 naisille. Operoitujen henkilöiden keski-ikä oli noin 31 vuotta. (Stakes 2001.)

Vaurioitunut ACL korvataan rekonstruktiossa yleensä biologisella siirteellä (Fu ym. 2000), joista kaksi yleisimmin käytettyä ovat patellajänteen keskikolmannes (bone-patellar tendon-bone-, BPTB -siirre) ja hamstringjänteet (yhdistetty nelinkertainen semitendinosus-gracilissiiirre) (Brown ym. 1993; Frank & Jackson 1997; Howell & Taylor 1996). Siirteen onnistuneeseen toimintaan vaikuttavat monet tekijät, kuten siirteen ominaisuudet, siirteen fiksaatiomenetelmä sekä siirrekudoksen uudelleen järjestäytyminen ja paraneminen (jänteestä ligamentiksi) (Blickenstaff ym. 1997). Lisäksi siirteen toimintaan vaikuttaa postoperatiivinen kuntoutus, jossa puolestaan tulee ottaa huomioon siirteen alkuperäinen lujuus, fiksaation lujuus sekä siirteen paranemisprosessi (Irrgang ym. 1996, 664).

Postoperatiivinen kuntoutus on tärkeä tekijä ACL -rekonstruktion onnistuneen tuloksen kannalta (Baltaci 2000; Beynon & Johnson 1996; Fleming ym. 1998). Optimaalisen kuntoutus-

protokollan tavoitteena on palauttaa normaali liikelaajuus, lihasvoima ja toiminnallisuus nopeasti vammaa edeltäneelle tasolle aiheuttamatta ACL -siirteen liiallista venyttymistä, jolloin paraneminen voi tapahtua ilman pysyvää siirteen pidentymistä tai vammaa (Baltaci 2000). Kuntoutuksessa pyritään minimoimaan immobilisaation huonot vaikutukset kuitenkin ylikuormittamatta paranevaa kudosta (Irrgang ym. 1996, 666). Ei tiedetä, paljonko venyttymää tarvitaan ACL -siirteen optimaaliseen paranemiseen, eikä myöskään kuinka paljon venyttymää on liikaa (Beynnon & Johnson 1996). Optimaalista protokollaa on vaikea luoda, koska kirjallisuudessa ei ole yhdenmukaista tietoa ACL:n kuntoutuksesta (Baltaci 2000; Fleming ym. 1998). Näin ollen ACL -rekonstruktion postoperatiiviset kuntoutusprotokollat ovatkin pitkälti perustuneet kliiniseen kokemukseen (Irrgang ym. 1996, 666).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli vertailla käytössä olevia suomalaisia sekä ulkomaalaisia ACL -rekonstruktion postoperatiivisia kuntoutusprotokollia; mitä yhteistä ja mitä eroja? Tuloksia pyritään tarkastelemaan olemassa olevan tieteellisen tiedon pohjalta. Kaikki tutkimuksessa mukana olevat kuntoutusprotokollat koskevat ACL -rekonstruktiota, joka on tehty käyttämällä hamstringsiirrettä.

2 POLVEN ETURISTISIDE - ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT (ACL)

2.1 Polvinivelen anatomia

Polvinivel (tibiofemoraalinivel) on kehon suurin ja monimutkaisin nivel (Beynnon & Amis 1998). Kaksi pitkää luuta, tibia ja femur, kannattavat koko kehon painon, silti luiden välisen nivelen tulee sallia suuri liikkuvuus ja joustavuus. Kontaktipintoina nivelessä ovat tibian plateau ja kaksi femoraalista kondyyliä. Nivelen rakenteellisesta stabiliteetista huolehtivat ligamentit ja nivelkapseli ovat erityisen alttiita vammoille johtuen alaraajan pitkien vipuvarsien kautta aiheutuvista ligamentteihin ja nivelkapseliin kohdistuvista suurista voimamomenteista. Polvi onkin yksi kehon yleisimmin vammautuvista nivelistä. (Ryder ym. 1997.) (KUVA 1)



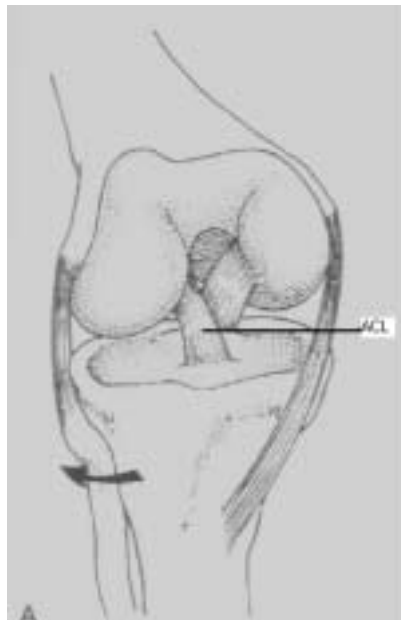
KUVA 1 Polvinivelen luiset rakenteet (Magee 1997, 541).

Polvinivel saattaa vaikuttaa yksinkertaiselta sarananiveleltä, jossa on vain kaksi tibian ja femurin välillä ilmenevää liikesuuntaa: fleksio ja ekstensio. Tosi asiassa polvinivelen liikkeet ovat monimutkaisempia, nivelessä ilmenee kuusi liikesuuntaa: kolme liukumaa ja kolme rotaatiota. Esimerkiksi polven liikkeessä ekstensiosta fleksioon ilmenee sagittaalitasossa tibian posteriorinen liike suhteessa femurin kontaktipintaan ja transversaalitasossa tibian sisärotaatio suhteessa femuriin. (Beynnon & Amis 1998.)

Polviniveleen kuuluu myös patella, joka helpottaa täyden ekstension saavuttamista pitämällä patellajänteen poissa liikeakselin tieltä. Yhdessä femurin kanssa patella muodostaa patellofemoraaalivivelen. Patellassa on viisi nivelpintaa ja kehon paksuin rustokerros, liikuttaessa fleksiosta ekstensioon patellan eri osat ovat kontaktissa femurin kondyylien kanssa. (Magee 1997, 507-508.)

2.2 ACL:n rakenne ja toiminta

Insertiokohdastaan tibiaalisesta plateausta ACL kulkee ylöspäin lateraalisesti ja posteriorisesti kiinnittyen femurin mediaaliseen seinämään. (KUVA 2) Ligamentti koostuu kahdesta säiekimpusta: anteromediaalisesta ja posterolateraalista osasta. Anteromediaalinen osa kiristyy fleksiossa ja posterolateraalinen ekstensiossa. (Irrgang ym. 1996, 624-625). Ligamentin eri osat rekrytoituvat eri fleksiokulmilla (Bach & Hull 1998; Beynon ym. 1994; Markolf ym. 1990), eivätkä anteromediaalinen ja posterolateraalinen osa kuormitu tasaisesti (Hollis ym. 1991; Livesay ym. 1995; Sakane ym. 1997; Xerogeanes ym. 1995).



KUVA 2 ACL:n anatomia (mukaeltu Magee 1997, 535).

ACL on polvinivelen stabiiliuden kannalta tärkein ja yleisimmin vammautunut ligamentti (Fleming ym. 2001). Tiedetään, että ACL on dynaaminen rakenne, jonka pääasiallisena tarkoituksena on estää tibian anteriorista subluksaatiota eli siirtymää suhteessa femuriin (Butler ym. 1980). Näin ollen ACL toimii normaalissa polven toiminnassa quadricepslihasten aktiivaation seurauksena ilmenevien tibian anterioristen sagittaalisten translatoristen liikkeiden estäjänä (Gillqvist & Messner 1999). Toissijaisesti ACL:n on todettu estävän tibian sisä- ja ulkorotaatiota sekä valgus-/varus –asentoja (Irrgang ym. 1996, 627), tosin on erimielisyyttä siitä, estääkö ACL toissijaisesti myös tibian ulkorotaatiota sekä valgus-/varus –asentoja (Berns ym. 1992; Markolf ym. 1990).

2.3 ACL ja proprioseptiikka

Proprioseptiikka määritellään Branchin ym. (1989) mukaan asentotunnoksi tai asennon kontrolliksi, joka tarkoittaa kykyä aistia nivelen asentoja ja liikettä. Viime vuosina tutkimukset ovat alkaneet tukea ACL:n roolia sensorisessa aistimisessa (Barrack ym. 1989; Shutte ym. 1987). Tutkimukset ovat osoittaneet ACL -vamman jälkeen sensorisen tiedon häiriintymistä (Barrack ym. 1989; Barrett 1991; Friden ym. 2001; Lephart ym. 1992) sekä posturaalisen kontrollin vajautta (Lysholm ym. 1998; Shiraishi ym. 1996; Zätterström ym. 1994). Lukuisat tutkimustulokset tukevat myös oletusta, jonka mukaan ACL -vamman jälkeen ilmenevät lihasaktiivisuuden häiriöt ovat seurausta refleksiratojen häiriintymisestä (Beard ym. 1993; Walla ym. 1985; Wojtys & Huston 1994).

ACL -vamman on todettu vähentävän nivelen mekaanisen stabiliteetin ohella myös dynaamisten stabiloidijien kykyä ylläpitää nivelen stabiliteettia johtaen nivelen toiminnalliseen instabiiliuteen (Swanik ym. 1997). Dynaamisten stabiloidijien toiminnan ohjaajina toimivat erikoistuneet solut, joita kutsutaan mekanoreseptoreiksi. Mekanoreseptorit muuttavat aistimansa tiedon, esimerkiksi kudoksen muutoksista, taajuus -mukautetuiksi neuraalisiksi viesteiksi: kun stimulus (muutos) kasvaa, niin myös signaalien taajuus kasvaa ja samalla myös aktivoitujen mekanoreseptorien määrä. (Grigg 1994.)

Polvinivelen alueen rakenteista on löydetty useita erilaisia reseptoreja, joista mitkään eivät ole polvinivelelle spesifejä, vaan niitä löytyy useimmista lihaksista ja nivelistä. Näitä reseptoreja

ovat Golgin jänne-elimet ja nivelreseptorit, Pacinianin ja Ruffinin solut, lihasspindelit sekä vapaat hermonpäätteet. (Solomonow & Krogsgaard 2001.) Shutte ym. (1987) ovat todenneet, että 1 % ACL:stä koostuu Ruffinin, Golgin ja Pacinianin soluista.

Pacianianin soluja löytyy nivelkapselista, ristisiteistä sekä nivelkierukoista, ne adaptoituvat nopeasti ja niillä on alhainen ärsytyskynnys (äkkiliikkeiden, kuten jarrutuksen ja kiihdytyksen aistiminen). Ruffinin solut ja Golgin jänne-elimet adaptoituvat hitaammin ja ovat tärkeitä varsinaisen nivelen asennon aistimisessa. Ruffinin soluja ja Golgin reseptoreja löytyy kollateraaliligamenteista, ristisiteistä, nivelkapselista sekä nivelkierukoista ja Golgin jänne-elimä lihasten jänteistä. (Grigg 1994; Schutte ym. 1987.) Lihasspindelit sijaitsevat nivelen ylittävissä lihaksissa ja aistivat venytystä aikaansaaden nopean vasteen venytykselle. Vapaat hermonpäätteet puolestaan sijaitsevat yhdessä Meissnerin solujen kanssa nivelpinnoilla ja ligamenteissa välittäen nosiseptiivistä (kivun aistiminen) tietoa (Solomonow & Krogsgaard 2001), ja ne luokitellaan hitaasti adaptoituviksi mekanoreseptoreiksi (Schultz ym. 1984.) Solomonow ym. (1987) ovat todenneet, että mekanoreseptorit näyttäisivät osallistuvan dynaamisten stabiloijien toimintaan stabiliteetin ylläpidossa polvinivelen ollessa ylikuormittunut eli kun käytetään suuria kuormia.

Hamstringlihakset toimivat ACL:n kanssa samansuuntaisesti pyrkien estämään tibian anteriorista siirtymää suhteessa femuriin näin mahdollisesti parantaen nivelen dynaamista stabiliteettia revenneissä tai rekonstruoidussa polvinivelissä (Paulos ym. 1981). Esimerkiksi, mikäli ACL:ään kohdistuu suuria voimia, jotka pyrkivät siirtämään tibiaa anteriorisesti ligamentin fysiologisten rajojen yli, saavat ligamentin reseptorit aktivoituessaan aikaan hamstringlihas- suojarefleksiksi ja se havaittiin jo vuonna 1900. (Solomonow & Krogsgaard 2001.) Kuormittamalla ACL:ää (anteriorinen tibiaalinen translaatio) on saatu aikaan sekä hamstringlihas- että gastrocnemiuslihaksen aktivoituminen, (Branch ym. 1989; Kålund ym. 1990; Solomonow ym. 1987; Wojtys & Huston 1994). Reflektiivisen lihasaktiivisuuden hidastuminen latenssiaikojen pidentyessä saattaa olla seurausta proprioseptiivisen tiedon puutteesta ACL:stä tai muista polven reseptoreista (Corrigan ym. 1992). Hamstringlihas- refleksiaktivaation puute on todettu revenneissä ACL:ssä (Beard ym. 1993).

2.4 Vammamekanismi

ACL vammautuu usein urheiltaessa (Gillqvist & Messner 1999; Veltri 1997), erityisesti jalkalento- ja koripallossa on havaittu ilmenevän paljon ACL –vammoja (Hewett ym. 1996). ACL –vammot tapahtuvat kahden perusmekanismin kautta, joko kontaktitilanteessa tai ilman kontaktia. Kontaktitilanteessa ilmenevät ACL –vammot ovat yleensä seurausta polveen kohdistuvasta liiallisesta valgus –suuntaisesta voimasta. (Delfico & Garrett 1998.) Varus –suuntaisen liiallisen voiman aiheuttamia ACL –vammoja saattaa ilmetä myös, mutta valgus –vammoihin verrattuna vähemmän (Boden ym. 2000).

Ilman kontaktia ilmenevien ACL –vammojen tarkka vammamekanismi on yhä selvittämättä (Delfico & Garrett 1998). Ilman kontaktia syntyvien ACL –vammojen syntytavaksi on määriteltä kehon jarruttaminen, esimerkiksi hypyn alastulo, jarrutus ennen hyppyä tai jarrutus ennen suunnanvaihtoa (Ireland ym. 1997). Noyes ym. (1983) ovat havainneet suurimman osan ilman kontaktia ilmenevien ACL –vammojen ilmenemistavaksi hypyn alastulon. Bodenin ym. (2000) suorittama 27 ACL –repeämän vammamekanismin analysointi videoinnin avulla paljasti, että vamman sattuessa quadricepslihakset työskentelivät eksentrisesti ja yleisin polvikulma oli 20° fleksiota. Lisäksi todettiin molempien rotaatiokomponenttien, sekä sisä- että ulkorotaation, olevan osa vammamekanismia suurimmassa osassa ilman kontaktia tapahtuneissa ACL –vammoissa. (Boden ym. 2000.)

3 ACL:N OPERATIIVINEN HOITO

3.1 Vamman diagnostisointi ja rekonstruktion indikaatiot

ACL –vammat luokitellaan muiden ligamenttivammojen tapaan kolmeen luokkaan vaikeusasteen perusteella. Ykkösluokan vamma on epätäydellinen repeämä, jossa ei ole havaittavissa nivelen instabiiliutta. Kakkosluokan vammassa instabiilius on havaittavissa, mutta repeämä ei ole täydellinen. Kolmannen luokan vammassa todetaan täydellinen ligamentin repeämä, joka johtaa polvinivelen instabiiliuteen ja usein myös useiden eri rakenteiden vammautumiseen. (Frank 1996, 19.) Akuutti, traumaattinen polven sisäinen verenvuoto (veripolvi) on artroskooppisissa arvioinneissa osoittautunut 60-70 %:ssa ACL -vammaksi. ACL:n vammautuessa potilaan jatkohoito on riippuvainen muista ligamentti- ja meniskivammoista, iästä, aktiivisuustasosta ja alkuperäisen ACL -vamman vaikeusasteesta. (Veltri 1997.)

Potilaan preoperatiiviseen arviointiin kuuluu anamneesi, fyysinen tutkiminen ja röntgenkuvaus (Veltri 1997). ACL –vamman jälkeen polven liikkuvuutta mitattaessa tyypillistä on hyperextension kivuliaisuus ja puuttuminen. Ligamenttien provokaatiotesteistä positiivinen Lachmanin testi ja pivot shift –testi kertovat ACL –vauriosta. Laksiteettimittaus mittalaitteella tehtynä on tarkoituksenmukainen diagnostisessa- ja tutkimustarkoituksessa. Magneettiresonanssikuvausta (MRI) ei tarvita rutiininomaisessa mielessä, mutta se voi auttaa diagnoosin varmistamisessa (Shelbourne & Rowdon 1994) ja leikkauksen suunnittelussa, muun muassa kertomalla mahdollisista meniski- ja rustovaurioista. (Veltri 1997.)

Tärkeä tekijä päätettäessä leikkauksen tarpeellisuudesta on potilaan fyysisen aktiivisuuden määrä, erityisesti mikäli kyseessä on kilpa- tai kuntourheilija (Brown 2002). Yleisesti ACL -rekonstruktion tarpeessa ovat liikunnallisesti aktiiviset potilaat, joilla on suurentunut anteroposteriorinen laksiteetti. Vähemmän liikunnallisesti aktiivisista potilaista rekonstruktiosta saattavat hyötyä ne, joilla on todettu meniski- ja ACL -vamma kliinisissä tutkimuksissa, MRI:ssa tai artroskopiassa. Operatiivinen hoito voi tulla kyseeseen myös kroonisissa ACL -vammoissa, jotka voivat sekundaarisesti aiheuttaa meniski- tai osteoartriittiongelmiä. (Veltri 1997.) Yleisenä leikkausindikaationa pidetään myös potilaan subjektiivisesti kokemaa polven instabiliteettia (Urheiluklinikka Mehiläinen 2001). ACL -rekonstruktion on todettu helpotta-

van instabiliteetin aiheuttamia oireita, esimerkiksi instabiliteetistä aiheutuvaan kipuun voi olla apua ACL -rekonstruktioista. (Veltri 1997.)

3.2 Preoperatiiviset vaatimukset

Ennen leikkausta potilaalle kerrotaan aiotusta leikkauksesta ja hoitovaihtoehdoista (Veltri 1997), sekä ohjataan turvotuksen hoidossa, liikelaajuuden palauttamisessa ja lihasvoiman ylläpidossa (Rubinstein & Shelbourne 1993). Leikkausta suositellaan viivytettäväksi siihen asti kunnes akuutit vammaoireet ovat rauhoittuneet: kipu ja turvotus vähentyneet, täysi ekstensio ja vähintään 120° fleksio palautuneet, sekä quadricepslihasten toiminta palautunut (Irrgang & Harner 1997; Shelbourne & Patel 1999). Lisäksi kaikkien potilaiden, joille tarjotaan operatiivista hoitoa, tulee sitoutua postoperatiiviseen kuntoutukseen hyvän leikkaustuloksen saavuttamiseksi (Veltri 1997).

Leikkauksen ajoituksella on suuri merkitys postoperatiivisten ongelmien ennaltaehkäisyssä. Polven operoiminen tulehdusvaiheessa, jolloin polvella on vielä huono liikkuvuus, on havaittu johtaneen lukuisampiin leikkauksen jälkeisiin komplikaatioihin kuin mikäli olisi odotettu muutama viikko tulehdusvaiheen helpottumiseksi ja liikkeen palautumiseksi. (Cosgarea ym. 1995; Rubinstein & Shelbourne 1993.) Näin ollen akuutin ACL –vamman omaavan potilaan ohjaaminen preoperatiiviseen kuntoutukseen, jonka tavoitteena on polven normaalin liikelaajuuden saavuttaminen ennen leikkausta, on perusteltua. Normaalin liikelaajuuden saavuttaminen vaatii yleensä 1-4 viikkoa. Toisaalta on myös saatu tuloksia, joiden mukaan aikainen operatiivinen hoito (< kolme viikkoa) ei lisännyt postoperatiivisten liikerajoitusten esiintyvyyttä, mutta huomionarvoista oli, että näillä potilailla oli ennen leikkausta normaali liikelaajuus. (Veltri 1997.)

3.3 Rekonstruktio

Rekonstruktion tarkoituksena on parantaa polven mekaanista stabiliteettia, jonka ansiosta potilas voi palata entisiin aktiviteetteihin, ja ennaltaehkäistä instabiliteetista johtuvia degeneratiivisia muutoksia (Hoser ym. 2001; Järvelä ym. 2001; Shelbourne & Rowdon 1994). Vaurioi-

tunut ACL korvataan rekonstruktiossa yleensä biologisella kudossiirteellä, aikaisemmin on kokeiltu muitakin menetelmiä (revenneen ACL:n ompeleminen ja ligamenttiproteesit) huonolla menestyksellä (Fu ym. 2000). ACL -rekonstruktioissa kaksi yleisimmin käytettyä siirrettä ovat patellasiirre ja hamstringsiirre (Brown ym. 1993; Frank & Jackson 1997; Howell & Taylor 1996). Patellasiirteen on ajateltu olevan ideaalinen materiaali ACL -rekonstruktioihin (Hamner ym. 1999), ja sitä onkin pidetty ”golden standardina” ACL -rekonstruktioissa (Brown ym. 1993; Goradia ym. 1998). Siirteen suosion taustalla on sen suuri alkuperäinen lujuus, mahdollisuus luu-luu -fiksaatioon ja polven stabiilius (Aglietti ym. 1994; Cooper ym. 1993; Fu ym. 2000; Webb ym. 1998). Viime vuosina (moninkertaisten) hamstringsiirteiden käyttö on lisääntynyt siirteen fiksaatiotekniikoiden parantuessa ja siksi, että hamstringsiirteisiin oletetaan liittyvän vähemmän siirteen luovutuskohdan ongelmia kuin patellasiirteisiin (Brown ym. 1993; Corry ym. 1999; Eriksson ym. 1999).

4 HAMSTRINGSIIRRE

ACL -rekonstruktion onnistumiselle on tärkeää sopivan siirteen valinta alkuperäisen tilalle. Ensisijaisesti siirteen valinnassa on otettava huomioon siirteen alkuperäinen lujuus suhteessa alkuperäiseen ACL:ään, kuten myös mahdollisuus saavuttaa stabiili siirteen fiksaatio, joka kestää kuntoutuksen ja siirteen uudelleen muokkaantumisen. (Brown ym. 1993; Veltri 1997.) Lisäksi siirteen valintaan vaikuttavat postoperatiiviset erityispiirteet, kuten luovutuskohtaan liittyvät ongelmat sekä liikelaajuus- ja lihasvoimavajeet (Brown ym. 1993).

4.1 Siirteen lujuus

Eläinkokeet ovat osoittaneet, ettei ACL -siirteen lopullinen lujuus ole koskaan suurempi kuin sen alkuperäinen lujuus. Tämän vuoksi onkin tärkeää käyttää siirrekudoksia, joiden alkupe-
räinen lujuus on suurempi kuin normaalin ACL:n. (Brown ym. 1993.) Biomekaanista siirteiden testaamista on käytetty arvioitaessa tarvittavaa ACL -siirteen lujuutta (Veltri 1997). Noyes ym. (1984) mittasivat alkuperäisiä mekaanisia ominaisuuksia normaalista ACL:stä ja ylei-

sesti käytetyistä siirrekudoksista. He saivat ACL:n lujuudelle arvon 1725 N. Patellan keski- kolmanneksesta otettu BPTB -siirre osoittautui vahvimaksi yksittäiseksi siirteeksi, keskiarvoisen lujuuden ollessa 2900 N eli 168 % ACL:stä. Semitendinosuksen lujuudeksi saatiin 1216 N eli 70 % ACL:stä ja graciloksen 838 N eli 49 % ACL:stä. (Noyes ym. 1984.) Alkuperäiselle ACL:lle on tutkimuksissa saatu suurimmaksi lujuusarvoksi 2160 N (Woo ym. 1991) ja patellasiirteelle 2977 N (Cooper ym. 1993).

Edellä mainitun Noyesin ym. (1984) tutkimuksen perusteella hamstringsiirteiden alkuperäisen lujuuden riittävyttä on epäilty (Brown ym. 1993). On kuitenkin esitetty olettamuksia, että kaksinkertaistamalla semitendinosus- ja gracilisjänteet voidaan nelinkertaistaa koko siirteen lujuus (Marder ym. 1991). Tällöin Noyesin ym. (1984) tutkimustulosten mukaan olisi nelinkertaisella semitendinosus-gracilis -siirteellä arvioituna lujuutena 4108 N eli 250 % normaalin ACL:n arvosta, jos jokaisella siirteen osalla olisi sama lujuus (Brown ym. 1993; Hamner ym. 1999). Hamnerin ym. (1999) kadaveritutkimus tukee tätä siirteiden mekaanisista ominaisuuksista esitettyä additiivisuusolettamusta; nelinkertaiselle hamstringsiirteelle saatiin maksimaaliseksi lujuudeksi 4590 N. Useiden tutkimustulosten mukaan yhdistetty nelinkertainen hamstringsiirre on vahvempi alkuperäiseltä lujuudeltaan kuin patellasiirre (Brahmabhatt ym. 1999; Hamner ym. 1999; Wilson ym. 1999).

4.2 Siirteen fiksaatiokohdan lujuus

Siirteen alkuperäinen biomekaaninen lujuus on tärkeää, mutta heikoin kohta varhaisessa postoperatiivisessa vaiheessa on siirteen fiksaatiokohta (Veltri 1997). Hamstringsiirteiden alkuperäisen lujuuden lisäksi myös niiden fiksaatioiden lujuutta on epäilty; ovatko ne tarpeeksi kestäviä sallimaan liikelaajuusharjoittelun ja painonkannatuksen aikaisessa postoperatiivisessa vaiheessa ennen siirteen biologista luuhun kiinnittymistä (Brown ym. 1993). Biomekaanisia kadaveritutkimuksia (Steiner ym. 1994) ja eläinkokeita (Tomita ym. 2001) on käytetty arvioitaessa erilaisia siirteen fiksaatiomenetelmiä.

Patellasiirteiden etuna on niiden luu-luu -interferenssiruuvifiksaatiosta tuleva suuri fiksaatiolujuus (Brown ym. 1993). Pehmytkudoksen (hamstringsiirre) luufiksaatiolle on eri fiksaatiomenetelmiä käyttäen saatu 90-luvun alkupuolelta lähtien saman suuruisia arvoja kuin BPTB -

fiksaatiolle (noin 800 N) (Giurea ym. 1999; Steiner ym. 1994). Steinerin ym. (1994) tutkimuksessa huomionarvoista oli, että nelinkertaiset siirteet tuottivat merkittävästi suurempia lujuusarvoja kuin yksinkertaiset siirteet. Noyes ym. (1984) sekä Frank ja Jackson (1997) oletivat, että päivittäiset toiminnot kuormittavat ACL:ää noin 500 N:n verran, jolloin sekä patella- että hamstringsiirteissä yleisesti käytetyt fiksaatiomenetelmät olisivat riittävän turvallisia sallimaan aikaisen liikkeen ja painonkannatuksen mukaisen postoperatiivisen kuntoutusohjelman (Brown ym. 1993). Huomioitavaa on kuitenkin, että vaikka biomekaanisilla tutkimuksilla on saatu selville siirteen fiksaation lujuus, joka kestää arvioidun kuntoutuksen aiheuttaman kuorman, nämä tutkimukset eivät voi mitata postoperatiivisen kuntoutuksen aiheuttamia muutoksia siirteen fiksaation lujuudessa. Vaikka siirteen alkuperäinen lujuus voi olla riittävä, fiksaatio voi pettää toistetussa submaksimaalisessa kuormituksessa. (Veltri 1997.)

4.3 Postoperatiiviset erityispiirteet

Hamstringsiirteen käyttäminen ACL -rekonstruktiossa on viime vuosina tullut yhä suosittumaksi, koska siinä siirteen ottokohdan komplikaatiot ovat vähäisempiä kuin patellasiirteen kohdalla (Brown ym. 1993; Eriksson ym. 2001c). Mahdollisia patellasiirteen komplikaatioita ovat siirteen ottokohdan kipu, patellofemoraalinen kipu, patellatendiniitti, liikerajoitukset, quadricepslihasheikkous (Atkinson ym. 1998; Irrgang & Harner 1997; Marder ym. 1991; Sachs ym. 1989; Sharkey ym. 1997; Shelbourne & Trumper 1997) sekä harvinaiset, mutta vaikeat komplikaatiot; patellajänteen repeämä (Marumoto ym. 1996) ja patellamurtuma (Christen & Jakob 1992; DuMontier ym. 2001; Papageorgiou ym. 2001a). Hamstringjänteiden käyttämiseen ACL -rekonstruktioissa liittyy vähän siirteen ottokohdan komplikaatioita (hamstringlihasalueen kipu ja lihasheikkous), eikä leikkaus myöskään häiritse polven ekstensorimekanismia (Brown ym. 1993; Cooley ym. 2001; Feller ym. 2001; Fu ym. 2000).

Hamstringsiirteiden ei ole havaittu aiheuttavan merkitsevästi anteriorista polvikipua (Aglietti ym. 1994; Eriksson ym. 2001b; Marder ym. 1991). Corryn ym. (1999) tutkimuksessa anteriorista polvikipua polvistumisessa ilmeni hamstringsiirrepotilailla 6 %:lla yhden ja kahden vuoden jälkeen leikkauksesta. Samassa tutkimuksessa vähäistä hamstringalueen kipua ilmeni vain 8 %:lla. Yasudan ym. (1995) tutkimuksessa havaittiin potilailla postoperatiivisesti hamst-

ringalueella lievää kipua, mutta se ei rajoittanut toimintaa, ja loppui kolmen kuukauden kuluessa leikkauksesta.

ACL -rekonstruktion jälkeen polven kliinistä stabiiliutta mitattaessa hamstringsiirteiden on todettu olevan yhtä stabiileja kuin patellasiirteiden (Aglietti ym. 1994; Corry ym. 1999; Eriksson ym. 2001a; Eriksson ym. 2001b; Marder ym. 1991; Witvrouw ym. 2001). Liikkuvuusrajoitusten on todettu olevan hamstringsiirrepotilailla harvinaisia (Muneta ym. 1998; Aglietti ym. 1994; Eriksson ym. 2001a). Ekstensorajoitukset ovat saattaneet olla ongelmana aikaisemmin, mutta nykyisillä kuntoutuskäytännöillä (aikainen mobilisaatio ja passiivinen täysi ekstensio) ongelmaa on saatu minimoitua (Witvrouw ym. 2001).

Rekonstruktion jälkeen ilmenee yleensä reisilihasten atrofiaa (Eriksson ym. 2001b) ja ekstensiovoimien vajausta (Hiemstra ym. 2000). Useimmat hamstringsiirteillä ACL -rekonstruoidut potilaat saavuttavat normaalin quadricepslihasvoiman 3-6 kuukaudessa. (Brown ym. 1993; Yasuda ym. 1995.) Hamstringsiirrepotilailla on huomattu nopeampi ja helpommin saavutettu quadricepslihasvoiman palautuminen verrattuna patellasiirrepotilaisiin (Brown ym. 1993; Corry ym. 1999). Hamstringsiirrepotilailla on ilmennyt rekonstruktion jälkeen hamstringlihasten voimavajausta (Hiemstra ym. 2000; Marder ym. 1991; Witvrouw ym. 2001). Toisaalta on myös saatu tuloksia, joiden mukaan hamstringlihasvoima ei pienentynyt merkittävästi semitendinosus- ja gracilisjänteiden poisottamisen jälkeen (Karlson ym. 1994). Yasudan ym. (1995) tutkimuksessa hamstringsiirteiden käyttämisen jälkeen hamstringlihasten voima oli vähentynyt merkittävästi yhden kuukauden kohdalla leikkauksesta, isometrinen lihasvoima palautui preoperatiiviselle tasolle kolmessa kuukaudessa ja isokineettinen 12 kuukauden kuluessa.

5 PARANEMISPROSESSIT REKONSTRUKTION JÄLKEEN

ACL -rekonstruktion kuntoutuksen kannalta on tärkeää tietää siirrekudoksen ja siirteen ottokohdan paranemisprosessit (Parker 1994). Ihmisillä ja eläimillä tehtyjen siirrekudosten histologisten ja biomekaanisten tutkimusten perusteella on saatu selville, kauanko siirre tarvitsee aikaa muodostuakseen uudelleen (jänteestä ligamentiksi) ja kiinnittyäkseen luutunneleihin. Paranemisprosessin tarkkojen aikarajojen määrittäminen on vaikeaa, mutta näiden tutkimusten tuloksilla saadaan kuitenkin perusteita kuntoutuksen etenemiselle. (Bealle & Johnson 1999.) Siirteen paranemisprosessi käsittää sekä itse nivelen sisäisen siirteen osan että luutunneleissa olevan osan, ACL -rekonstruktion jälkeen mahdollisesti ilmenevä suurentunut laksi-teetti voi johtua jomman kumman rakenteen pettämisestä (Blickenstaff ym. 1997). Kuntoutuksessa tulee myös ottaa huomioon siirteen ottokohdan paraneminen, koska hamstringsiirteen semitendinosus- ja/tai gracilisjänteet otetaan pois niiden koko paksuudelta ja pituudelta (lähes 30 cm) (Eriksson ym. 2001c).

5.1 Siirrekudos

Siirre käy ajan kuluessa paranemisprosessissaan läpi eri vaiheita, joita ovat akuutti tulehdus, fibroplasia (sidekudoksen muodostuminen) ja nekroosi (solukuolema), sekä uudelleen muodostuminen. Useiden päivien tulehdusvaiheen jälkeen alkaa fibroplasia, joka yleensä kestää useita viikkoja. (Irrgang & Fitzgerald 2000; Irrgang & Harner 1997.) Sidekudoksen muodostumisen jatkuessa, noin 16 viikon kohdalla palautuu verenkierto alunperin verisuonettomaan siirteeseen (Irrgang ym. 1996, 665). Fibroplasian aikana liike on suositeltavaa, koska se stimuloi sidekudoksen muodostumista ja järjestäytymistä. Liiallista kuormitusta tulee kuitenkin välttää, ettei kudos vaurioidu. Ajan kuluessa kudos maturoituu sekä uudelleen järjestäytyy, ja alkaa kestämään suurempaa kuormitusta. (Irrgang & Fitzgerald 2000.) Yhden vuoden jälkeen leikkauksesta siirre näyttää ligamentilta, siinä on havaittavissa ligamentille ominainen sidekudoksen järjestäytyminen (Irrgang ym. 1996, 665).

Siirrekudos on vahvimmillaan rekonstruktion aikaan ja heti sen jälkeen. Sitten se heikkenee nekroosin aikana (noin kuusi viikkoa leikkauksesta), kunnes taas vahvistuu maturoituuksaan

ja uudelleen muodostuessaan. (Irrgang 1993; Irrgang & Harner 1997). Siirteen lopullinen lujuus ei ole kuitenkaan koskaan suurempi kuin sen alkuperäinen lujuus (Blickenstaff ym. 1997; Brown ym. 1993; Grana ym. 1994). Eläinkoetutkimusten tekijät pitävät aikaista urheiluun paluuta (2-4 kuukautta) riskinä hamstringsiirteen vaurioitumiselle (Blickenstaff ym. 1997; Goradia ym. 2000). Toisaalta Goradia ym. (2000) toteavat olevan syytä varovaisuuteen johtopäätöksiä tehtäessä, koska eläinkokeissa on tiettyjä rajoituksia. Niissä on esimerkiksi vaikea kontrolloida liikkeen ja kuntoutuksen vaikutuksia kudoksen maturaatioon. (Goradia ym. 2000.) Siirteen toistettu kuormittaminen voi aikaistaa sen maturaatiota ja muutosta ligamentiksi rakenteeksi (Shelbourne ym. 1995).

5.2 Fiksaatiokohta

Siirteen fiksaatiokohdat ovat heikko kohta heti leikkauksen jälkeen ja aikaisessa postoperatiivisessa vaiheessa, ennen kuin jänteet ovat ehtineet kasvaa kiinni luutunneleihin (Grana ym. 1994; Irrgang & Fitzgerald 2000; Rodeo ym. 1993; Veltri 1997). Patellasiirteen luu-luu -fiksaation paraneminen ja kiinnittyminen tapahtuu 6-8 viikossa (Irrgang & Fitzgerald 2000). Hamstringsiirteen pehmytkudos-luu -fiksaation paraneminen ja kiinnittyminen vaatii hieman pidemmän ajan, Pinczewskin ym. (1997) mukaan 6-10 viikkoa ja Rodeon ym. (1993) mukaan 8-12 viikkoa. Christelin ja Parisin (2001) mukaan pehmytkudos-luu -liitos kestää 12 viikon kohdalla jo hyvin kuormitusta, ja muistuttaa normaalia jänne-luu -liitosta kuuden kuukauden kuluttua leikkauksesta.

Kestää noin kahdeksan viikkoa ennenkuin jänne ja luu liittyvät toisiinsa kiinteästi. Näiden kahdeksan ensimmäisen viikon aikana, ennen jänteen biologista kiinnittymistä luutunneliin, on fiksaatiokohta heikoin lenkki. Ajan kuluessa siirteen repeämiskohta siirtyy fiksaatiokohdasta siirteen keskikohtaan. (Brown ym. 1993; Papageorgiou ym. 2001b; Rodeo ym. 1993.) Kokonaisuudessaan siirre (Irrgang & Harner 1997) ja sen fiksaatiokohdat (Brown ym. 1993) huomioiden, voidaan siirteen arvella olevan heikoimmillaan noin kuuden viikon kohdalla rekonstruktioista.

5.3 Siirteen ottokohta

ACL –rekonstruktiossa hamstringjätteiden pois ottamisen jälkeen siirteen ottokohta käy läpi jänneaurion paranemisprosessin eri vaiheet: tulehdusreaktio, sidekudoksen muodostuminen ja lopullinen paraneminen (Curwin 1996, 41). Aluksi jätteiden päiden väliin tulee verenpurkauma, ja käynnistyy tulehdusreaktio. Verihyytymään siirtyy fibroplasteja, jotka muodostavat sillan jätteiden päiden välille. Tämän jälkeen vauriokohtaan proliferoituu tenoplasteja jätteiden päistä, ja myös tenoplasteista muodostuu silta jätteiden päiden välille. Arpisillan säikeet järjestyvät venytyksen myötä yhdensuuntaisiksi, jolloin niiden vetolujuus lisääntyy. Haitallista kiinnikkeiden muodostusta voidaan ehkäistä muun muassa varhaisella mobilisaatiolla. (Järvinen 1995, 293-295)

MRI- ja ultraäänitutkimuksissa hamstringsiirteen ottopaikan semitendinosuslihaksessa on todettu paranevan täysin (Eriksson ym. 2001c; Eriksson ym. 1999; Papandrea ym. 2000). Erikssonin ym. (1999) MRI-tutkimuksessa 6-7 kuukauden jälkeen ACL –rekonstruktioista huomattiin semitendinosusjätteen uudelleen muodostuneen. Suurimmalla osalla potilaista (8/11) uudelleen muodostunut jänne yhdistyi graciloksen jätteeseen (ei käytetty rekonstruktiossa) polven nivelvälin distaalipuolella, minkä jälkeen ne insertoituiivat yhtenä kompleksina pes anserinukseen. Potilailla, joilla jätteen distaaliosan uudelleen muodostumista ei nähty (3/11), semitendinosusjänne yhdistyi semimembranosusjätteeseen polven proksimaalipuolella. Kaikilla tutkituilla ilmeni hieman semitendinosuslihaksen atrofiaa, mikä korostui proksimaalisemman insertion omaavilla potilailla. (Eriksson ym. 1999.) Papadreaan ym. (2000) ultraäänitutkimuksessa uudelleen muodostunutta kudosta havaittiin kuuden kuukauden kuluttua leikkauksesta, mutta normaalia semitendinosusjännettä vastaavaa se oli vasta 18-24 kuukauden jälkeen. Nämä tutkijat myös havaitsivat jätteen insertion olevan proksimaalisempi kuin tavallisesti (Papandrea ym. 2000).

6 PERUSTELUJA POSTOPERATIIVISELLE KUNTOUTUKSELLE

Postoperatiivisen kuntoutuksen tavoitteena on polven toimintakyvyn palauttaminen vammautumista edeltäneelle tasolle (Shelbourne & Rowdon 1994). Irrgangin ja Fitzgeraldin (2000) mukaan ACL –rekonstruktion jälkeisen kuntoutuksen kehyksenä voidaan käyttää Nagin (1991) luomaa haittamallia (vaurio, toimintakyvyn häiriö, haitta). ACL –rekonstruktion jälkeen vauriotaso käsittää kivun, turvotuksen, liikerajoitukset, lihasheikkouden ja puutteellisen proprioseptiikan. Toimintakyvyn häiriöt ovat rajoituksia elämän tavallisissa toiminnoissa ja urheilussa, kuten kävelyssä, porraskävelyssä, juoksussa ja hypyissä. Haittataso voi sisältää rajoituksia työnteossa ja koulun käynnissä sekä estää osallistumisen vapaa-ajan harrastuksiin ja urheiluun. ACL –rekonstruktion jälkeen ilmenevien vaurioiden voidaan olettaa liittyvän suoraan potilaan toimintakyvyn häiriöihin ja haittoihin. Näin ollen postoperatiivinen kuntoutus on suunnattu polven vauriotason tekijöihin (kivun ja turvotuksen vähentäminen sekä liikelaajuuden, voiman ja proprioseptiikan parantaminen) tavoitteena palauttaa toimintakyky ja poistaa haitat. Vaurioiden ja toimintakyvyn häiriöiden lisäksi kuntoutuksessa on tärkeää ottaa huomioon ACL –rekonstruktion liittyvä patologia, mikä osaltaan muokkaa kuntoutuksen etenemistä. (Irrgang & Fitzgerald 2000.)

6.1 Kylmähoito

Kylmähoidolla on todettu saavutettavan vaikuttavia tuloksia ortopedisten toimenpiteiden jälkeen (Cohn ym. 1989; McMaster & Liddle 1980; Shelbourne & Wilckens 1990). Kylmän käytöllä pyritään pääasiassa vaikuttamaan turvotukseen ja kipuun eli vähentämään akuuttiin tulehdukseen liittyviä oireita (Arnheim & Prentice 1997, 309-310). Vaikka kylmän käyttö on hyvin yleistä, Edwards ym. (1996) ja Konrath ym. (1996) eivät havainneet eroja mitatuissa muuttujissa (mm. kipulääkitys, liikelaajuus ja turvotus) kylmän käytön ja käyttämättömyyden välillä artroskooppisen ACL -rekonstruktion jälkeen. Myöskään Daniel ym. (1994) eivät ole onnistuneet toteennäyttämään kylmähoidon oletettuja positiivisia vaikutuksia.

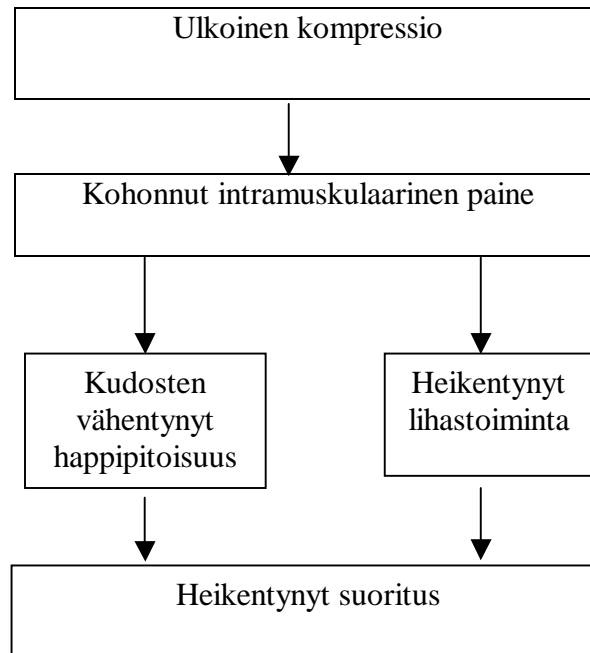
Tutkittaessa veden lämpötilan vaikutusta niin kutsutussa kylmämansetissa on havaittu, että käytettäessä kylmää ja huoneenlämpöistä vettä eroja ei ilmennyt (Derwin ym. 1998). Schroder

ja Passler (1994) ovat todenneet, että mitattuna postoperatiivisen turvotuksen, liikelaajuuden, kivun ja kipulääkityksen käytön määrällä sekä urheiluun paluun ajankohdalla, on kylmä yhdistettynä kompressioon tehokkaampi menetelmä pelkkään kylmähoitoon verrattuna.

6.2 Tuen käyttö

Polvituet jaetaan tavallisimmin kolmeen luokkaan: profylaktisiin, toiminnallisiin sekä kuntoutuksessa käytettäviin tukiin (Rahimi & Wallace 2000). Profylaktisia tukia käytetään suojaamaan normaalia polviniveltä ylikuormitukselta urheilusuorituksen aikana. Toiminnallisilla tuilla puolestaan pyritään kontrolloimaan ligamenttivamman seurauksena ilmenevää instabiiliutta ja kuntoutuksessa käytettävillä tuilla suojaamaan kudoksia liialliselta kuormitukselta trauman tai kirurgisen operaation jälkeen. (Styf 1999.) ACL –vammojen lisääntyminen urheilussa on johtanut tukien käyttöön suojaamaan siirrettä, erityisesti rekonstruktion jälkeen (Decoster ym. 1995). Käytettävien tukien mekaaniset sarananivelet estävät tibiofemoraalinivelen liiallista anteromedialista rotaatiota sekä sublukaatiota, jotka molemmat ovat ACL – repeämän pääasiallisia oireita (Wu ym. 2001).

ACL –tukien vaikuttavuutta on tutkittu useilta eri näkökulmilta, mutta subjektiivisten ja objektiivisten vaikutusten välillä on ilmennyt eroavaisuuksia (Wu ym. 2001). Solomonow (2001) kuitenkin korostaa, että polvitukien tehokkuus riippuu monesta tekijästä ja niitä tulisi varovaisesti tarkastella ennen ja jälkeen tuen käytön. Useat tutkimukset ovat havainneet, että toiminnalliset tuet rajoittavat polven epänormaaleja liikkeitä (Styf 1999) ja pystyvät vähentämään tibian anteriorista siirtymää suhteessa femuriin jopa 30-40 % (Wojtys ym. 1990). Tuen käytöllä on raportoitu olevan epäedullisia vaikutuksia urheilusuoritukseen (Kuvio 1) (Styf 1999). Myös Wu ym. (2001) ovat todenneet, että yli viiden kuukauden jälkeen operaatiosta, tuen käyttö ei parantanut toiminnallista suoritusta, päinvastoin he totesivat tuen käytön mahdollisesti hidastavan juoksu- ja kääntymisnopeuksia. Tuen käytön on havaittu lisäävän myös energiankulutusta (hapenkulutus, ventilaatio sekä syke) tutkimuksesta riippuen juoksussa joko 3-8 % (Highgenboten ym. 1991) tai 4.5% (Zetterlund ym. 1986).



KUVIO 1 Tuen käytön haitalliset vaikutukset urheilusuoritukseen (Styf 1999).

Rahimi ja Wallace (2000) ovat todenneet tukien käytöstä, että objektiiviset todisteet tukien hyödyistä ovat kyseenalaisia ja tarkempi tutkimustieto olisi tarpeen. Styf (1999) on yhteenvedona maininnut toiminnallisten tukien käytöstä, että ne saattavat tarjota arvokasta ylimääräistä tukea urheilijalle, jolla on havaittavaa instabiiliutta polvinivelessä, mutta oireettomilla urheilijoilla tuet saattavat heikentää suoritusta. Myös Heckmann ym. (2000, 135) ovat todenneet, että leikkaustekniikan kehittyessä tuista on tullut yhä vähemmän olennainen osa välitöntä postoperatiivista kuntoutusta.

6.3 Varaaminen

Viime aikojen suuntaus on ollut kohti täyttä välitöntä postoperatiivista varaamista (MacDonald ym. 1995; Noyes ym. 1992). Silti ei tiedetä, millainen vaikutus varaamisella on siirteeseen. Varaamisen apuna tulee käyttää kyynärsauvoja, jotka mahdollistavat kävelyn normaalin mekaniikan ja vähentävät virhemallien syntymistä. Varaaminen edesauttaa lihasten toimintaa sallimalla polven aktiivisen liikkeen sekä proprioseptisen palautteen. (Mangine & Kremchek 1997.) Täten varaaminen tulee aloittaa käyttämällä normaalia kävelyn tekniikkaa,

eikä kävelemällä tietyllä polvikulmalla. Normaali kävelytekniikka mahdollistaa kantapäiden ja varpaiden liikkeet, quadricepslihasten supistuksen keskivaiheessa sekä lonkan ja polven fleksiot. Kävely tietyllä polvikulmalla (”lukittu asento”) saattaa edesauttaa liikemallin kehittymistä, jossa quadricepslihasten aktiivisuutta ei ilmene. (Heckmann ym. 2000, 136.)

6.4 Liikelaajuusharjoitteet

Beynon ja Johnson (1996) ovat todenneet, että aikainen liike on hyödyllinen kivun vähentämisessä, nivelruston hyvinvoinnissa ja liikettä rajoittavan arpikudoksen muodostumisen estämisessä. Liikelaajuuden lisäämiseksi voidaan käyttää passiivisia, aktiivisia avustettuja ja aktiivisia liikelaajuusharjoitteita (Irrgang ym. 1996, 662). Polven liikerajoitukset ACL -rekonstruktion jälkeen voivat aiheuttaa huomattavaa kipua ja toiminnallista vajautta (Shelbourne & Patel 1999). Ekstensiovajaus on yleisesti fleksiovajauksista oireisempi ja sen seurauksena saattaa ilmetä patellofemoraalisia kipuja, quadricepslihasten heikkoutta ja yleisesti koko polven heikkoutta toimintaa (Sachs ym. 1989). Fleksiovajauksen seurauksena ilmenee vaikeuksia laskeutua portaita, kyykistyä sekä polvistua (Shelbourne & Patel 1999). Patella inferiorin ennaltaehkäisyssä olennaisinta on aktiivinen quadricepslihasten kontrolli sekä polven fleksio (Rubinstein & Shelbourne 1993; Sachs ym. 1989). Täyden liikeradan saaminen operaation jälkeen on erittäin tärkeää postoperatiivisten subjektiivisten oireiden minimoimiseksi (Fisher & Shelbourne 1993; Sachs ym. 1989; Shelbourne & Trumppel 1998).

Liikelaajuusharjoitteluun voidaan saada apua patellan mobilisoinnista. Patellan inferiorinen liukuminen on välttämättömyys normaalille fleksioliikkeelle ja superiorinen liukuminen puolestaan ekstensioliikkeelle. Patellan rajoittunut superiorinen liukuminen estää quadricepslihasten toimintaa ja johtaa ekstensoreiden toiminnan vajaukseen. Mediaalinen liukuminen on välttämätön venyttämään lateraalisen retinaculumin rakenteita. (Irrgang ym. 1996, 662.) Patellan mobilisointia käytetään ehkäisemään patellofemoraalisia ongelmia ja arpikudoksen muodostumista. Arpikudoksen muodostuminen saattaa aiheuttaa liikerajoituksia etenkin ekstensioon. (Mangine & Kremchek 1997.)

Lisäksi liikkuvuusharjoittelussa voidaan käyttää liikelaajuuden palauttamiseksi aktiivisia ja passiivisia lihasvenyvyysharjoitteita. Venyttelyharjoitteiden tulee olla pitkäkestoisia ja pienel-

lä voimalla tehtyjä, jolloin saadaan aikaiseksi sidekudoksen pysyvä piteneminen. (Irrgang ym. 1996, 662.)

6.5 Liihasharjoitteet

ACL –rekonstruktion postoperatiivisessa kuntoutuksessa on tärkeää saada palautetuksi lihastoiminta polvinivelen ylittäviin lihaksiin. Lisäksi tulee kiinnittää huomiota myös lihaksiin, jotka toimivat proksimaalisesti ja distaalisesti polviniveleen nähden. Aikaisessa postoperatiivisessa vaiheessa tärkeintä on saada palautetuksi lihaksen motorinen kontrolli. Quadricepslihasten aktivoinnissa voi ilmetä ongelmia johtuen kivusta ja turvotuksesta, yleisesti niiden kontrollin saavuttaminen on vaikeampaa kuin hamstringlihasten. (Irrgang ym. 1996, 662.) ACL –rekonstruktion leikkaustavasta riippumatta tulisi kuntoutuksessa kiinnittää huomiota ekstensiovoiman harjoittamiseen ja erityisesti hamstringrekonstruktion jälkeen myös fleksiovoiman harjoittamiseen (Hiemstra ym. 2000).

Lihasten harjoittelussa lisätään ensin kestoja ja sen jälkeen kuormituksen intensiteettiä (Mangine & Kremchek 1997). Harjoitteet suoritetaan ensin kevyellä vastuksella ja suurella toistomäärällä lihasten kestävyysominaisuuksien lisäämiseksi. Kuntoutuksen myöhemmässä vaiheessa harjoittelussa edetään lihasten voimaa ja tehoa kehittäviin harjoitteisiin, jolloin käytetään suurta vastusta ja pientä toistomäärää. (Irrgang 1996, 662.)

Kuntoutusohjelmia suunnittelevien fysioterapeuttien on tärkeä ymmärtää yleisimmin käytettyjen polven alueen harjoitteiden biomekaniikka, kuten jalkakyykyn, jalkaprässin ja polven ekstension, jotta voitaisiin välttyä rekonstruoitujen ACL:n ylikuormitukselta. Harjoitteiden arvioinnissa päähuomio kiinnitetään lihasvoimaan, ligamenttien venyttymään sekä femurin ja tibian välisiin kontaktivoimiin. (Zheng ym. 1998.) Eri harjoitteiden aiheuttamia ACL:n venytymiä ei täysin ymmärretä, mikä aiheuttaa ristiriitaisuuksia käytettyjen harjoitteiden valintaan (Wilk ym. 1997). ACL:n monimutkaisen rakenteen vuoksi venyttymän jakautuminen vaihtelee ligamentin piteuden ja poikkipinta-alan eri kohdissa, esimerkiksi venyttymä on erilainen ligamentin keskiosissa kuin kiinnityskohdissa (Butler ym. 1900) sekä posterolateraalissa ja anteromedialissa osissa (Woo ym. 1997b).

6.5.1 Suljetun ja avoimen kineettisen ketjun lihasharjoitteet

Suljetun kineettisen ketjun (closed kinetic chain, CKC) harjoitteille on ominaista painonkannatus ja distaalisen segmentin kontakti alustaan, esimerkiksi jalkakyyky. Avoimen kineettisen ketjun (open kinetic chain, OKC) harjoitteet ovat tyypillisesti painoa kannattamattomia harjoitteita, joissa liike tapahtuu yhdessä nivelessä. Distaalinen segmentti liikkuu vapaasti ja vastusta käytetään yleensä distaalisessa segmentissä, esimerkiksi istuen suoritettu polven ekstensio. (Fitzgerald 1997; Irrgang & Fitzgerald 2000; Jenkins ym. 1997.)

Kolme vallitsevaa oletusta ovat johtaneet CKC -harjoitteiden suosioon verrattuna OKC -harjoitteisiin. CKC -harjoitteita pidetään turvallisempina, toiminnallisempina ja yhtä tehokaina quadricepslihasharjoitteina kuin OKC -harjoitteita. Nämä oletukset ovat yleisesti käytössä, vaikka niitä tukevat perusteet ovat rajoittuneita, ja Fitzgeraldin (1997) mielestä ne perustuvat enemmän mielipiteisiin kuin faktoihin. (Fitzgerald 1997.)

Suljetun kineettisen ketjun harjoitteiden uskotaan olevan turvallisempia kuin avoimen kineettisen ketjun harjoitteiden, koska ne aiheuttavat vähemmän venyttymistä ACL -siirteeseen, ja todennäköisemmin tuottavat vähemmän patellofemoraalisia kipuja (Bynum ym. 1995; Wilk ym. 1996). Polven ekstension harjoittamisen avoimessa kineettisessä ketjussa on todettu aiheuttavan ACL -venyttymää, joka oli riippuvaista polven fleksiokulmasta ja quadricepslihasaktiivisuudesta. Yleisesti ottaen venyttymä on suurimmillaan pienillä fleksiokulmilla (lähellä ekstensiota) ja lisääntyy quadricepslihasaktiivisuuden kasvaessa (vastusta lisäämällä). (Beynnon ym. 1995.) Toisaalta tutkimukset ovat osoittaneet myös päinvastaisia tuloksia; painonkannatus on lisännyt merkittävästi ACL -venyttymää verrattuna ei-painonkannatukseen (Fleming ym. 2001). Jalkakyykyn aikana havaitut ACL -venyttymät eivät poikenneet aktiivisen fleksio-ekstensio -liikkeen aikana havaituista arvoista (Beynnon ym. 1997). Patellofemoraalisia kipuja mahdollisesti aiheuttavia patellofemoraalisia kompressiovoimia on todettu ilmenevän sekä avoimen että suljetun kineettisen ketjun harjoitteissa polven fleksiokulmasta riippuen. Suljetussa kineettisessä ketjussa kompressiovoimat lisääntyivät polven fleksiokulman kasvaessa, kun taas avoimessa kineettisessä ketjussa (isometrinen lihastyötapa) pienillä fleksiokulmilla kompressiovoimat kasvoivat. (Steinkamp ym. 1993.) Avoimen kineettisen ketjun dynaamisen lihastyötavan aikana patellofemoraalisten kompressiovoimien lisääntyminen on puolestaan havaittu alkavan suuremmilla polven fleksiokulmilla (Escamilla ym. 1998).

Suljetun kineettisen ketjun harjoitteiden oletetaan olevan toiminnallisempia kuin avoimen kineettisen ketjun, koska ne tuottavat lihasten rekrytointimallin joka muistuttaa toiminnallisia aktiviteettejä (Irrgang & Fitzgerald 2000). Kuitenkin monissa toiminnallisissa aktiviteeteissa esiintyy molempia kineettisen ketjun osia, esimerkiksi käveleminen, juokseminen ja porraskäveleminen (tukivaiheessa suljettu kineettinen ketju ja heilahdusvaiheessa avoin kineettinen ketju) (Fitzgerald 1997; Rennison 1996). Toisaalta suljetun kineettisen ketjun toiminnallisuutta puoltaa se, että ne vaativat lihasten koordinaatiota lonkka-, polvi- ja nilkkanivelessä (Palmier ym. 1991).

Suljetun kineettisen ketjun harjoitteita on pidetty yhtä tehokkaina (quadricepslihasten vahvistamisessa) kuin avoimen kineettisen ketjun harjoitteiden. Tutkimukset ovat todenneet avoimen kineettisen ketjun harjoitteiden olevan tehokkaampia tai vähintään yhtä tehokkaita kuin suljetun kineettisen ketjun harjoitteiden. (Escamilla ym. 1998; Mikkelsen ym. 2000.) Tutkimuksissa on todettu quadricepslihasten tarvitsevan avoimen kineettisen ketjun harjoittelua hyvän lihasvoiman saavuttamiseksi (Snyder-Mackler ym. 1995, Mikkelsen ym. 2000), toisaalta polven kuntoutumisessa Escamilla ym. (1998) pitävät suljetun kineettisen ketjun harjoitteita tärkeinä paremman quadricepslihaksiin kuuluvien vastus -lihasten aktivoinnin vuoksi. Onkin todettu, että parhaan kuntoutumistuloksen saavuttamiseksi tulee käyttää sekä avoimen että suljetun kineettisen ketjun harjoitteita (Mikkelsen ym. 2000; Wilk ym. 1997).

6.5.2 Yleisimpien alaraajalihasharjoitteiden aiheuttamat ACL -venyttymät

ACL -siirteen venyttymän turvalliset rajat paranemisprosessin aikana eivät ole selvillä, ja siksi onkin vaikeaa määritellä kuntoutusharjoitteiden turvallisuutta tai vahingollisuutta (Beynon & Fleming 1998; Beynon & Johnson 1996). Tämän vuoksi yleisenä suosituksena pidetään anteriorista tibian siirtymää aiheuttavien harjoitteiden välttämistä, etenkin kuntoutuksen alkuvaiheessa (Jenkins ym. 1997). Toisaalta ei myöskään tiedetä, paljonko venyttymää tarvitaan siirteen normaaliin paranemiseen (Beynon & Johnson 1996).

6.5.2.1 Suljettu kineettinen ketju

Liialliset tibiofemoraaliset translatoriset voimat voivat vammauttaa ristisiteet, kun taas tibiofemoraaliset kompressiovoimat voivat olla vahingollisia meniskeille ja rustopinnoille. Kompressiovoimien on kuitenkin osoitettu olevan tärkeä tekijä polven stabilisaatiossa, koska ne rajoittavat translatorisia voimia ja näin vähentävät tibian siirtymää suhteessa femuriin. (Escamilla 2001; Yack ym. 1994.) Quadricepslihasjännitys aiheuttaa patellajänteen kautta tibiaan anteriorisesti suuntautunutta liikettä, kun polvi on fleksoituneena vähemmän kuin 50-60° ja posteriorisesti suuntautunutta liikettä polven ollessa fleksoituneena enemmän kuin 50-60° (Castle ym. 1992; Singerman ym. 1999).

Useissa tutkimuksissa jalkakyykyn ja -prässin aikana ei ole havaittu merkitseviä ACL:ää venyttäviä voimia (Escamilla ym. 1997; Escamilla ym. 1998; Stuart ym. 1996; Wilk ym. 1996; Zheng ym. 1998). Näin ollen jalkakyykyä voidaan käyttää turvallisena ja tehokkaana harjoitteena kuntoutuksessa, mikäli halutaan minimoida ACL:ää venyttävien voimien määrää. Toungi ym. (2000) raportoivat anterioristen translatoristen voimien huippuarvon 0-50° fleksiassa suoritettuna jalkakyykyn aikana olevan 28 N. Suurimmat ACL:n venyttymät kyykyn aikana on mitattu täydestä ekstensiosta 10° fleksioon, josta venyttymät asteittain vähenevät polven saavuttaessa 90° fleksion. Kevyen vastuksen lisääminen (136 N) ei vaikuttanut ACL -venyttymän määrään. (Beynon ym. 1997.)

Jalkakyykyn aikana mitattujen vähäisten ACL:ää venyttävien voimien osittaiseksi selitykseksi on esitetty hamstringlihasen aktiivisuutta (quadriceps- ja hamstringlihasen ko-kontraktio), koska useat tutkimukset ovat osoittaneet hamstringlihasen vähentävän ACL:n kuormittumista tuottamalla taaksepäin suuntautuvaa voimaa tibiaan koko polven liikeradalla (Durselen ym. 1995; Li ym. 1999; More ym. 1993; Ortiz ym. 1998). Hamstringlihasen aktiivisuuden lisääminen vartaloa eteenpäin kallistamalla ja lonkan fleksiota lisäämällä on todettu vähentävän ACL:ään kohdistuvaa kuormittumista (Ohkoshi ym. 1991). Vartalon eteenpäin kallistaminen vähentää myös polvien eteenpäin suuntautuvaa liikettä (polvet varvaslinjan yli), minkä Ariel jo vuonna 1974 totesi vähentävän tibian translatorisia voimia. Jalkakyykyn ja -prässin samankaltaisuudesta huolimatta kyykyn on todettu saavan aikaan huomattavasti suurempaa hamstringlihasaktiivisuutta kuin prässin (Escamilla ym. 1998; Wilk ym. 1996). Kyykynäikainen suurempi hamstringlihasen aktiivisuus johtuu lihasten roolista lonkan fleksion kontrolloinnis-

sa polven fleksion aikana ja lonkan ekstension tuottamisessa polven ekstensiossa (Escamilla ym. 1998).

Fleming ym. (2001) ja Beynnon ym. (1997) saivat tutkimuksissaan, aikaisemmin esitetystä poiketen, tuloksia, joissa suljetun kineettisen ketjun harjoitteiden aiheuttamat ACL -venyttymät olivat suurempia tai yhtä suuria kuin avoimen kineettisen ketjun aiheuttamat venyttymät. Suljetun kineettisen ketjun harjoitteiden aiheuttamia ACL -venyttymiä selitetään eri teorioilla. Ensimmäiseksi, suljetun kineettisen ketjun harjoitteet (jalkakyykky ja -prässä) ovat quadriceps-dominoivia harjoitteita, joissa ilmenee vain vähäistä hamstringlihasen aktiivisuutta samoin kuin avoimen kineettisen ketjun harjoitteissa. (Beynnon ym. 1997; Fleming ym. 2001.) Quadriceps-dominoivien harjoitteiden on osoitettu aiheuttavan ACL -venyttymiä liikeradalla 45° fleksiosta täyteen ekstensioon (Beynnon ym. 1995; Li ym. 1999). Toiseksi, kehon painoa vastaavien voimien aiheuttamat tibiofemoraaliset kompressiovoimat saavat aikaan tibian huomattavan anteriorisen siirtymän suhteessa femuriin, mikä venyttäisi ACL:ää. Kompressiovoimien anteriorisen komponentin "liukuminen" tibian kaltevaa pintaa pitkin tibiofemoraalisesta nivelpintojen kontaktikohdasta saattaa johtaa tibian anterioriseen siirtymään. (Torzilli ym. 1994.)

Yleisesti ACL -rekonstruktion jälkeisessä kuntoutuksessa käytettävää polkupyöräergometriä on pidetty ACL -siirteelle turvallisena harjoitteena, vaikka tälle olettamukselle ei olekaan ollut suoraa tutkimustietoa. Vuonna 1998 julkaistussa tutkimuksessa pp-ergometrin polkemisen todettiin aiheuttavan vain vähäistä ACL -venyttymää, joten tulos tukee aikaisempaa oletusta sen turvallisuudesta ACL -kuntoutuksessa. Vastuksen määrällä (75-175 W) ja kierrosnopeudella (60 ja 90 rpm) ei ollut vaikutusta ACL:n venyttymiseen. (Fleming ym. 1998.)

6.5.2.2 Avoin kineettinen ketju

Useat polven ekstensiota koskevat tutkimukset ovat todenneet ACL:n venyttymistä sekä isometristen että dynaamisten lihasharjoitteiden aikana polven fleksiokulmien ollessa 60° tai vähemmän, ja lisääntyvän polvikulman pienentyessä (Escamilla ym. 1998). Isometrisessä polven ekstensiossa venyttymiä ilmeni 15° ja 30° fleksiassa, kun taas ei 60° ja 90° fleksiassa. Quadricepslihasen ja hamstringlihasen yhtäaikainen aktivaatio (ko-kontraktio) 15° polven fleksiokulmalla aiheutti ACL -venyttymiä, mutta venyttymiä ei ilmennyt 30°, 60° ja 90° flek-

siossa. (Beynnon ym. 1995.) Kvistin ym. (2001) mielestä hamstringlihasten ko-kontraktio ei ole polven ekstension aikana käyttökelpoinen tapa välttää liiallisia ACL -venyttymiä.

Dynaamisessa polven ekstensiossa ACL:n venytyminen alkoi 35° fleksiassa, ja oli suurimmillaan 10° fleksiassa. Vastusta lisättäessä (45 N:n nilkkapaino) venyttymät lisääntyivät ja alkoivat suuremmilla fleksiokulmilla (45°), venyttymän huippuarvon ollessa edelleen 10° fleksiassa. Aktiivisen fleksio-ekstensio -liikkeen aikana ACL:n venyttymät olivat suurempia fleksiovaiheen aikana kuin ekstensiovaiheessa. Tätä selitetään fleksion aikana tapahtuvalla suuremmalla tibian sisärotaatiolla suhteessa femuriin, minkä on osoitettu lisäävän ACL:n venyttymää verrattaessa tibian ulkorotaatioon. (Beynnon ym. 1995.)

Avoimen kineettisen ketjun käyttämisen polven fleksion (hamstringlihasten) harjoittamisessa on todettu aiheuttavan vain vähän ACL -venyttymää ja olevan turvallisia polven koko liikeradalla isometrisesti harjoiteltaessa ja liikeradalla 40-90° dynaamisesti harjoiteltaessa (Beynnon & Johnson 1996). Myös Toutoungi ym. (2000) pitävät OKC -harjoitteita turallisina hamstringlihasten voimaharjoittelussa.

6.6 Proprioseptiikkaharjoitteet

Gillqvist ja Messner (1999) ovat todenneet, että ACL:n neuraalinen toiminta on samanlaista sekä rekonstruktoiduissa että revenneissä ligamenteissa. Parantunutta proprioseptiikkaa rekonstruktion jälkeen verrattuna revenneeseen ACL:ään ei ole todettu (Jerosch & Prymka 1996; MacDonald ym. 1996). Tosin Lephart ym. (1992) esittävät, että ACL -rekonstruktio, ja sitä seuraava perinteinen kuntoutus näyttäisi palauttavan jonkin verran, ei kuitenkaan täysin, kykyä aistia nivelen liikkeitä ja kiihdytystä (kinesteettinen aistimus). Barrettin (1991) mielestä rekonstruktion puolestaan normalisoisi nivelen asentotunnon. Viime aikainen tutkimus on todennut, että suurin osa proprioseptiikasta palautuu kolmen ja kuuden kuukauden välillä leikkauksesta, palautuminen jatkuu myös tämän ajan jälkeen (Fremerey ym. 2000). Tästä huolimatta, jopa useiden vuosien päästä, ACL -rekonstruktion jälkeen on havaittu selkeä motorisen kontrollin vajaus kontrollihenkilöihin verrattuna (Denti ym. 2000).

ACL -repeämän seurauksena kyky aistia nivelen asentoja oli heikentynyt verrattuna kontrolli-henkilöihin, myös kyky aistia liikkeen alkua oli viivästynyt (Corrigan ym. 1992). On huomattu, että kyky aistia passiivista liikettä on selkeästi parempi liikuttaessa ekstensioon kuin fleksioon. Tästä johtuen tutkijat ovat suositelleet kuntoutusprotokollassa hyödynnettävän suori-tukseen perustuvaa painonkannatusta ja suljetun kineettisen ketjun harjoitteita tehokkaamman refleksistabilisaation palauttamiseksi. (Borsa ym. 1997.) Lisäksi on havaittu vahva korrelaatio hamstring-/quadricepslihasten tehosuhteen ja alentuneen proprioseptisen aistimisen välillä. Tehosuhte alle 60 % on todettu alentuneen proprioseptisen aistimisen yhteydessä. (Corrigan ym. 1992.)

Wojtys ja Huston (1994) havaitsivat, että ACL -repeämän jälkeen olivat tahdonalaisen li-hasaktiivisuuden latenssit testatuissa lihasryhmissä (mediaaliset ja lateraaliset quadricepsli-hakset, hamstringlihakset ja gastrocnemiuslihas) hitaammat kuin kontrolliraajassa tai –ryhmässä. Yhteenvedona he ovat todenneet, että riippumatta ajasta vamman jälkeen ACL –repeämän seurauksena raajan selkäydin- ja kortikaalitason vasteet anterioriseen tibiaaliseen siirtymään ilmenevät hitaammin kuin normaaleissa tai vammautumattomissa raajoissa (Woj-tys & Huston 1994). Dyhre-Poulsen ja Krogsgaard (2000) ovat tutkimuksessaan todenneet ACL:n ja polven alueen lihasten välillä olevan suoran neuromuskulaarisen yhteyden, mutta epäselvää on, onko latenssi liian pitkä ollakseen suoraan suojarefleksi, vai onko sen merkitys enemmän toiminnallisen stabiliteetin ylläpidossa.

Normaalin proprioseptisen palautteen tarjoama tieto nivelen ja kehon asennosta sekä nopeu-desta ja suunnasta ovat tärkeitä tekijöitä posturaalisen kontrollin ylläpidossa (Henriksson ym. 2001). Neuromuskulaarisen kontrollin on todettu olevan vaatimus kilpaurheilun paluulle (Lephart ym. 1997). Tutkittaessa neuromuskulaarista kontrollia (perifeerinen, vestibulaarinen ja visuaalinen palaute) posturaalisen kontrollin avulla on havaittu, että 36 kuukauden kuluttua operatiosta koeryhmällä oli kontrolliryhmän kanssa yhtenevä posturaalinen kontrolli, lukuun ottamatta sagittaalitasossa tapahtuvien horjutusten latensseja ja reaktioaikoja. Huomioitavaa tutkimuksessa on, että postoperatiivisessa kuntoutuksessa keskityttiin proprioseptiikan palaut-tamiseen ja taidon harjoittamiseen; tutkijat painottavatkin tämän tyyppisen harjoittelun merki-tystä polven toiminnallisen stabiliteetin palauttamisessa rekonstruktion jälkeen. Lisäksi koros-tettiin nilkan ja lonkan proprioseptisen harjoittamisen kuulumista olennaisena osana ACL -rekonstruktion jälkeiseen kuntoutukseen. (Henriksson ym. 2001.)

Neuromuskulaarisen kontrollin saavuttamiseksi tulee pystyä yhdistämään nivelen asentoon liittyvät perifeeriset aistimukset ja muodostaa niistä efferentit motoriset vasteet (Swanik ym. 1997). Luotettava kinesteettinen ja proprioseptinen informaatio muodostaa pohjan, jolle palaute ja neuromuskulaarinen kontrolli perustetaan. Harjoitteista suljetun kineettisen ketjun harjoitteet saavat aikaan aksiaalisia kuormia (nivelkompressio), jotka stimuloivat maksimaalisesti nivelpintojen reseptoreja, kun pituus/jännitys –muutokset ärsyttävät tenomuskulaarisia (lihasspindelit ja Golgin jänne-elimet) reseptoreja. (Grigg 1994.)

Lukuisten suljetun kineettisen ketjun harjoitteiden on todettu lisäävän hamstringlihasjen jäykkyyttä ja lihasspindelien venytysherkkyttä. Suljetun kineettisen ketjun harjoitteet saavat aikaan nivelkompression kautta paremman nivelpintojen yhtenevyyden ja proprioseptisen palautteen kuin avoimen kineettisen ketjun harjoitteet näin minimoiden niveleen kohdistuvia leikkausvoimia. (Palmitier ym. 1991.) Jotta vaikutuksia lihasjäykkyyteen saataisiin, tulee käyttää suuria toistomääriä, lyhyitä palautuksia ja keskittyä eksentriseen vaiheeseen. Lihasjen jäykkyydellä on todettu olevan suuri merkitys nivelten stabiloinnin kannalta, siksi suositellaan harjoitteita, jotka lisäävät lihasjäykkyyttä. (Swanik ym. 1997.) Myös lihasjen krooninen ylikuormittaminen saattaa parantaa lihasspindelien aktiivisuutta aiheuttamalla sidekudoksen proliferaatiota (Hutton & Atwater 1992).

Perusvoimaharjoittelua voidaan käyttää stimuloimaan hamstring-/quadricepslihasjen koaktiivatiota, mikä samalla parantaa lihaskestävyyttä (Swanik ym. 1997). Voimaharjoittelun on ehdotettu lisäävän laskevien (kortikaalisten) ratojen informaation kulkeutumista luurankolihasjen laajoihin motorisiin hermoihin ja lihasspindelien pieniin efferentteihin säikeisiin (McComas 1994). Lihasjen lisääntynyt aktiivisuus parantaa lihasspindelien aktiivisuutta, ja lisää niiden herkkyyttä venytykselle johtaen lyhyempiin refleksilatensseihin (Hutton & Atwater 1992). Tasapainoharjoitteet ja venymis-lyhenemissykliä hyödyntävät harjoitteet vaativat onnistuakseen lihasjen esi- ja reaktiivista aktiivatiota, jotka ovat tärkeitä dynaamisen tasapainon kannalta. Neuromuskulaarisen kontrollin palaute ja tiedon eteenpäin välittyminen hyödyntävät sensorista tietoa esi- ja reaktiivisesta lihasaktiivisuudesta. Venymis-lyhenemissykliä hyödyntäviä harjoitteita voidaan alkaa toteuttamaan jo aikaisessa vaiheessa kuntoutusta, heti täyden painonkannatuksen saavutettua, kunhan harjoitteen aiheuttama kuormitus on matala. (Swanik ym. 1997.)

7 TUTKIMUKSEN TARKOITUS

Tutkimuksen tarkoituksena oli vertailla käytössä olevia suomalaisia sekä ulkomaalaisia ACL –rekonstruktion postoperatiivisia kuntoutusprotokollia; mitä yhteistä ja mitä eroja? Tuloksia pyrittiin tarkastelemaan olemassa olevan tieteellisen tiedon pohjalta.

8 MENETELMÄT

Tutkimuksen aineistona olivat ACL –rekonstruktion jälkeisen kuntoutuksen kuntoutusprotokollat seuraavista paikoista: Urheiluklinikka Mehiläinen Oy Helsinki, Apex Turku, Fysio-Botnia Oulu, Karolinska hospital Tukholma Ruotsi, Cincinnati Sportsmedicine and Orthopaedic Center Cincinnati USA sekä The Glen Sather Sports Clinic Edmonton Kanada.

Aineistoa kerättiin Urheiluklinikka Mehiläinen Oy:n järjestämästä koulutus- ja keskustelutilaisuudesta koskien polven ACL -rekonstruktion jälkeistä kuntoutusta, tilaisuudesta saatiin Suomesta mukana olevien kuntoutuskeskusten protokollat. Samassa tilaisuudessa luotiin kontaktit myös yhteyshenkilöihin, joita olivat Jarkko Räsänen Urheiluklinikka Mehiläisestä, Nina Helajärvi Apexista sekä Vesa Hankkila ja Mauno Keränen Fysio-Botniasta. Tämän työn tekijät ottivat yhteyttä usein ACL –rekonstruktion kuntoutusta käsittelevissä tieteellisissä julkaisuissa tekijänä olevaan Per A. Renströmiin, joka ohjasi hänelle suunnatun kyselyn Karolinskan sairaalaan Suzanne Wernerille. Samoin ”löydettiin” Cincinnati Frank R. Noyesin perusteella, josta yhteyshenkilöksi tuli Sue Barber-Westin. Toisen tämän työn tekijän (RN) kontakteilla David J. Mageehen saatiin yhteys Ian Hallworthiin Edmontoniin. Protokollia tarkennettiin kyselyin jokaisessa tutkimuspaikassa olleelta yhteyshenkilöltä. Kyselyt suoritettiin puhelimitse, postitse, sähköpostitse ja faksaamalla. Vertailtaviksi tekijöiksi otettiin yleisesti postoperatiivista ACL –kuntoutusta käsittelevissä tutkimuksissa huomioituja tekijöitä, joita olivat kylmähoito, tuen käyttö, varaaminen, liikelaajuus, patellan mobilisointi, lihasvenyttelyt, lihasvoimaharjoittelu, tasapaino-/proprioseptiikkaharjoittelu, allasjumppa/kuntopyöräily, suora juoksu, suunnanvaihtajuoksu, hyppäharjoittelu sekä kilpaurheiluun paluu.

9 TULOKSET

Tutkimuksessa mukana olevien kuntoutuskeskusten käytäntöjä vertaillaan kyseessä olevaa tekijää koskien taulukossa, jossa ilmaistaan tekijän aloitusvaihe kuntoutusprosessissa (postoperatiiviset viikot tai –kuukaudet). Tuki –kohdassa on päinvastoin huomioitu tuen käyttöaika.

TAULUKKO 1 Kylmähoidon, tuen käytön ja varaamisen aloittamisajankohdat.

Postoperatiivinen aika	kuukaudet	6											t									
		5												t								
		4																				
	viikot	13-16																				
		10-12											X									
		7-9											X									
		4-6											X							½		
		1-3	X	X	X	X	X	X		-	-	-	X	X	-		X	X	X	X	¼	X
			M	A	F	K	C	E		M	A	F	K	C	E		M	A	F	K	C	E

KYLMÄHOITO

TUEN KÄYTTÖ

VARAAMINEN

M = Mehiläinen
 A = Apex
 F = Fysio-Botnia
 K = Karolinska
 C = Cincinnati
 E = Edmonton

X = aloittamisajankohta tai käyttöaika
 t = toiminnallinen tuki
 ¼ ja ½ = sallitut kehon painovaraukset

Kylmähoito on käytössä kaikissa kuntoutuskeskuksissa heti rekonstruktion jälkeen. Tuet eivät ole yleisesti käytössä kuntoutusprotokollissa, ainoastaan Karolinska ja Cincinnati käyttävät kuntoutuksessa käytettävää tukea. Lisäksi Cincinnatissa käytetään toiminnallista tukea urheiluun palattaessa. Täysi varaus on sallittu välittömästi rekonstruktion jälkeen, lukuun ottamatta Cincinnatia, jossa ¼ kehon painovaraus viikoilla 1-2 ja ½ kehon painovaraus viikoilla 3-4. (LIITE 1, TAULUKOT 1-3.)

TAULUKKO 3 Lihasharjoittelun aloittamisajankohdat.

Postoperatiivinen aika	kuukaudet	6																				
		5																				
		4																				
		13-16																				
		10-12																				
		7-9														e	e	e				
	viikot	4-6									*	**				f		e*	e**f			
		1-3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	f		f	f			f	
			M	A	F	K	C	E	M	A	F	K	C	E	M	A	F	K	C	E		

QUADRICEPSLIHASTEN
AKTIVOINTI

CKC

OKC

M = Mehiläinen
A = Apex
F = Fysio-Botnia
K = Karolinska
C = Cincinnati
E = Edmonton

X = aloittamisajankohta
* = liike aloitetaan 20° ekstensio-
vajauksella
** = liike suoritetaan liikeradalla
70-10°
e = vastustettu polven ekstensio
e* = liikeradalla 90-40°
e** = liikeradalla 90-30°
f = polven fleksio

Quadricepslihashsten aktivointi (isometrinen jännitys ja suoran jalan nosto) aloitetaan välittömästi rekonstruktion jälkeen kaikissa kuntoutuskeskuksissa. Suljetun kineettisen ketjun harjoitteiden (mm. minikyökky, varpaille nousu, stepperi ja jalkaprässi) käyttö aloitetaan ensimmäisten postoperatiivisten viikkojen aikana edeten progressiivisesti. Karolinskassa jalkaprässiä käytetään viikolta neljä alkaen 20° ekstensiovajauksella, viikolta 7 täydellä ekstensiolla. Cincinnatiassa viikoilla 1-4 harjoitteiden suorittaminen on sallittu kehon painovaraukset huomioiden, lisäksi jalkaprässi suoritetaan liikeradalla 70-10° ensimmäisen postoperatiivisen vuoden ajan. (LIITE 3, TAULUKOT 7-8.)

Vastustettu polven ekstensio aloitetaan Karolinskassa ja Cincinnatiassa viikoilla 5-6 rajoitetulla liikeradalla. Karolinskassa polven ojennus –harjoituksen liikelaajuus on 90-40°, ja täysi ekstensio sallitaan viikoilla 9-10. Cincinnatiassa polven ojennus suoritetaan liikelaajuudella 90-30° ensimmäisen postoperatiivisen vuoden ajan. Täysi ekstensio sallitaan muissa kuntou-

tuskeskuksissa; Fysio-Botniassa reisipenkki kevyesti alkaen viikosta 6, Mehiläisessä vastustettu ekstensio viikoilta 6-8 ja Apexissa viikoilta 6-12. Edmontonissa liikettä ei käytetä ollenkaan. Polven avoimen kineettisen ketjun fleksiot aloitetaan Apexia ja Cincinnatia lukuun ottamatta välittömästi rekonstruktion jälkeen progressiivisesti edeten. (LIITE 4-5, TAULUKOT 9-10.)

TAULUKKO 4 Tasapaino- ja proprioseptiikkaharjoitteiden sekä allasjumppa- ja kuntopyöräharjoittelun aloittamisajankohdat.

Postoperatiivinen aika viikot	kuukaudet	6												
	5													
	4													
	13-16													
	10-12													
	7-9													
	4-6					X			a			ak	a	
	1-3	X	X	X	X		X		ak	k	ak	ak		k
		M	A	F	K	C	E		M	A	F	K	C	E

TASAPAINO- JA
PROPRIOSEPTIIKKAHARJOITTEET

ALLASJUMPPA- JA
KUNTOPYÖRÄHARJOITTELU

M = Mehiläinen
A = Apex
F = Fysio-Botnia
K = Karolinska
C = Cincinnati
E = Edmonton

X = aloittamisajankohta
a = allasjumppa
k = kuntopyörä

Tasapaino- ja proprioseptinen harjoittelu (mm. painonsiirrot, tasapainolauta ja trampoliini) aloitetaan välittömästi rekonstruktion jälkeen lukuun ottamatta Cincinnatia. Samoin kuntopyöräilyn aloittaminen Cincinnatissa hieman muita myöhemmin. Jokaisessa mukana olleessa kuntoutuskeskuksessa on allasjumppaan osallistumisen kriteerinä parantunut leikkaushaava. (LIITE 4-5, TAULUKOT 11-12.)

TAULUKKO 5 Juoksun, suunnanvaihtojen ja hyppyharjoittelun aloittamisajankohdat sekä kilpaurheiluun paluun ajankohta.

Postoperatiivinen aika viikot	kuukaudet	6					s										X	X			X	X	
		5					j							X							X		
		4					s					X				X					X		
		13-16		s		j		js						X									
		10-12																					
		7-9	js	j	s						X		X										
		4-6			j																		
		1-3																					
				M	A	F	K	C	E		M	A	F	K	C	E		M	A	F	K	C	E

JUOKSU JA
SUUNNANVAIHDOT

HYPPYHARJOITTELU

PALUU
KILPAURHEILUUN

M = Mehiläinen
A = Apex
F = Fysio-Botnia
K = Karolinska
C = Cincinnati
E = Edmonton

X = aloittamisajankohta
j = juoksu
s = suunnanvaihdot

Suoran juoksun sallimisessa on suuria eroja; Fysio-Botniassa juoksun aloittaminen kevyenä lenkkeilyä sallitaan viikosta 4 alkaen ja Cincinnatiassa 5 postoperatiivisen kuukauden kohdalla. Samoin suunnanvaihtojen (mm. suunnanmuutos esimerkiksi 45° kulmassa, kääntyminen 90°, 180° ja 360° kulmissa, 8-juoksu, viivajuoksut) sallimisessa on suuria eroja; Mehiläisessä ja Fysio-Botniassa suunnanvaihtojen aloittaminen sallitaan viikoilla 8 ja 7 sekä Cincinnatiassa 6 kuukauden kuluttua rekonstruktiosta. (LIITE 5, TAULUKOT 13-14.)

Hyppyharjoittelun (tasa- ja yhden jalan hyyt eri suuntiin sekä loikkaharjoittelu) aloittamisajankohdassa eri käytäntöjen välillä ilmenee suuria eroja; Mehiläisessä ja Fysio-Botniassa hyyt sallitaan viikoilla 6-8 ja 8 sekä Cincinnatiassa 5 kuukauden kuluttua rekonstruktiosta. Paluu kilpaurheiluun sallitaan Fysio-Botniassa muita aikaisemmin, jo 4 kuukauden kuluttua rekonstruktiosta. Cincinnatiassa paluu urheiluun tapahtuu aikaisintaan 6 kuukauden kohdalla, yleisesti kuitenkin 6-8 kuukauden kuluttua leikkauksesta. (LIITE 6, TAULUKOT 15-16.)

TAULUKKO 6 Yhteenveto kuntoutusprotokollien etenemisestä postoperatiivisten viikkojen (1-16) ja -kuukausien (4-6) mukaan.

Postoperatiivinen aika	6	ku	ku			s, ku	ku
	5				ku	j, hh	
	4		hh	ku	s		hh
	13-16		s		j, hh		q, j, s
	10-12					t	
	7-9	f, okce, j, s, hh	f, okce, j	f, okce, s, hh		t, f	f
	4-6	e	okcf, aj	j	f, q, okce	t, v, okce, okcf, tp, aj, kp	p, i, aj
	1-3	k, v, p, h, q, qa, ckc, okcf, tp, aj, kp	k, v, e, p, h, q, qa, ckc, tp, kp	k, v, e, p, h, q, qa, ckc, okcf, tp, aj, kp	k, t, v, e, p, h, qa, ckc, okcf, tp, aj, kp	k, t, e, p, h, q, i, qa, ckc	k, v, e, h, qa, ckc, okcf, tp, kp
		Mehiläinen	Apex	Fysio-Botnia	Karolinska	Cincinnati	Edmonton

k = kylmähoito

t = tuenkäyttö

v = täysi varaaminen

e = täysi ekstensioliikkuvuus

f = täysi fleksioliikkuvuus

p = patellan mobilisointi

h = hamstringlihashsten venyttely

q = quadricepslihashsten venyttely

i = iliotibiaalisen kalvon venyttely

qa = quadricepslihashsten aktivointi

ckc = suljetun kineettisen ketjun harjoitteet

okce = avoimen kineettisen ketjun vastustettu polven ekstensio

okcf = avoimen kineettisen ketjun polven fleksio

tp = tasapaino- ja proprioseptiikka-harjoitteet

aj = allasjumppa

kp = kuntopyörä

j = suora juoksu

s = suunnanvaihdot

hh = hyppyharjoittelu

ku = paluu kilpaurheiluun

10 POHDINTA

Tutkimuksessa mukana olleiden kuntoutuskeskusten ACL –rekonstruktion postoperatiivisissa kuntoutusprotokollissa oli havaittavissa eroavaisuuksia eri tekijöiden välillä. Eniten eroavaisuuksia ilmeni protokollien välillä venytettävissä lihasryhmissä, avoimen kineettisen ketjun polven ekstension suoritustavoissa, suoran juoksun, suunnanvaihtojen ja hyppyharjoittelun alkamisajankohdassa sekä kilpaurheilun paluussa. Ennalta määrättyjen aikarajojen määrittäminen kuntoutusprosessin eri tekijöille on vaikeaa, koska kuntoutuksessa on tärkeää huomioida yksilöiden väliset vaihtelut ja edetä niiden mukaan. Tätä asiaa eri kuntoutuskeskusten yhteyshenkilöt korostivatkin erittäin paljon. Näin ollen myös kuntoutusprotokollien vertailu oli vaikeaa, koska eri tekijöille säädetyt aikarajat olivat paikoin hyvin väljiä.

10.1 Menetelmät

Tutkimuksen heikkoutena oli mukana olleiden protokollien vähäinen määrä, mutta tuloksien voidaan olettaa olevan suuntaa-antavia ACL –rekonstruktion postoperatiivisen kuntoutuksen ristiriitaisuudesta. Kuntoutusprotokollien edustavuutta on vaikea arvioida, mutta koska tämän työn ensisijainen tavoite oli vertailla eri käytäntöjä sekä Suomesta että ulkomailta voidaan mukana olleiden kuntoutuskeskusten olettaa olevan riittävän edustavia vertailun suorittamiseksi. Kiinteiden aikarajojen asettaminen analyysivaiheessa saattaa osittain vääristää tuloksia, mutta oli välttämätöntä vertailun suorittamiseksi. Tässä työssä kuntoutuskeskusten kuntoutusprotokollia on analysoitu ilman visuaalista havainnointia, käytännön toteutusta ei siis voida arvioida. Työssä ei ole huomioitu eri harjoitteiden intensiteettejä, sillä harjoittelun selvittäminen rajattiin etukäteen vain liikkeiden vertailuun. Lisäksi intensiteetin mukaanotto olisi laajentanut tätä työtä huomattavasti.

10.2 Tulokset

ACL –rekonstruktion postoperatiivisesta kuntoutuksesta hamstringjännesiirteellä on vähän tutkimustietoa. Vaikka joitakin tutkimuksia aiheesta on tehty, ei käytettyä kuntoutusprotokollaa ole kuvattu tarkasti. Tähän tutkimukseen tieteelliseksi vertailupohjaksi otettiin Manginen ja Kremchekin (1997) protokolla, koska heidän tutkimuksessaan on käytetty hamstringsiirretekniikkaa ja he ovat kuvanneet käyttämänsä protokollan tarkasti. Heidän tutkimuksensa heikkoutena ovat vähäinen koehenkilömäärä sekä kuntoutuksen vaikuttavuuden mittaaminen.

Kylmähoito

Tutkimuksessa mukana olleissa kuntoutuskeskuksissa kylmähoito on käytössä kaikissa, kuten myös ilmeisesti Manginen ja Kremchekin (1997) protokollassa. Kylmähoito on yleisesti käytössä, vaikka sen vaikutuksista on saatu tutkimuksissa ristiriitaisia tuloksia. Sen sijaan yhdistämällä kylmähoito kompressioon on saatu hyödyllisiä vaikutuksia mm. turvotuksen, liikelaajuuden ja kivun suhteen (Schroder & Passler 1994).

Tuen käyttö

Tutkimuksessa mukana olleissa kuntoutuskeskuksissa postoperatiivista tukea ei yleisesti käytetä. Karolinskassa ja Cincinnatissa tukea käytetään, ja jälkimmäisessä sitä perustellaan tuen antamalla suojalla mahdollisissa kaatumistapauksissa ja sillä, että tuki helpottaa aikaista painonkannatusta (Heckmann ym. 2000, 135). Mangine ja Kremchek (1997) eivät käytä tukea postoperatiivisessa kuntoutuksessa. Postoperatiivisen tuen käyttö on ristiriitainen tekijä ACL –rekonstruktion kuntoutuksessa. Viime vuosina tuen käyttö välittömässä postoperatiivisessa kuntoutuksessa on vähentynyt, johtuen leikkaustekniikoiden (paremmat fiksaatiot ja lujemmat siirteet) kehittymisestä. (Heckmann ym. 2000, 135.)

Tutkimuksessa mukana olleista kuntoutuskeskuksista ainoastaan Cincinnatissa on toiminnallinen tuki osa kuntoutusprotokollaa. Yleisesti toiminnallisten tukien käyttöön liittyy ristiriitoja; tukien on todettu vähentävän polven epänormaaleja liikkeitä (Styf 1999) ja tibian anteriorista siirtymää (Wojtys ym. 1990), mutta tukien on myös raportoitu saavan aikaan epäedullisia vaikutuksia urheilu-uritukseseen (Kuvio 1, sivulla 24) (Styf 1999). Lisäksi tukien vaikut-

tavuudessa on havaittu eroja objektiivisten ja subjektiivisten tulosten välillä (Wu ym. 2001). Viime aikainen tutkimus on todennut, että tukien hyödyt saattavat johtua sekä tukien mekaanisista ominaisuuksista että niiden psykologisista vaikutuksista (Rebel & Paessler 2001).

Styfin (1999) mukaan toiminnallisista tuista saattaa olla hyötyä polvinivelen stabiloinnissa urheilijoilla, joilla on instabiiliutta, mutta oireettomilla urheilijoilla tuet voivat heikentää suoritusta. Voidaankin ajatella, että polvinivelen ollessa rekonstruktion jälkeen stabiili, toiminnallisen tuen käyttämiselle ei ole perusteita. Jos kuitenkin tuen käytölle on subjektiivinen tarve, voidaan käytön ajatella olevan perusteltua.

Varaaminen

Kaikissa tutkimuksessa mukana olleissa kuntoutuskeskuksissa on täysi varaaminen sallittu alusta asti lukuun ottamatta Cincinnatiä, jossa osapainovaraksesta edetään täyteen varaamiseen tiettyjen aikarajojen ja kriteerien mukaan. Kriteerejä ovat esimerkiksi quadricepslihasten aktiivisuus, passiivinen ekstensio vähintään 0° sekä tibian anteriorinen siirtymä samansuuruinen tai pienempi kuin vastakkaisessa polvinivelessä (Heckmann ym. 2000, 136). Manginen ja Kremchekin (1997) protokollassa osapainovarausta käytetään viikoilla 1-4, ja tämän jälkeen täysi varaus. Postoperatiivisessa kuntoutuksessa suuntaus on ollut kohti välitöntä täyttä varaamista (MacDonald ym. 1995; Noyes ym. 1992). Kynnärsauvoja käytetään apuna kävelyn normaalin mekaniikan mahdollistamiseksi (Mangine & Kremchek 1997).

Välittömään varaamiseen pyritään, koska sen on todettu edesauttavan lihasten toimintaa sallimalla polven aktiivisen liikkeen ja proprioseptisen palautteen (Mangine & Kremchek 1997). Ei kuitenkaan tiedetä, millainen vaikutus aikaisella varaamisella on siirteeseen. Toisaalta aikaista varaamista voidaan perustella siirteen ja sen fiksaation kestävyydellä, sillä päivittäisten toimintojen on oletettu kuormittavan ACL:ää noin 500 N:n verran (Frank & Jackson 1997; Noyes ym. 1984). Nelinkertaisen hamstringsiirteen on todettu olevan alkuperäiseltä lujuudeltaan yli 4000 N (Hamner ym. 1999) ja pehmytkudoksen luufiksaation eri fiksaatiomenetelmiä käyttäen noin 800 N (Giurea ym. 1999; Steiner ym. 1994). Kuntoutuksen seurannassa suositellaan tibian anteriorista siirtymää (siirteen venyttymä) seurattavaksi laksiteettimittauksin (Heckmann ym. 2000, 136); mikäli siirtymä on 2 mm tai enemmän verrattuna aiempaan tu-

lokseen tai vastakkaiseen polviniveleen, voi konservatiivisempi eteneminen olla tarpeen (Mangine ym. 1992).

Liikelaajuusharjoittelu

Tutkimuksessa mukana olleissa kuntoutuskeskuksissa tavoitteena on mahdollisimman nopea, jo ensimmäisillä postoperatiivisilla viikoilla saavutettu ekstensio, lukuun ottamatta Mehiläistä, jossa täysi ekstensio on tavoitteena viikoilla 3-6. Manginen ja Kremchekin (1997) protokollassa täysi ekstensio on tavoitteena ensimmäisen kahden viikon aikana. Polven ekstension mahdollisimman nopea palautuminen on tärkeää, koska ekstensiovajeen seurauksena saattaa ilmetä patellofemoraalisia kipuja, quadricepslihasten heikkoutta ja yleisesti polvinivelen heikkoa toimintaa (Rubinstein & Shelbourne 1993; Sachs ym. 1989).

Täysi liike, mukaan lukien hyperekstensio on mahdollista saavuttaa, kun siirre on leikkauksessa sijoitettu oikein (Baltaci 2000; Rubinstein & Shelbourne 1993). Patellajännesiirretutkimuksissa on havaittu arpikudoksen muodostumista siirteen tibian puoleisessa osassa, jolloin siirre ei täysin sovi interkondylaariseen tilaan. Täyden ekstension saavuttamisella välittömästi leikkauksen jälkeen voidaan estää tämän arpikudoksen muodostuminen. (Rubinstein & Shelbourne 1993.) Saman voidaan todennäköisesti olettaa koskevan myös hamstringjännesiirrettä.

Polven täyden fleksion saavuttaminen etenee hieman hitaammin kuin ekstension kohdalla. Nopeinten edetään Karolinskassa, jossa täysi fleksio (135°) on tavoitteena viikoilla 3-5, muilla täysi fleksio viimeistään viikolla 8. Manginella ja Kremchekilla (1997) on tavoitteena täysi fleksio viikoilla 5-6. Täysi fleksio on tärkeä toiminnallisuuden kannalta; kyykistyminen, polvistuminen, porraskävely (Shelbourne & Patel 1999).

Tutkimuksessa mukana olleissa kuntoutuskeskuksissa patellan mobilisointi on käytössä alusta asti lukuun ottamatta Edmontonia, jossa se alkaa viikolta 3. Mehiläisessä ja Karolinskassa patellan mobilisointia ei käytetä rutiininomaisesti, ainoastaan tarvittaessa. Manginen ja Kremchekin (1997) protokollassa patellan mobilisointi aloitetaan välittömästi rekonstruktion jälkeen. Tämä menetelmä on tärkeä polvinivelen täyden liikelaajuuden edistämässä (Heckmann ym. 2000, 136), ja arpikudoksen muodostumisen ehkäisemisessä (Hallworth 2002, henkilökohtainen tiedonanto).

Tutkimuksessa mukana olleissa kuntoutuskeskuksissa lihasvenyttelyt aloitetaan ensimmäisten postoperatiivisten viikkojen aikana, mutta vaihtelua ilmenee venytettävissä lihasryhmissä. Hamstringlihaksia venytetään kaikissa kuntoutuskeskuksissa alusta asti korostaen varovaisuutta. Näin tehdään myös Manginen ja Kremchekin (1997) protokollassa. Hamstringlihasvenyttelyjen merkitys korostuu käytettäessä hamstringsiirrettä (Irrgang & Harner 1997). Jänteiden poisottamisen jälkeen liike ja venytys ovat erittäin tärkeitä jänteiden paranemiselle ja vahvistumiselle, sillä ne edesauttavat uusien kollageenisäikeiden järjestäytymistä venytyksen suunnan mukaisesti. Lisäksi kudokset, joita paranemisprosessin aikana on venytetty, ovat osoittautuneet vahvemmiksi kuin kudokset, joita ei ole venytetty. Huomioitavaa on kuitenkin, että liiallista voimankäyttöä tulee välttää. (Baltaci 2000; Curwin 1996, 41; Malone ym. 1996, 85.)

Quadricepslihasten venyttelyjen aloittaminen vaihtelee; pääosin venyttelyt aloitetaan ensimmäisten postoperatiivisten viikkojen aikana polven fleksioliikkuvuus huomioiden, lukuun ottamatta Edmontonia, jossa venyttelyt aloitetaan viikolta 12. Edmontonissa quadricepslihasten viivästettyä venyttelyjen aloittamista perustellaan pyrkimyksellä välttää siirrekudokseen kohdistuvaa venyttymää (Hallworth 2002, henkilökohtainen tiedonanto). Ilmeisesti myöskään Mangine ja Kremchek (1997) eivät käytä quadricepslihasten venyttelyjä, sillä he eivät ole maininneet niistä mitään muutoin niin tarkassa artikkelissaan.

Mielenkiintoista on, että Pohjois-Amerikan kuntoutuskeskuksissa huomioidaan iliotibiaalisen kalvon (IT -kalvo) venyttäminen. Cincinnatiassa IT -kalvon venyttämistä käytetään edistettäessä polvinivelen täyden fleksion saavuttamista sekä estämään lonkan ja reiden ulkosyrjän lihaskireyttä (Heckmann ym. 1996, 138). Edmontonissa venyttelyä käytetään estämään patellofemoraalisia kipuja ja/tai patellan lateralisoitumista. Lisäksi venyttelyissä huomioidaan gluteuslihaksen, jolla pyritään vähentämään IT -kalvon kiristystä. (Hallworth 2002, henkilökohtainen tiedonanto.)

Lihassoimiharjoittelu

Tutkimuksessa mukana olleissa kuntoutuskeskuksissa quadricepslihasten isometriset jännitykset ja suoran jalan nosto aloitetaan välittömästi rekonstruktion jälkeen. Karolinskassa, Cincinnatiassa ja Apexissa suoran jalan nosto kuuluu osaksi kuntoutusprotokollaa, kun taas muissa kuntoutuskeskuksissa harjoite ei kuulu rutiinomaisesti suoritettaviin liikkeisiin. Mangine ja

Kremchek (1997) käyttävät sekä quadricepslihasten isometristä jännitystä että suoran jalan nostoa heti postoperatiivisesti. Yleisesti tunnustetaan quadricepslihasten aktiivisuuden tärkeys postoperatiivisesti, sillä se on välttämätön edellytys onnistuneelle ja turvalliselle paluulle toiminnallisiin aktiviteetteihin (Heckmann ym. 1996, 138-139; Maigne & Kremchek 1997).

Kaikissa tutkimuksessa mukana olleissa kuntoutuskeskuksissa suljetun kineettisen ketjun (CKC) harjoitteet aloitetaan ensimmäisten postoperatiivisten viikkojen aikana. Karolinskassa ja Cincinnatissa jalkaprässiä ei tehdä täyteen ekstensioon. Myös Maigne ja Kremchek (1997) aloittavat suljetun kineettisen ketjun harjoitteet ensimmäisten postoperatiivisten viikkojen aikana huomioiden kuitenkin kehon painovarausrajoitukset. Tutkimukset eivät ole havainneet jalkakyykyn ja -prässin aikana merkitseviä ACL:ää venyttäviä voimia (Escamilla ym. 1997; Escamilla ym. 1998; Stuart ym. 1996; Wilk ym. 1996; Zheng ym. 1998), suurimmat venyttymät on mitattu täydestä ekstensiosta 10° fleksioon (Beynon ym. 1997). Näin ollen Karolinskan ja Cincinnatin rajoitetun liikeradan käyttämisen jalkaprässissä voidaan ajatella olevan perusteltua, mikäli halutaan välttää siirteeseen kohdistuvia venyttäviä voimia.

Tutkimuksessa mukana olleissa kuntoutuskeskuksissa vastustettu polven ekstensio aloitetaan hieman aiemmin Karolinskassa ja Cincinnatissa (viikot 4-6), kuin muissa kuntoutuskeskuksissa. Edmontonissa harjoitetta ei käytetä ollenkaan. Huomionarvoista on, että Suomessa liike tehdään täyteen ekstensioon, kun Karolinskassa ja Cincinatissa liike rajoitetaan vähintään 30° ekstensiovajeeseen. Karolinskassa täysi ekstensio sallitaan kuntoutuksen edetessä (viikot 9-10), kun Cincinnatissa liike säilyy rajoitettuna ensimmäisen vuoden. Maigne ja Kremchek (1997) aloittavat liikkeen kevyellä vastuksella myös liikeradalla 90-40° postoperatiivisilla viikoilla 2-4, ja pitävät liikeradan rajoitettuna (90-30°) ainakin kolmeen kuukauteen asti (jatkosta ei mainintaa).

Avoimen kineettisen ketjun (OKC) harjoitteiden on todettu aiheuttavan ACL -venyttymiä, mutta tutkimustieto on ristiriitaista, eikä tiedetä aiheuttavatko OKC -harjoitteet enemmän venyttymiä kuin turvallisena pidetyt CKC -harjoitteet. ACL -venyttymien on todettu olevan suurimmat lähellä ekstensiota, jolloin liikkeen rajoittaminen tietylle liikeradalle vaikuttaisi olevan perusteltua. Edmontonissa harjoitteen välttäminen ensimmäisen puolen vuoden ajan leikkauksen jälkeen perustunee tälle ristiriidalle; varmuuden puutuessa välttämällä liikkeen suoritusta, ei venytetä siirrettä liikaa. OKC -harjoitteiden käytössä on ristiriitaisuuksia havait-

tavissa myös tämän tutkimuksen tuloksissa, vaikka tutkimuksessa mukana olevien kuntoutuskeskusten määrä ei ole suuri.

Liiharjoitteita suunniteltaessa tulee ACL –venyttymien huomioimisen lisäksi ottaa huomioon harjoitteiden vaikutus patellofemoraaliniveleen, sillä sen ongelmat ovat yleisimpiä rekonstruktion jälkeisiä komplikaatioita (Heckmann ym. 2000, 140; Mangine & Kremchek 1997). Sekä CKC- että OKC –harjoitteiden on todettu aiheuttavan patellofemoraalisia kompressiovoimia: CKC –harjoitteissa kompressiovoimat lisääntyvät polven fleksiokulman kasvaessa ja OKC –harjoitteissa lähellä polven ekstensiota (Steinkamp ym. 1993).

Tutkimuksessa mukana olleissa kuntoutuskeskuksissa polven fleksioharjoitukset aloitetaan välittömästi rekonstruktion jälkeen lukuun ottamatta Apexia ja Cincinnatia, joissa liike aloitetaan viikoilla 3 ja 5. Mangine ja Kremchek (1997) puolestaan aloittavat liikkeen postoperatiivisilla viikoilla 2-4. Kuntoutusprotokollissa korostetaan siirteen ottokohdan huomioimista (semitendinous ja gracilis) sekä progressiivista etenemistä. Erityisesti Edmontonissa korostetaan aikaisin aloitettua, mutta hitaasti etenevää hamstringlihasen harjoittamista, jolloin vältetään lihasten vammautumista kuntoutuksen myöhemmissä vaiheissa (Hallworth 2002, henkilökohtainen tiedonanto). Kirjallisuudessa suositellaan vastustetun polven fleksion tekemisen välttämistä 4-6 viikkoa postoperatiivisesti, jotta sallitaan hamstringlihasen arpeutuminen (Irrgang & Harner 1997). Huomioitavaa on kuitenkin, että hamstringlihasen voima on tärkeä tekijä kuntoutusprosessissa, koska ne toimivat polviniveleen dynaamisina stabilisaattoreina (Heckmann ym. 2000, 140).

Tasapaino ja proprioseptiikka

Tutkimuksessa mukana olleissa kuntoutuskeskuksissa tasapainon ja proprioseptiikan harjoittaminen aloitetaan välittömästi rekonstruktion jälkeen lukuun ottamatta Cincinnatia. Siellä harjoittelu aloitetaan viikolta 5 alkaen, josta lähtien myös täysi varaaminen on sallittu. Mangine ja Kremchek (1997) aloittavat tasapainon harjoittamisen heti leikkauksen jälkeen huomioiden kuitenkin kehon osapainovarausten. ACL –vamman jälkeen on havaittu muutoksia polven alueen proprioseptiikassa (MacDonald ym. 1996). Tutkimuksien välillä on havaittavissa risitiitoja proprioseptiikan palautumisen suhteen rekonstruktion jälkeen. Proprioseptiseen järjestelmään kuuluvat ACL:ssä sijaitsevat mekanoreseptorit toimivat polven alueen lihastoiminnan ohjaajina (Grigg 1994), jolloin rekonstruktion jälkeen harjoittelulla pyritään

tämän järjestelmän palauttamiseen. Epäselvää on, onko proprioseptisen järjestelmän palautuminen mahdollista siirteeseen. Harjoittelua voidaan kuitenkin perustella muiden polven alueen sensoristen reseptorien aktivoimisella ja harjoittamisella.

Allasjumppa ja kuntopyöräily

Tutkimuksessa mukana olleissa kuntoutuskeskuksissa allasjumppa aloitetaan vaihtelevasti ensimmäisten viikkojen aikana. Todennäköisesti vaihtelu ei ole täysin totuudenmukaista, vaan enemmänkin johtuu analyysitaulukon viikkojaottelusta. Kriteerinä allasjumpan aloittamiselle on kaikissa paikoissa leikkaushaavan paraneminen, mikä yleensä tapahtuu 2-4 viikon kuluessa. Lisäksi Cincinnatiassa myöhäisempää aloittamista selittää todennäköisesti kehon osapainovarauksen aiheuttama viivästys. Mangine ja Kremchek (1997) aloittavat allasjumpan aerobisena harjoitteena postoperatiivisilla viikoilla 5-6.

Allasjumppa on turvallinen harjoitusmuoto kuntoutuksen alkuvaiheessa, sillä veden nosteen avulla voidaan välttää juoksemisessa ja hypyissä ilmeneviä iskuvoimia (Anderson & Foreman 1996, 232; Pink & Jobe 1996, 317). Toisaalta veden vastus tarjoaa tehokkaan harjoitusmuodon, jota voidaan edelleen tehostaa käyttämällä ulkoisia vastuksia ja lisäämällä suoritusnopeutta (Anderson & Foreman 1996, 232-233). Vastuksen käyttämisen alaraajassa vesiharjoittelussa on todettu parantavan neuromuskulaarisen järjestelmän toiminnallista kapasiteettia ja suorituskykyä (Pöyhönen ym. 2001).

Kaikki tutkimuksessa mukana olleet kuntoutuskeskukset aloittavat kuntopyöräilyn ensimmäisten 3-4 viikon aikana. Manginen ja Kremchekin (1997) protokollassa kuntopyöräily tulee mukaan ohjelmaan postoperatiivisella viikolla 7. Tutkimuksessa mukana olleissa kuntoutuskeskuksissa kuntopyöräily aloitetaan aikaisin kevyesti liikelaajuusharjoitteluna, kun Mangine ja Kremchek (1997) mainitsevat sen aerobisena harjoitteena. Kuntopyörän käyttäminen kuntoutuksessa on perusteltua, sillä sitä pidetään turvallisena ja tehokkaana harjoitusmuotona ACL –rekonstruktion jälkeen (Gregor & Fowler 1996, 367, 381). Kuntopyöräily mahdollistaa vastuksen käyttämisen ilman iskuvoimia (Anderson & Foreman 1996, 231).

Juoksu

Tutkimuksessa mukana olleissa kuntoutuskeskuksissa suoran juoksun sallimisen ajankohta vaihtelee. Suomalaiset kuntoutuskeskukset sallivat juoksun aloittamisen viimeistään 2 kuukauden jälkeen rekonstruktioista, kun ulkomaalaisista Karolinskassa ja Edmontonissa juoksu aloitetaan 3 kuukaudesta eteenpäin ja Cincinnatissa 5 kuukaudesta alkaen. Maigne ja Kremchek (1997) sallivat suoran juoksun reilun 2 kuukauden jälkeen leikkauksesta. Juoksun sallimisen kriteereinä pidetään yleisesti hyvää polven hallintaa, voimaa ja liikelaajuutta. Cincinnatin tarkempia vaatimuksia ovat quadriceps- ja hamstringlihasien vähemmän kuin 30 % voimavaje isometrisessä voimamittauksessa sekä enintään 3 mm suuruinen tibian anteroposteriorinen siirtymä verrattuna vastakkaiseen raajaan (Heckmann ym. 2000).

Juoksun voidaan ajatella kuormittavan ACL:ää, sillä kantaiskuvaiheen aikana quadricepslihaksissa esiintyy huomattavaa elektromyografista (EMG) aktiivisuutta (McPoil & Cornwall 1996, 359). Quadricepslihasaktivaation seurauksena ilmenee tibiassa anteriorisesti suuntautunutta liikettä, jolloin ACL venyy (Gillqvist & Messner 1999). Toisaalta hamstringlihasaktiivisuus vähentää tibian anteriorista liikettä toimien ACL:n kanssa samansuuntaisesti (Paulos ym. 1981), juoksun aikana on todettu hamstringlihasien olevan aktiivisia ennen kantaiskuvaihetta ja jatkuen tukivaiheen loppuun (McPoil & Cornwall 1996, 359). Juoksun sallimisessa on vaikeaa määrittellä aikarajoja, jolloin edellisessä kappaleessa mainittujen kriteerien käyttäminen vaikuttaisi olevan perusteltua.

Suunnanvaihtojen sallimisessa on eroja tutkimuksessa mukana olleissa kuntoutuskeskuksissa, aikaisimmillaan ne sallitaan 2 kuukauden ja myöhäisimmillään 6 kuukauden kohdalla. Maigne ja Kremchek (1997) eivät mainitse suunnanvaihtojen sallimisen ajankohtaa erikseen. Verrattuna juoksuun lisääntynyt ACL:n kuormitus suunnanvaihtoissa johtuu suurentuneista varus-/valgus- ja sisä-/ulkorotaatiomomenteista, jolloin tukivaiheen aikana riski ACL –vammoille lisääntyy. Tarkoituksenmukaisella lihasaktivaatiolla voidaan vammoja estää. (Bessier ym. 2001a.) On todettu, että ennalta suunnittelemattomia suunnanmuutoksia suorittaessa riski ilman kontaktia ilmeneville ACL –vammoille kasvaa johtuen polveen kohdistuvista suurentuneista varus-/valgus- ja sisä-/ulkorotaatiomomenteista verrattuna ennalta suunniteltuihin suunnanmuutoksiin. Syynä tähän on todennäköisesti vähäinen aika suorittaa asentoon liittyvät muutokset, kuten jalan asento alustalla suhteessa kehon massakeskipisteeseen, ennen

liikkeen suorittamista. Näin ollen kuntoutuksessa tulee huomioida myös ennalta suunnittele-
mattomien suunnanmuutosliikkeiden harjoittaminen. (Besier ym. 2001b.)

Hyppyharjoittelu

Tutkimuksessa mukana olleissa kuntoutuskeskuksissa ilmenee vaihteluita koskien hyppyharjoittelua. Mehiläinen ja Fysio-Botnia aloittavat hyppyharjoittelun ensimmäisinä viikoilla 6-8, ja viimeisenä hypyt sallitaan Cincinnatiassa 5 kuukauden kohdalla postoperatiivisesti. Mangine ja Kremchek (1997) aloittavat hyppyharjoittelun kahden kuukauden kohdalla rekonstruktion jälkeen. Hyppyharjoittelulla pyritään harjoittelemaan kehon kontrollointia painopisteen siirtyessä paikasta toiseen, jolloin yhtäaikainen jalan asennon (suhteessa alustaan), polvikulman ja lihasten kontrollointi ovat vaatimuksena (Mangine & Kremchek 1997). Hyppyharjoittelun yhdistettynä pallon kiinniottamiseen on todettu lisäävän ACL –vammariskiä, koska tällöin on todettu hamstringlihasaktiivisuuden viivästyminen suhteessa quadricepslihasaktiivisuuteen (Cowling & Steele 2001). Näin ollen tämäntyyppisen harjoittelun merkitys korostunee etenkin palloilulajien urheilijoilla.

Paluu kilpaurheiluun

Tutkimuksessa mukana olleissa kuntoutuskeskuksissa paluu kilpaurheiluun sallitaan yleensä noin 6 kuukauden kohdalla rekonstruktiosta, lukuun ottamatta Fysio-Botniaa, jossa se sallitaan 4 kuukauden kohdalla. Cincinnatiassa paluu urheiluun tapahtuu aikaisintaan 6 kuukauden kohdalla, yleisesti 6-8 kuukauden kuluttua leikkauksesta. Manginen ja Kremchekin (1997) protokollassa ei suoranaisesti ilmaista kilpaurheiluun paluun ajankohtaa, mutta se on tavoitteena viimeistään 6 kuukauden kuluttua postoperatiivisesti. Ennen kilpaurheiluun paluuta kuntoutujan tulee täyttää tietyt kriteerit, joita esimerkiksi Karolinskassa ovat täysi liikelaajuus, normaali tasapaino, lihasvoima vähintään 90 % vastakkaiseen raajaan verrattuna, ei kipua tai turvotusta fyysiseen aktiivisuuteen liittyen ja toiminnallisten testien (mm. 1-jalan hyppy, juoksupyrähdykset eri nopeuksilla ja suunnanvaihdot) suorittaminen hyväksytysti.

Yleisenä mielenkiintoisena eroavaisuutena protokollien välillä on myös aerobisen harjoittelun merkityksen korostaminen. Pohjoisamerikkalaisissa protokollissa aerobinen harjoittelu (mm. kuntopyörä, uiminen, kävely, ”hiihtolaite”) kuuluu osaksi kuntoutusprotokollia, ja mainittiin

nimenomaan aerobisen kunnan harjoitteluna. Muissa paikoissa näin ei ollut, vaan esimerkiksi kuntopyöräharjoittelua käytetään pääasiassa liikkuvuusharjoitteena. Toisaalta esimerkiksi suomalaisissa kuntoutuskeskuksissa mainittiin lajinomainen harjoittelu, mikä todennäköisesti sisältää myös aerobista harjoittelua.

10.3 Kuntoutuksen eteneminen

Tämän tutkimuksen tuloksien ja teoreettisen tiedon avulla voidaan pyrkiä muodostamaan kaksi erilaista ACL –rekonstruktion postoperatiivisen kuntoutuksen etenemisen mallia; turvallinen ja nopeutettu malli. Tulee muistaa, että mallit ovat osin spekulatiivisia ehdotelmia, sillä tarvittavaa ja kiistatonta tutkimustietoa aiheesta ei ole saatavilla. Turvallinen malli pyrkii siirteeseen kohdistuvan venyttymän minimoimiseen, erityisesti kuntoutuksen alkuvaiheessa, mutta oletettavasti täydellinen venyttymän välttäminen ei ole perusteltua tai mahdollistakaan. Nopeutetun kuntoutuksen tavoitteena on mahdollisimman nopea ja toiminnallinen paluu vammaa edeltäneelle aktiivisuustasolle.

Molemmissa kuntoutusmalleissa kylmähoito aloitetaan heti operaation jälkeen yhdessä kompression kanssa. Kylmän käyttöä tulee jatkaa jopa puoleen vuoteen asti postoperatiivisesti tarvittaessa ja vähintään aina harjoittelun jälkeen. Postoperatiivisen tuen käyttö ei ole suotavaa pyrittäessä välttämään ongelmat quadricepslihasten aktivaation palautumisessa. Turvallisessa mallissa mahdollista postoperatiivisen tuen käyttöä voidaan kuitenkin perustella tuen polviniveltä suojaavalla ja painonkannatusta helpottavalla vaikutuksella. Turvallisessa mallissa varaaminen aloitetaan osapainovaruksena, ja täyteen varaamiseen edetään esimerkiksi aikaisemmin mainittujen Cincinnatiin kuntoutuskeskuksen kriteereiden mukaan. Nopeutetussa mallissa täysi varaaminen sallitaan välittömästi rekonstruktion jälkeen kyynärsauvojen avulla normaalin kävelytekniikan mahdollistamiseksi.

Täyden ekstension saavuttaminen mahdollisimman nopeasti, ensimmäisten postoperatiivisten viikkojen aikana, on erittäin tärkeää molemmissa malleissa. Täyden fleksion saavuttaminen etenee hieman ekstensiota hitaammin, mutta silti täyden liikelaajuuden olisi suotavaa olla saavutettu turvallisessakin mallissa viimeistään postoperatiivisella viikolla 8 ja nopeutetussa mallissa viikoilla 4-5. Patellan mobilisoinnin aloittamiselle heti leikkauksen jälkeen ei ole esteitä kummassakaan mallissa.

Lihavenyttelyistä erityisesti hamstringlihashen venyttelyt ovat tärkeitä, ja ne tulee aloittaa heti leikkauksen jälkeen varovaisuutta noudattaen. Turvallisessa mallissa siirrekudokseen kohdistuvaa venyttymää vältettäessä quadricepslihashen venyttelyissä on syytä välttää äärefleksioon meneviä liikkeitä ja suorittaa venyttelyt ainoastaan fleksioliikkuvuuden mukaan. Varsinaisesti quadricepsvenyttelyjen suorittaminen aloitetaan postoperatiivisilta viikoilta 8-12. Nopeutetussa mallissa quadricepslihashen venyttelyt aloitetaan ensimmäisten postoperatiivisten viikkojen aikana, luonnollisesti fleksioliikkuvuus huomoiden. Molemmissa malleissa gastrocnemius- ja gluteuslihashen sekä iliotibiaalisen kalvon venyttelyt voidaan aloittaa välittömästi postoperatiivisesti.

Quadricepslihashen aktivointi isometrisinä jännityksinä ja suoran jalan nostoina aloitetaan molemmissa malleissa välittömästi rekonstruktion jälkeen. Yli 60° fleksiokulmilla suoritettujen quadricepslihashen isometristen jännitysten ei ole todettu aiheuttavan venyttymää siirteeseen (Beynnon ym. 1995). Samoin välittömästi leikkauksen jälkeen voidaan aloittaa hamstringlihashen isometriset jännitykset, myös dynaamisen harjoittelun liikeradalla 90-40° on todettu aiheuttavan vain vähän siirteen venyttymää. Hamstringlihashen harjoittelussa varovaisuus tulee muistaa siirteen ottokohdan vuoksi.

Suljetun kineettisen ketjun harjoitteista jalkakyykky ja –prässi voidaan aloittaa heti kun niiden suorittaminen on turvallista, muun muassa hallinnan ja kivun puitteissa. Turvallisessa mallissa liikerata on kuitenkin suotavaa rajoittaa esimerkiksi 90-10° liikeradalle, sillä suurimmat jalkakyykyn ja –prässin venyttävät voimat on havaittu 10° fleksiossa (Beynnon ym. 1997). Siirteen ja fiksaatiokohdan paraneminen huomioiden täyden ekstension välttäminen suljetun kineettisen ketjun harjoitteiden aikana olisi suotavaa postoperatiivisille viikoille 9-10. Vastustetun polven ekstension on havaittu aiheuttavan venyttymää siirteeseen, ja koska venyttymän suuruudesta ja vahingollisuudesta ei ole tarkkaa tietoa, vältetään turvallisessa mallissa tämän liikkeen suorittamista. Nopeutetussa mallissa vastustettu polven ekstensio aloitetaan postoperatiivisilta viikoilta 6-8 progressiivisesti edeten. Liike voidaan tehdä täydellä liikeradalla tai, jos halutaan vähentää siirteeseen kohdistuvaa venyttymää, rajoitetaan liike noin 30° ekstensiovajeeseen.

Tasapaino- ja proprioseptinen harjoittelu tulee aloittaa välittömästi leikkauksen jälkeen, turvallisessa mallissa mahdollinen osapainovaraus huomoiden. Harjoitteiden valinnassa tulee

kiinnittää huomiota niiden kuormittavuuteen. Myös allasjumppa- ja kuntopyöräharjoittelu voidaan aloittaa lähes välittömästi leikkauksen jälkeen huomioiden kuitenkin leikkausarvet.

Juoksun aloittaminen on syytä viivästyttää hyvään polven hallintaan asti. Turvallisessa mallissa juoksun aloittaminen ennen kolmatta postoperatiivista kuukautta ei ole perusteltua, nopeutetussa mallissa juoksu voitaneen aloittaa kahden kuukauden kohdalla. Suunnanvaihtojen aloittamisessa puolestaan juoksun eteneminen ja laadullinen tarkastelu (mm. täysivauhtisen suoran juoksun onnistuminen) tarjoavat arvokasta tietoa, voidaanko suunnanvaihdot sallia. Liikkeiden aloittaminen noin kuukauden jälkeen juoksun sallimisesta vaikuttaisi sopivalta. Hyppyharjoittelun osalta on vaikea tietää siirteeseen kohdistuvien venyttymien määrää, jolloin niiden aloittaminen ennen juoksua ei vaikuta tarkoituksenmukaiselta.

Paluu kilpaurheiluun voidaan turvallisessa mallissa sallia kuudennen postoperatiivisen kuukauden jälkeen, sillä fiksaatiokohta muistuttaa silloin jo normaalia jänne-luu –liitosta (Christel & Paris 2001). Nopeutetussa mallissa paluu kilpaurheiluun voinee tapahtua jo neljän kuukauden jälkeen operatiosta. Ennen kilpaurheiluun paluun sallimista tulee kuntoutujan täyttää molemmissa kuntoutusmalleissa tietyt kriteerit, joista tarkemmin aiemmin pohdinnassa. Lisäksi voidaan todeta, että niin sanottujen lajinomaisten harjoitteiden intensiteetin tulee muistuttaa kilpailusuoritusta ennen varsinaiseen kilpailuun palaamista.

Myös tutkimustulokset puoltavat aikaista kilpaurheiluun paluuta hamstringsiirre-rekonstruktion jälkeen. Howell ja Taylor (1996) pitävät intensiivistä kuntoutusta onnistuneena ja neljässä kuukaudessa urheiluun tai työhön paluuta mahdollisena, koska heidän tutkimuksessaan mittaustulokset eivät muuttuneet verrattaessa 4 kuukauden ja 2 vuoden postoperatiivisia tuloksia. Tässä tutkimuksessa 90 %:lla koehenkilöistä polvi osoittautui stabiiliksi ja toiminnalliseksi. (Howell & Taylor 1996.) Tosin Barber-Westinin (2002, henkilökohtainen tiedonanto) mukaan 10 %:n epäonnistuneiden rekonstruktioiden määrällä mainitussa tutkimuksessa on melko suuri, ja ainakin kaksinkertainen verrattuna patellajännesiirteillä tehtyjen rekonstruktioiden epäonnistumisiin (Noyes & Barber-Westin 1997). Näin ollen hänen mukaansa hamstringsiirre tarvitsee pidemmän paranemisajan (kuin patellasiirre), jolloin sitä käytettäessä ei tulisi noudattaa nopeutettua kuntoutusprotokollaa (Barber-Westin 2002, henkilökohtainen tiedonanto).

Yleisesti hamstringsiirteen käyttämisestä ACL –rekonstruktiossa on saatu hyviä tuloksia koskien potilaiden tyytyväisyyttä ja polven toimintakykyä (Aglietti ym. 1994; Corry ym. 1999; Eriksson ym. 2001a; Eriksson ym. 2001b; Feller ym. 2001; Marder ym. 1991; Witvrouw ym. 2001). Voitaneenkin todeta, että puutteellisen tutkimustiedon vuoksi olennaisinta kuntoutuksen etenemisessä on huomioida potilaan yksilöllisyys ja siitä johtuen korostuu seurannan merkitys liiallisen venyttymän välttämiseksi. Liiallisen venyttymän välttämiseksi seurataan tibian anteriorista siirtymää (siirteen venyttymä) laksiteettimittauksin; mikäli siirtymä on 2 mm tai enemmän verrattuna aiempaan tulokseen tai vastakkaiseen polviniveleen, tulee kuntoutuksessa edetä konservatiivisemmin (Mangine ym. 1992). Liiallinen siirteen venyttymä kuntoutuksen aikana saattaa johtaa siirteen tai fiksaatiokohdan rakenteiden peittämiseen, ja edelleen polven instabiiliuteen (Blickenstaff ym. 1997). Kuntoutuksen edetessä tulee myös seurata kivun ja turvotuksen ilmenemistä, sillä molemmat kertovat liian nopeasta etenemisestä (Mangine & Kremchek 1997).

10.4 Johtopäätökset

Tämän tutkimuksen mukaan ACL –rekonstruktion postoperatiivisessa kuntoutuksen etenemisessä on suuria eroja. Eniten eroavaisuuksia protokollien välillä on havaittavissa venytettävissä lihasryhmissä, avoimen kineettisen ketjun polven ekstension suoritusavoissa, suoran juoksun, suunnanvaihtojen ja hyppyharjoittelun alkamisajankohdassa sekä mahdollisessa kilpaurheilun paluun ajankohdassa. Yhtäläisyyksiä oli havaittavissa kylmähoidon käytössä, täyden varauksen sallimisessa, patellan mobilisoinnissa, quadricepslihasten aktivoinnissa sekä tasapaino-, proprioseptiikka-, allasjumppa- ja kuntopyöräharjoittelun aloittamisessa. Jatkotutkimuksia tarvitaan kuntoutuskäytäntöjen yhtenäistämiseksi ja optimaalisen kuntoutusprotokollan löytämiseksi. ACL –rekonstruktion postoperatiivista kuntoutusta koskien on tehty paljon tutkimusta, muuta tietoa on hajanaista. Esimerkiksi hamstringsiirrekonstruktion vaikuttavuudesta on olemassa tutkimustietoa, mutta tutkimuksissa käytetty kuntoutusprotokolla on kuvattu puutteellisesti. Tarvitaan lisätutkimuksia, joissa käytetty kuntoutusprotokolla on kuvattu tarkasti, ja vaikuttavuus selvitetty.

LÄHTEET

Kuntoutuskeskusten ACL –rekonstruktion postoperatiiviset kuntoutusprotokollat

Apex, Turku. Yhteyshenkilö Nina Helajärvi, ft. Henkilökohtainen tiedonanto 24.4.2001 - 26.4.2002.

Cincinnati Sportsmedicine and Orthopaedic Center, Cincinnati, USA. Yhteyshenkilö Sue Barber-Westin, B.S. Henkilökohtainen tiedonanto 3.10.2001-24.4.2002.

The Glen Sather Sports Medicine Clinic, Edmonton, Kanada. Yhteyshenkilö Ian Hallworth, PT. Henkilökohtainen tiedonanto 3.10.2001-14.3.2002.

Fysio-Botnia, Oulu. Yhteyshenkilöt Vesa Hankkila, ft ja Mauno Keränen, ft. Henkilökohtainen tiedonanto 24.4.2001 -26.4.2002.

Karolinska hospital, Tukholma, Ruotsi. Yhteyshenkilö Suzanne Werner, Dr. Med.Sc., RPT, ATC. Henkilökohtainen tiedonanto 3.11.2001 -5.9.2002.

Urheiluklinikka Mehiläinen Oy, Helsinki. Yhteyshenkilö Jarkko Räsänen, ft, THM. Henkilökohtainen tiedonanto 24.4.2001-26.4. 2002.

Kirjallisuus

Aglietti, P., Buzzi, R., Zaccherotti, G. & De Biase, P. 1994. Patellar tendon versus doubled semitendinosus and gracilis tendons for anterior cruciate ligament reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine* 22(2): 211-217.

Anderson, M.A. & Foreman, T.L. 1996. Return to competition: Functional rehabilitation. Teoksessa: Zachazewski, J.E., Magee, D.J. & Quillen, W.S. (toim). *Athletic Injuries and Rehabilitation*. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 229-261.

Ariel, B.G. 1974. Biomechanical analysis of the knee joint during deep knee bends with heavy loads. Teoksessa: Nelson, R. & Morehouse, C. (toim.) *Biomechanics IV*. Baltimore: University Park Press, 44-52.

Arendt, E. & Dick, R. 1995. Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer. NCAA data and review of the literature. *The American Journal of Sports Medicine* 23(6): 694-701.

Arnheim, D.D. & Prentice, W.E. 1997. *Principles of Athletic Training*. Madison: Brown & Benchmark.

Atkinson, T.S., Atkinson, P.J., Mendenhall, H.V. & Haut, R.C. 1998. Patellar tendon and infrapatellar fat pad healing after harvest of an ACL graft. *The Journal of Surgical Research* 79(1): 25-30.

- Bach, J.M. & Hull, M.L. 1998. Strain inhomogeneity in the anterior cruciate ligament under application of external and muscular loads. *Journal of Biomechanical Engineering* 120(4): 497-503.
- Baltaci, G. 2000. Knee surgery in athletes: The importance of post-operative rehabilitation guidelines. *Physical Therapy Reviews* 5: 195-205.
- Barrett, D.S. 1991. Proprioception and function after anterior cruciate ligament reconstruction. *The Journal of Bone and Joint Surgery* 73B(5): 833-837.
- Barrack, R.L., Skinner, H.B. & Buckley, S.L. 1989. Proprioception in the anterior cruciate deficient knee. *The American Journal of Sports Medicine* 17(1): 1-6.
- Bealle, D. & Johnson, D.L. 1999. Technical pitfalls of anterior cruciate ligament surgery. *Clinics in Sports Medicine* 18(4):831-845.
- Beard, D.J., Kyberd, P.J., Fergusson, C.M. & Dodd, C.A. 1993. Proprioception after rupture of the anterior cruciate ligament: An objective indication of the need for surgery? *The Journal of Bone and Joint Surgery* 75B(2): 311-315.
- Berns, G.S., Hull, M.L. & Patterson, H.A. 1992. Strain in the anteromedial bundle of the anterior cruciate ligament under combined loading conditions. *Journal of Orthopaedic Research* 10(2): 167-176.
- Besier, T.F., Lloyd, D.G., Ackland, T.R. Cochrane, J.L. 2001b. Anticipatory effects on knee joint loading during running and cutting maneuvers. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 33(7): 1176-1181.
- Besier, T.F., Lloyd, D.G., Cochrane, J.L. & Ackland, T.R. 2001a. External loading of the knee joint during running and cutting maneuvers. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 33(7): 1168-1175.
- Beynon, B.D. & Amis, A.A. 1998. In vitro testing protocols for the cruciate ligaments and ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 6(S1): S70-S76.
- Beynon, B.D. & Fleming, B.C. 1998. Anterior cruciate ligament strain in-vivo: A review of previous work. *Journal of Biomechanics* 31(6): 519-525.
- Beynon, B.D., Fleming, B.C., Johnson, R.J., Nichols, C.E., Renström, P.A. & Pope, M.H. 1995. Anterior cruciate ligament strain behaviour during rehabilitation exercises in vivo. *The American Journal of Sports Medicine* 23(1): 24-34.
- Beynon, B.D. & Johnson, R.J. 1996. Anterior cruciate ligament injury rehabilitation in athletes. *Biomechanical considerations. Sports Medicine* 22(1): 54-64.
- Beynon, B.D., Johnson, R.J., Fleming, B.C., Renström, P.A., Nichols, C.E., Pope, M.H. & Haugh, L.D. 1994. The measurement of elongation of anterior cruciate ligament grafts in-vivo. *Journal of Bone and Joint Surgery* 76A(4): 520-531.

- Beynon, B.D., Johnson, R.J., Fleming, B.C., Stankewich, C.J., Renström, P.A. & Nichols, C.E. 1997. The strain behaviour of the anterior cruciate ligament during squatting and active flexion-extension. A comparison of an open and a closed kinetic chain exercise. *The American Journal of Sports Medicine* 25(6): 823-829.
- Blickenstaff, K.R., Grana, W.A. & Egle, D. 1997. Analysis of a semitendinosus autograft in a rabbit model. *The American Journal of Sports Medicine* 25(4): 554-559.
- Boden, B.P., Dean, G S., Feagin, J.A. & Garrett, W.E. 2000. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopaedics* 23(6): 573-8.
- Borsa, P.A., Lephart, S.M., Irrgang, J.J., Safran, M.R. & Fu, F.H. 1997. The effects of joint position and direction of joint motion on proprioceptive sensibility in anterior cruciate ligament-deficient athletes. *The American Journal of Sports Medicine* 25(3): 336-340.
- Brahmabhatt, V., Smolinski, R., McGlowan, J., Dmochowski, J. & Ziv, I. 1999. Double-stranded hamstring tendons for anterior cruciate ligament reconstruction. *American Journal of Knee Surgery* 2(3): 141-145.
- Branch, T.P., Hunter, R. & Donath, M. 1989. Dynamic EMG analysis of anterior cruciate deficient legs with and without bracing during cutting. *The American Journal of Sports Medicine* 17(1): 35-41.
- Brown, Douglas W. 2002. Indications for anterior cruciate ligament reconstruction. (WWW-dokumentti) (Viitattu 11.1.2002) http://www.orthoassociates.com/ACL_indications.htm.
- Brown, C.H., Steiner, M.E. & Carson, E.W. 1993. The use of hamstring tendons for anterior cruciate ligament reconstruction. Technique and results. *Clinics in Sports Medicine* 12(4): 723-756.
- Butler, D.L., Noyes, F.R. & Grood, E.S. 1980. Ligamentous restraints to anterior-posterior drawer in the human knee. *Journal of Bone & Joint Surgery* 62A(2): 259-270.
- Butler, D.L., Sheh, M.Y., Stouffer, D.C., Samaranayake, V.A. & Levy, M.S. 1990. Surface strain variation in human patellar tendon and knee cruciate ligaments. *Journal of Biomechanical Engineering* 2(112): 38-45.
- Bynum, B.E., Barrack, R.L. & Alexander, A.H. 1995. Open versus closed chain kinetic exercises after anterior cruciate ligament reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine* 23(4): 401-406.
- Castle, T.H. jr., Noyes, F.R. & Grood, E.S. 1992. Posterior tibial subluxation of the posterior cruciate-deficient knee. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 284: 193-202.
- Christel, P. & Paris, C.N. 2001. Healing of tendons in bone tunnels after hamstring reconstruction. *International Society of Arthroscopy, Knee Surgery and Orthopaedic Sports Medicine Congress, May 14-18 Montreux Switzerland, Book of Abstracts*, 2.105.
- Christen, B. & Jakob, R.P 1992. Fractures associated with patellar ligament graft in cruciate ligament surgery. *The Journal of Bone and Joint Surgery* 74B(4): 617-619.

- Cohn, B.T., Draeger, R.I. & Jackson, D.W. 1989. The effects of cold therapy in the postoperative management of pain in patients undergoing anterior cruciate ligament reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine* 17(3): 344-349.
- Cooley, V.J., Deffner, K.T. & Rosenberg, T.D. 2001. Quadrupled semitendinosus anterior cruciate ligament reconstruction: 5-year results in patients without meniscus loss. *Arthroscopy* 17(8): 795-800.
- Cooper, D.E., Deng, X.H., Burstein, A.L. & Warren, R.F. 1993. The strength of the central third patellar tendon graft. A biomechanical study. *The American Journal of Sports Medicine* 21(6): 818-824.
- Corrigan, J.P., Cashman, W.F. & Brady, M.P. 1992. Proprioception in the cruciate deficient knee. *The Journal of Bone and Joint Surgery* 74B(2): 247-250.
- Corry, I.S. Webb, J.M., Clingeffer, A.J. & Pinczewski, L.A. 1999. Arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament. A comparison of patellar tendon autograft and four-strand hamstring tendon autograft. *The American Journal of Sports Medicine* 27(4): 444-454.
- Cosgarea, A.J., Sebastianelli, W.J. & DeHaven, K.E. 1995. Prevention of arthrofibrosis after anterior cruciate ligament reconstruction using the central third patellar tendon autograft. *The American Journal of Sports Medicine* 23(1): 87-92
- Cowling, E.J. & Steele, J.R. 2001. The effect of upper-limb motion on lower-limb muscle synchrony. *The Journal of Bone and Joint Surgery* 83A(1): 35-41.
- Curwin, S.L. 1996. Tendon injuries: Pathophysiology and treatment. Teoksessa: Zachazewski, J.E., Magee, D.J. & Quillen, W.S. (toim.) *Athletic Injuries and Rehabilitation*. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 27-53.
- Daniel, D.M., Stone, M.L. & Arendt, D.L. 1994. The effects of cold therapy on pain, swelling, and range of motion after anterior cruciate ligament reconstruction surgery. *Arthroscopy* 10(5): 530-533.
- Decoster, L.C., Vailas, J.C. & Swartz, W.G. 1995. Functional ACL bracing. A survey of current opinion and practice. *American Journal of Orthopedics* 24(11): 838-843.
- Delfico, A.J. & Garrett, W.E. jr. 1998. Mechanisms of Injury of the Anterior Cruciate Ligament in Soccer Players. *Clinics in Sports Medicine* 17(4): 779-785.
- Denti, M., Randelli, P., Lo Vetere, D., Moioli, M., Bagnoli, I. & Cawley, P.W. 2000. Motor control performance in the lower extremity: normal vs. anterior cruciate ligament reconstructed knees 5-8 years from the index surgery. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 8(5): 296-300.
- Derwin, G.F., Taylor, D.E. & Keene, G.C. 1998. Effects of cold and compression dressings on early postoperative outcome of the arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction patient. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 27(6): 403-406.

- DuMontier, T.A., Metcalf, M.H., Simonian, P.T. & Larson, R.V. 2001. Patella fracture after anterior cruciate ligament reconstruction with the patellar tendon: a comparison between different shaped bone block excisions. *American Journal of Knee Surgery* 14(1): 9-15.
- Durselen, L., Claes, L. & Kiefer, H. 1995. The influence of muscle forces and external loads on cruciate ligament strain. *The American Journal of Sports Medicine* 23(1): 129-136.
- Dyhre-Poulsen, P. & Krogsgaard, M. 2000. Muscular reflexes elicited by electrical stimulation of the anterior cruciate ligament in humans. *Journal of Applied Physiology* 89(6): 2191-2195.
- Edwards, D.J., Rimmer, M. & Keene G.C. 1996. The use of cold therapy in the postoperative management of patients undergoing arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine* 24(2): 193-5.
- Eriksson, K., Anderberg, P., Hamberg, P., Lofgren, A.C., Bredenberg, M., Westman, I. & Wredmark, T. 2001a. A comparison of quadruple semitendinosus and patellar tendon grafts in reconstruction of the anterior cruciate ligament. *The Journal of Bone and Joint Surgery* 83B(3): 348-354.
- Eriksson, K., Anderberg, P., Hamberg, P., Olerud, P. & Wredmark, T. 2001b. There are differences in early morbidity after ACL reconstruction when comparing patellar tendon and semitendinosus tendon graft. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 11(3): 170-177.
- Eriksson, K., Kindblom, L.G., Hamberg, P., Larsson, H. & Wredmark, T. 2001c. The semitendinosus tendon regenerates after resection. A morphologic and MRI analysis in 6 patients after resection for anterior cruciate ligament reconstruction. *Acta Orthopaedica Scandinavica* 72(4): 379-384.
- Eriksson, K., Larsson, H., Wredmark, T. & Hamberg, P. 1999. Semitendinosus tendon regeneration after harvesting for ACL reconstruction. A prospective MRI study. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 7(4): 220-225.
- Escamilla, R.F. 2001. Knee biomechanics of the dynamic squat exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 33(1): 127-141.
- Escamilla, R.F., Fleisig, G.S., Zheng, N., Barrentine, S.W., Wilk, K.E. & Andrews, J.R. 1998. Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 30(4): 556-569.
- Escamilla, R.F., Zheng, N., Fleisig, G.S., Lander, J.E., Barrentine, S.W., Cutter, G.R. & Andrews, J.R. 1997. The effects of technique variations on knee biomechanics during the squat and leg press. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 29(5): S156.
- Feller, J.A., Webster, K.E. & Gavin, B. 2001. Early post-operative morbidity following anterior cruciate ligament reconstruction: patellar tendon versus hamstring graft. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 9(5): 260-266.

- Fisher, S.E. & Shelbourne, K.D. 1993. Arthroscopic treatment of symptomatic extension block complicating anterior cruciate ligament reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine* 21(4): 558-564.
- Fitzgerald, G.K. 1997. Open versus closed kinetic chain exercise: Issues in rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstructive surgery. *Physical Therapy* 77(12): 1747-1754.
- Fleming, B.C., Beynon, B.D., Renström, P.A., Peura, G.D., Nichols, C.E. & Johnson, R.J. 1998. The strain behaviour of the anterior cruciate ligament during bicycling. An in vivo study. *The American Journal of Sports Medicine* 26(1): 109-118.
- Fleming, B.C., Renström, P.A., Beynon, B.D., Engström, B., Peura, G.D., Badger, G.J. & Johnson, R.J. 2001. The effect of weightbearing and external loading on anterior cruciate ligament strain. *Journal of Biomechanics* 34(2): 163-170.
- Frank, C.B. 1996. *Ligament Injuries: Pathophysiology and Healing*. Teoksessa: Zachazewski, J.E., Magee, D.J. & Quillen, W.S. (toim). *Athletic Injuries and Rehabilitation*. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 9-25.
- Frank, C.B. & Jackson, D.W. 1997. The science of reconstruction of the anterior cruciate ligament. *The Journal of Bone and Joint Surgery* 79A(10): 1556-1576.
- Fremerey, R.W., Lobenhoffer, P., Zeichen, J., Skutek, M., Bosch, U. & Tschernke, H. 2000. Proprioception after rehabilitation and reconstruction in knees with deficiency of the anterior cruciate ligament. A prospective longitudinal study. *The Journal of Bone and Joint Surgery* 82B(6): 801-806.
- Friden T, Roberts D, Ageberg E, Walden M, Zatterstrom R. 2001. Review of knee proprioception and the relation to extremity function after an anterior cruciate ligament rupture. *Journal of Orthopaedic Sport & Physical Therapy* 31(10):567-76.
- Fu, F.H., Bennett, C.H., Ma, C.B., Menetrey, J. & Lattermann, C. 2000. Current trends in anterior cruciate ligament reconstruction. Part II: Operative procedures and clinical correlations. *The American Journal of Sports Medicine* 28(1): 124-130.
- Gillqvist, J. & Messner, K. 1999. Anterior cruciate ligament reconstruction and the long term incidence of gonarthrosis. *Sports Medicine* 27(3): 143-56.
- Giurea, M., Zorilla, P., Amis, A.A. & Aichroth, P. 1999. Comparative pull-out and cyclic-loading strength tests of anchorage of hamstring tendon grafts in anterior cruciate ligament reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine* 27(5): 621-625.
- Goradia, V.K., Rochat, M.C., Grana, W.A. & Egle, D.M. 1998. Strength of ACL reconstructions using semitendinosus tendon grafts. *Journal –Oklahoma State Medical Association* 91(5): 275-277.
- Goradia, V.K., Rochat, M.C., Kida, M. & Grana, W.A. 2000. Natural history of a hamstring tendon autograft used for anterior cruciate ligament reconstruction in a sheep model. *The American Journal of Sports Medicine* 28(1): 40-46.

- Grana, W.A., Egle, D.A., Mahnken, R. & Goodhart, C.W. 1994. An analysis of autograft fixation after anterior cruciate ligament reconstruction in a rabbit model. *The American Journal of Sports Medicine* 22(3): 344-351.
- Gregor, R.J. & Fowler, E. 1996. *Biomechanics of cycling*. Teoksessa: Zachazewski, J.E., Magee, D.J. & Quillen, W.S. (toim). *Athletic Injuries and Rehabilitation*. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 367-388.
- Grigg, P. 1994. Peripheral neural mechanisms in proprioception. *Journal of Sport Rehabilitation* 3(1): 1-17.
- Hamner, D.L., Brown, C.H., Steiner, M.E., Hecker, A.T. & Hayes, W.C. 1999. Hamstring tendon grafts for reconstruction of the anterior cruciate ligament: Biomechanical evaluation of the use of multiple strands and tensioning techniques. *The Journal of Bone and Joint Surgery* 81A(4): 549-557.
- Heckmann, T.P., Noyes, F.R. & Barber-Westin, S.D. 2000. Autogenic and allogenic anterior cruciate ligament rehabilitation. Teoksessa: Ellenbecker, T.S. (toim.). *Knee ligament rehabilitation*. New York: Churchill Livingstone, 132-150.
- Henriksson, M., Ledin, T. & Good, L. 2001. Postural control after anterior cruciate ligament reconstruction and functional rehabilitation. *The American Journal of Sports Medicine* 29(3): 359-366.
- Hewett, T.E., Stroupe, A.L., Nance, T.A. & Noyes, F.R. 1996. Plyometric Training in Female Athletes. Decreased Impact Forces and Increased Hamstring Torques. *The American Journal of Sport Medicine* 24(6): 765-773.
- Hiemstra, L.A., Webber, S., MacDonald, P.B. & Kriellaars, D.J. 2000. Knee strength deficit after hamstring tendon and patellar tendon anterior cruciate ligament reconstruction. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 32(8): 1472-1479.
- Highgenboten, C.L., Jackson, A., Meske, N. & Smith, J. 1991. The effects of knee brace wear on perceptual and metabolic variables during horizontal treadmill running. *The American Journal of Sports Medicine* 19(6): 639-643.
- Hollis, M.J., Takai, S., Adams, D.J., Horibe, S. & Woo, S. L-Y. 1991. The effects of knee motion and external loading of the length of the anterior cruciate ligament. A kinematic study. *Journal of Biomechanical Engineering* 113(2): 208-214.
- Hoser, C.F., Hackle, W., Navarro, R.A. & Benedetto, K.P. 2001. Long-term outcome of operative or nonoperative treatment of anterior cruciate ligament rupture – is sports activity a determining variable? *International Journal of Sports Medicine* 22(4): 304-309.
- Howell, S.M. & Taylor, M.A. 1996. Brace-free rehabilitation, with early return to activity, for knees reconstructed with a double-looped semitendinosus and gracilis graft. *The Journal of Bone and Joint Surgery* 78A(63): 814-825.
- Hutton, R.S. & Atwater, S.W. 1992. Acute and chronic adaptations of muscle proprioceptors in response to increased use. *Sports Medicine* 14(6): 406-421.

- Ireland, M.L., Gaudette, M. & Scott, C. 1997. ACL injuries in the female athlete. *Journal of Sport Rehabilitation* 6: 97-110.
- Irrgang, J.J. 1993. Modern trends in anterior cruciate ligament rehabilitation: nonoperative and postoperative management. *Clinics in Sports Medicine* 12(4): 797-813.
- Irrgang, J.J. & Fitzgerald, G.K. 2000. Rehabilitation of the multiple-ligament-injured knee. *Clinics in Sports Medicine* 19(3): 545-571.
- Irrgang, J.J. & Harner, C.D. 1997. Recent advances in ACL rehabilitation: clinical factors that influence the program. *Journal of Sport Rehabilitation* 6(2): 111-124.
- Irrgang, J.J., Safran, M.R. & Fu, F.H. 1996. The Knee: Ligamentous and meniscal injuries. Teoksessa: Zachazewski, J.E., Magee, D.J. & Quillen, W.S. (toim). *Athletic Injuries and Rehabilitation*. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 623-692.
- Jenkins, W.L., Munns, S.W., Jayaraman, G., Wertzberger, K.L. & Neely, K. 1997. A Measurement of anterior tibial displacement in the closed and open kinetic chain. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 25(1): 49-56.
- Jerosch, J. & Prymka, M. 1996. Knee joint proprioception in normal volunteers and patients with anterior cruciate ligament tears, taking special account of the effect of a knee bandage. *Archives in Orthopaedic Trauma Surgery* 115(3-4): 162-166.
- Johnson, R.J. 1996. Personal Communication. Viitattu artikkelissa: Beynnon, B.D. & Fleming, B.C. 1998. Anterior cruciate ligament strain in-vivo: A review of previous work. *Journal of Biomechanics* 31(6): 519-525.
- Järvelä, T., Paakkala, T., Kannus, P. & Järvinen, M. 2001. The incidence of patellofemoral osteoarthritis and associated findings 7 years after anterior cruciate ligament reconstruction with a bone-patellar tendon-bone autograft. *The American Journal of Sports Medicine* 29(1): 18-24.
- Järvinen, M. 1995. Lihaksen ja jänteen vammat. Teoksessa Rokkanen, P., Slätis, P., Alho, A., Ryöppy, S. & Huittinen, V.-M. (toim.) *Traumatologia – vammojen patofysiologian ja hoidon perusteet*. 6. painos. Helsinki: Kandidaattikustannus, 285-298.
- Karlson, J.A., Steiner, M.E., Brown, C.H. & Johnston, J. 1994. Anterior cruciate ligament reconstruction using gracilis and semitendinosus tendons. *The American Journal of Sports Medicine* 22(5): 659-666.
- Konrath, G.A., Lock, T., Goitz, H.T. & Scheidler, J. 1996. The use of cold therapy after anterior cruciate ligament reconstruction. A prospective, randomized study and literature review. *The American Journal of Sports Medicine* 24(5): 629-633.
- Kvist, J., Karlberg, C., Gerdle, B. & Gillqvist, J. 2001. Anterior tibial translation during different isokinetic quadriceps torque in anterior cruciate ligament deficient and nonimpaired individuals. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 31(1): 4-15.

- Kålund, S., Sinkjaer, T., Arendt-Nielsen, A. & Simonsen, D. 1990. Altered timing of hamstring muscle action in anterior cruciate ligament deficient patients. *The American Journal of Sports Medicine* 18(3): 245-248.
- Lephart, S.M., Kocher, M.S., Fu, F.H., Borsa, P.A. & Harner, C.D. 1992. Proprioception following ACL reconstruction. *Journal of Sports Rehabilitation* 1(3): 188-196.
- Lephart, S.M., Pincivero, D.M., Giraldo, J.L. & Fu, F.H. 1997. The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. *The American Journal of Sports Medicine* 25(1):130-137.
- Li, G., Rudy, T.W., Sakane, M., Kanamori, A., Ma, C.B. & Woo, S. L.-Y. 1999. The importance of quadriceps and hamstrings muscle loading on knee kinematics and in-situ forces in the ACL. *Journal of Biomechanics* 32(4): 395-400.
- Lindenfeld, T.N., Schmitt, D.J., Hendy, M.P., Mangine, R.E. & Noyes, F.R. 1994. Incidence of Injury in Indoor Soccer. *The American Journal of Sports medicine* 22(3): 364-371.
- Livesay, G.A., Fujie, H., Kashiwaguchi, S., Morrow, D.A., Fu, F.H. & Woo, S. L.-Y. 1995. Determination of the in-situ forces and force distribution within the human anterior cruciate ligament. *Annals of Biomedical Engineering* 23(4): 467-474.
- Lysholm, M., Ledin, T., Ödkvist, L.M. & Good, L. 1998. Postural control – a comparison between patients with chronic anterior cruciate ligament insufficiency and healthy individuals. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sport* 8(6): 432-438.
- MacDonald, P.B., Hedden, D., Pacin, O. & Huebert, D. 1995. 1995. Effects of an accelerated rehabilitation program after anterior cruciate ligament reconstruction with combined semitendinosus gracilis autograft and a ligament augmentation device. *The American Journal of Sports Medicine* 23(5): 588-592.
- MacDonald, P.B., Hedden, D., Pacin, O. & Sutherland, K. 1996. Proprioception in anterior cruciate ligament-deficient and reconstructed knees. *The American Journal of Sports Medicine* 24(6): 774-778.
- Magee, D.J. 1997. *Orthopedic Physical Assessment*. Philadelphia: W.B. Saunders Company.
- Malone, T.R., Garrett, W.E. & Zachazewski, J.E. 1996. *Muscle: Deformation, injury, repair*. Teoksessa: Zachazewski, J.E., Magee, D.J. & Quillen, W.S. (toim). *Athletic Injuries and Rehabilitation*. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 71-91.
- Mangine, R.E. & Kremchek, T.E. 1997. Evaluation-based protocol of the anterior cruciate ligament. *Journal of Sport Rehabilitation* 6(2): 157-181.
- Mangine, M.E., Noyes, F.R. & Demaio M. 1992. Minimal protection program – advanced weight bearing and range of motion after ACL reconstruction – week-1 to week-5. *Orthopedics* 15(4): 504-515.

- Marder, R.A., Raskind, J.R. & Carroll, M. 1991. Prospective evaluation of arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction. Patellar tendon versus semitendinosus and gracilis tendons. *The American Journal of Sports Medicine* 19(5): 478-484.
- Markolf, K.L., Gorek, J.F., Kabo, J.M. & Shapiro, M.S. 1990. Direct measurement of resultant forces in the anterior cruciate ligament. *Journal of Bone and Joint Surgery* 72A(4): 557-567.
- Marumoto, J.M., Mitsunaga, M.M., Richardson, A.B., Medoff, R.J. & Mayfield, G.W. 1996. Late patellar tendon ruptures after removal of the central third for anterior cruciate ligament reconstruction. A report of two cases. *The American Journal of Sports Medicine* 24(5): 698-701.
- McComas, A.J. 1994. Human neuromuscular adaptations that accompany changes in activity. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 26(12): 1498-1509.
- McMaster, W.C. & Liddle, S. 1980. Cryotherapy influence on posttraumatic limb edema. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 150: 283-287.
- McPoil, T.G. & Cornwall, M.W. 1996. Applied sports biomechanics in rehabilitation: Running. Teoksessa: Zachazewski, J.E., Magee, D.J. & Quillen, W.S. (toim). *Athletic Injuries and Rehabilitation*. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 354-366.
- Mikkelsen, C., Werner, S. & Eriksson, E. 2000. Closed kinetic chain alone compared to combined open and closed kinetic chain exercises for quadriceps strengthening after anterior cruciate ligament reconstruction with respect to return to sports: a prospective matched follow-up study. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 8(6): 337-342.
- More, R.C., Karras, B.T., Neiman, R., Fritschy, D., Woo, S. L.-Y. & Daniel, D.M. 1993. Hamstrings -an anterior cruciate ligament protagonist: An in-vivo study. *The American Journal of Sports Medicine* 21(2): 231-237.
- Muneta, T., Sekiya, I., Ogiuchi, T., Yagishita, K., Yamamoto, H. & Shinomiya, K. 1998. Effects of aggressive early rehabilitation on the outcome of anterior cruciate ligament reconstruction with multi-strand semitendinosus tendon. *International Orthopaedics* 22(6): 352-356.
- Nagi, S. 1991. Disability concepts revisited: Implication for prevention. Teoksessa: Pope, A. & Tarlov, A. (Toim.) *Disability in America: Toward a National Agenda for Prevention*. Washington, DC: National Academy Press. 309-327.
- Nattiv, A., Arendt, E.A. & Riehl, R. 1996. The female athlete. Teoksessa: Zachazewski, J.E., Magee, D.J. & Quillen, W.S. (toim). *Athletic Injuries and Rehabilitation*. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 841-851.
- Noyes, F.R. & Barber-Westin, S.D. 1997. A comparison of results in acute and chronic anterior cruciate ligament ruptures of arthroscopically assisted autogenous patellar tendon reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine* 25(4): 460-471.

- Noyes, F.R., Butler, D.L., Grood, E.S., Zernicke, R.F. & Hefzy, M.S. 1984. Biomechanical analysis of human ligament grafts used in knee-ligament repairs and reconstructions. *The Journal of Bone and Joint Surgery* 66A(5):344-352.
- Noyes, F.R., Mangine, R.E. & Barber, S.D. 1992. The early treatment of motion complications following reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 277: 217-228.
- Noyes, F.R., Mooar, P.A., Matthews, D.S. & Butler, D.L. 1983. The symptomatic anterior cruciate-deficient knee. Part I: the long term functional disability in athletically active individuals. *Journal of Bone & Joint Surgery* 65A(2): 154-162.
- Ohkoshi, Y., Yasuda, K., Kaneda, K., Wada, T. & Yamanaka, M. 1991. Biomechanical analysis of rehabilitation in the standing position. *The American Journal of Sports Medicine* 19(6): 605-611.
- Ortiz, G.J., Schmotzer, H., Bernbeck, J., Graham, S., Tibone, J.E. & Vangsness, C.T. 1998. Isometry of the posterior cruciate ligament. Effects of functional load and muscle force application. *The American Journal of Sports Medicine* 26(5): 663-668.
- Palmitier, R.A., An, K.N., Scott, S.G. & Choa, E.Y.S. 1991. Kinetic chain exercises in knee rehabilitation. *Sports Medicine* 11(6): 402-413.
- Papageorgiou, C.D., Kostopoulos, V.K., Moebius, U.G., Petropoulou, K.A., Georgoulis, A.D. & Soucacos, P.N. 2001a. Patellar fractures associated with medial-third bone-patellar tendon-bone autograft ACL reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 9(3): 151-154.
- Papageorgiou, C.D., Ma, C.B., Abramowitch, S.D., Clineff, T.D. & Woo, S.L.-Y. 2001b. A multidisciplinary study of the healing of an intraarticular anterior cruciate ligament graft in a goat model. *The American Journal of Sports Medicine* 29(5): 620-626.
- Papandrea, P., Vulpiani, M.C., Ferretti, A. & Conteduca, F. 2000. Regeneration of the semitendinosus tendon harvested for anterior cruciate ligament reconstruction. Evaluation using ultrasonography. *The American Journal of Sports Medicine* 28(4): 556-561.
- Parker, M.G. 1994. Biomechanical and histological concepts in the rehabilitation of patients with anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 20(1): 44-50.
- Paulos, L.E., Noyes, F.R., Grood, E. & Butler, D.L. 1981. Knee rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction and repair. *The American Journal of Sports Medicine* 9(1): 140-149.
- Pinczewski, L.A., Clingeffer, A.J., Otto, D.D., Bonar, S.F. & Corry, I.S. 1997. Integration of hamstring tendon graft with bone in reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Arthroscopy* 13(5): 641-643.

- Pink, M.M. & Jobe, F.W. 1996. Biomechanics of swimming. Teoksessa: Zachazewski, J.E., Magee, D.J. & Quillen, W.S. (toim). *Athletic Injuries and Rehabilitation*. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 317-331.
- Pöyhönen, T., Keskinen, K.L., Kyröläinen, H., Hautala, A., Savolainen, J. & Mälkiä, E. 2001. Neuromuscular function during therapeutic knee exercise under water and on dry land. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 82(10): 1446-1452.
- Rahimi, A. & Wallace, W.A. 2000. The effects of functional knee bracing and taping in the tibio-femoral joint in athletes with an ACL –deficient knee: A review of the literature. *Physical Therapy Reviews* 5(1): 5-21.
- Rebel, M. & Paessler, H.H. 2001. The effect of knee brace on coordination and neuronal leg muscle control: an early postoperative functional study in anterior cruciate ligament reconstructed patients. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 9(5): 272-81.
- Rennison, M. 1996. Letter to the editor. *The American Journal of Sports Medicine* 24(1):125.
- Rodeo, S.A., Arnoczky, S.P., Torzilli, P.A., Hidaka, C. & Warren, R.F. 1993. Tendon healing in a bone tunnel: A biomechanical and histological study in the dog. *The Journal of Bone and Joint Surgery* 75A(12): 1795-1803.
- Rubinstein, R.A. & Shelbourne, K.D. 1993. Preventing complications and minimizing morbidity after autogenous bone-patellar tendon-bone anterior cruciate ligament reconstruction. *Operative Techniques in Sports Medicine* 1(1): 72-78.
- Ryder, S.H., Johnson, R.J., Beynnon, B.D. & Ettliger, C.F. 1997. Prevention of ACL injuries. *Journal of Sport Rehabilitation* 6(2):80-96.
- Sachs, R.A., Daniel, D.M., Stone, M.L. & Garfein, R.F. 1989. Patellofemoral problems after anterior cruciate ligament reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine* 17(6): 760-765.
- Sakane, M., Fox, R.J., Woo, S.L-Y., Livesay, G.A., Li, G. & Fu, F.H. 1997. In situ forces in the anterior cruciate ligament and its bundles response to anterior tibial load. *Journal of Orthopaedic Research* 15(2): 285-293.
- Schroder, D. & Passler, H.H. 1994. Combination of cold and compression after knee surgery. A prospective randomized study. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 2(3): 158-165.
- Schultz, R.A., Miller, D.C., Kerr, C.S. & Micheli, L. 1984. Mechanoreceptors in the human cruciate ligaments. *Journal of Bone and Joint Surgery* 66A(7): 1072-76.
- Sharkey, N.A., Donahue, S.W., Smith, T.S., Bay, B.K. & Marder, R.A. 1997. Patellar strain and patellofemoral contact after bone-patellar tendon-bone harvest for anterior cruciate ligament reconstruction. *Archives in Physical Medicine Rehabilitation* 78(3): 256-263.

- Shelbourne, K.D., Klootwyk, T.E., Wilckens, J.H. & De Carlo, M.S. 1995. Ligament stability two to six years after anterior cruciate ligament reconstruction with autogenous patellar tendon graft and participation in accelerated rehabilitation program. *The American Journal of Sports Medicine* 23(5): 575-579.
- Shelbourne, K.D. & Patel, D. V. 1999. Treatment of limited motion after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 7(2): 85-92.
- Shelbourne, K.D. & Rowdon, G.A. 1994. Anterior cruciate ligament injury. The competitive athlete. *Sports Medicine* 17(2): 132-140.
- Shelbourne, K.D. & Trumper, R.V. 1997. Preventing anterior knee pain after anterior cruciate ligament reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine* 25(1): 41-47.
- Shelbourne, K.D. & Wilckens, J.H. 1990. Current concepts in anterior cruciate ligament rehabilitation. *Orthopaedic Review* 19(11): 957-964.
- Shiraishi, M., Mizuta, H., Kobota, K., Otsuka, Y., Nagamoto, N. & Takagi, K. 1996. Stabilometric assessment in the anterior cruciate ligament –reconstructed knee. *Clinical Journal of Sport Medicine* 6(1): 32-39.
- Shutte, M., Dabezies, E.J., Zimny, M.L. & Happel, L.T. 1987. Neural anatomy of the human anterior cruciate ligament. *The Journal of Bone and Joint Surgery* 69A(2): 243-247.
- Singerman, R., Berilla, J., Archdeacon, M. & Peyser, A. 1999. In vitro forces in the normal and cruciate-deficient knee during simulated squatting motion. *Journal of Biomechanical Engineering* 121(2): 234-242.
- Snyder-Mackler, L., Delitto, A., Bailey, S.L. & Stralka, S.W. 1995. Strength of the quadriceps femoris muscle and functional recovery after reconstruction of the anterior cruciate ligament. A prospective, randomized clinical trial of electrical stimulation. *The Journal of Bone and Joint Surgery* 77A(8):1166-73.
- Solomonow, M. 2001. Knee bracing after ACL reconstruction. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 82(5): 709.
- Solomonow, M., Baratta, R., Zhou, B.H., Shoji, H., Bose, W., Beck, C. & D'Ambrosia, R. 1987. The synergistic action of the anterior cruciate ligament and thigh muscles in maintaining joint stability. *The American Journal of Sports Medicine* 15(3): 207-213.
- Solomonow, M. & Krogsgaard, M. Sensorimotor control of knee stability. A review. 2001. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 11(1): 64-80.
- Stakes 2001. Vuonna 2000 päättäneet toimenpiteelliset hoitojaksot. (WWW-dokumentti)
 Päivitetty 18.12.2001 (Viitattu 7.7.2001)
<http://info.stakes.fi/tiedonantajapalaute/index.asp>
- Steiner, M.E., Hecker, A.T., Brown, C.H. Jr., & Hayes, W.C. 1994. Anterior cruciate ligament graft fixation. Comparison of hamstring and patellar tendon grafts. *The American Journal of Sports Medicine* 22(2): 240-247.

- Steinkamp, L.A., Dillingham, M.F., Markel, M.D., Hill, J.A. & Kaufman, K.R. 1993. Biomechanical consideration in patellofemoral joint rehabilitation. *The American Journal of Sports Medicine* 21(3): 438-444.
- Stuart, M.J., Meglan, D.A., Lutz, G.E., Growney, E.S. & An, K.N. 1996. Comparison of intersegmental tibiofemoral joint forces and muscle activity during various closed kinetic exercises. *The American Journal of Sports Medicine* 24(6): 792-799.
- Styf, J. 1999. The effects of functional knee bracing on muscle function and performance. *Sports Medicine* 28(2): 77-81.
- Swanik, C.B., Lephart, S.M., Giannantonio, F.P. & Fu, F.H. 1997. Reestablishing proprioception and neuromuscular control in the ACL-injured athlete. *Journal of Sport Rehabilitation* 6(2): 182-206.
- Tomita, F., Yasuda, K., Mikami, S., Sakai, T., Yamazaki, S. & Tohyama, H. 2001. Comparisons of intraosseous graft healing between the doubled flexor tendon graft and the bone-patellar tendon-bone graft in anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 17(5): 461-476.
- Torzilli, P.A., Deng, X. & Warren, R.F. 1994. The effect of joint-compressive load and quadriceps muscle force on knee motion in the intact and anterior cruciate ligament-sectioned knee. *The American Journal of Sports Medicine* 22(1): 105-112.
- Toutoungi, D.E., Lu, T.W., Leardini, A., Catani, F. & O'Connor, J.J. 2000. Cruciate ligament forces in the human knee during rehabilitation exercises. *Clinical Biomechanics* 15(3): 176-187.
- Urheiluklinikka Mehiläinen. 2001. ACL –vamma, hoitosuositus. Moniste.
- Veltri, D.M. 1997. Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *Clinics in Sports Medicine* 16(1): 123-144.
- Walla, D.J., Albright, J.P., McAuley, E., Martin, R.K., Eldridge, V. & El-Khoury, G. 1985. Hamstring control and the unstable anterior cruciate ligament-deficient knee. *The American Journal of Sports Medicine* 13(1): 34-39.
- Webb, J.M., Corry, I.S., Clingeleffer, A.J. & Pinczewski, L.A. 1998. Endoscopic reconstruction for isolated anterior cruciate ligament rupture. *The Journal of Bone and Joint Surgery* 80B(2): 288-294.
- Wilk, K.E., Escamilla, R.F., Fleisig, G.S., Barrentine, S.W., Andrews, J.R. & Boyd, M.L. 1996. A comparison of tibiofemoral joint forces and electromyographic activity during open and closed kinetic chain exercises. *The American Journal of Sports Medicine* 24(4): 518-527.
- Wilk, K.E., Zheng, N., Fleisig, G.S., Andrews, J.R. & Clancy, W.G. 1997. Kinetic chain exercise: implications for the anterior cruciate ligament patient. *Journal of Sport Rehabilitation* 6(2): 125-143.

- Wilson, T.W., Zafuta, M.P. & Zobitz, M. 1999. A biomechanical analysis of matched bone-patellar tendon-bone and double-looped semitendinosus and gracilis tendon grafts. *The American Journal of Sports Medicine* 27(2): 202-207.
- Witvrouw, E., Bellemans, J., Verdonk, R., Cambier, D., Coorevits, P. & Almqvist, F. 2001. Patellar tendon vs. doubled semitendinosus and gracilis tendon for anterior cruciate ligament reconstruction. *International Orthopaedics* 25(5): 308-311.
- Wojtys, E.M. & Huston, L.J. Neuromuscular performance in normal and anterior cruciate ligament-deficient lower extremities. 1994. *The American Journal of Sports Medicine* 22 (1): 89-104.
- Wojtys, E.M., Loubert, P.V., Samson, S.Y. & Viviano, D.M. 1990. Use of a knee-brace for control of tibial translation and rotation: a comparison, in cadavera, of available models. *Journal of Bone & Joint Surgery* 72(9): 1323-1329.
- Woo, S.L-Y., Chan, S.S. & Yamaji, T. 1997a. Biomechanics of knee ligament healing, repair and reconstruction. *Journal of Biomechanics* 30(5): 431-439.
- Woo, S.L-Y., Fox, R.J., Sakane, M., Livesay, G.A., Rudy, Th. W., Runco, Th. J., Li, G., Allen, Chr. R. & Fu, F.H. 1997b. Force and force distribution in the anterior cruciate ligament and its clinical implications. *Sportorthopädie-Sporttraumatologie* 13(1): 37-48.
- Woo, S.L., Hollis, J.M., Adams, D.J., Lyons, R.M. & Takai, S. 1991. Tensile properties of the human femur-anterior cruciate ligament-tibia complex. The effects of specimen age and orientatio. *The American Journal of Sports Medicine* 19(3): 217-225.
- Wu, G.K.H., Ng, G.Y.F. & Mak, A.F.T. 2001. Effects of knee bracing on the functional performance of patients with anterior cruciate ligament reconstruction. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 82(2): 282-285.
- Xerogeanes, J.W., Takeda, Y., Livesay, G.A., Ishibashi, Y., Kim, H.S., Woo, S. L-Y. & Fu, F.H. 1995. Effect of knee flexion on the in situ force distribution in the human anterior cruciate ligament. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 3(1): 9-13.
- Yack, H.J., Wascho, L.A. & Whieldon, T. 1994. Compressive forces as a limiting factor of anterior tibial translation in the ACL-deficient knee. *Clinical Journal of Sports Medicine* 4: 233-239.
- Yasuda, K., Tsujino, J., Ohkoshi, Y., Tanabe, Y. & Kaneda, K. 1995. Graft site morbidity with autogenous semitendinosus and gracilis tendons. *The American Journal of Sports Medicine* 23(6): 706-714.
- Zetterlund, A.E., Serfass, R.C. & Hunter, R.E. 1986. The effect of wearing the complete Lenox Hill derotation brace on energy expenditure during horizontal treadmill running at 161 meters per minute. *The American Journal of Sports Medicine* 14(1): 73-76.
- Zheng, N., Fleisig, G. S., Escamilla, R. F. & Barrentine, S. W. 1998. An analytical model of the knee for estimation of internal forces during exercise. *Journal of Biomechanics* 31(10): 963-967.

Zätterström, R., Friden, T., Lindstrand, A. & Moritz, U. 1994. The effect of physiotherapy on standing balance in chronic anterior cruciate ligament insufficiency. *The American Journal of Sports Medicine* 22(4): 531-536.

TAULUKKO 1 Kylmähoito.

	Postoperatiiviset viikot					Postoperatiiviset kuukaudet		
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-16	4	5	6
Mehiläinen	X							
Apex	X							
Fysio-Botnia	X							
Karolinska	X							
Cincinnati	X							
Edmonton	X							

Kylmähoito on käytössä kaikilla kuntoutuskeskuksilla.

TAULUKKO 2 Tuen käyttö.

	Postoperatiiviset viikot					Postoperatiiviset kuukaudet		
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-16	4	5	6
Mehiläinen	-							
Apex	-							
Fysio-Botnia	-							
Karolinska	X							
Cincinnati *)	X	X	X	X			T	T
Edmonton	-							

*) Cincinnatiassa käytetään viikolle 12 asti kuntoutuksessa käytettävää tukea, jonka jälkeen toiminnallinen tuki (T) 5 kuukauden kohdalta.

Tuet eivät ole yleisesti käytössä kuntoutusprotokollissa. Ainoastaan Cincinnatiassa käytetään toiminnallista tukea urheiluun palattaessa.

TAULUKKO 3 Varaaminen.

	Postoperatiiviset viikot					Postoperatiiviset kuukaudet		
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-16	4	5	6
Mehiläinen	täysi*)							
Apex	täysi *)							
Fysio-Botnia	täysi *)							
Karolinska	täysi *)							
Cincinnati	¼ -½ BW	täysi						
Edmonton	täysi *)							

*) Alussa varaus keventäen kivun ja turvotuksen mukaan, kyynärsauvat tarvittaessa

Täysi varaus on sallittu välittömästi rekonstruktion jälkeen, lukuun ottamatta Cincinnatia, jossa viikoilla 1-2 ¼ kehon painovaraus (BW) ja viikoilla 3-4 ½ kehon painovaraus.

TAULUKKO 4 Liikelaajuus.

	Postoperatiiviset viikot				Postoperatiiviset kuukaudet			
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-16	4	5	6
Mehiläinen		0-100°	0-130°					
Apex	0-90°		0-135°					
Fysio-Botnia	0°		0-135°					
Karolinska	0-90°	0-135°						
Cincinnati	0-90°	0-120°	0-135°					
Edmonton	0°		0-135°					

Ainoastaan Mehiläisessä täysi ekstensio ei ole tavoitteena ensimmäisen kolmen viikon aikana. Karolinskassa täyden fleksion tulee olla saavutettu viikoilla 3-5, muissa viimeistään viikolla 8.

TAULUKKO 5 Patellan mobilisointi.

	Postoperatiiviset viikot				Postoperatiiviset kuukaudet			
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-16	4	5	6
Mehiläinen	X							
Apex	X							
Fysio-Botnia	X							
Karolinska	X							
Cincinnati	X							
Edmonton		X						

Patellan mobilisointia käytetään välittömästi, lukuun ottamatta Edmontonia, jossa mobilisointi viikolta 3 alkaen.

TAULUKKO 6 Lihasvenyttelyt *).

	Postoperatiiviset viikot				Postoperatiiviset kuukaudet			
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-16	4	5	6
Mehiläinen	H, G, Q							
Apex	H, G, Q, Gl							
Fysio-Botnia	H, G, Q, Gl, Add							
Karolinska	H, G	Q						
Cincinnati	H, G, Q, I							
Edmonton	H, G	Gl, I			Q			

*) Hamstringlihakset = H, quadricepslihakset = Q, gastrocnemius = G, gluteukset = Gl, iliotibiaalinen "kalvo" = I, lonkan adduktorit = Add

Hamstringlihas tenytelyt aloitetaan välittömästi kaikissa kuntoutuskeskuksissa, quadricepslihas tenytelyt Edmontonissa selkeästi myöhemmin kuin muualla. Iliotibiaalisen kalvon tenytely on käytössä ainoastaan Edmontonissa ja Cincinnatiassa.

TAULUKKO 7 Quadricepslihas tenyvointi.

	Postoperatiiviset viikot					Postoperatiiviset kuukaudet		
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-16	4	5	6
Mehiläinen	X							
Apex	X							
Fysio-Botnia	X							
Karolinska	X							
Cincinnati	X							
Edmonton	X							

Quadricepslihas tenyvointi ja suoran jalan nosto aloitetaan välittömästi rekonstruktion jälkeen kaikissa kuntoutuskeskuksissa.

TAULUKKO 8 Suljetun kineettisen ketjun harjoitteet *).

	Postoperatiiviset viikot					Postoperatiiviset kuukaudet		
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-16	4	5	6
Mehiläinen	X							
Apex	X							
Fysio-Botnia	X							
Karolinska	X	X **)						
Cincinnati	X	X **)						
Edmonton	X							

*) Suljetun kineettisen ketjun harjoitteisiin kuuluvat mm. seuraavat harjoitteet: minikyökky, varpaille nousu, stepperi ja jalkaprässi.

***) Karolinskassa jalkaprässi viikolta neljä 20° ekstensiovajauksella, viikolta 7 täydellä ekstensiolla; Cincinnatiin jalkaprässin liikerata 70-10° ensimmäisen postoperatiivisen vuoden ajan.

Suljetun kineettisen ketjun harjoitteiden käyttö aloitetaan ensimmäisten postoperatiivisten viikkojen aikana edeten progressiivisesti. Karolinskassa ja Cincinnatiassa harjoittelua rajoitetaan tietyille nivelkulmille, lisäksi Cincinnatiassa viikoilla 1-4 harjoitteiden suorittaminen sallittu kehon painovaraukset huomioiden.

TAULUKKO 9 Avoin kineetinen ketju, polven ekstensio vastuksella.

	Postoperatiiviset viikot					Postoperatiiviset kuukaudet		
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-16	4	5	6
Mehiläinen			X					
Apex			X					
Fysio-Botnia			X					
Karolinska		X*)						
Cincinnati		X*)						
Edmonton	-							

*) Karolinskassa polven ojennus –harjoituksessa liikelaajuus 90-40°, täysi ekstensio viikoilla 9-10; Cincinnati polven ojennus liikelaajuudella 90-30° ensimmäisen postoperatiivisen vuoden.

Karolinskassa ja Cincinnatiassa vastustettu polven ekstensio aloitetaan viikoilla 5-6 rajoitetulla liikeradalla. Fysio-Botniassa reisipenkki kevyesti alkaen viikosta 6, Mehiläisessä vastustettu ekstensio viikoilta 6-8 ja Apexissa viikoilta 6-12.

TAULUKKO 10 Avoin kineettinen ketju, polven fleksio.

	Postoperatiiviset viikot					Postoperatiiviset kuukaudet		
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-16	4	5	6
Mehiläinen	X							
Apex		X						
Fysio-Botnia	X							
Karolinska	X							
Cincinnati		X *)						
Edmonton	X							

*) Cincinnatiassa polven fleksio 90° asteeseen ensimmäisen postoperatiivisen vuoden ajan.

Apexia ja Cincinnatia lukuun ottamatta polven avoimen kineettisen ketjun fleksiot aloitetaan välittömästi progressiivisesti edeten.

TAULUKKO 11 Tasapaino- ja proprioseptiikkaharjoitteet *).

	Postoperatiiviset viikot					Postoperatiiviset kuukaudet		
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-16	4	5	6
Mehiläinen	X							
Apex	X							
Fysio-Botnia	X							
Karolinska	X							
Cincinnati		X						
Edmonton	X							

*) Tasapaino- ja proprioseptiikkaharjoitteisiin kuuluvat mm. painonsiirrot, tasapainolauta ja trampoliini.

Cincinnatiin lukuun ottamatta tasapaino- ja proprioseptinen harjoittelu aloitetaan välittömästi.

TAULUKKO 12 Allasjumppa- *) ja kuntopyöräharjoittelu.

	Postoperatiiviset viikot					Postoperatiiviset kuukaudet		
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-16	4	5	6
Mehiläinen	KP, AJ							
Apex	KP	AJ						
Fysio-Botnia	KP, AJ							
Karolinska	KP, AJ							
Cincinnati		KP, AJ						
Edmonton	KP	AJ						

*) Allasjumppaan osallistumisen kriteerinä parantunut leikkaushaava.

Cincinnatiin kuntopyöräily aloitetaan hieman myöhemmin.

TAULUKKO 13 Suora juoksu.

	Postoperatiiviset viikot					Postoperatiiviset kuukaudet		
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-16	4	5	6
Mehiläinen			X					
Apex			X					
Fysio-Botnia		X						
Karolinska					X			
Cincinnati							X	
Edmonton					X			

Suoran juoksun sallimisessa on suuria eroja; Fysio-Botniassa juoksun aloittaminen kevyenä lenkkeilyinä sallitaan viikosta 4 alkaen ja Cincinnatiin 5 postoperatiivisen kuukauden kohdalla.

TAULUKKO 14 Suunnanvaihdot *).

	Postoperatiiviset viikot					Postoperatiiviset kuukaudet		
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-16	4	5	6
Mehiläinen			X					
Apex					X			
Fysio-Botnia			X					
Karolinska						X		
Cincinnati								X
Edmonton					X			

*) Suunnanvaihdolla tarkoitetaan mm. suunnanmuutosta esimerkiksi 45° kulmassa, kääntymistä 90°, 180° ja 360° kulmissa, 8-juoksua, viivajuoksut

Suunnanvaihtojen sallimisessa on suuria eroja; Mehiläisessä ja Fysio-Botniassa suunnanvaihtojen aloittaminen sallitaan viikoilla 8 ja 7 sekä Cincinnatissa 6 kuukauden kuluttua rekonstruktioista.

TAULUKKO 15 Hyppyharjoittelu *).

	Postoperatiiviset viikot					Postoperatiiviset kuukaudet		
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-16	4	5	6
Mehiläinen			X					
Apex						X		
Fysio-Botnia			X					
Karolinska					X			
Cincinnati							X	
Edmonton						X		

*) Hyppyharjoittelu sisältää tasa- ja yhden jalan hyppyjä eri suuntiin sekä loikkaharjoittelua.

Edelleen eri käytäntöjen välillä ilmenee suuria eroja; Mehiläisessä ja Fysio-Botniassa hyppy sallitaan viikoilla 6-8 ja 8 sekä Cincinnatissa 5 kuukauden kuluttua rekonstruktioista.

TAULUKKO 16 Paluu kilpaurheiluun.

	Postoperatiiviset viikot					Postoperatiiviset kuukaudet		
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-16	4	5	6
Mehiläinen								X
Apex								X
Fysio-Botnia						X		
Karolinska							X	
Cincinnati								X
Edmonton								X

Paluu kilpaurheiluun sallitaan Fysio-Botniassa muita aikaisemmin, jo 4 kuukauden kuluttua rekonstruktioista. Cincinnatissa paluu urheiluun tapahtuu aikaisintaan 6 kuukauden kohdalla, yleisesti 6-8 kuukauden kuluttua leikkauksesta.