

TARTU ÜLIKOOL

Sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

Frederik Ross

Propriotseptiivsete harjutuste mõju hüppeliigese nikastuste ennetamisel sportlastel

The effect of proprioceptive exercises for preventing ankle sprains in athletes

Bakalaureusetöö

Füsioteraapia õppekava

Juhendaja:

PhD J. Ereline

Tartu, 2016

SISUKORD

| | |
|---|----|
| SISSEJUHATUS | 4 |
| 1. HÜPPELIIGESE ANATOOMIA JA STABIILSUS..... | 5 |
| 1.1. Anatoomia..... | 5 |
| 1.1.1. Liigesed | 5 |
| 1.1.2. Liigessidemed..... | 6 |
| 1.1.3. Lihased | 7 |
| 1.2. Hüppeliigese stabiilsus | 8 |
| 1.2.1. Mehaaniline ebastabiilsus | 8 |
| 1.2.2. Funktsionaalne ebastabiilsus | 8 |
| 1.3. Hüppeliigese vigastuse riskifaktorid..... | 9 |
| 2. PROPRIOTSEPTSIOON | 11 |
| 2.1. Propriotsepsiooni olemus..... | 11 |
| 2.2. Propriotseptorid | 11 |
| 2.3. Propriotsepsiooni mõõtmine | 13 |
| 2.3.1. Liikumise avastamise lävi (TTDPM)..... | 13 |
| 2.3.2. Liigese asendi reproduktsioon (JPR)..... | 14 |
| 2.4. Propriotsepsiooni mõjutavad tegurid..... | 15 |
| 2.4.1. Propriotsepsiooni muutumine vanusega | 15 |
| 2.4.2. Krüoteraapia mõju..... | 15 |
| 2.4.3. Ortooside ja teipide mõju | 17 |
| 2.4.4. Soojenduse ja väsimuse mõju | 18 |
| 2.5. Propriotseptiivsed harjutused..... | 19 |
| 2.6. Propriotseptiivse treeningu mõju vigastuste ennetamisel | 20 |
| 2.6.1. Uuringud korvpallurite ja jalgpallurite näitel..... | 20 |
| 2.6.2. Uuringud võrkpallurite näitel | 23 |
| 2.7. Propriotseptiivse treeningu mõju hüppeliigese vigastuse riskifaktoritele | 26 |
| KOKKUVÕTE | 28 |
| KASUTATUD KIRJANDUS | 29 |
| SUMMARY | 34 |

LÜHENDID

| | | |
|-------|---|---|
| ATFL | – | <i>anterior talofibular ligament</i> ehk eesmine pindluu-kontsluuside |
| CFL | – | <i>calcaneofibular ligament</i> ehk kandluu-pindluuside |
| JPR | – | <i>joint position reproduction</i> ehk liigese asendi reproduktsioon |
| JPS | – | <i>joint position sense</i> ehk liigese asenditundlikkus |
| M | – | <i>musculus</i> ehk lihas |
| PTFL | – | <i>posterior talofibular ligament</i> ehk tagumine pindluu-kontsluuside |
| SD | – | standardhälve |
| TTDPM | – | <i>threshold to detection of passive motion</i> ehk passiivse liikumise avastamise lävi |

SISSEJUHATUS

Hüppeliigese nikastused on ühed kõige sagedamini esinevad sporditraumad ning nende ennetamine on lai uurimisvaldkond, mis pidevalt areneb ja proovib välja töötada erinevaid meetodeid. Üks levinud meetod on propriotseptiivne treening, mida esmajoones seostatakse tavaliselt erinevatel tasakaalulauladel teostatavate harjutustega. Propriotseptiivne ennetusviis lähtub hüpoteesist, et hüppeliigese nikastuse vigastusmehhanism on põhjustatud propriotseptiivse taju puudujääkide tõttu ning selleks, et ennetada vigastust on vaja neid sensoorseid tajusid liigeses taastada või parandada.

Käesoleva bakalaureusetöö peamiseks eesmärgiks oli uurida, kas propriotseptiivsete harjutustega on võimalik sportlastel ennetada hüppeliigese vigastusi. Samuti analüüsida, millised tegurid mõjutavad inimese propriotseptiooni, et seeläbi mõista vigastuse võimalikke tekkemehhanisme ja nende teadmistega tõhustada vigastuste ennetamist.

Kirjanduse ülevaade on jaotatud kaheks suuremaks peatükiks. Hüppeliigese vigastuste ennetamist uurides, on töö autor pidanud oluliseks esimeses peatükis anda põhjalik anatoomiline ülevaade käsitletavast liigesest ning teises peatükis lisaks propriotseptiivse treeningu mõjule ka üleüldiselt seletada propriotseptiooni kontseptsiooni, mõõtmismeetodeid ning uurida seda mõjutavaid tegureid. Propriotseptioon on õppekavas põhjendamatult vähe tähelepanu saav teema ning eestikeelset informatsiooni selle kohta on vähe, mistõttu on antud töö ka hea materjal teistele üliõpilastele, füsioterapeutidele ja treeneritele.

Võtmesõnad: hüppeliiges, hüppeliigese vigastus, propriotseptiivsed harjutused, vigastuste ennetamine.

Keywords: ankle, ankle injury, proprioceptive exercises, injury prevention.

1. HÜPPELIIGESE ANATOOMIA JA STABIILSUS

1.1. Anatoomia

1.1.1. Liigesed

Lepp (2013) alusel koosneb jala- ehk hüppeliiges kahest liigesest: ülemisest hüppeliigesest (ing k. *talocrural*) ehk kontsluu-sääreluu liigesest ja alumisest hüppeliigesest (ing k. *subtalar*) ehk kontsluu-kandluu liigesest, kuid varasemad autorid loevad hüppeliigese osaks ka distaalset sääreluu-pindluu sündesmoosi (ing k. *tibiofibular*) (Huson, 1987). Need kolm liigest tagavad üheskoos jalalaba tagumise osa liikumise. Liikumine toimub kolmes tasapinnas: sagitaaltasapinnas (plantaar- ja dorsaalfleksioon), frontaaltasapinnas (inversioon ja eversioon) ja horisontaaltasapinnas (sise- ja välisrotatsioon). Isoleeritult ühes tasapinnas liikumist hüppeliigese puhul ei toimu, vaid hüppeliigese kompleks liigub mitmetasapinnaliselt, mis tuleneb sellest, et nii ülemise kui ka alumise hüppeliigese liikumisteljed on kaldus (Huson, 1987).

Ülemine hüppeliiges koosneb kontsluu pealmisest osast, mediaalsest ja lateraalsest malleolusest ning sääreluu alumisest osast. Kaldus liikumistasapinna tõttu ainult ühes tasapinnas liikumist praktiliselt ei toimu, kuid peamine liikumine ülemise hüppeliigese puhul toimub sagitaalplaanis. (Lundberg et al., 1989).

Peamine stabiliseeriv roll suure koormuse korral on liigeselistel pindadel, kuid tähtis on ka liigessidemete toetus. Ülemist hüppeliigest toetavad sidekoelistest struktuuridest liigeskapsel ja erinevad liigessidemed, lateraalselt toetavad eesmine kontsluu-pindluuside, tagumine kontsluu-pindluuside ja kandluu-pindluuside (ATFL, PTFL, CFL) ja mediaalselt deltaside. (Stormont et al., 1985).

Alumine hüppeliiges moodustub kandluust ja kontsluust. Alumine hüppeliiges jaotatakse omakorda eesmiseks (ing k. *anterior subtalar*) ja tagumiseks (ing k. *posterior subtalar*) iseseisvaks liigeks. (Rockar, 1995).

Tagumine alumine hüppeliiges moodustub kontsluu alumise tagumise külje ja kandluu ülemise tagumise külje vahel. Eesmine alumine hüppeliiges ehk kontsluu-kandluu-lodiluuliiges (ing k. *talocalcaneonavicular*) moodustub kontsluu peast, selle eesmistest ülemistest külgpindadest, kandluu pealmisest mediaalsest osast ja lodiluu proksimaalsest nõgusast pinnast. (Perry, 1983).

Alumise hüppeliigese eesmisel ja tagumisel osal on mõlemal erinevad liigeskapslid ja neid eraldab sinus tarsi ja canalis tarsi. Eesmine osa asub tagumisest osast rohkem mediaalsemal poolel ning selle liikumistelje keskpunkt on pisut kõrgemal, kuid sellegipoolest jagavad nad omavahel ühist kaldus pöörlemistelge. See võimaldab alumise hüppeliigese

kolmetasapinnalisi liikumisi, supinatsiooni ja pronatsiooni. Alumist hüppeliigest stabiliseerivad lateraalsed sidemed võib peamiselt jagada kolmeks: 1) sügavad ligamendid (ing k. *deep ligaments*) nagu CL (ing k. *cervical ligament*) ja luusisene liigesside, 2) perifeersed ligamendid nagu LTCL ja FTCL (ing k. *lateral talocalcaneal* ja *fibulotalocalcaneal ligament*), samuti CFL ja 3) retinaakulum, IER (ing k. *inferior extensor retinacula*). (Viladot et al., 1984).

Kolmas hüppeliigese kompleksi osa on sääreluu ja pindluu distaalsete osade vaheline sündesmoos. Antud liiges on stabiliseerivaks „katuseks“ ülemisele hüppeliigesele soodustades selle liigendumist ning võimaldab sääreluu ja pindluuvahelist piiratud liikumist, mis on oluline komponent kogu hüppeliigese kompleksi liikumismehaanikas. Liigest stabiliseerib paks luusisene membraan ja eesmised alumised ning tagumised alumised sääreluu-pindluuliigessidemed. Eesmised alumised sääreluu-pindluusidemed saavad enamasti vigastada liigest eversioonist põhjustatud traumadega, mis esinevad eelkõige n-ö kõrge hüppeliigese nikastuse korral, mitte sagedasemate lateraalsete nikastuste puhul. (Miller et al., 1995).

1.1.2. Liigessidemed

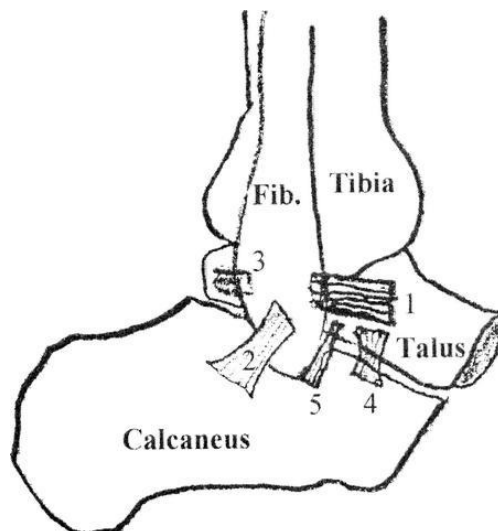
ATFL alguskoht on pindluu eesmisel küljel ja see kinnitub kontsluu kaela lateraalsele osale. (Burks & Morgan, 1994). Antud ligamendi pinget suureneb hüppeliigese dorsaalfleksioonist plantaarfleksiooni liigutamisel (Renstrom et al., 1988). ATFL-i maksimaalne koormustaluvus on PTFL-i, CFL-i, sääreluu-pindluuliigessidemete ja deltasidemega võrreldes väiksem (Attarian et al., 1985), mis on üheks põhjuseks, miks ATFL on lateraalsetest liigessidemetest kõige sagedamini vigastatav (Hølmer et al., 1994).

CFL ligamendi alguskoht on pindluu distaalse osa anterioorsel piiril ja see kinnitub viltu tahapoole kandluu väikese kõbruks taha, ületades nii ülemist kui ka alumist hüppeliigest (Burks & Morgan, 1994). Anatoomiast lähtuvalt on antud liigessideme funktsioon piirata liigest supinatsiooni mõlema liigese puhul. CFL on hüppeliigese lateraalsetest sidemetest teisena kõige sagedamini vigastatav (Renström & Konradsen, 1997).

PTFL alguskoht on lateraalse malleoluse tagumisel küljel ning kinnituskoht kontsluu tagumisel lateraalsel osal kontsluu kupli all (Burks & Morgan, 1994). Lateraalsetest hüppeliigese sidemetest on see kõige tugevam ja kõige harvemini vigastatav (Renström & Konradsen, 1997).

Alumist hüppeliigest lateraalselt stabiliseeriv LTCL ehk lateraalne kontsluu-kandluuside on paralleelne CFL sidemega ja asub sellest eespool, kinnituskohtadega kontsluul ATFL-i kinnituskoha all ja kandluu lateraalsel seinal. Sarnaselt CFL-iga piirab see alumise

hüppeliigese liigset supinatsiooni, kuid on CFL sidemest väiksem ja nõrgem. Kõige tugevam alumise hüppeliigese lateraalsetest sidemetest on CL, mis koos luusiseste ligamentidega osaleb alumise hüppeliigese stabilisatsioonil ja biomehaanikas. (Renström & Konradsen, 1997).



Joonis 1. Hüppeliigese lateraalsed liigessidemed: (1) ATFL, (2) CFL, (3) PTFL, (4) tservikaal ligament, (5) LTCL (Hertel et al., 1999).

1.1.3. Lihased

Hüppeliigeses ei esine selliseid säärelihaseid, mis ületaksid ainult ülemist hüppeliigest, vaid kõik lihased ületavad nii ülemise kui ka alumise hüppeliigese, muutes nad funktsionaalses mõttes tervikuks, mis funktsioneerivad üheaegselt. (Lepp, 2013).

Hüppeliigese stabiilsusel on oluline roll ka lihastel. Lihaskõõlusüksused muutuvad kontraktsioonil jäigaks ja soodustavad liigese dünaamilist kaitset. Pika pindluulihase (*m. peroneus longus*) ja lühikese pindluulihase (*m. peroneus brevis*) funktsioon on küll hüppeliigese eversiooni ja plantaarfleksiooni teostamine, kuid nende ekstsentriline kontraktsioonimehhanism tagab ka supinatsioonil parema liigese kontrolli, vältimaks lateraalset hüppeliigese nikastust. (Ashton-Miller et al., 1996).

Lisaks ülalpool mainitud lihastele, on sarnane ülesanne ka teistel alajäseme lateraalsel osal paiknevatel lihastel, nagu eesmisel sääreluulihasel (*m. tibialis anterior*), pikal varvastesirutajalihasel (*m. extensor digitorum longus*) lühikesel varvastesirutajalihasel (*m. extensor digitorum brevis*) ja kolmandal pindluulihasel (*m. peroneus tertius*). Lateraalse nikastuse vältimiseks, mis on enamasti kombinatsioon liigest inversioonist ja plantaarfleksioonist, kontrakheeruvad nimetatud lihased ekstsentriliselt aeglustades seeläbi plantaarfleksiooni, et vältida vigastusi lateraalsetele liigessidemetele. (Sinkjaer et al., 1988).

1.2. Hüppeliigese stabiilsus

Hüppeliigese stabiilsuse tagavad kolm omavahel seotud faktorit: liigesteliste pindade kooskõlastatus, liigessidemete staatilised piirangud ja lihaskõõlusüste dünaamiline stabilisatsioon. Struktuurid, mis hüppeliigese nikastuse korral vigastada saavad, sõltuvad peamiselt hüppeliigese asendist vigastuse tekke ajal ja sellele rakendatavast raskusest. Hüppeliiges on kõige stabiilsem ehk vigastuste eest enim kaitstud dorsaalfleksioonis (ülemine hüppeliiges) ja eversioonis (alumine hüppeliiges), näiteks kükitades, kuid kui hüppeliiges on koormamata ja puhkeasendis, mis toimub jala elevatsioonil kõndides ja joostes, siis on ta enne maandumist plantaarfleksioonis ja inversioonis, mis muudab ta vigastustele vastuvõtlikuks. Sellise vigastuse tekkemehhanismi korral saavad enim kahjustada lateraalse kompleksi sidemed. Mediaalsete sidemete vigastused on enamasti põhjustatud liigest eversioonsuunalisest liikumisest. (Bonnell et al., 2010).

Malliaropoulos et al. (2009) uuringu põhjal on kõikide liigessidemete kahjustusega lõppevate lateraalsete nikastuste korral enim haaratud ATFL side, mille kahjustused on kaasatud ligi 90% juhtudest, CFL on kaasatud 50-70% ja PTFL alla 10% juhtudest. Liigessidemete vigastused soodustavad korduvate nikastuste teket, soodustades seeläbi kroonilise hüppeliigese ebastabiilsuse tekkimist (Bonnell et al., 2010; Leardini et al., 2000).

Bonnell et al. (2010) töö põhjal eristatakse kahte erinevat liiki ebastabiilsust – mehaaniline ebastabiilsus, mis on seotud anatoomiliste kõrvalekalletega ja funktsionaalne ebastabiilsus, mida seostatakse propriotseptiivsete puudujääkidega.

1.2.1. Mehaaniline ebastabiilsus

Mehaaniline ebastabiilsus kujuneb välja hüppeliigese nikastusega kaasnevate anatoomiliste muutuste tulemusel. Sellisteks muutusteks on näiteks patoloogiline liigeslõtvus, kahjustunud artrokinemaatika, eriti puudujäägid dorsaalfleksioonis, sünoviaalmuutused ja degeneratiivse liigshaiguse teke. Mehaaniline ebastabiilsus jaguneb omakorda luuliseks, liigeseliseks ja sidemete mehaaniliseks ebastabiilsuseks. (Bonnell et al., 2010).

1.2.2. Funktsionaalne ebastabiilsus

Funktsionaalse stabiilsuse tagavad lihasstruktuurid, mis on tegelikult osa palju keerulisemast süsteemist – propriotseptsioonist, mis omakorda on oluline komponent posturaalkontrolli tagamiseks. Propriotseptiivne süsteem koosneb retseptoritest, juhteteedest ja närvikeskustest ning võimaldab teadlikult ja alateadlikult tajuda kehaosade asukohta üksteise suhtes (Bonnell et al., 2010). Propriotseptsiooni täpsem käsitus töö teises peatükis.

Funktsionaalse ebastabiilsuse kirjeldamisel lähtutakse enamasti Freeman et al. (1965) väitest, et hüppeliigese ja jala liigesstruktuuride vigastused võivad tekitada propriotseptiivseid puudujääke, mis mõjutavad hüppeliigest ümbritsevaid lihaseid, tekitades sümptomi, mida inimene subjektiivselt tajub jala „alt ära minemisenä“ (ing k *ankle „giving way“*). On arvatud, et liigesstruktuuride vigastused kahjustavad närvirakkude aferentseid ühendusi, mis aitavad kaasa liigesstruktuure kaitsvate reflekside toimumisele ning kui nende funktsioon on häirunud, tekibki jala nii nimetatud „alt ära minemise“ tunne. (Freeman et al., 1965).

Lisaks alanenud propriotseptioonile on leitud, et funktsionaalse ebastabiilsuse eelsoodumusteks on ka halb posturaalkontroll, lihasjäõudluse puudujääk ja alanenud neuromuskulaarne kontroll nagu näiteks ebapiisava hulga motoorsete ühikute värbamine lihaskontraktsioonil, häirunud reflektorsed vasted inversioonil või supinatsioonil ning suurenenud peroneaalsete ehk säärelihaste välimise grupi lihaste kontraktsioonikiirus. Funktsionaalse ebastabiilsuse korral on tihti tegemist erinevate tegurite kombinatsiooniga. Hüppeliigese korduvate vigastuste esinemise ja kroonilisuse tekke eelsoodumuseks võib olla ka mehaaniliste ja funktsionaalsete tegurite koosmõju. (Bonnell et al., 2010).

1.3. Hüppeliigese vigastuse riskifaktorid

Hüppeliigese vigastuste ennetamisel on oluline teada vigastuse riskifaktoreid, et välja töötada võimalikult efektiivsed preventsoonimeetodid. Hüppeliigese nikastused moodustavad ligikaudu 45% spordiga seotud vigastuste koguarvust, kuid olenemata aastakümnete pikkust uurimist, on teaduskirjanduses vähe selgust nikastust põhjustavatest teguritest (Hung, 2015).

Beynnon et al. (2002) uuris kirjanduse baasil erinevate sisemiste ja välimiste riskifaktorite mõju sportlastel ning leidis, et mõne faktori puhul on autorid üksmeelel, kuid esineb ka palju lahkarvamusi. Ühese kindla järelduse tegemiseks on vaja edasisi uurimisi. Töös käsitletud sisemised faktorid, mida loetakse võimalikeks riskiteguriteks, olid näiteks eelnev hüppeliigese nikastus, sugu, pikkus ja kaal, domineeriv jäse, anatoomiline jalatüüp ja suurus, liigeslõtvus, liigesliikuvus, lihasjäõud, lihaste kontraktsioonikiirus, posturaalne kõikumine ning välimistest teguritest on peamiselt uuritud ortooside, teipide ja jalaõõude, füüsilise koormuse intensiivsuse, kestuse ja mängija positsiooni mõju vigastuse riskile (Beynnon et al., 2002).

Tulemustes oldi üksmeelel selles, et sugu ei ole lateraalse nikastuse riskifaktor, varasemad uuringud sportlastega leidsid, et naistel oli oluliselt suurem risk põlve eesmise ristatideme vigastustele kui meestel, kuid hüppeliigese vigastuste puhul märkimisväärset erinevust ei leitud. Leiti ka, et sportlastel, kel oli eelnevalt hüppeliigese nikastus esinenud, oli sportimise ajal ortoosi kandes oluliselt väiksem risk uuesti vigastada saada. Jalatüüp

(supineeritud, neutraalne, pronatsioon) ega üleüldine liigeslõtvus ei olnud antud töö tulemuste põhjal vigastuse riskifaktorid. Ülejäänud võimalikest nikastuse riskifaktoritest oli kirjanduses vastuolulisi seisukohti ning konsensusele ei jõutud.

Üks enim uuritud riskifaktor on eelnev nikastus, Beynnon et al. (2002) ülevaates on nii uuringuid, mis kinnitavad selle faktori vigastusriski suurendavat mõju kui ka uuringuid, kus eelnev vigastus ei ole suurendanud sportlaste vigastusriski. Autorid leiavad, et seda võib suuresti mõjutada see, milline oli vigastusjärgne taastusravi. Hung (2015) seevastu aga väitis, et 73% hüppeliigest nikastanud inimestest kogevad suure tõenäosusega ka korduvat vigastust, mis on ilmselt põhjustatud kas mehaaniliste struktuuride (sidemed, kapslid) kahjustuse, lihasjõu languse ja/või neuromuskulaarse kontrolli tõttu. Neuromuskulaarse kontrolli juures on oluline komponent propriotseptsioon, normaalse propriotseptiivse tajuga inimene tajub aegsasti välistest mõjutustest põhjustatud jõude ja kiiruseid ning reageerib sellele korrapärase lihaste aktiveerimise ja liigete liikuvusega, et vältida kahjustusi. Olenemata aastatepikkusest uurimisest pole aga seni tõestatud, kas alanenud neuromuskulaarne kontroll ja propriotseptsioon soodustab esmase ja korduva hüppeliigese nikastuse teket ja kas neuromuskulaarne treening on efektiivne esmaste ja korduvate vigastuste vähendamisel (Hung, 2015).

2. PROPRIOTSEPTSIOON

2.1. Propriotsepsiooni olemus

Propriotsepsiooni kontseptsioon ja definitsioon on aja jooksul muutunud ning praeguseni on sellel mõistel erinevaid vasteid. Propriotsepsiooni kirjeldas esimest korda 1906. aastal neurofüsioloog Sir Charles Sherrington. See tuleneb ladinakeelsetest sõnadest „*proprius*“ (oma) ja „*perceptio*“ (taju), mõistes selle all võimet pidevalt tajuda kehaosade asukohta, tänu sensoorsele informatsioonile, mida edastavad liigestes, lihastes ja kõõlustes olevad retseptorid. Tema kirjelduse järgi on propriotsepsioon taju oma keha ja kehaosade liikumisest ja asukohast ruumis. (Han et al., 2015).

Inglise anatoom ja patoloog Henry Bastion oli 20 aastat enne seda tutvustanud mõistet kinesteesia, mis tulenes kreekakeelsetest sõnadest „*kinein*“ (liikuma) ja „*aisthesis*“ (taju), tähendades võimet tunda keha liikumist. Propriotsepsioon ja kinesteesia on mõistetena kasutusel ka tänapäeval, kuid nende tõlgendus on kirjanduses erinev. Mõned piiritlevad propriotsepsiooni kui ainult liigese asukoha tajumist ja kinesteegiat kui liikumise tajumist, samal ajal teised peavad kinesteegiat propriotsepsiooni alammoduliks, mis tähendab, et propriotsepsioon kätkeb endas nii kehaosade asukoha kui ka liikumise tajumist. (Han et al., 2015).

Lisaks eelpool mainitud moodulitele, on erinevad autorid propriotsepsiooni mõiste all käsitletud ka kehaosade kiiruse, kiirenduse, mõjuvate raskuste ja jõudude tajumist. (Hillier et al., 2015). Käesolevas töös käsitleb autor propriotsepsiooni kui nende erinevate tegurite kogumit, kui mõistet pole täpsemalt määratletud. Uuringute võrdlemisel on oluline tähele panna, milliseid konkreetseid tegureid on mõiste all silmas peetud ja mõõdetud, et neid saaks omavahel adekvaatselt võrrelda.

2.2. Propriotseptorid

Propriotseptorid on sensoorsed retseptorid, mis tunnetavad kehale mõjuvaid sisemisi jõude, ning mille peamiseks ülesandeks on anda pidevat informatsiooni jäsemete ja muude kehaosade asukohast. (Purves et al., 2001).

Sensoorsete retseptorite üldine ülesanne organismis on anda kesknärvisüsteemile informatsiooni nii enda kui ümbritseva kohta. Neid on inimese kehas mitut erinevat liiki ja neid võib eristada nende asukoha järgi välimisteks retseptoriteks (ing k. *exteroceptors*), propriotseptorid ja sisemised retseptorid (ing k. *interoceptors*), funktsiooni järgi mehhanoretseptoriteks, termoretseptoriteks, fotoretseptoriteks, kemoretseptoriteks, notsiretseptoriteks ja need ehituse põhjal vabadeks närvilõpmeteks ja inkapsuleerunud närvilõpmeteks. (Enoka, 2001).

Liikumise kontrollimiseks on vaja liigesel eelkõige teada oma asukohta ning tajuda ümbritsevas keskkonnas mõjuvaid tegureid, selle informatsiooni tagavad propriotseptorid, mis tajuvad liigese asukohta ja eksteroretseptorid, mis registreerivad väliseid mõjutusi. Sisemisi, keha enda poolt tekitatud, ja väliskeskkonnast pärinevaid jõude ja mõjutusi eristatavalt ja adekvaatselt tajudes, suudab inimene liikumisel säilitada kehatasakaalu ja teostada keerulisi koordineeritud motoorseid liigutusi. (Enoka, 2001).

Hüppeliigese liikumisel muutub sellega seotud liigesesidemete, liigesekapslite, lihaste, kõõluste ja naha kuju, mille tõttu aktiveeruvad nende kudedes paiknevad sensoorsed retseptorid. Propriotseptiivsed sisendid vahendavad läbi kortikaalsete juhteteede kognitiivset taju hüppeliigese liikumisest ja funktsionaalsest asendist. Arvatakse, et selline liigese kudedes paiknevate retseptorite erutus kutsub esile reflektorsed vastused ajutüve ja seljaaju tasandil, tagades liigese kaitsemehhanismi. Järelikult hüppeliigese vigastus, millega kaasneb liigeskudede ja nende sensoorsete retseptorite kahjustus, ei pruugi tekitada võimalikke kahjustusi ainult liigese liikumise ja asenditundlikkuse tajumisel, vaid mõjutada ka neuraalseid liigese kaitsereflekse. (Stefanini & Marks, 2003).

Klassifitseeritakse peamiselt nelja tüüpi mehhanoretseptoreid:

- 1) I tüüpi – Ruffini kehakesed, on madala erutuslâvega aeglaselt adapteeruvad
- 2) II tüüpi – Pacini kehakesed, madala erutuslâvega, kiiresti adapteeruvad
- 3) III tüüpi – Golgi kõõlusorgan, madala erutuslâve, aeglaselt adapteeruvad
- 4) IV tüüpi – Vabad närvilõpmed, edastavad valutundlikkust. (Freeman & Wyke, 1967)

Wu et al. (2015) uuris nende tüüpe ja olemust inimese hüppeliigese kollateraalses sidemetes. Histoloogilised uuringud teostati kuue surnukeha peal ning vaadeldavateks sidemeteks olid ATFL, PTFL ning CFL. Tulemustest järeldus, et kõik neli retseptorite tüüpi olid kõikides liigessidemetes esindatud, arvuliselt kõige rohkem oli Pacini kehakesi. Retseptorite arvukus ei olnud oluliselt erinev sidemete proksimaalses, keskmises ega distaalses osas, küll aga esines mehhanoretseptoreid kõige rohkem liigessidemete luukinnituskohtade sünoviaalmembraanis. Antud uuringus kõik nelja tüüpi retseptorid olid kuni kolm korda väiksemate mõõtudega kui Freemani & Wyke (1967) poolt kirjeldatud ning erinesid paljuski ka oma kuju poolest. Ruffini kehakesed olid näiteks värtnakujulised, kuigi enamjaolt on neid kirjeldatud ümaratena. Sellised erinevused võivad tingitud olla asjaolust, et Freeman & Wyke (1967) katsed olid tehtud loomade peal.

Liigesesidemetes ja liigesekapslis olevad sensoorsed retseptorid edastavad väidetavalt liigese funktsioneerimiseks vajalikku propriotseptiivset informatsiooni ning on väidetud, et liigesesidemete pinget tõstab nende aktsioonipotentsiaali, eriti liigeseliikuvuse ekstreemsustes,

varustades reflektorselt kaitsemehhanisme infoga vigastuse ennetamiseks ja tasakaalu säilitamiseks. (Stefanini & Marks, 2003).

Lisaks liigesesidemetes paiknevatele mehhanoretseptoritele, on üks tähtsamaid komponente liigese asenditundlikkuse ja liikumise tajumise vahendamisel lihastes ja kõõlustes paiknevad lihaskäavid ja III tüüpi mehhanoretseptorid. Lihaskäavide aktsioonipotentsiaal on tundlik lihasvenituse ja lihaspikkuse muutumistele, aktiveerides lihaste kaitsemehhanisme vigastuse vältimiseks. (Stefanini & Marks, 2003).

Uuringud on viidanud ka spetsiifiliste naharetseptorite propriotseptiivsele rollile hüppeliigese stabiilsusele, vahendades informatsiooni pigem liikumise tajumisest kui asenditundlikkusest, kuid erinevad uuringud on selles osas vastuolus ja pigem peetakse nende rolli minimaalseks. (Stefanini & Marks, 2003).

2.3. Propriotseptsiooni mõõtmine

Eelpool mainitud propriotseptsiooni mõiste all käsitletavate neurofüsioloogiliste protsesside keerukuse tõttu ei ole propriotseptsiooni mõõtmise jaoks ühte ja kindlat meetodit. Selleks, et uurida propriotseptiivse taju languse mõju funktsioonile, on arstid ja teadlased välja töötanud mitmeid erinevaid mõõtmismeetodeid. (Hillier et al., 2015).

Hillier et al. (2015) süstemaatiline ülevaade kirjeldas 32 erinevat propriotseptsiooni mõõtmistehnikat, mis erinesid kas oma meetodi või kasutatavate vahendite poolest. Kõige rohkem uuritud kehaosa oli põlv (11 uuringut), hüppeliigesega olid seotud neli uuringut. Mõõtmiste iseärasused ja erinevused tulenesid sellest, millist propriotseptsiooni alamoodulit käsitleti, kas näiteks liigese positsiooni tajumist aktiivselt või passiivselt, liigeses toimuva liikumise tajumist või liikumise suunal vahetegemist. Samuti erinesid uuringud kasutatavate mõõteriistade, vahendite, mõõtmisväärtuste, katsegruppide ja mõõdetavate liigeste valimise poolest.

Han et al. (2015) ja Hillier et al. (2015) väitel kasutatakse propriotseptsiooni hindamiseks kõige enam kahte tehnikat – liikumise avastamise lävi (ing k *threshold to detection of passive motion – TTDPM* või *passive motion detection threshold – PMDT*) ja liigese asendi reproduktsiooni (ing k *joint position reproduction – JPR*).

2.3.1. Liikumise avastamise lävi (TTDPM)

TTDPM meetodiga on võimalik mõõta läve, kui kiiresti inimene tajub kehaosade või liigeste asendi muutust passiivsel liigutamisel. Testitav istub või lamab uurija poolt kontrollitaval masinal, vaadeldav kehaosa isoleeritakse naaberliigeste suhtes, kinnitades need rihmadega ja masin liigutab uuritavat kehaosa kindlal kiirusel soovitud suunas. Taktiilne,

visuaalne ja kuulmisinformatsioon blokeeritakse patjade, silma- ja kõrvaklappidega, et testitaval oleks võimalikult vähe muud perifeerset informatsiooni. Uuritav kehaosa liigutatakse passiivselt etteantud suunas ning testitav vajutab nuppu, kui ta tajub liikumist ning kirjeldab seejärel liikumise suunda. Mitmed teadlased on oma katsetes kasutanud väga aeglaseid kiiruseid, näiteks 25°/s. Sagedaseim mõõtühik sellise tehnika juures oli liikumise alguskoha ja liikumise tajumiskoha vaheline nurk. (Han et al., 2015).

2.3.2. Liigese asendi reproduktsioon (JPR)

JPR meetodi puhul viiakse katsealuse uuritav kehaosa naaberkehaosa suhtes kindla nurga alla ning hoitakse selles asendis mõni sekund, uuritava ülesanne on see nurk võimalikult täpselt taasesitada. Propriotseptsiooni mõõtmiseks JPR meetodiga on erinevaid variatsioone: aktiivselt või passiivselt ning ipsilateraalselt või kontralateraalset. Ipsilateraalse variandi puhul viiakse kehaosa aktiivselt või passiivselt kindlasse asendisse, seejärel liigutatakse see kas passiivselt katse läbiviija poolt või katsealuse enda poolt aktiivselt tagasi lähteasendisse, peale mida tuleb katsealusel taastada eelnevalt demonstreeritud asend. Passiivse testimise puhul liigutatakse kehaosa masina või läbiviija poolt ning katsealune peab õige nurga tunnetamisel nupule vajutama, aktiivse testimise puhul taastab uuritav asendi iseseisvalt. Kontralateraalset meetodi puhul tuleb uuritaval ettenäidatud asend teostada vastaspoole kehaosaga. (Han et al., 2015).

Mõõteühikuks on nurk tegeliku kaldenurga ja reprodutseeritud asendi vahel. Uuringutes kasutati eri variatsioone liigese kaldenurga eksimuse mõõtmisel olenevalt, kas uuringut teostati spetsiaalse liikumismustri salvestussüsteemiga, elektroonilise inklinomeetri ehk kaldenurga mõõturiga, fotosalvestiste, pleksiklaasist malli, või goniomeetriga. (Hillier et al., 2015).

Hillier et al. (2015) süstemaatilise analüüsi järeldustes puudub ühene konsensus propriotseptsiooni mõõtmismeetodites. Meetodid on erinevad ja see pole üllatav arvestades propriotseptsiooni definitsiooni keerukust ja mitmetahulisust, sisaldades nii liigese asenditundlikkust kui ka liikumise tajumist. Liigesele mõjuvate jõudude ja raskuste tajumise hindamismeetodid, mis samuti mõiste alammodulite hulka kuuluvad, on kliinilises praktikas vähe uuritud. Praegune arusaam propriotseptsioonist teaduskirjanduses tuleb kohaldada kliinilise praktikaga, et tõhusamalt rakendada hindamismeetodeid ja muuta need teaduspõhisemaks ja valiidsemaks, et seeläbi paremat rehabilitatsiooni kavandada.

2.4. Propriotsepsiooni mõjutavad tegurid

2.4.1. Propriotsepsiooni muutumine vanusega

Inimese propriotseptiivne tajus ei ole tema eluea jooksul üldjuhul muutumatu, vaid sõltub vananemisprotsessidega kaasnevatest muutustest (Suetterlin & Sayer, 2013).

Uuringud on näidanud, et lapse- ja noorukieas asenditundlikkus muutub üha täpsemaks ning saavutab oma haripunkti noore täiskasvanu eas, mis on seletatav närvisüsteemi arengu ja sensimotorsete oskuste õppimisega. Vananedes asenditundlikkus järk-järgult halveneb kesknärvisüsteemi ja perifeerse närvisüsteemi muutuste tõttu. Perifeersed muutused on näiteks müeliini vähenemine retseptoritel, lihaskävide tundlikkuse vähenemine ja naharetseptorite arvukuse langus. Propriotsepsioonile negatiivset mõju osutavatest teguritest on välja toodud ka kesknärvisüsteemiga seotud haigused nagu neuropaatiad, insuldid ja Parkinsoni tõbi. (Suetterlin & Sayer, 2013).

Ribeiro & Oliveira (2011) analüüsis erinevaid uuringuid, kus võrreldi erinevate vanusegruppide asenditundlikkust ning olenemata meetodilistest erinevustest kajastus tulemustes, et suureneva eaga kaasneb märkimisväärne liigese asendi tajumise kahanemine. Vähem oli uuringuid liigeste liikumise avastamise läve kohta, kuid ka nende uuringute tulemustes kajastus vanusega kaasnev tajus alanemine, ehk liigesliikumise avastamise lävi on vanemaealistel suurem, ühe uuringu kohaselt (Ribeiro & Oliveira, 2011).

Alajäsemetel tehtud uuringud näitavad, et vanusega kaasnev propriotseptiivse tajus langus võib soodustada ebanormaalselt liigese biomehaanikat liigutusmustris ning seeläbi tekitada degeneratiivseid liigesehaiguseid, samuti arvatakse olevat tajus langusel seos ka tasakaalu halvenemisega, mis omakorda võib põhjustada vanemaealistel kukkumisi (Ribeiro & Oliveira, 2011).

Ribeiro & Oliveira (2010) väitel regulaarne füüsiline aktiivsus vähendab oluliselt vanusega kaasnevat propriotsepsiooni langust. Uuringust selgust, et mitteaktiivsetel vanuritel on regulaarse füüsilise aktiivsusega tegelevate eakaaslastega võrreldes oluliselt halvem põlveliigese propriotsepsioon, kuid aktiivsel vanemaealistel grupil oli liigese asenditajumise testid peaaegu võrdväärsed noorte mitteaktiivsete inimestega, mis kinnitab füüsilise aktiivsuse olulisust propriotseptiivsele tajule.

2.4.2. Krüoteraapia mõju

Krüoteraapia ehk külmaravi on erinevate külmaaplikatsioonide kasutamine krooniliste või akuutsete probleemide korral, mis on eriti populaarne just sportlaste puhul, tänu külma toimele valu, turse ja põletiku alandamisel ning lihaskrampide korral. Amplikatsioonidena on

kasutusel erinevad lokaalse toimega keemiliste lisaainetega külmakotid, külmaspreid, geelid ning üldise jahutava toimega vee ja jäävannid. (Khanmohammadi et al., 2011).

Furmanek et al. (2014) teaduskirjanduse ülevaade uuris lokaalse krüoteraapia mõju propriotseptiivsele süsteemile. Uuriti 17 teadustööd, milles osalesid kokku 398 tervet noort nii mees- kui ka naissoost täiskasvanut, keskmise vanusega (keskmine \pm SD) $22,8 \pm 2,5$ aastat, tähtsamateks kriteeriumiks oli veel, et krüoteraapia oleks lokaalne ning propriotseptiivsed testid sooritatakse viie minuti jooksul peale külmaaplikatsioonide kasutamist. Kõige uuritum liiges oli põlv (7) ning teisena hüppeliiges, mille kohta oli 6 uuringut. Enim uuriti krüoteraapia mõju liigese asenditundlikkusele (JPS), külmateraapial leiti negatiivne efekt neljas uuringus, kus ühes uuriti hüppeliigese JPS ning ülejäänud kolmes põlve JPS. Seitse uuringut väitsid, et külmateraapial pole mõju liigese asenditundlikkusele ning treeningute ja võistluste käigus külmaaplikatsioonide kasutamine ei suurenda vigastusohu. Krüoteraapiajärgset hüppeliigese asenditundlikkuse halvenemist täheldanud uuringu katsealuste JPS vähenes (keskmine \pm SD) $0,5^\circ \pm 0,75^\circ$, kuid töö autorid ei pidanud neid tulemusi kliiniliselt märkimisväärseteks ning leidsid, et põhjalike järelduste tegemiseks on vaja täiendavaid uuringuid.

Ülevaates krüoteraapia mõjust propriotseptsioonile esines vastuolulisi tulemusi ning nende põhjal ei ole võimalik teha üldistavaid lõppjäreldusi. Uuringute meetodid on erinevad ning seetõttu uuringute vastastikused seosed ja võrdlemine komplitseeritud. Suur enamus teadustöödest ei leidnud krüoteraapial olevat propriotseptsiooni kahjustavat mõju, kuid vastupidiselt pole piisavalt tõendeid ka selle ohutusest ning tulemusi tuleks tõlgendada ettevaatlikult. Furmanek et al. (2014) ülevaade toob välja peamised võtmetegurid, millega selliste uuringute võrdlemisel tuleks arvestada, et järeldused oleksid võimalikult suurema usaldusväärusega – uuringutes kasutatavate mõõteriistade täpsus ja mõõtmisvead, propriotseptsiooni laialivalguvast definitsioonist lähtuvalt, mõõtmismeetodid (aktiivsed, passiivsed), mõõtmiste hulk, kasutatavad mõõtühikud (kraad või millimeeter), samuti asjaolu, kas testide käigus on blokeeritud teist tagasisidet andvad faktorid nagu kuulmine, nägemine, nahatunnetus jt. Lisaks kas testid on sooritatud kehamassi kandmisel või seda elimineerides, milliseid kehaosi uuritakse, millised on algasendid, liikumissuunad ja kiirused.

Khanmohammadi et al. (2011) uuring, kus osalesid 30 tervet naist, kellel mõõdeti aktiivselt ja passiivselt hüppeliigese plantaar- ja dorsaalfleksiooni liigutustel asenditundlikkust peale 15-minutilist 6 kraadises vees jala hoidmist, väitis, et krüoteraapia ei oma negatiivset mõju hüppeliigese propriotseptsioonile, ega soodusta vigastuste teket sporti naasmisel. Ühe võimaliku põhjusena toodi välja asjaolu, et afferentsed närvikiud, mis propriotseptiivset informatsiooni lihaskäavidest kesknärvisüsteemi vahendavad, on paksu

müeliinkattega ning kiire juhtivusega, mistõttu võivad nad olla koetemperatuuri langusest vähem mõjutatud, võrreldes näiteks valuaistingut edastavate õhema müeliinkattega kiududega, mis on näidanud kõige suuremat juhtivuskiiruse langust külma toimele.

2.4.3. Ortooside ja teipide mõju

Halseth et al. (2004) uuris kinesioteibi mõju hüppeliigese propriotseptioonile, kasutades hindamiseks aktiivset liigese asendi reproduktsiooni testi. Uuringus osalesid 15 meest ja 15 naist, vanuses 18-30 aastat, kellel ei tohtinud olla hüppeliigese traumata viimase kuue kuu jooksul, märkimisväärset liigeslõtvust ega tõsiseid jala kõrvalekaldeid. Mõõdeti nii plantaarfleksiooni kui ka inversioonsuunalist liigesasukoha tundlikkust spetsiaalse aparatuuriga enne ja pärast kinesioteibi paigaldamist. Kinesioteip paigaldati järjepidavuse tagamiseks kõigile sama atesteeritud treeneri poolt ning teipimise meetodika põhines teibi looja Kenzo Kase juhenditele lateraalse hüppeliigese teipimisest. Katsealuste silmad olid kinniseotud, neil paluti kanda katse ajal kõrvaklappe ning alusel kuhu hüppeliigest toetati ei kasutatud jala fikseerimiseks rihmasid, et piirata võimalikku naha tundlikkusest tingitud tagasisidet ehk tulemustes taheti rõhuda just hüppeliigeses olevate mehhanoretseptorite tajufunktsioonile. Tulemustes ei kajastunud märkimisväärseid erinevusi teibitud ja teipimata hüppeliigese asenditundlikkusel plantaarfleksioonsuunalisel ja kombineeritud inversioonsuunalisel reproduktsiooni täpsuse testimisel. Selline tulemus ei kinnita laialt levinud arvamust, justkui kinesioteip parandaks liigese propriotseptiivset tunnetust, vähemalt aktiivse JPS puhul.

Hiljaaegu on sarnaste järeldusteni jõudnud ka Miralles et al. (2014) uuring, kus mõõdeti samuti kinesioteibi mõju hüppeliigese asenditundlikkuse suhtes. Uuringus osales 68 tervet vaatlusalust, vastavalt 33 kontrollgrupis ja 35 katsegrupis, kellele paigaldati hüppeliigesele kinesioteip. Paigaldamisel lähtuti samuti Kenzo Kase põhimõtetest, kuid tehnika erines teatud määral eelnevalt käsitletud uuringust. Oluline erinevus oli ka mõõtmismetoodikas, nimelt mõõdeti asenditundlikkust enne teibi paigaldamist, koheselt peale paigaldamist ning 48 tunni möödudes, osalejatel tuli testis reprodutseerida seitse erinevat hüppeliigese asendit: neutraalasend ning 5° ja 10° plantaarfleksioonis, dorsaalfleksioon ja inversioon. Igas asendis hoiti jalga 5 sekundit, mille jooksul testitav need meelde pidi jätma, seejärel paluti neil 10 minutit rahulikus tempos kõndida ja uuesti suvalises järjekorras asendid reprodutseerida ning hoida 5 sekundit. Mõõdeti eksimise nurka kraadides ning gruppe võrreldi omavahel. 48 tunni möödudes kontrollgrupi täpsus 10° plantaarfleksiooni reprodutseerimisel märkimisväärselt paranes ning kinesioteibi grupil halvenes, ülejäänud asendite puhul märkimisväärselt erinevust

ei esinenud. Kõige täpsemini reprodutseeritud asend oli mõlema grupi puhul neutraalasend. Uuringust järeldus, et kinesioteip ei paranda propriotseptiivset taju ega ole õigustatud teraapia osa, mille eesmärgiks on vigastuste ennetamine propriotseptiivset taju suurendades, kuid autorid ei keela selle kasutust teistel eesmärkidel.

Kinesioteibi mõjust propriotseptsioonile, eriti hüppeliigese näitel, on teaduskirjanduses seni liiga vähe tõendeid lõplike järelduste tegemiseks ning antud valdkonnas on kindlasti vaja edasisi uuringuid. Eespool käsitletud uuringute tulemused annavad alust väita, et positiivne mõju liigese asenditundlikkusele kinesioteibil puudub, kuid mõju teiste alammoodulite tajumisele on teadmata. Oluline on lisaks tervetele inimestele uurida ka kinesioteibi mõju vigastatud liigete propriotseptsioonile ning võimalikku korduvvigastuste ennetamise faktorit.

Kinesioteibist enam on uuritud hüppeliigese liikuvust piiravate ja suuremat mehaanilist tuge pakkuvate vahendite (sporditeip, ortoos) mõju propriotseptsioonile. Ortoosid ja sporditeipimine on spordis laialt levinud abivahend, millel on leitud nikastusi ennetav mõju. Raymond et al. (2012) süstemaatilise ülevaate eesmärgiks oli uurida, kas hüppeliigese ortoosi või teibi kandmisel paraneb propriotseptiivne taju inimestel, kel on esinenud nikastusi või funktsionaalset ebastabiilsust, võrreldes teipi või ortoosi mitte kandvatega. Mõned uuringud leidsid teipimise või ortoosiga kaasnevat propriotseptsiooni paranemist, kuid metaanalüüsi tulemustes ei kajastanud statistiliselt olulist teipimise või ortooside mõju propriotseptsioonile. Mõju ei leitud ka siis, kui võrreldi propriotseptsiooni tajusid eraldi või erinevaid testides mõõdetud liikumissuundasi eraldi arvestades, välja arvatud märkimisväärne negatiivne efekt inversioon- ja eversioonsuunalisel liikumise avastamise läve hindamisel. Autorid järeldavad tulemustest, et teipimise ja ortooside korduvaid hüppeliigese nikastusi ennetav efekt ei ole tingitud propriotseptsiooni paranemisest nende abivahendite mõjul, vaid ilmselt nende omadusest piirata liigesliikuvust, vähendada mehaanilist ebastabiilsust või suurendades enesekindlust funktsionaalsete tegevuste käigus.

2.4.4. Soojenduse ja väsimuse mõju

Soojendus on sportlaste rutiini oluline osa, tõstes lihaste temperatuuri, parandades perifeerset vereringlust ja ainevahetust, alandades lihasjäikust, soodustades liigest ümbritsevate struktuuride viskoelastsust, parandades närviimpulsside juhtivust ja kiirust ning soodustades paremat liikumise koordineerimist. Hüpoteetiliselt, soojendusharjutustega kaasnev propriotseptsiooni paranemine võiks vähendada vigastusriski ning parandada liigutuste täpsust. (Ribeiro & Oliveira, 2011).

Bartlett & Warren (2012) uuris meessoost ragbimängijate peal 4-minutilise sörkjooksust ja venitusharjutustest koosneva soojendusprogrammi mõju ning põlveliigese

asenditundlikkust puhkeolekus ning koheselt peale soojendust. Magalhães et al. (2010) töös uuriti karatekade põlve asenditundlikkust erinevalt eelnevast uuringust suletud kineetilises ahelas ning soojendusharjutuste kestvus oli 10 minutit, sisaldades sörkjooksu, hüppeid ja venitusharjutusi.

Olenemata sellest, et kasutati erineva kestuse ja ülesehitusega soojendusharjutusi ning hindamismeetmeid, nii Bartlett & Warren (2012) kui Magalhães et al. (2010) mõlemad uuringud leidsid veenvaid tõendeid, et soojendusharjutused parandavad märkimisväärselt põlve asenditundlikkust reproduktsioonitestides. Selle põhjusteks peetakse nii perifeerselt mehhanoretseptorite, eriti lihaskäävide, tundlikkuse suurenemist kui ka kesknärvisüsteemi tasandil motoorseid liigutusi kontrollivate keskuste töö muutumist tänu soojendusega kaasnevate protsessidega.

Vastupidine efekt on leitud väsimusel. Väsimuse all peetakse silmas alanenud võimet genereerida lihasjõudu, mis on tingitud füüsilise koormusega kaasnevatest perifeersetest ja tsentraalsetest faktoritest. Ribeiro & Oliveira (2011) ülevaade toob välja arvukalt uuringuid, mis viitavad lihasväsimusest tingitud propriotseptiivse taju langusele. Kõige rohkem on uuringuid põlveliigese kohta ning kaks uuringut on ka hüppeliigese kohta, mis mõlemad väsimuse negatiivset mõju propriotseptsioonile täheldavad. Peamiselt indutseeriti lihasväsimus laboratoorses tingimustes, korduvate isokineetilisel dünamomeetril tehtavate kindlatele lihasgruppidele mõjuvate liigutustega. Laboratoorses tingimustes jälgendatud lihasväsimuse tulemuste tõlgendamine on keeruline, kuid on andnud alust arvata, et vigastused, mis esinevad treeningute ja võistluste kestvuse viimases kolmandikus, võivad olla tingitud neuromuskulaarse kontrolli halvenemisest väsimusest tingitud propriotseptiivse taju languse tõttu. (Ribeiro & Oliveira, 2011).

2.5. Propriotseptiivsed harjutused

Propriotseptiivsete harjutuste kasutamine rehabilitatsioonis on laialt levinud meetod hüppeliigeste nikastuste ravimisel, et suurendada lihaste jõu genereerimise võimet, tugevdada liigessidemeid ja taastada propriotseptsioon kahjustatud struktuurides (Cumps et al., 2007). Teaduskirjanduses puudub ühene definitsioon, mis on propriotseptiivne treening ja millised omadused peaksid sellist tüüpi harjutustel olema, üldiselt seostatakse seda ebastabiilsuse soodustamisega erinevate tasakaaluharjutuste käigus ning sünonüümidenä kasutatakse ka neuromuskulaarne treening või tasakaalutreening (Riva et al., 2015). Üks levinumaid propriotseptiivse treeningu läbiviimiseks disainitud abivahendeid on „võbinalaud“ (ing k. *wobble/balance board*). See on kettakujuline platvorm, mille põhja on kinnitatud poolkerakujuline põhimik, mis võimaldab mitmesuunalist liikumist ja muudab platvormil

seismise ebastabiilseks, tasakaalulaua seismist kombineeritakse sageli erinevate erialaspetsiifiliste harjutustega nagu palli viskamine, püüdmine ja põrgatamine ning muudetakse raskemaks näiteks seistes ühel jalal või suletud silmadega (Bahr et al., 1997).

2.6. Propriotseptiivse treeningu mõju vigastuste ennetamisel

Käesolevas peatükis analüüsiti propriotseptiivsete treeningprogrammide mõju hüppeliigese nikastuste ennetamisel, uuringud on läbiviidud jalgpallurite, korvpallurite ja võrkpallurite näitel, ehk kolme kõige populaarsema võistkondliku pallimänguala näitel Eestis (EOK, 2014)

2.6.1. Uuringud korvpallurite ja jalgpallurite näitel

McGuine & Keene (2006) teadustöö uuris spetsiaalse tasakaaluharjutustest koosneva treeningprogrammi mõju hüppeliigese vigastuste ennetamisel korvpallurite ja jalgpallurite näitel. Uuringus osalenud 765 keskkooli spordiga tegelevast vaatlusalusest, kellest 523 olid naissoost ja 242 meessoost, jagati randomiseeritult kahte gruppi. Vaatlusgrupi liikmed võtsid hooaja vältel lisaks oma võistkonnatreeningutele osa ka spetsiaalsest 5-staadiumilisest tasakaaluharjutuste programmist ning kontrollgrupi liikmed ei läbinud programmi ja osalesid vaid tavapärase treeningutes. Esimene kuni neljas staadium koosnes viiest treeningust nädalas enne hooaja algust ning kestis kokku neli nädalat, viiendas staadiumis sooritati harjutusi kolm korda nädalas ning see kestis hooaja lõpuni. Harjutused muutusid igas faasis aina keerulisemateks, iga harjutust sooritati 30 sekundit ning harjutused olid järgmised: tasasel pinnal ühel jalal seismine avatud ja suletud silmadega, ühel jalal seistes palli viskamine, püüdmine ja põrgatamine, kahel ja hiljem ühel jalal tasakaalulaua seismine avatud ja suletud silmadega ning ühel jalal tasakaalulaua seistes palli viskamine, püüdmine ja põrgatamine. Võistkondade treenerid panid hooaja jooksul kirja kõik mängijatega treeningute või võistluste ajal juhtunud hüppeliigese vigastused ning samuti teipimise või erinevate ortooside kasutamise, eelnevad vigastused, antropomeetrilised näitajad jms. Vigastuste all arvestati liigesesidemete kahjustusi, mis sundisid mängija treeningu või võistluse pooleli jätma või järgmisest treeningust või võistlusest loobuma. Vigastuspausilt naasmiseks pidi hüppeliiges olema kogu liikumisulatuses valuvaba, lihasjõudlus normipärane ning võimeline sooritama jooksmisest, hüppamisest ja suunamuutustest koosneva testi.

Tabel 1. Uuringus osalejatel esinenud nikastuste tõenäosus mängija ja mängutundide kohta.

| | Vaatlus- alused (n) | Hüppeliigese nikastused | Protsent mängija kohta (%) | Mängu- tunnid | Nikastused/ 1000 mängu- tunni kohta |
|---------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------------|------------------|---|
| Kontroll | 392 | 39 | 9,9 | 20828 | 1,87 |
| Vaatlusgrupp | 373 | 23 | 6,1* | 20250 | 1,13 |
| Kokku | 765 | 62 | 8,1 | 41078 | 1,61 |

* $p < 0,05$, võrreldes kontrollgrupiga (McGuine & Keene, 2006)

McGuine & Keene (2006) uuringu tulemuste põhjal esines akuutne hüppeliigese nikastus 62 (8,1%) sportlasel 765-st, millest 56 (90,3%) olid lateraalsed nikastused, 4 (6,4%) mediaalsed nikastused ning 2 (3,2%) sündesmooside vigastused. Vaatlusgrupis oli vigastuste arv märkimisväärselt väiksem kui kontrollgrupis. Sportlastel, kel ei olnud eelnevalt (viimase 12 kuu jooksul) esinenud hüppeliigese nikastust, oli kontrollgrupis vigastuse tõenäosus 7,7% (23 juhtu 299-st) ja vaatlusgrupis 4,2% (12 juhtu 284-st) ehk eelneva vigastusega sportlaste hulgas oli väiksem tõenäosus vigastusele neil, kes olid osalenud tasakaalutreeningu programmis, kuid seda tulemust ei peetud märkimisväärseks ($P=0,059$). Nendel sportlastel, kellel viimase aasta jooksul oli vigastus esinenud, oli nikastuse tõenäosus enam kui kaks korda suurem. Eelneva vigastusega sportlaste hulgast oli vaatlusgrupis osalenute risk hüppeliigese nikastamisele märkimisväärselt väiksem. Teiste tegurite võrdlemisel nagu sugu, spordiala, domineeriv jäse, vanus, kehakaal, toetuste kasutamine, eelnev põlvevigastus jms statistiliselt olulisi erinevusi ei leitud.

Riva et al. (2015) uurisid propriotseptiivse treeningprogrammi mõju hüppeliigese nikastuste ennetamisel 55 Itaalia meistrivõistluste esimeses liigas mängivate korvpallurite näitel 6 aasta vältel. 85 protsendil osalejatest oli varasemalt olnud vähemalt üks hüppeliigese nikastus ning 74 protsendil korduvalt. Uuring jaotati kolme perioodi ning igas perioodis olid harjutused erinevad: esimeses perioodis (aastatel 2004-2006) sisaldas treeningprogramm klassikalisi propriotseptiivseid harjutusi tasakaalulal ja muudel ebastabiilsetel alustel, teine periood (aastatel 2006-2008) sisaldas harjutusi elektrooniliselt juhitatava ja tagasisidet andva tasakaalulal peal, mis pööras rõhku rohkem inversioonliigutuse parandamisele ning kolmandas perioodis (2008-2010) jätkati harjutustega elektroonilisel tasakaalulal, kuid harjutuste raskusaste ja kestvus progresseerus. Harjutusi sooritati 2-4 korda nädalas kestvusega 8-30 minutit olenevalt perioodist. 6 aasta jooksul koguti andmeid erinevate vigastuste esinemise kohta ning uuriti ka osalejate ühel jalal seismise staatilise ja dünaamilise tasakaalu muutusi, teise ja kolmanda perioodi tulemusi võrreldi esimeses perioodis (kontrollperiood) saadud tulemustega. Hüppeliigese vigastus oli kõige sagedasem treeningutel ja võistlustel esinev vigastus. Sportlaste tõenäosust vigastada saada iseloomustati ühikuga AE

(ing k. *athletic exposure*). Esimeses perioodis oli hüppeliigese vigastuse risk mängudes 8/1000-st AEs ja treeningutel 2,9/1000-st AEs, teises perioodis vähenesid näitajad vastavalt 61,6% ja 57,7% ning kolmandas perioodis vähenes risk veelgi vastavalt 55,2% ja 39,5% võrreldes teise perioodiga. Treeninguid ja mängu koos arvestades vähenes hüppeliigese vigastusrisk kolmandaks perioodiks (võrreldes esimesega) koguni 81%, mis näitas harjutusprogrammide statistiliselt olulist ($p < 0,001$) vigastusriski vähendavat mõju. Oluliselt väiksem risk oli ka alaseljavalude ja põlvevigastuste esinemisele. Kuna eelneva vigastuseta sportlaste arv oli uuringus väga madal, siis kahjuks ei ole võimalik antud uuringu puhul teha järeldusi propriotseptiivse treeningprogrammi mõjust hüppeliigese vigastuste ennetamisele tervete sportlaste puhul, kuid ilmselge kasutegur on sellel eelneva hüppeliigese nikastusega sportlastel. Kui esimesel perioodil kasutasid ortoosi ja muid liigestoetusi üle 90% osalejatest, siis kolmanda perioodi lõpuks vähenes see protsent alla kolmekümne, osalejad põhjendasid ortoosist loobumist sellega, et nende tasakaal oli paranenud ja nad tundsid end väljakul liikudes kindlamalt.

Cumps et al. (2007) on samuti uurinud korvpallurite näitel propriotseptiivse treeningu efektiivsust hüppeliigese nikastuste ennetamiseks. Uuringus osales kokku 54 nais- ja meeskorvpallurit, kes jagati kontrollgruppi ja vaatlusgruppi. Vaatlusgrupp sooritas 22-nädalast propriotseptiivset treeningprogrammi, mis koosnes 5-10 minutilistest treeningutest 3 korda nädalas, harjutusi teostati soojendustel. Programmis oli erinevad korvpalli spetsiifikaga seotud pallikäsitlusharjutused, mida sooritati poolkerakujulise palli peal seistes, harjutused muutusid järk-järgult keerulisemateks. Lateraalsed hüppeliigesevigastused, mis sundisid sportlast treeningust või võistlusest puuduma, registreeriti hooaja jooksul. Madala arvu osalejate tõttu ei näidanud tulemused statistiliselt olulist erinevust hüppeliigese vigastuste esinemise vähendamise kohta vaatlusgruppi (1,19 vigastust 1000 mängutunni kohta) ja kontrollgruppi (3,54 juhtu 1000 mängutunni kohta) vahel. Vaatlusgrupis esines küll vähem lateraalseid hüppeliigese nikastusi võrreldes kontrollgrupiga nii esmakordsete kui ka korduvate vigastuste eraldi arvestamisel, kuid need tulemused ei olnud statistiliselt olulised ja autorid ei saa nende põhjal teha järeldusi, et antud treeningprogramm oleks efektiivne, põhjendades seda madala osalejate arvuga.

Mohammadi (2007) uuris kolme hüppeliigese inversioonvigastust ennetava meetodi efektiivsust jalgpallurite näitel. Uuringus osales 80 meessoost mängijat Iraani jalgpalli meistrivõistluste esimesest divisjonist, keskmise vanusega (keskmine \pm SD) $24,6 \pm 2,6$ aastat, kel kõigil oli eelmisel hooajal esinenud hüppeliigese inversioonvigastus. Osalejad jagati juhuslikustamise teel nelja gruppi, esimene grupp kasutas ennetava meetodina propriotseptiivset treeningut, teine grupp jõutreeningut, kolmas ortoosi ning neljas oli

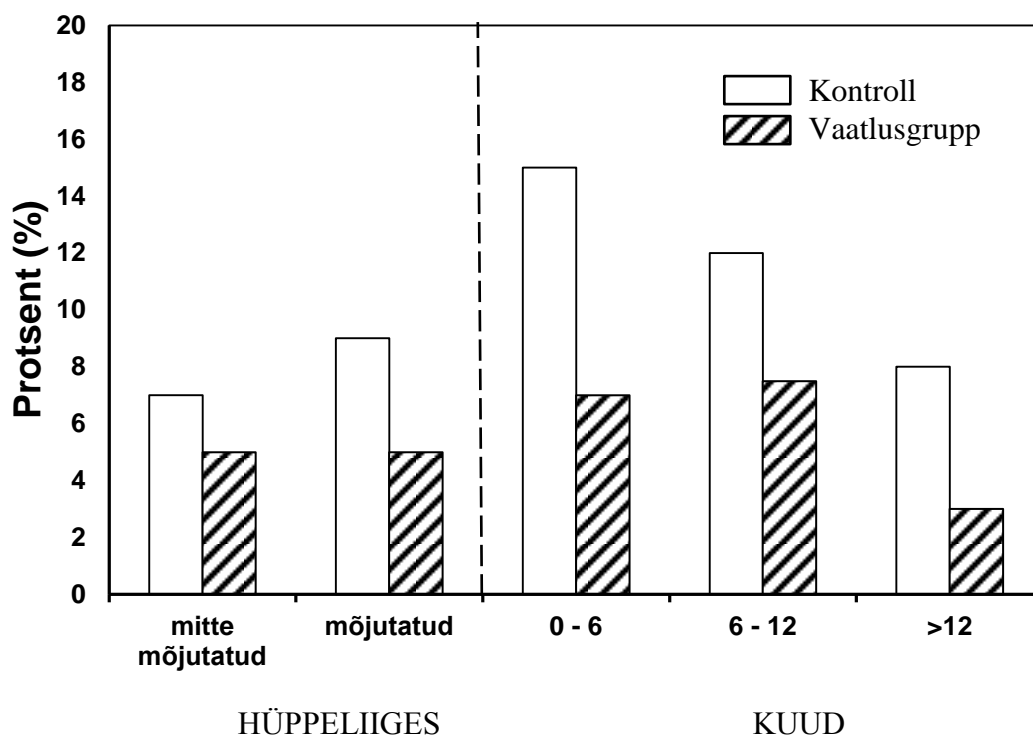
kontrollgrupp. Igas grupis oli 20 sportlast. Propriotseptiivne treening tähendas vigastatud jalal tasakaalulaua seismist, 30 minutit iga päev hooaja vältel. Sportlane pidi ühel jalal seistes keha raskuskeset muutma nii, et tasakaalulaud liiguks ühtlaselt ringjooneliselt, harjutusi muudeti raskemaks tehes seda silmad kinni või ebatasastel pindadel. Teine grupp järgis isomeetrilistest ja hiljem dünaamilistest vastupanuga harjutustest koosnevat treeningprogrammi, mis oli suunatud eversiooni teostavate lihaste tugevdamiseks. Kolmandas grupis kandsid sportlased hooaja vältel hüppeliigese ortoosi. Andmed koguti hooaja lõpuks.

Mohammadi (2007) uuringu tulemustest selgus, et esimesel grupil oli inversioonvigastuse esinemise risk oluliselt väiksem kui kontrollgrupil, vastavalt 0,13 juhtu 1000 mängutunni kohta ja 3,33 juhtu 1000 mängutunni kohta. Teisel ja kolmandal grupil statistiliselt olulist erinevust kontrollgrupiga ei olnud.

2.6.2. Uuringud võrkpallurite näitel

Verhagen et al. (2004) uuris Hollandi teise ja kolmanda divisjoni võrkpallurite näitel propriotseptiivse tasakaalulaua harjutusprogrammi mõju hüppeliigete vigastuste ennetamisel. Kokku osales uuringus 86 meeste ja naiste võistkonda, mis jagati randomiseeritult propriotseptiivset treeningprogrammi järgivaks vaatlusgrupiks (48 võistkonda, 392 mängijat) ja kontrollgrupiks (38 võistkonda, 340 mängijat), kes järgisid oma normaalset treeningurutiini. Hooaja alguses instrueeriti iga vaatlusgrupi võistkonna treenerit korrektselt kasutama tasakaalulaua treeningprogrammi ja iga võistkond varustati viie tasakaalulauaga. Treeningprogrammis oli kokku 14 harjutust, nii tasakaalulauaga kui ka ilma selleta, 36-nädalase hooaja jooksul harjutuste raskusaste ja intensiivsus tõusis, ühe korra kestus oli umbes 5 minutit ningharjutusi sooritati soojendusel. Hooaja alguses täitsid osalejad küsimustiku eelnevate vigastuste, kasutatavate ennetavate vahendite ning muude andmete kohta. Vigastuse defineerimine antud uuringus oli sarnane McGuine & Keene (2006) käsitlusele, vigastuste esinemisel olid mängijad kohustatud täitma registreerimisvormi, kus lisaks hüppeliigese vigastustele registreeriti ka muid vigastusi: põlve, muud alajäseme vigastused, selja, õla ja ülajäseme vigastused.

Verhagen et al. (2004) uuringu tulemused näitavad, et üldine vigastuste arv ei olnud gruppides oluliselt erinev, kontrollgrupis 2,4 juhtu 1000 mänguminuti jooksul ja vaatlusgrupis 2,1 juhtu 1000 mänguminuti kohta, küll aga oli statistiliselt oluline erinevus akuutsete hüppeliigete vigastuste puhul kontrollgrupi (0,9 juhtu 1000 mänguminuti kohta) ja vaatlusgrupi (0,5 juhtu 1000 mänguminuti kohta) vahel, kuid mitte nende hulgas, kel eelnevalt hüppeliigese vigastust esinenud ei olnud. Teiste kehaosade akuutsete vigastuste esinemise risk gruppide vahel oluliselt ei erinenud.

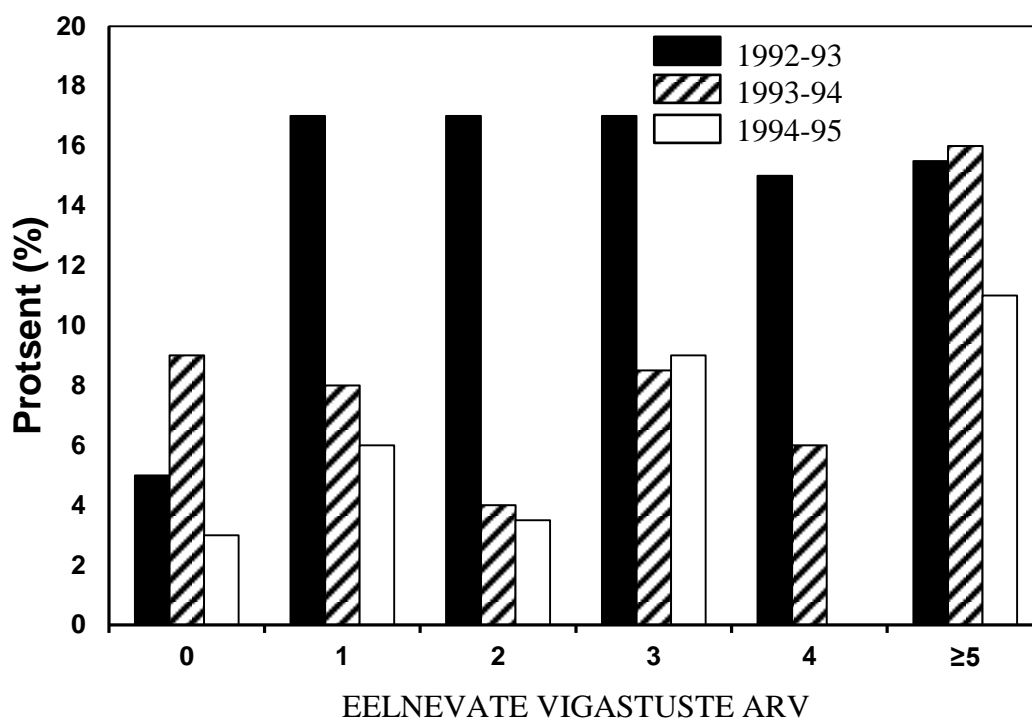


Joonis 2. Kontrollgrupi ja vaatusgrupi vigastatud hüppeliigeste protsent kogu osalejate hulgast kuude lõikes ja eelneva nikastuse mõjust sõltuvalt (mõjutatud – eelnevalt vigastatud; mitte mõjutatud – eelneva vigastuseta). (Verhagen et al., 2004).

Korduvate hüppeliigeste nikastuste puhul oli suurem risk vigastusele neil, kel oli vigastus olnud viimase 6 kuu jooksul, võrreldes pikemate perioodidega ehk mida värskem on vigastus, seda suurem tõenäosus korduvvigastuseks. Tulemustest selgus, et põlve ülekoormusvigastuste esinemise risk nendel, kel eelnevalt oli põlvevigastusi esinenud, oli vaatusgrupis (0,3 juhtu 1000 mänguminuti kohta) oluliselt suurem kui kontrollgrupis (0,1 juhtu 1000 mänguminuti kohta). Tulemus oli küll statistiliselt oluline, kuid võib olla juhuslik, arvestades põlve ülekoormusvigastuste väikset arvu uuringus ning on ebatõenäoline, et põlve ülekoormusvigastused olid tingitud just 5-minutilise propriotseptiivsest treeningust, mida sooritati nädalas maksimaalselt neli korda. (Verhagen et al., 2004).

Bahr et al. (1997) uurisid propriotseptiivseid harjutusi sisaldava treeningprogrammi mõju hüppeliigese traumaatiliste vigastuste esinemissagedusele Norra amatöörvõrkpalluritel. Uuringus osales 26 võistkonda, 814 mängijat (420 meest keskmise vanusega 23,2 aastat ja 394 naist keskmise vanusega 22,4 aastat). Uuring kestis 3 hooaega: esimesel hooajal koguti informatsiooni vigastuste hulga kohta ilma sekkumisprogrammita, teise hooaja eel tutvustati programmi ja tulemusi mõõdeti teisel ja kolmandal hooajal. Treeningprogramm sisaldas

hüppe- ja maandumistehnikate, suunamuutustehnikate õpetamist; propriotseptiivset treeningut tasakaalulaual. Uuringu läbiviijad olid teadlikud ortooside ja teipimise potentsiaalsest taasvigastust ennetavast mõjust, kuid ei lisanud neid meetodeid oma programmi, sest kõik meeskonnad ei oskaks neid vahendeid isesesivalt kasutada. Ortoose regulaarselt kasutav sportlaste protsent jäi uuringu vältel sarnaseks (11-7%), seega nende kasutamine ei tohiks antud uuringu tulemusi mõjutada.



Joonis 3. Aastate lõikes, mitmel protsendil osalejatest esines hüppeliigese nikastus eelnevate nikastuste baasil. (Bahr et al., 1997).

Tulemuseks oli peaaegu kahekordne hüppeliigese vigastuste hulga vähenemine: enne programmi kasutuselevõttu esines keskmiselt 0,9 vigastust 1000 mängutunni kohta; uuringu teisel (ehk viimasel) hooajal esines keskmiselt 0,5 vigastust 1000 mängutunni kohta. Vigastusrisk ei muutunud esmavigastuse saamisele ja ei muutunud sportlastel, kellel oli eelnevalt olnud 5 või rohkem hüppeliigese vigastust. Vigastusriski vähenemine tuli nende sportlaste arvelt, kellel oli varasemalt esinenud 1-4 hüppeliigese vigastust. Samuti pikenes keskmine aeg eelnevast vigastusest uue vigastuse saamiseni. (Bahr et al., 1997) Uuringu puuduseks on, et ei olnud kirjeldatud propriotseptiivset treeningut tasakaalulaual. Antud uuring on üks väheseid, kus informatsioon eelnevate vigastuste kohta kogutakse uuringu käigus ehk esimest hooaega (kontrollgrupp) kasutati vaid andmete kogumiseks ilma sekkumisprogrammi rakendamata, see tagab andmete usaldusväärsuse võrreldes rohkem

levinud variandiga, kui osalejad peavad varasemad vigastused ise meelde tuletama ja oletatava arvu ütlema.

Stasinopoulus (2004) uuringus olid osalejateks 52 naisvõrkpallurit, kes 1998-1999 aasta hooajal olid vigastanud hüppeliigest ning pidanud seetõttu vahele jätma vähemalt kolmel vigastusjärgsel päeval toimunud treeningud või võistlused. Osalejad jagati kolme gruppi. Esimene grupp (18 mängijat) oli tehniline treeninggrupp, kellele õpetati tehnilisi nüansse hüppamise ja maandumise puhul, eesmärgida vähendada vigastusriski. Teine grupp (17 mängijat) sooritas igapäevaselt kogu hooaja vältel propriotseptiivseid harjutusi tasakaalulual kestusega 30 minutit kord. Kolmanda grupi (17) mängijat kandsid kogu hooaja vältel Sport-Stirrupi ortoosi. Ehk tegemist oli justkui jätkuga Bahr et al. (1997) uuringule, kus kõik kolm vigastust ennetavat meetodit olid käsitletud korraga ühel grupil ning jäi õhku küsimus igäihe eraldiseisvast efektiivsusest. Andmeid vigastuse kohta koguti kogu järgmise hooaja vältel ning tulemustes selgus, et kõik kolm programmi olid efektiivsed vigastuste arvu vähendamisel, kõige enam vähenes hüppeliigese vigastusjuhtude arv grupis, kellele õpetati tehnilisi nüansse ning kõige vähem ortooside grupis. Ortoos ei vähendanud vigastusjuhtude arvu neil, kel oli varasemalt esinenud üle kolme hüppeliigese nikastuse ning neil soovitati edaspidi kasutada vigastuste ennetamiseks teiste gruppide ennetavaid meetodeid. Kuna osalejateks oli ainult naised, siis ei saa uuringu tulemuste põhjal teha soolisi võrdlusi, uuring oli pinnapealne ning statistiliselt nõrgalt analüüsitud (Stasinopoulus, 2004).

2.7. Propriotseptiivse treeningu mõju hüppeliigese vigastuse riskifaktoritele

Käesolevas töös analüüsitud uurimuste tulemused näitasid, et propriotseptiivne treening on efektiivne meetod korduvate hüppeliigese nikastuste ennetamiseks (McGuine & Keene, 2006; Mohammadi, 2007; Verhagen et al., 2004; Bahr et al., 1997; Stasinopoulus, 2004), kuid üheski uuringus ei osatud täpselt seda nähtust seletada ehk milliseid vigastust ennetavaid näitajaid propriotseptiivne treening mõjutab ning seeläbi vigastuste arvu kahandab.

Kõige elementaarsem lähenemine oleks eeldada, et peale vigastust on inimese propriotseptioon (liigese asenditundlikkus ja liikumise avastamise lävi) halvenenud ning seda tüüpi treening parandab neid näitajaid, kuid see teooria on juba eos vastuolus autoritega, kes leidsid, et kinesteesia, täpsemalt TTDPM (Hubbard & Kaminski, 2002; Refshauge et al., 2000), ja asenditundlikkus (You et al., 2004) ei ole funktsionaalselt ebastabiilsetes ehk vigastatud hüppeliigestes halvem kui tervetel. Teisalt, autorid, kes oma töödes on leidnud, et vigastusega kaasneb propriotseptiooni halvenemine (Fu & Hui-Chan, 2005; Munn et al., 2010; Willems et al., 2002) just soodustavad lähenemist, et vajalik on treening, mis neid näitajaid võimalikult kiiresti normaliseeriks, et vältida uusi nikastusi.

Eils & Rosenbaum (2001) uuriski kroonilise hüppeliigese ebastabiilsuse korral, kas 6-nädalane propriotseptiivne treeningprogramm parandab hüppeliigese propriotseptiooni. Analüüsi muutusi hüppeliigese asenditundlikkuse tajumisel ning lisaks ka tasakaalu ühel jalal seistes (posturaalne kõikumine) ja peroneaalsete lihaste kontraktsiooniga, mõlemad tegurid on seotud propriotseptiooniga ning nende näitajate parandamine võib olla võtmetegur nikastuse riski vähendamisel. JPR oli kuue nädala pärast vaatlusgrupil oluliselt parem kui kontrollgrupil, eriti 15° ja 30° plantaarfleksioonis, posturaalkontroll paranes ning pika pindluulihase ja lühikese pindluulihase kontraktsiooniga paranes võrreldes kontrollgrupiga märkimisväärselt, kõik tulemused olid statistiliselt olulised. Sheth et al. (1997) on varemalt samuti leidnud 8-nädalase propriotseptiivse treeningu positiivse mõju eversiooni teostavate lihaste kontraktsiooni suhtes, mis võib olla oluline inversioonvigastuste ärahoidmiseks. Vastupidiselt nendele tulemustele leidis Bernier & Perrin (1998), et 6-nädalane propriotseptiivne treening ei paranda funktsionaalse ebastabiilsusega hüppeliigete propriotseptiooni (aktiivne ja passiivne asenditundlikkus).

McKeon & Hertel (2008) süstemaatilise ülevaate tulemusena väitis, et posturaalne kontroll ja hüppeliigete vigastused on omavahel tugevasti seotud - halb posturaalkontroll suurendab riski ägeda hüppeliigese nikastuse tekkimiseks ning teistpidi posturaalkontroll halveneb lateraalsete hüppeliigete nikastuste tagajärjel oluliselt. Zouita et al. (2013) leidis, et 8-nädalane propriotseptiivne treening parandab vigastusjärgselt tasakaalu ning lisaks ka hüppeliigest stabiliseerivate lihaste isokineetilist jõudu ja kontraktsiooniga. Ka nendes kriteeriumites on uuringuid, mis selle teooriaga vastuolus on, Santos & Liu (2008) ei leidnud funktsionaalse ebastabiilsusega ja halvenenud tasakaaluga patsientidel olevat propriotseptiivseid puudujäärke. Samuti leidis Hiller et al. (2011), et tervete ja funktsionaalse ebastabiilsusega hüppeliigete võrdlemisel ei olnud statistiliselt olulisi erinevusi eversiooni teostavate lihaste jõunäitajates ja kontraktsioonikiiruses ning asenditundlikkusel inversioonisuunalisel liikumisel.

KOKKUVÕTE

Jalgpallurite, korvpallurite ja võrkpallurite näitel tehtud uuringute tulemustest selgus, et propriotseptiivsel treeningul on oluline hüppeliigese nikastust ennetav mõju, kuid seda ainult sportlaste puhul, kel on eelnevalt (6 kuni 12 kuu jooksul) esinenud hüppeliigese nikastus. Tervete ehk ilma eelneva nikastuseta sportlaste puhul ei leitud statistiliselt olulist muutust. Ainult üks uuring jalgpalluritega ei leidnud vaatlusgrupi ja kontrollgrupi vigastusriski statistiliselt olulist muutust korduvate nikastuste puhul, kuid ka selles uuringus vaatlusgrupil vigastusjuhtude arv teatud määral langes võrreldes kontrollgrupiga. Propriotseptiivsel treeningul ei ole nende uuringute põhjal esmase hüppeliigese nikastuse ennetavat mõju, mistõttu tundub sel treeningmeetodil olevat pigem rehabiliteeriv efekt mitte ennetav.

Propriotseptiivne treening oli jalgpalluritel vigastusriski vähendamisel efektiivsem meetod kui teipimine või spetsiifiline jõutreening, kuid teisalt võrkpallurite treeningus mõnevõrra halvemate vigastusriski vähendavate tulemustega kui grupil, kellele õpetati tehnilisi nüansse hüppe- ja maandumistehnikates, mis on kindlasti oluline komponent selliste spordialade vigastuste ennetamise metoodikas.

Teaduskirjanduses oli vähe konsensust selle kohta, et millised on hüppeliigese nikastuse riskifaktorid, eriti propriotseptsiooniga seotud faktorid ning milliseid faktoreid propriotseptiivne treening mõjutab, et seeläbi korduvate vigastuste risk väheneb. Vastuolulisus nende teemade puhul võib olla tingitud propriotseptsiooni mitmetahulise kontseptsiooni tõttu, mis muudab selle erinevalt tõlgendatavaks, samuti puudub ühene terviklik ja optimeeritud propriotseptsiooni mõõtmismeetod.

Propriotseptsiooni mõjutatavatest sisemistest ja välimistest faktoritest järeldus, et vanus ja füüsilisest koormusest tingitud väsimus on propriotseptsiooni halvendavad tegurid ja võivad potentsiaalselt hüppeliigese vigastusriski tõsta. Soojendusel ja regulaarsel füüsilisel aktiivsusel seevastu leiti positiivne mõju. Spordis kasutatavatel külmaamplikatsioonidel ei leitud olulist propriotseptsiooni halvendavat mõju ja seeläbi vigastusriski tõenäosust suurendavat efekti olevat, kuid nendesse tulemustesse tasub suhtuda ettevaatlikkusega.

Propriotseptiivne treening oli efektiivne meetod korduvate nikastuste ennetamisel, kuid esmase nikastuse riski see oluliselt ei vähenda ning selle jaoks tuleks teha edasisi uuringuid ja leida efektiivsem meetod.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Ashton-Miller J.A., Ottaviani R.A., Hutchinson C., Wojtys E.M. What best protects the inverted weightbearing ankle against further inversion? Evertor muscle strength compares favorably with shoe height, athletic tape, and three orthoses. *Am J Sports Med.* 1996; 24(6):800-809.
2. Attarian D.E., McCrackin H.J., DeVito D.P., McElhaney J.H, Garrett W.E. Biomechanical characteristics of human ankle ligaments. *Foot Ankle* 1985; 6(2):54-58.
3. Bahr R., Lian Ø., Bahr I.A. A twofold reduction in the incidence of acute ankle sprains in volleyball after the introduction of an injury prevention program: a prospective cohort study. *Scandinavian journal of medicine & science in sports* 1997; 7(3):172-177.
4. Bartlett M.J., Warren P.J. Effect of warming up on knee proprioception before sporting activity. *British journal of sports medicine* 2002; 36(2):132-134.
5. Bernier J.N., Perrin D.H. Effect of coordination training on proprioception of the functionally unstable ankle. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 1998; 27(4):264-275.
6. Beynon B.D., Murphy D.F., Alosa D.M. Predictive Factors for Lateral Ankle Sprains: A Literature Review. *Journal of Athletic Training* 2002; 37(4):376–380.
7. Bonnel F., Toullec E., Mabit C., Tourne Y. Sofcot. Chronic ankle instability: biomechanics and pathomechanics of ligaments injury and associated lesions. *Orthop Tramadol Surg Res.* 2010; 96(4):424-432.
8. Burks RT, Morgan J. Anatomy of the lateral ankle ligaments. *Am J Sports Med* 1994; 22(1):72-77
9. Cumps E., Verhagen E., Meeusen R. Efficacy of a sports specific balance training programme on the incidence of ankle sprains in basketball. *Journal of Sports Science & Medicine* 2007; 6(2):212–219.
10. Eils E., Rosenbaum, D.I. A multi-station proprioceptive exercise program in patients with ankle instability. *Medicine and science in sports and exercise* 2001; 33(12):1991-1998.
11. Enoka R. M. *Neuromechanics of human movement, USA, Human Kinetics* 2001.
12. EOK (Eesti Olümpiakomitee). *Eesti spordiregister.* 2014
http://www.spordiregister.ee/ESR_koondaruanne_2014.pdf 03.05.2016

13. Freeman M.A., Dean M.R., Hanham I.W. The etiology and prevention of functional instability of the foot. *J Bone Joint Surg Br* 1965; 47(4):678-685.
14. Freeman M.A., Wyke B. The innervation of the knee joint. An anatomical and histological study in the cat. *Journal of Anatomy* 1967; 101(3):505–532.
15. Fu A.S., Hui-Chan CW. Ankle joint proprioception and postural control in basketball players with bilateral ankle sprains. *Am J Sports Med.* 2005; 33:1174-1182
16. Furmanek M.P., Słomka K., Juras G. The Effects of Cryotherapy on Proprioception System. *Biomed Res Int* 2014;1-14.
17. Halseth T., McChesney J. W., DeBeliso M., Vaughn R., Lien J. The Effects of Kinesio Taping on Proprioception at the Ankle. *Journal of Sports Science & Medicine* 2004; 3(1):1-7.
18. Han J., Waddington G., Adams R., Anson J. and Liu Y. Assessing proprioception: a critical review of methods. *Journal of Sport and Health Science* 2015; 80-90.
19. Hertel J., Denegar C.R., Monroe M.M., Stokes W.L. Talocrural and subtalar joint instability after lateral ankle sprain. *Med Sci Sports Exerc.* 1999; 31:1501–1508.
20. Hiller C.E., Nightingale E.J., Lin C.W., Coughlan G.F., Caulfield B., Delahunt E. Characteristics of people with recurrent ankle sprains: a systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2011; 45(8):660–672.
21. Hillier S., Immink M., Thewlis D. Assessing Proprioception A Systematic Review of Possibilities. *Neurorehabilitation and neural repair* 2015; 934-946.
22. Hølmer P., Søndergaard L., Konradsen L., Nielsen P.T., Jørgensen L.N. Epidemiology of sprains in the lateral ankle and foot. *Foot Ankle Int.* 1994; 15(2):72-74.
23. Hubbard T.J., Kaminski T.W. Kinesthesia is not affected by functional ankle instability status. *Journal of athletic training* 2002; 37(4):481.
24. Hung Y.J. Neuromuscular control and rehabilitation of the unstable ankle. *World journal of orthopedics* 2015; 6(5):434.
25. Huson A. Joints and movements of the foot: terminology and concepts. *Acta Morphol Neerl Scand.* 1987; 25(3):117-130
26. Khanmohammadi R., Someh M., Ghafarinejad F. The Effect of Cryotherapy on the Normal Ankle Joint Position Sense. *Asian Journal of Sports Medicine* 2011; 2(2):91–98.
27. Leardini A., O'Connor J.J., Catani F., Giannini S. The role of passive structures in the mobility and stability of the human ankle joint: a literature review. *Foot Ankle Int.* 2000; 21(7):602-615.
28. Lepp A. Inimese anatoomia. Tartu; Tartu Ülikool Kirjastus; 2013.

29. Lundberg A., Goldie I., Kalin B., Selvik G. Kinematics of the ankle/foot complex: plantarflexion and dorsiflexion. *Foot Ankle*. 1989; 9(4):194-200.
30. Magalhães T., Ribeiro F., Pinheiro A., Oliveira, J. Warming-up before sporting activity improves knee position sense. *Physical Therapy in Sport* 2010; 11(3):86-90.
31. Malliaropoulos N., Ntessalen M., Papacostas E., Longo U.G., Maffulli N. Reinjury after acute lateral ankle sprains in elite track and field athletes. *Am J Sports Med* 2009; 37:1755-1761.
32. McGuine T.A., Keene, J.S. The effect of a balance training program on the risk of ankle sprains in high school athletes. *The American journal of sports medicine* 2006; 34(7):1103-1111.
33. McKeon P.O., Hertel J. Systematic review of postural control and lateral ankle instability, part I: can deficits be detected with instrumented testing? *Journal of athletic training* 2008; 43(3):293-304.
34. Miller C.D., Shelton W.R., Barrett G.R., Savoie F.H., Dukes A.D. Deltoid and syndesmosis ligament injury of the ankle without fracture. *Am J Sports Med*. 1995; 23:746-750.
35. Miralles I., Monterde S., del Rio O., Valero S., Montull S., Salvat I. Has Kinesio tape effects on ankle proprioception? A randomized clinical trial. *Clinical Kinesiology: Journal of the American Kinesiotherapy Association* 2014; 68(2):9-19.
36. Mohammadi F. Comparison of 3 preventive methods to reduce the recurrence of ankle inversion sprains in male soccer players. *The American journal of sports medicine* 2007; 35(6):922-926
37. Munn J., Sullivan S.J., Schneiders A.G. Evidence of sensorimotor deficits in functional ankle instability: a systematic review with meta-analysis. *J Sci Med Sport*. 2010; 13:2-12.
38. Perry J. Anatomy and biomechanics of the hindfoot. *Clin Orthop*. 1983;177:9-15.
39. Purves D., Augustine G.J., Fitzpatrick D., Katz L.C., LaMantia A.S., McNamara J.O., Williams S.M. *Neuroscience* 2nd edition, Sunderland, Sinauer Associates; 2001.
40. Raymond J., Nicholson L.L., Hiller C.E., Refshauge K.M. The effect of ankle taping or bracing on proprioception in functional ankle instability: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2012; 5(5):386-392.
41. Refshauge K.M., Kilbreath S.L., Raymond J.A. The effect of recurrent ankle inversion sprain and taping on proprioception at the ankle. *Medicine and science in sports and exercise* 2000; 32(1):10-15.

42. Renström P.A., Konradsen L. Ankle ligament injuries. *Br J Sports Med.* 1997; 31(1):11-20.
43. Renstrom P., Wertz M., Incavo S., Pope M., Ostgaard H.C., Arms S., Haugh L. Strain in the lateral ligaments of the ankle. *Foot Ankle* 1988; 9(2):59-63.
44. Ribeiro F., Oliveira J. “Factors influencing proprioception: what do they reveal,” in *Biomechanics in Application*, InTech 2011; 323– 346.
45. Ribeiro F., Oliveira J. Effect of physical exercise and age on knee joint position sense. *Archives of gerontology and geriatrics* 2010; 51(1):64-67.
46. Riva D., Bianchi R., Rocca F., Mamo C. Proprioceptive training and injury prevention in a professional men’s basketball team: a six-year prospective study. *Journal of strenght and conditioning research/National Strenght & Conditioning Association* 2015; 30(2):461-475
47. Rockar P.A. The subtalar joint: anatomy and joint motion. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1995; 21(6):361-372.
48. Santos M.J., Liu W. Possible factors related to functional ankle instability. *journal of orthopaedic & sports physical therapy* 2008; 38(3):150-157.
49. Sheth P., Yu B., Laskowski E.R., An K.N. Ankle disk training influences reaction times of selected muscles in a simulated ankle sprain. *The american journal of sports medicine* 1997; 25(4):538-543.
50. Sinkjaer T., Toft E., Andreassen S., Hornemann B.C. Muscle stiffness in human ankle dorsiflexors: intrinsic and reflex components. *J Neurophysiol.* 1988; 60(3):1110-1121.
51. Stasinopoulos D. Comparison of three preventive methods in order to reduce the incidence of ankle inversion sprains among female volleyball players. *British journal of sports medicine* 2004; 38(2):182-185
52. Stefanini L., Marks R. Proprioception and Recurrent Ankle Inversion Injuries - A Narrative Review. *New Zealand Journal of Physiotherapy* 2003; 31(1):25-39.
53. Stormont D.M., Morrey B.F., An K.N., Cass J.R. Stability of the loaded ankle. Relation between articular restraint and primary and secondary static restraints. *Am J Sports Med.* 1985; 13(5):295-300.
54. Suetterlin K. J, Sayer A. A. Proprioception: where are we now? A commentary on clinical assessment, changes across the life course, functional implications and future interventions. *Age Ageing* 2013; 43:313–318.
55. Söderman K., Werner S., Pietilä T., Engstrom A., Alfredson H. Balance board training prevention of traumatic injuries of the lower extremities in female soccer players?. *A*

- prospective randomised intervention study. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy* 2000; 38:356-363.
56. Verhagen E., Van der Beek A., Twisk J., Bouter A., Bahr R., Van Mechelen W. The effect of a proprioceptive balance board training program for the prevention of ankle sprains a prospective controlled trial. *The American journal of sports medicine* 2004; 32(6):1385-1393.
 57. Viladot A., Lorenzo J.C., Salazar J., Rodriguez A. The subtalar joint: embryology and morphology. *Foot Ankle*. 1984; 5:54–66.
 58. Willems T., Witvrouw E., Verstuyft J., Vaes P., De Clercq D. Proprioception and Muscle Strength in Subjects With a History of Ankle Sprains and Chronic Instability. *J. Athl Train*. 2002; 37:487-493.
 59. Wu X., Song W., Zheng C., Zhou S., Bai S. Morphological study of mechanoreceptors in collateral ligaments of the ankle joint. *Journal of orthopaedic surgery and research* 2015; 10(1):1.
 60. You S.H., Granata K.P., Bunker L.K. Effects of circumferential ankle pressure on ankle proprioception, stiffness, and postural stability: a preliminary investigation. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 2004; 34(8):449-460.
 61. Zouita A.B.M., Majdoub O., Ferchichi H., Grandy K., Dziri C., Salah F.B. The effect of 8-weeks proprioceptive exercise program in postural sway and isokinetic strength of ankle sprains of Tunisian athletes. *Annals of physical and rehabilitation medicine* 2013; 56(9):634-643.

SUMMARY

The effect of proprioceptive exercises for preventing ankle sprains in athletes

Ankle sprains are one of the most common injuries in sports, especially in sports such as football, basketball and volleyball. Athletes who suffer from an ankle sprains are more likely to reinjure the same ankle, which is believed to be the result of impaired proprioception. In this case, proprioceptive training as a preventive method is suggested to restore and improve these deficits with a view to avoid recurrent sprains and the arising instability of the ankle. The purpose of this review was to investigate whether proprioceptive exercises are effective for reducing ankle sprains among football, basketball and volleyball players.

Overall results indicated that proprioceptive training reduces the risk of sustaining an ankle sprain among these players, especially for those with a history of ankle injury. The effectiveness of this training method for players without previous ankle injury was found to be inconclusive and needs further research. Based on these results it can be concluded that we might not be looking at a primary preventive effect of the training method but rather at a rehabilitative effect.

There was little consensus in the scientific literature on ankle injury risk factors, particularly with factors which might be related with proprioception and which factors can be affected with proprioceptive training, thereby decreasing the risk of recurrent injuries. Inconsistency in these subjects may be due to the multifaceted concept of proprioception, therefore it can be interpreted differently, also there is no single comprehensive and optimized proprioception measurement method.

More clarity was found on the internal and external factors affecting proprioception. Aging and exercise-induced fatigue seemed to have negative effect on proprioceptive sense and could potentially increase the risk of ankle injury. On the other hand, warm-up and regular physical activity had positive impact. These results contribute to a better understanding of the emergence and mechanism of ankle injury.

Although researchers agreed that proprioceptive exercise programmes are effective for reducing the recurrence rate of ankle injuries in athletes, there were vague explanations of this phenomenon. Further research is necessary.

Mina Frederik Ross (09.12.1991)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Propriotseptiivsete harjutuste mõju hüppeliigese nikastuste ennetamisel sportlastel, mille juhendaja on Jaan Ereline,

1.1.reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas, digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2.üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus 09.05.2016