

Opinnäytetyö (AMK)

Fysioterapeuttikoulutus

2023

Nea Mikkola, Juho Kurri & Sara Soininen

# TE3 -liikkuvuusanalyysi ennen ja jälkeen urheilijan voimaharjoituksen

Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Fysioterapian koulutusohjelma

Kevät 2023 | 45 sivua

Nea Mikkola, Juho Kurri & Sara Soininen

## TE3 -liikkuvuusanalyysi ennen ja jälkeen urheilijan voimaharjoituksen

Voima ja liikkuvuus ovat urheilijalle tärkeitä fyysisiä ominaisuuksia, joita harjoitetaan usein erillään toisistaan. Opinnäytetyön toimeksiantajana on terveysteknologiayritys TE3 Mobility. Opinnäytetyön tarkoituksena oli havainnoida, tapahtuuko urheilijoiden liikkuvuusmittaustuloksissa muutoksia voimaharjoituksen aikana, sekä pohtia toteutuneen voimaharjoituksen sisällön merkitystä liikkuvuuden näkökulmasta.

Kohderyhmänä oli viiden eri urheilulajin edustajat, jotka toteuttivat omaan harjoitusohjelmaan kuuluvan voimaharjoituksen. Opinnäytetyö toteutettiin tapaustutkimuksena, jossa aineistoa kerättiin TE3 -älykeppiä ja -liikkuvuusanalyysiä hyödyntäen, sekä havainnoiden urheilijoiden suoritustekniikkaa ja harjoituksen sisältöä. Suurin osa muutoksista alku- ja loppumittausten välillä eivät olleet merkittäviä. Tässä tutkimuksessa voimaharjoittelu kuitenkin laski keskimääräisesti liikkuvuusmittausten tuloksia, mutta tasasi puolieroja. Selkeää yhteyttä harjoitusohjelman sisällöllä ja liikkuvuusmittaustuloksilla ei ollut havaittavissa eikä johtopäätöksiä voida tehdä tapaustutkimuksen luonteen takia.

Asiasanat:

Fysioterapia, liikkuvuus, voimaharjoittelu, puolierot, TE3 -Älykeppi

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Degree programme in Physiotherapy

Spring 2023 | 45 pages

Nea Mikkola, Juho Kurri & Sara Soininen

## TE3 mobility analysis before and after the athlete's strength training

Strength and mobility are important physical qualities for an athlete, which are often practiced separately from each other. This thesis was commissioned by a health technology company TE3 Mobility. The purpose of the thesis was to observe whether changes occur in the mobility measurement results of athletes during strength training, as well as to consider the importance of the content of the realized strength training from the perspective of mobility.

The target group was representatives of five different sports, who carried out a strength training session from their training program. The thesis was done as a case study, where the data was collected with initial and final measurements using the TE3 smart cane and mobility analysis. In addition, data was collected by observing the athletes' performance technique and the content of the exercise. Most of the changes between the initial and final measurements were not significant. In this study however, strength training decreased the results of the mobility measurements on average but equalized the imbalances. A clear connection between the content of the exercise program and the mobility measurements results was not detected, neither conclusions can be drawn due to the nature of the case study.

Keywords:

Physiotherapy, mobility, strength training, imbalances, TE3 Mobility Stick

# Sisältö

<b>1 Johdanto</b>	<b>6</b>
<b>2 Liikkuvuus</b>	<b>8</b>
2.1 Urheilijan liikkuvuusharjoittelu	9
2.2 Loppuverryttely	11
2.3 Liikerajoitusten kehittyminen	11
<b>3 Voimaharjoittelu</b>	<b>13</b>
3.1 Voimaharjoittelun vaikutus liikkuvuuteen	13
3.2 Voimaharjoituksen ohjelmoinnin merkitys	15
<b>4 TE3</b>	<b>17</b>
<b>5 Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoite</b>	<b>19</b>
<b>6 Opinnäytetyön toteutus</b>	<b>20</b>
6.1 Tutkimusmenetelmät	21
6.2 Tutkimuksen vaiheet ja aineiston hankinta	21
6.3 Aineiston analysointi	23
<b>7 Voimaharjoituksen sisällön ja suorituksen havainnointi sekä liikkuvuusmittausten tulokset</b>	<b>25</b>
7.1 Urheilija 1	25
7.2 Urheilija 2	28
7.3 Urheilija 3	30
7.4 Urheilija 4	32
7.5 Urheilija 5	35
<b>8 Yhteenveto</b>	<b>38</b>
8.1 Tulosten pohdinta	39
8.2 Opinnäytetyön eettisyys ja luotettavuus	40
8.3 Jatkotutkimusaiheet	42
<b>Lähteet</b>	<b>43</b>

## **Kuvat**

Kuva 1. TE3 –liikkuvuusanalyysin välineistönä TE3-älykeppi sekä mobiililaite, jossa TE3-sovellus.	18
---	----

## **Kuviot**

Kuvio 1. Voimaharjoittelun havainnointirunko.	23
---	----

## **Taulukot**

Taulukko 1. Liikkuvuusmittausten tulokset (Urheilija 1).	26
Taulukko 2. Liikkuvuusmittausten tulokset (Urheilija 2).	29
Taulukko 3. Liikkuvuusmittausten tulokset (Urheilija 3).	31
Taulukko 4. Liikkuvuusmittausten tulokset (Urheilija 4).	33
Taulukko 5. Liikkuvuusmittausten tulokset (Urheilija 5).	35

## 1 Johdanto

Riittävä liikkuvuus mahdollistaa urheilijalle tehokkaan harjoittelun, parantaa suoritustekniikkaa sekä edesauttaa pitkää ja tervettä urheilu-uraa ennaltaehkäisemällä vammojen syntymistä (Mero ym. 2004, 447). On siis sanomattakin selvää, että tästä ominaisuudesta on pidettävä huolta, ja sitä tulee kehittää sekä ylläpitää lajispesifisesti oikeanlaisella harjoittelulla. Liikkuvuus- ja voimaharjoittelu käsitetään usein erillisinä teemoina, vaikka lihasvoimaa tarvitaan välttämättömänä osana kaikkea aktiivista liikettä. Aktiivisesta liikkuvuudesta puhutaan silloin, kun ihminen tuottaa liikkeen omilla lihaksilla ilman ulkoista voimaa (Kauranen 2017, 594). Kaikissa urheilulajeissa lajinomaiset suoritukset tapahtuvat liikkeessä, joten urheilijan kyky käyttää laajoja liikeratoja oman aktiivisen lihastyön tuottamana, palvelee myös tehokkaita urheilusuituksia. Lisäksi hyvä liikkuvuus, lajin vaatimukset huomioiden, ennaltaehkäisee epätaloudellisia liikemalleja ja parantaa esimerkiksi voimaharjoittelun suoritustekniikkaa. (Terve Urheilija n.d.)

Venyttely korostuu usein liikkuvuusharjoittelusta puhuttaessa, mutta uusin tutkimustieto on havainnut myös voimaharjoittelulla olevan positiivisia vaikutuksia liikkuvuuden kehittymiseen (Afonso ym. 2021). Liikkuvuuden kehittyminen vaatii lihakselta satoja toistoja useampana kertana viikossa, joten liikkuvuutta kehittäviä harjoitteita on hyvä sisällyttää urheilijan jokaiseen harjoitukseen ja eri harjoittelun osa-alueisiin, jotta toistomääriä saadaan riittävästi viikkotasolla. Alkulämmittelyn yhteyteen sopivat dynaamiset liikkuvuusliikkeet, sillä ne parantavat lihaksen kykyä reagoida venytykseen, mutta myös voimaharjoittelun sisällöllä voidaan kehittää liikkuvuusominaisuuksia. Voimaharjoittelu on liikkuvuutta kehittävää silloin, kun harjoitteet tehdään laajoilla liikeradoilla. (Terve Urheilija n.d.)

Opinnäytetyössä hyödynnämme TE3 -liikkuvuusanalyysia tutkiessamme viiden eri urheilulajin edustajan voimaharjoituksen aikana tapahtuvia muutoksia lihasten venyvyydessä. Pohdimme lisäksi harjoittelun ohjelmoinnin, harjoituksen

sisällön sekä urheilijan teknisen suorittamisen vaikutusta liikkuvuusmittaustuloksiin ja mahdollisiin puolieroihin.

## 2 Liikkuvuus

Liikkuvuudella tarkoitetaan kehon yhden tai useamman nivelen suurinta mahdollista liikelaajuutta. Rakenteen tasolla siihen vaikuttavat muun muassa nivelen luiset rakenteet ja rusto sekä nivelen ylittävien lihasten ja jänteiden elastisuus eli venyvyys. (Suni & Taulaniemi 2012, 129.) Lihasten venyvyys ja nivelten liikkuvuus ovat ominaisuuksia, joihin vaikuttavat perimän lisäksi ikä, sukupuoli ja liikuntatottumukset. Oikeanlaisella harjoittelulla voidaan kuitenkin myös näitä ominaisuuksia kehittää. (Pihlman ym. 2020, 37.)

Nivelen liikelaajuus, ROM eli range of motion, voidaan jakaa aktiiviseen (AROM, active range of motion) ja passiiviseen (PROM, passive range of motion) liikkuvuuteen. Aktiivinen liikkuvuus tarkoittaa nimensä mukaisesti aktiivisesti kyseisen nivelen yli kulkevien lihasten supistuessa tuotettua liikettä. Passiivinen liikelaajuus saavutetaan venyttämällä niveltä vielä aktiivisen liikealueen maksimiliikelaajuuden yli jonkin ulkoisen voiman ansiosta. (Ylinen 2010.) Tällöin puhutaan myös lihaksen venyvyydestä, jonka kasvu näkyy suurentuneena liikelaajuutena (Suni & Taulaniemi 2012, 130).

Lihassenvenyvyydellä tarkoitetaan lihaksen ja jänteen elastisen sidekudoksen venyvyyttä (Saari ym. 2009, 37). Sidekudoksen tarkoitus on pitää kahta rakennetta paikoillaan. Sidekudoksen ominaisuudet riippuvat sen lujuudesta, elastisuudesta, venyvyydestä ja uusiutumiskyvystä. Sidekudos vahvistuu venytyksestä ja uusiutuu riittävän rasituksen myötä, mutta sietokyvyn ylittyessä se repeää. (Pihlman ym. 2020, 34–35.)

Riittäväällä liikkuvuusharjoittelulla voidaan parantaa lihaksen ja jänteen elastisuutta (Saari ym. 2009, 37). Tämä perustuu ennen kaikkea hermostollisiin muutoksiin. Näitä muutoksia ovat esimerkiksi kudoksen parantunut venytyksen sieto. Venytyksen sietokyvyn parantuminen tarkoittaa sitä, että lihas sopeutuu venytykseen hermoston reaktiivisuuden samalla vähentyessä, jonka vuoksi lihastonus, eli lihaksen perusjänteys, alenee ja liikelaajuus (ROM) kasvaa. (Pihlman ym. 2020, 36.)



## 2.1 Urheilijan liikkuvuusharjoittelu

Sujuva liikkuminen edellyttää riittävää liikkuvuutta. Päivittäiset toiminnot vaativat fysiologisesti normaalia terveiden nivelten liikelaajuutta, mutta eri urheilulajeissa on myös omia lajikohtaisia vaatimuksia, jotka voivat edellyttää esimerkiksi normaalia suurempaa liikkuvuutta, kuten esimerkiksi telinevoimistelussa tai taitoluistelussa. (Suni & Taulaniemi 2012, 133.) Lajikohtaiset liikkuvuusvaatimukset määräytyvät urheilulajin lajianalyysin pohjalta. Liikkuvuutta kannattaa harjoittaa näitä lajin vaatimia liikemalleja hyödyntäen, mutta tasapainoisen sekä monipuolisen liikkumisen kannalta voidaan suositella tekemään liikkuvuusharjoitteita myös ei-lajinomaisiin suuntiin.

Hyvällä liikkuvuudella on positiivinen vaikutus urheilijan suorituskyykyyn, sillä liikkuvuus on merkittävä lihaksen voimantuottoon vaikuttaja tekijä. Hyvä liikkuvuus antaa lihakselle lisää pituutta ja vipuvartta toimia, jolloin lihas pystyy myös tuottamaan suuremman työn verrattuna pienempään liikerataan (Ylinen 2010, 30.) Liikkuvuus on oleellinen osa myös liikkeen taloudellisuutta, sillä hyvä liikkuvuus mahdollistaa laajojen liikeratojen hyödyntämisen niin, että ympäröivistä kudoksista tulee mahdollisimman pieni vastus (Mero ym. 2016, 313). Hyvä liikkuvuus antaa siis pohjaa urheilijalle harjoitella tehokkaasti ja voi ennaltaehkäistä tuki- ja liikuntaelimestön vammojen syntyä (Mero ym. 2004, 447).

Liikkuvuutta voidaan kehittää monin eri menetelmin. Liikkuvuus- ja venyttelytekniikoita ovat muun muassa toiminnallinen liikkuvuusharjoittelu, staattinen venyttely, ballistinen eli pumpppaava venyttely, jännitys-rentoutus-menetelmät ja neuraalikudoksen mobilisointi. (Terve Urheilija n.d.) Venyttely voidaan jaotella aktiiviseen ja passiiviseen venyttelyyn. Aktiivisessa venyttelyssä henkilö itse aktiivisesti suorittaa venytysliikkeen supistamalla myötävaikuttajalihaksia, jolloin liike tapahtuu normaalilla aktiivisella liikealueella. Tällaisen venyttelyn tarkoitus on ylläpitää tai lisätä aktiivista liikerataa. Passiivinen eli staattinen venyttely sen sijaan tarkoittaa, että lihakseen kohdistetaan ulkoinen venyttävä voima. (Ylinen 2010, 74.)

Alkulämmittelyyn suositellaan sisällyttävän dynaamista lämmittelyä, joka sisältää liikkuvia, lyhytkestoisia venytyksiä, jotka suoritetaan kehon nivelten maksimiliikelaajuuksilla. Lyhyet venytykset vaikuttavat positiivisesti harjoitukseen, sen sijaan pitkät staattiset venytykset voivat vaikuttaa heikentävästi esimerkiksi voimantuottoon ja nopeuteen. Dynaaminen lämmittely saa lisäksi kehon lämpötilan nousemaan sekä parantaa säännöllisesti tehtynä myös yleistä kehonhallintaa. (Mäennena ym. 2019, 191–199.)

Liikkuvuutta voidaan kehittää myös voimaharjoittelulla pitkällä aikavälillä tapahtuvalla säännöllisellä harjoittelulla. Yleinen uskomus on, että voimaharjoittelu lisää lihasjäykkyyttä. Akuutti kuormitus kuitenkin aiheuttaa vain ohimenevää tulehdusreaktioperäistä lihasjäykkyyttä ja liikerajoitusta. (Ylinen 2010, 21.) Aiheesta on myös tehty tutkimuksia, joiden tarkoituksena on ollut verrata voimaharjoittelun ja venyttelyn aiheuttamia muutoksia nivelten liikelaajuuteen (ROM). Tuloksista voidaan päätellä, että sekä voimaharjoittelu, että venyttely parantavat ROM:ia, mutta voimaharjoittelun ja venyttelyn välisissä tuloksissa ei ole merkittäviä eroja. (Afonso ym. 2021; Morton ym. 2011.) Voimaharjoittelu tulee kuitenkin toteuttaa laajoilla liikeradoilla, jotta sillä on liikkuvuutta lisäävä vaikutus (Morton ym. 2011). Sarjojen määrällä ei näyttäisi olevan merkittävää vaikutusta liikkuvuuden lisääntymisessä, jos harjoite toistetaan 8–12 kertaa liikkeen epäonnistumiseen saakka (Leite ym. 2017).

Urheiluvalmennuksessa on havaittu, että useilla urheilijoilla on puutteita hallitussa liikkuvuudessa. Voimaa ja hallintaa ei tule unohtaa, sillä ne ovat yhtä tärkeitä ominaisuuksia liikkuvuuden ohella. (Pihlman ym. 2020, 86.) Myös tämän takia on perusteltua kannustaa urheilijoita kehittämään liikkuvuutta esimerkiksi aktiivisilla liikkuvuusliikkeillä tai voimaharjoittelulla, jolloin saadaan kehitettyä samalla myös muita ominaisuuksia, sekä hyödyttyä ajankäytöllisesti.

## 2.2 Loppuverryttely

Loppuverryttely tai jäähdyttely jaetaan karkeasti aktiivisiin ja passiivisiin muotoihin, joilla pyritään edistämään palautumista harjoituksen jälkeen. Erityisesti venyttelyllä uskotaan olevan vaikutusta viivästyneen lihaskivun lieventämisessä, vammautumisriskin alentamisessa ja liikeradan lisäyksessä. (Mäennena ym. 2019, 201–205.) Loppuverryttelyllä ei näytä olevan fysiologisesti edistävää vaikutusta voimatasojen palautumiseen, vammautumisriskin alentamiseen eikä viivästyneeseen lihaskipuun, mutta ei myöskään hidastavaa (Afonso ym. 2021). Harjoituksen jälkeinen liikkuvuusharjoittelu saattaa lisätä liikkuvuutta (Hooren & Peake 2018).

## 2.3 Liikerajoitusten kehittyminen

Liikkuvuus voi vähentyä monen eri tekijän vuoksi. Näitä tekijöitä ovat esimerkiksi liikkumattomuus, toistuva voimakas kuormittaminen lyhyellä liikelaajuudella, erilaiset vammat kuten venähdykset, leikkaus, tulehdussairaus sekä ikä. Liikkuvuuden vähentyminen saattaa aiheuttaa erilaisia tuki- ja liikuntaelimistön ongelmia. Lihaksen lyhentymisen rajoittaa liikettä, erityisesti virheellisten liikeratojen mahdollisuus lisääntyä lihaksen lyhentyessä. Virheelliset liikeradat toiminnassa voivat poikkeavan kuormituksen vuoksi aiheuttaa erilaisia raskautuskiputiloja ja tulehduksia (Ylinen 2010, 8). Lisäksi lihaskalvojen kireys voi olla lihasmassan kasvun esteenä, sillä lihaksella ei ole tarpeeksi tilaa kasvaa (Aalto 2015, 70).

Liiallinen virhekuormittaminen voi aiheuttaa liikkuvuuteen rajoituksia, jos kuormitusta on liikaa, liian vähän tai kuormitus on yksipuolista. Liikerajoitus voi olla lihaksien, lihas-jänne liitoksien, lihasta ympäröivien kalvorakenteiden tai nivelsiteiden/-kapseleiden jäykkyydestä aiheutuvaa. (Saari ym. 2009, 38.) Liikerajoitukset johtuvat siitä, että vajaata liikerataa toistetaan suurimman osasta aikaa (Pihlman ym. 2020). Eli toisin sanoen lihaksen käyttämättömyys alkaa rajoittamaan liikkuvuutta lihaksen lyhentyessä, jolloin se alkaa poistamaan lihaksesta palasia eli sarkomeereja (Aalto 2015, 329).

Kun kudoksissa on jäykkyyttä, se saa aikaan vastusta, joka rajoittaa liikkuvuutta. Nämä liikkuvuusrajoitukset johtavat helposti kompensatioihin, joilla tarkoitetaan sitä, että liikemalli häiriintyy liikeketjun muissa osissa. Kun liikemalli häiriintyy, myös suorituspuhtaus kärsii. (Pasanen 2016.)

Opinnäytetyössä kiinnitetään huomiota voimaharjoittelun aikaan saaviin muutoksiin lihaksen venyvyydessä, joka näkyy muutoksina nivelten liikelaajuuksissa. Erityisesti ollaan kiinnostuneita seuraamaan liikkeen laatua, joka voi olla selittävänä tekijänä liikkuvuusmittauksien lopputuloksiin.

### 3 Voimaharjoittelu

Poikkijuovaisen lihaskudoksen tietoisesti toteutettua harjoittelua erilaisten lihaskuntoharjoitteiden avulla kutsutaan voimaharjoitteluksi. Harjoittelulla pyritään ylikuormittamaan lihaskudosta tekemällä lihassupistusta vaativia vastustettuja toistoja. Näin saadaan kasvatettua lihaksen voimaa, voimantuottonopeutta, kestävyyttä tai sen kokoa. Lihaskuntoharjoitteet voidaan tehdä ulkoisilla painoilla tai kehon omalla painolla. (Kauranen 2014, 378–408.) Voimaharjoittelua tulee toteuttaa säännöllisesti, annostelu sekä ohjelmointi yksilöllisesti suunnitellusti, jotta harjoittelu on kehittävä ja tavoitteiden mukaista. Voiman eri lajeja ovat kestovoima, maksimivoima ja nopeusvoima, joilla jokaisella vaikutetaan eri ominaisuuden kehittymiseen. (Suni & Taulaniemi 2012, 191–197.)

#### 3.1 Voimaharjoittelun vaikutus liikkuvuuteen

Kuten aiemmin totesimme, voimaharjoittelu laadukkaasti toteutettuna tukee nivelten liikkuvuutta. Pääosin tämä perustuu lihastasolla lihaspituuden lisääntymiseen, jolloin myös liikelaajuus kasvaa (Seynnes ym. 2007). Lihaspituuden lisääntyminen selittyy lihaksen sarkomeerien määrän lisääntymisellä (Aalto 2015, 329). Lisäksi täydellä liikelaajuudella toteutetut voimaharjoitukset saavat venyttelyn tavoin aikaan hermostollisia muutoksia, jotka lisäävät kudoksien venytyksen sietokykyä (Pihlman ym. 2020, 36).

Täydellä liikelaajuudella tarkoitetaan pitkien lihaspituuksien käyttämistä, jossa lihas joutuu sietämään venytystä. Etenkin voimaharjoittelu, jossa korostuu eksentrisen työvaihe, tuottaa lihaksiin voimakkaan venytyksen tunteen, sillä siinä lihaksen kiinnityspisteet kulkevat kauemmas toisistaan ja lihassäikeiden pituus kasvaa. Konsentrisessä työvaiheessa lihaksen kiinnityspisteet tulevat lähemmäs toisiaan ja isometrisessä lihastyössä lihaspituus ja nivelkulma pysyvät lähes muuttumattomina. (Mäennenä ym. 2019, 324.) Yksittäisestä

toistosta voidaan erottaa kaikki kolme eri työvaihetta eli lihastyötapaa (Aalto ym. 2015, 69).

Lihaskuntoharjoittelua tulee harjoittaa niillä nivelkulmilla ja lihaksen liikeradan kohdilla, joihin halutaan vaikuttaa. Spesifisyysperiaate ohjaa sekä hermostollisia sekä lihaskudoksen rakenteellisia muutoksia. (Kauranen 2014, 382.) Kun liike suoritetaan äärivenytyksestä ja päädytään maksimaaliseen supistukseen, harjoitellaan täysillä liikeradoilla. Tämä edistää lihasten ja lihaskalvojen liikkuvuutta, sillä laajan venymis-lyhenemissyklin ansiosta myös lihasten aineenvaihdunta pysyy vilkkaampana. (Aalto 2015, 69–70.) Lisäksi liikkeestä tulee helpompaa ja alttius lihas- sekä jännevammoille vähenee, kun ihminen saa kyvyn viedä liikettä pidemmälle liikelaajuuden lisääntyessä (Walker 2014, 40).

Valamatos ym. (2018) esittää tutkimuksessaan, että lihaksessa tapahtuvat muutokset ovat riippuvaisia voimaharjoittelussa käytetystä ROM:ista ja nimenomaan suuremmalla liikelaajuudella tehdyillä harjoitteilla on vaikutus lihasten venyvyysominaisuuksien parantumiseen. Pienemmällä ROM:illa tehdyillä harjoitteilla on puolestaan enemmän vaikutusta muihin lihaksen ominaisuuksiin. Myös Simáo ym. (2011) on tutkinut voima- ja venyttelyharjoittelun vaikutusta lihasvenyvyyteen ja esittää tutkimuksessaan, että voimaharjoittelulla voidaan edistää ja ylläpitää venyvyyttä ilman lisävenyttelyä. Samassa tutkimuksessa todetaan myös, että voima- ja venyttelyharjoittelua voidaan määrätä yhdessä optimoimaan venyvyyttä. Myös Nakamuran ym. (2021) tutkimuksessa huomattiin voimaharjoittelun ja venyttelyn yhdistämisellä olevan parempia tuloksia liikkuvuuden parantumiseksi kuin pelkällä voimaharjoittelulla.

Vastuksen kanssa tehdyssä voimaharjoittelussa ulkoinen kuorma lisää ennestään lihakseen kohdistuvaa venytystä, jolloin erityisen tärkeää on keskittyä myös suorituspuhtauteen ja liikkeen laatuun, jotta turvallinen ja kehittävä harjoittelu on mahdollista. Heikommalla suoritustekniikalla tehdyissä liikkeissä on suurempi mahdollisuus siihen, että urheilija loukkaa itsensä, mutta myös siihen, että suoritusten vaikuttavuus kärsii. (Mäennena ym. 2019, 30–31.)

Ääriliikeradoilla harjoitellessa harjoitteet saavat tuntua epämukavilta, mutta kivun ei tule olla liian voimakasta tai sellaista, että liikehallinta tai voima kärsii (Pihlman ym. 2020, 133).

Yleisesti venyttelyn ja voimaharjoittelun tuomat vaikutukset nivelliikkuvuuden lisääntymiseksi eivät siis eroa toisistaan merkittävästi lyhyellä tai pitkällä aikavälillä. Enemmän aikaa vievät harjoituskerrat voivat haitata yksilön sitoutumista pidempiaikaiseen ja säännölliseen harjoitteluun. Tästä syystä on hyvä huomioida liikkuvuuden kehittäminen ja voimaharjoittelun yhdistäminen ohjelmoinnissa, jolloin harjoituskerroista saadaan ajallisesti tehokkaampia. (Afonso ym. 2021.)

Kuten aiemmin totesimme, liikerajoituksia voi syntyä, kun harjoittelua tehdään liian pitkään vajailla liikeradoilla. Liikerajoitusten kehittyminen voi johtaa siten myös puolieroihin, joita järkevällä voimaharjoittelun ohjelmoinnilla voidaan ennaltaehkäistä tai korjata.

### 3.2 Voimaharjoituksen ohjelmoinnin merkitys

Urheilijan voimaharjoitteluohjelman sisällöllä on suuri merkitys myös urheilijan liikkuvuuteen, puolieroihin ja lihastasapainoon. Liikevalinnat toimivat harjoitusohjelman runkona. On tärkeää, että harjoitusohjelmassa on edustettuna kaikkia perusliikemalleja. Perusliikemalleja ovat kyykyt, lannesarana –liikkeet ja vedot sekä työnnöt ja vaaka- ja pystysuunnassa. Näillä mahdollistetaan hyvä harjoitusvaikutus ja progressiivinen harjoittelu käytössä olevien liikevariaatioiden ansiosta, joissa haastavuustaso sekä kuormitusaste lisääntyvät nousujohteisesti. (VK-kustannus 2019.)

Liikevalinnat määrittävät yksilön tarpeen ja lajispesifisyyden mukaan, mutta nyrkkisääntönä on, että harjoittelu perustuisi perusliikemalleja käyttävien ja vapailla painoilla tehtävien moninivelliikkeiden ympärille. Bilateraalisten, eli kahden jalan tai kahden käden liikkeiden lisäksi tulisi ohjelmointiin sisällyttää myös unilateraalisia, eli yhden jalan tai yhden käden, liikkeitä. (Mäennenä ym.

2019, 85–90.) Yleisimmät levytankoliikkeet ovat useimmiten bilateraalisia, kuten esimerkiksi takakyykky ja penkkipunnerrus. Edelleenkin useimmat harjoitusohjelmat rakentuvat raskaiden, bilateraalisten liikkeiden ympärille, mutta unilateraalisilla liikkeillä on perustellusti paikkansa harjoitusohjelmassa. (VK-kustannus 2019.) Gonzalo-Skok ja kumppanit (2016) myös totesivat tutkiessaan koripalloa pelaavien voimaharjoittelua, että vain unilateraaliset harjoitteet kavensivat puolieroja näillä urheilijoilla.

Unilateraalisten liikkeiden avulla voidaan havaita puolieroja ja tasata näitä. Puolierot voimaharjoitteissa voivat johtua epäsymmetrisestä liikkuvuudesta, pitkäaikaisesta virhekuormituksesta tai lihasepätasapainosta. (VK-kustannus 2019.) Raskasta maksimivoimaharjoitusta tehdessä perusliikemallit ja liikkeiden tekniikat täytyvät olla hyvin hallussa, jotta vältetään virhekuormitukselta. Puolierojen syntymistä voidaan myös ennaltaehkäistä säännöllisellä liikkuvuusharjoittelulla, unilateraalisilla tukiharjoitteilla, jotka edesauttavat hyvää lihastasapainoa sekä harjoittelemalla progressiivisesti liikevariaatiosta haastavampaan, jotta liiketekniikat omaksutaan ja opitaan varmasti. Myös alkulämmittelyyn, ja mahdollisesti myös loppuverryttelyyn, on hyvä sisällyttää liikeratoja avaavia dynaamisia liikkuvuusharjoitteita liikkuvuuden kehittämiseksi ja ylläpitämiseksi. Unilateraalisten liikkeiden avulla on mahdollista saada harjoitusvaste pienemmällä kuormalla, siirtovaikutusta raajojen sekä bilateraalisten liikkeiden välillä sekä hyödyntää bilateraalista vajetta. (VK-kustannus 2019.)



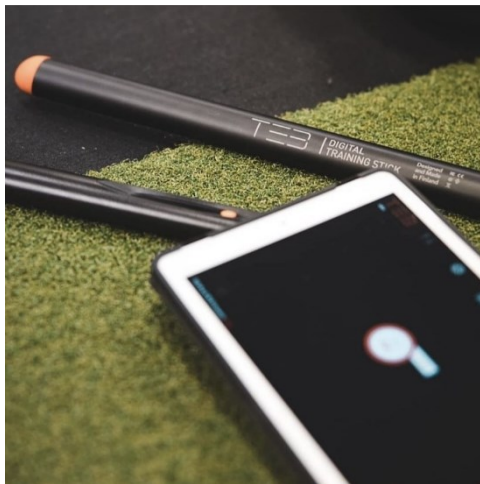
## 4 TE3

TE3 Mobility on suomalainen terveysteknologiayritys. Yritys on perustettu 2014, ja yrityksen tavoite on kehittää niin urheilijoiden kuin kuntoilijoiden suorituskykyä. TE3 -konseptin perustajia ovat Jarkko Kortelainen ja Ari Laakkonen. TE3 Mobility menetelmä perustuu älyteknologiaan, jota hyödyntäen voidaan optimoida kehon liikkuvuutta. TE3-älykepin avulla mitataan kehon liikeratoja, ja analysoidaan niiden vaikutuksia suorituskykyyn. TE3 Mobility tarjoaa tuotteita ja palveluja urheilijoille sekä kuntoilijan hyvinvoinnin tueksi. Se on erikoistunut suunnittelemaan ja toteuttamaan fysiikkavalmennusta niin yksilöille, joukkueille kuin seuroille. Fysiikkavalmennus on tuloksellista ja motivoivaa. Eri lajit ja niiden erityispiirteet on huomioitu näissä urheilijoille suunnatuissa harjoituskokonaisuuksissa. Valmennuskokonaisuudet kehittävät monipuolisesti eri ominaisuuksia. Niiden avulla pystyt kehittämään liikkuvuuttasi, kasvattamaan räjähtävyyttäsi, lisäämään voimantuottoa, parantamaan kestävyyttäsi, nopeuttamaan palautumistasi sekä ehkäisemään loukkaantumisia. Harjoitusohjelmat huomioivat yksilölliset liikkuvuusmittauksen tulokset sisällössään. Myös arkiliikkujat on huomioitu heille kohdennetuin tuottein. (TE3 Mobility 2022.)

TE3 -älykepin avulla voidaan mitata kehon liikelaajuuksia. Liikkuvuusanalyysi sisältää 13 eri liikettä. Liikkeiden avulla kartoitetaan rintarangan rotaatiosuuntaista liikkuvuutta, selkärangan lateraalifleksiosuuntaista liikkuvuutta, nilkkanivelen dorsaalifleksiosuuntaista liikkuvuutta, olkanivelen fleksiosuuntaista liikkuvuutta ja olkanivelen ja lonkanivelen sisä- ja ulkorotaatiosuuntaista liikkuvuutta, sekä pohkeiden, reiden etu- sekä tasaosan lihaksien, lähentäjäliahasten ja lonkankoukistajalihasten venyvyyttä. TE3 -älykeppi antaa tulokset asteen tarkkuudella. Analyysin tuloksista lasketaan kehon puolieroja ja saatuja mittaustuloksia verrataan viitearvoihin. Näiden kaikkien pohjalta henkilölle ohjataan korjaavia harjoitteita, joiden avulla voidaan

kehittää liikkuvuutta, tasata puolieroja tai kehittää hallintaa vahvistavilla harjoitteilla. (TE3 Mobility 2022.)

TE3 -älykeppi on helppokäyttöinen ja helposti liikuteltava mittausväline liikkuvuuden ja puolierojen kartoittamiseen, jonka takia halusimme hyödyntää kyseistä mittaria opinnäytetyössämme. Olimme kiinnostuneita näkemään, kuinka mittari soveltuu tutkimusvälineeksi, sekä samalla arvioimaan, kuinka laitteen käytettävyyttä voitaisiin hyödyntää fysioterapeutin työnkuva huomioiden. 13 liikkeen TE3 -liikkuvuusanalyysi on motivoiva tapa lisätä niin urheilijan kuin kuntoilijan halua kehittää omaa liikkuvuuttaan yhä paremmaksi. Valmis liikkuvuusanalyysi, sisäänrakennetun palautejärjestelmän avulla, on selkeä niin urheilijalle kuin ammattilaiselle tulosten tulkintaan, ja siksi hyödynsimme sitä myös opinnäytetyössämme.



Kuva 1. TE3 –liikkuvuusanalyysin välineistönä TE3-älykeppi sekä mobiililaite, jossa TE3-sovellus.

## 5 Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoite

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on havainnoida tapaustutkimuksen avulla, tapahtuuko viiden eri urheilijan liikkuvuusmittauksentuloksissa muutoksia voimaharjoituksen aikana sekä pohtia voimaharjoituksen sisällön merkitystä liikkuvuuden näkökulmasta.

Opinnäytetyön tavoitteena on saada tietoa siitä, miten voimaharjoittelu vaikuttaa nivelten liikkuvuuteen ja lihasvenyvyyteen. Haluamme kannustaa kiinnittämään entistä enemmän huomiota voimaharjoittelun ohjelmointiin, ja korostaa myös voimaharjoittelua osana liikkuvuusharjoittelua.

Tutkimuskysymykset:

1. Miten voimaharjoitus vaikuttaa liikkuvuusmittausten tuloksiin?
2. Mitä yhteyksiä voimaharjoituksen sisällöllä on mahdollisiin muutoksiin?

## 6 Opinnäytetyön toteutus

Opinnäytetyön toimeksiantajana on TE3 Mobilityn perustaja Jarkko Kortelainen. Opinnäytetyöprosessi aloitettiin tammikuussa 2022. Kevään aikana tietämystä syvennettiin ja kartoitettiin eri lähteitä voimaharjoittelu- ja liikkuvuusteemoista, jonka jälkeen lopullinen opinnäytetyön aihe muokkaantui. Kesän aikana teoriapohja alkoi muodostua ja syyskuussa opinnäytetyön suunnitelmavaihe esitettiin. Tutkimuksen aineiston keruu toteutettiin lokakuussa 2022.

Tutkimukseen valikoidut urheilijat olivat tavoitteellisesti harjoittelevia eri urheilulajien edustajia ja joilla oli vähintään vuoden voimaharjoittelutausta. Tavoitteena oli saada mahdollisimman heterogeeninen joukko urheilijoita tutkittavaksi. Tämä tutkimusasetelma mahdollisti erilaisten syy-seuraussuhteiden havaitsemisen yksilöllisten erojen takia. Koehenkilöiden iällä tai sukupuolella ei ollut väliä, ja he olivat perusterveitä henkilöitä, joilla ei tutkimushetkellä ollut suoritukseen vaikuttavia vammoja tai rajoitteita. Koehenkilöllä tuli olla oma voimaa kehittävä harjoitusohjelma, josta hän itse sai valita tutkimuksessa suoritettavan voimaharjoituksen. Harjoituksen intensiteetillä, volyymillä, frekvenssillä, tai lihastyön muodolla ei ollut väliä.

Aineiston keruu aloitettiin sopimalla koehenkilöiden kanssa päivät, jolloin tutkimus toteutettaisiin. Mittaus- ja harjoitusympäristönä toimi Valmennusstudio Fysic, josta saimme myös lainaan TE3 -älykepin. Tutkittavilta pyydettiin kirjallinen suostumus tutkimukseen osallistumiseen ja tutkimuksen toteutuksesta informoitiin tarkemmin kirjallisessa tietosuojailmoituksessa.

Sama, koulutuksen omaava mittaaja, suoritti jokaiselle koehenkilölle liikkuvuusmittauksen. Jokainen osallistui havainnointiin ja tulosten analysoimiseen. Voimaharjoituksen aikana koehenkilöiden suoritusta havainnoitiin, jonka jälkeen havainnoinnin tuloksia verrattiin keskenään, ja ne huomioitiin liikkuvuusanalyysien tuloksia analysoitaessa.

## 6.1 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyön tutkimusstrategia on tapaustutkimus. Tapaustutkimuksessa havainnoidaan ja kuvaillaan yksittäistä tapausta tai rajattua kokonaisuutta, ja sen pohjalta tehdään päätelmiä aiheeseen liittyen pyrkimättä yleistettävään tietoon. Yksittäisiä tapauksia pyritään kuvailemaan yksityiskohtaisesti ja mahdollisimman totuudenmukaisesti. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006.)

Tutkimuskohteena oli tässä tapauksessa viisi eri lajien urheilijaa. Analysoinnin kohteena olivat urheilijan voimaharjoituksen sisältö, urheilijan suoritustekniikka sekä liikkuvuusmittauksen tulokset. Erilaisten aineistonkeruumenetelmien yhdistäminen auttaa saamaan monipuolisemman, tarkemman ja kokonaisvaltaisemman kuvan tutkittavasta ilmiöstä (Vilkka 2021, 70). Siksi myös tässä tapaustutkimuksessa hyödynnettiin sekä kvantitatiivisia kuin kvalitatiivisiakin tiedonkeruumenetelmiä. Määrällistä aineistoa saatiin kerättyä TE3 -älykepin avulla liikkuvuusanalyysin pohjalta ja laadullista aineistoa kerättiin urheilijoita havainnoiden.

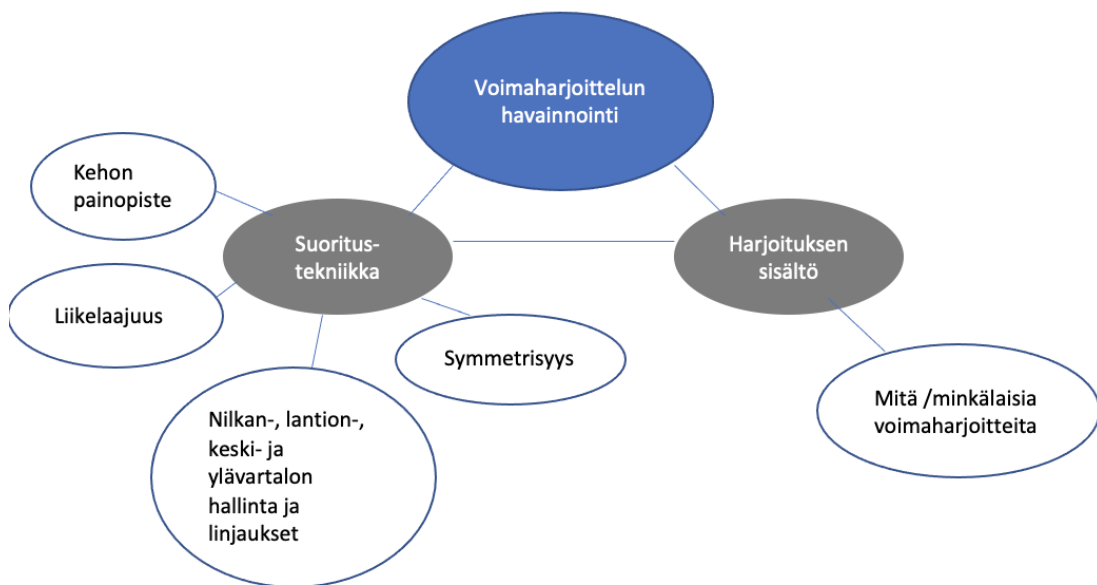
Tapaustutkimuksessa painottuvat yleensä laadullisen tutkimuksen menetelmät, sillä tapauksia halutaan ymmärtää mahdollisimman laajasti (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006). Havainnointi täydensi liikkuvuusanalyysin tuloksia ja mahdollisti sen, että saimme aineistoa pohtia, onko voimaharjoittelun ohjelmoinnilla ja harjoituksen sisällöllä sekä urheilijan suoritustekniikalla vaikutusta mahdollisiin alku- ja loppumittauksissa esiintyviin puolieroihin.

## 6.2 Tutkimuksen vaiheet ja aineiston hankinta

Tutkimusaineistoa kerättiin alku- ja loppumittauksin ennen ja jälkeen voimaharjoittelun TE3 -älykepin avulla. Opinnäytetyössä tarkasteltavat määrälliset muuttujat olivat TE3 älykepin avulla saadut asteluvut kehon liikelaajuuksista. Älykepillä mitattiin koko 13 liikkeen liikkuvuustestistö, joka

sisältää yhteensä 26 mittausta, kun oikea ja vasen puoli mitataan erikseen. Liikkuvuusmittaukset toteutettiin urheilijan aktiivisina liikkeinä ja toistomäärä jokaiselle mittaukselle oli yksi toisto kummallekin puolelle. Tällä pyritään siihen, että liikelaajuus ei lisäännä toistojen myötä. Mittaukset antoivat numeraalisesti analysoitavaa aineistoa, joka tallentui TE3-sovelluksen kautta tabletille ja mahdollisti välittömän mittaustulosten vertailun uusinta mittauksien kanssa.

Urheilija suoritti ensimmäisen liikkuvuusmittauksen jälkeen itselle ohjelmoidun voimaharjoituksen. Koska tapaustutkimuksessa pyritään tutkimaan kohteita niiden luonnollisessa ympäristössä (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006), on perusteltua, että urheilija toteutti juuri omaan harjoitusohjelmaansa sisältyvän voimaharjoituksen. Voimaharjoituksen aikana aineistoa kerättiin havainnoinnin avulla. Kohdistetussa havainnoinnissa keskitytään ennalta valikoituihin asioihin ja tapahtumiin (Vilka 2021, 190.) Havainnoinnin avulla pyrimme tarkastelemaan urheilijoiden suoritustekniikkaa, ja mitä harjoitteita urheilijat tekivät. Suoritustekniikasta havainnoimme etenkin nilkan-, lantion-, keski- ja ylävartalon hallintaa ja linjauksia, suorituksen liikelaajuutta, kehon painopisteen muutoksia ja liikkeiden symmetrisyyttä. (Kuvio 1.) Kolme henkilöä havainnoi urheilijan suoritustekniikkaa edestä, sivulta ja takaa. Myös voimaharjoituksen sisältö kirjattiin ylös, jotta voimme aineistoa analysoidessa pohtia sen merkitystä mahdollisiin muutoksiin alku- ja loppumittauksien välillä.



Kuvio 1. Voimaharjoittelun havainnointirunko.

Heti harjoituksen jälkeen liikkuvuusmittaukset suoritettiin uudestaan älykepillä. Mittaustilanne pyrittiin pitämään mahdollisimman samanlaisena kuin ensimmäisellä kerralla, joten mittaaja oli sama ja ohjeiden anto urheilijalle pyrittiin pitämään samankaltaisena kuin alkumittauksessa. Saatuja tuloksia verrattiin keskenään alku- ja loppumittauksen osalta.

### 6.3 Aineiston analysointi

Määrällisen tutkimusaineiston käsittelyvaiheessa liikkuvuusmittauksien tulokset koottiin erillisiin taulukoihin, jokaisen urheilijan osalta, sillä tarkoituksena oli analysoida jokaista tapausta erikseen ja urheilijakohtaisesti. Taulukoista nähdään alku- ja loppumittauksien tulokset ja mittaustulosten väliset muutokset oikean ja vasemman raajan sekä puolierojen suhteen.

Mittaustuloksia analysoimme hyödyntäen havainnoinnin avulla saatua aineistoa. Analysoinnin yhteydessä pohdimme voimaharjoituksen ohjelmoinnin sisältöä ja sen merkitystä liikkuvuuden näkökulmasta.



## **7 Voimaharjoituksen sisällön ja suorituksen havainnointi sekä liikkuvuusmittausten tulokset**

Seuraavissa kappaleissa käydään läpi urheilijakohtaiset liikkuvuusmittaustulokset, joiden yhteydessä pohditaan harjoitusten sisältöä sekä havainnoinnin tuloksia. TE3-sovellus arvioi tuloksen olevan merkittävä, jos liikkuvuusmittauksen tulos jää yli 5° viitearvosta tai jos puoliero on yli 5°. Käytimme samaa arviointimenetelmää urheilijoiden liikkuvuusmittaustuloksia analysoitaessa. Myös viitearvot perustuvat TE3-sovelluksesta saatuihin arvoihin.

### **7.1 Urheilija 1**

Urheilijana jalkapalloa harrastava henkilö. Kyseisen urheilijan voimaharjoitus koostui sekä unilateraalisista että bilateraalista perusvoimaharjoitteista, joilla saatiin kuormitettua koko kehoa monipuolisesti. Ennen voimaharjoittelua urheilija suoritti laajan sarjan erilaisia dynaamisia liikkuvuusharjoitteita sekä lisäksi vielä muutaman kevyen lihasvoimaharjoitteen lihasten aktivoinniksi ja lämmittelyksi. Harjoitteet etenivät bilateraalista unilateraaliin liikkeisiin siten, että aluksi urheilija teki levytankoa käyttäen romanialaista maastavetoa sekä lattiapenkkipunnerrusta, ja tämän jälkeen siirtyi käsipainoilla tekemään askelkyykkäkävelyä polven nostolla ja yhden käden kulmasoutua samalla tukeutuen toisella kädellään penkkiin. Lopuksi urheilija teki vielä etunojapidossa vartalon ja lonkan koukistusta rullaamalla palloa itseään kohti.

Romanialaisen maastavedon urheilija suoritti symmetrisesti pitäen levytangosta kiinni pronaatio-otteella ja vieden liikkeen venytykseen saakka.

Lattiapenkkipunnerruksessa olkanivel oli noin 45 asteen abduktiossa eikä tämänkään liikkeen suorituksen aikana ollut silmin havaittavissa puolieroja. Askelkyykkäkävelyssä ei ollut huomattavaa eroa raajojen välillä. Alaraajojen linjaukset olivat suorat, lantio ei pettänyt liikkeen aikana ja keskivartalon hallinta riitti myös pitämään ryhdin suorana. Liikkeen aikana urheilija ei näyttänyt vievän

nilkaniveltään venytykseen asti, mutta suoritti liikkeen kuitenkin täydellä liikeradalla vieden aina polvensa lattiaan kiinni saakka suhteellisen pitkällä askelvälillä. Yhden käden kulmasoutu pyrittiin suorittamaan täydellä liikeradalla viemällä olkanivel mahdollisimman suureen ekstensioon. Kulmasoutua tehdessä urheilija vältti tekemästä vartalollaan kiertoa helpottaakseen liikettä. Pallon rullauksen aikana liike suoritettiin täydellä liikeradalla siten, että se aloitettiin aina alaraajat suorina ja lopetettiin, kun polvet olivat mahdollisimman lähellä rintakehää. Liike sujui itsessään hallitusti, eikä puolieroja ollut havaittavissa.

Taulukko 1. Liikkuvuusmittausten tulokset (Urheilija 1).

Liike (viitearvo)	Alkumittaus vasen/oikea/puoliero	Loppumittaus vasen/oikea/puoliero	Muutos vasen/oikea/puoliero
Trunk Rotation (60 °)	60°/60°/0°	59°/59°/0°	-1°/ -1°/0 °
Trunk Side Bending (50°)	50°/54°/4°	55°/57°/2°	5°/3°/2°
Ankle Flexion (20°)	22°/21°/1°	19°/21°/2°	-3°/0°/-1°
Hip Flexion with Ankle Flexion (80°)	84°/82°/2°	82°/80°/2°	-2°/-2°/0°
Hip Flexion (80°)	86°/81°/5°	83°/84°/1°	-3°/3°/4°
Hip Abduction (45°)	43°/40°/3°	34°/26°/8°	-9°/-14°/-5°
Hip Extension 1 (10°)	10°/9°/1°	20°/18°/2°	10°/9°/-1°
Hip Extension 2 (80°)	76°/69°/7°	84°/73°/11°	8°/4°/-4°
Hip External Rotation (45°)	42°/31°/11°	36°/38°/2°	-6°/7°/9°
Hip Internal Rotation (45°)	44°/48°/4°	43°/42°/1	-1°/-6°/3°
Hip Adduction (10°)	25°/22°/3°	27°/27°/0°	2°/5°/3°

Shoulder Flexion (85°)	96°/ 86°/10°	95°/96°/1°	-1°/10°/9°
Shoulder External Rotation (90°)	90°/99°/9°	100°/105°/5°	10°/6°/4°
Shoulder Internal Rotation (70°)	61°/48°/13°	56°/46°/10°	-5°/-2°/3°

Mittaustuloksien muutos alku- ja loppumittauksen välillä on hyvin vaihtelevaa. Liikkuvuusmittausten tulokset kasvoivat merkittävästi ( $\geq 5^\circ$ ) yhdeksässä eri mittauksessa ja alenivat ( $\geq 5^\circ$ ) viidessä eri mittauksessa. Merkittäviä puolieroja ( $\geq 5^\circ$ ) urheilijalla oli alkumittauksissa 6, joista 2 kaventui merkittävästi ( $\geq 5^\circ$ ). Yksi uusi merkittävä ( $\geq 5^\circ$ ) puoliero syntyi harjoituksen aikana. Puolierot kaventuivat kaiken kaikkiaan suurimmassa osassa mittauksista ja merkittäviä ( $\geq 5^\circ$ ) puolieroja harjoituksen jälkeen oli vain 3 jäljellä. Oikeanpuoleisten raajojen liikkuvuusmittausten tulokset kasvoivat yhteensä enemmän kuin vasemmanpuoleisten, mutta olivat myös jo alkumittauksissa lähtökohtaisesti matalammat. Alkumittauksessa 18 testin osalta urheilija saavutti viitearvoihin yltävät lukemat ja loppumittauksessa niihin ylsi enää 16 osalta.

Merkittävä alenema alku- ja loppumittaustulosten välillä oli lonkan loitonnuksessa. Tuloksen merkittävän muutoksen saattaa selittää lihasväsymys, sillä urheilijan harjoittelu sisälsi keskimmäistä pakaralihasta kuormittavan unilateraalisen voimaharjoitteen ja testin suorittamiseen vaaditaan kyseisen lihaksen lihastyötä. Merkittävä kasvu taas oli lonkan ojennuksessa (Hip Extension 1), jota voi mahdollisesti selittää alkulämmittelyn lisäksi askelkyykkäkävely, jonka urheilija suoritti pitkällä askelvälillä vieden täten takimmaisen alaraajan lonkankoukistajia venytykseen saakka.

Voimaharjoitteet itsessään, muuta kuin romanialainen maastaveto, eivät olleet luonteeltaan sellaisia, jotka veisivät liikettä tehdessä jonkin lihasryhmän täyteen venytykseen saakka. Reiden takaosan venyvyyden lisääntymistä, jota mahdollisesti olisi voinut saavuttaa romanialaisessa maastavedossa, ei ole

luotettavaa tulkita tuloksista, kun testin tekeminen vaatii urheilijan lonkan koukistajilta merkittävää lihasvoimaa.

## 7.2 Urheilija 2

Urheilijana ultimatea harrastava henkilö. Kyseisen urheilijan voimaharjoitus sisälsi sekä unilateraalisia että bilateraalaisia voimaharjoitteita. Harjoitus koostui liikepareista. Harjoituksen voimaliikkeet olivat yhden jalan polvenkouistus alataljassa vatsamakuulla, penkkipunnerrus käsipainoilla neutraalilla otteella, pyöräilijän kyykky kahvakuulilla ja leuanveto leveällä myötäotteella. Harjoitus alkoi lyhyellä, noin 10 minuutin kuntopyöräilyllä, jonka tarkoitus oli nostaa sykettä ja kehon lämpötilaa. Lämmittely jatkui dynaamisilla liikkuvuusharjoitteilla, joiden avulla saatiin avattua liikeratoja harjoitusta varten. Osion tarkoitus oli lisäksi ylläpitää liikkuvuutta.

Ensimmäisessä A-osassa liikkeet olivat polven kouistus ja penkkipunnerrus. Polvenkouistus yhdellä jalalla toteutettiin taljassa. Erikoismetodina urheilija teki vain eksentrisen vaiheen noin 4–6 sekunnin jarrutuksella vastustaen ojennusta, toistomääränä 8 molemmilla jaloilla. Penkkipunnerruksen urheilija teki käsipainoilla neutraalilla otteella 15-toiston sarjoissa. Sarjoja urheilija teki 4 ja palautusaika polvenkouistuksen jälkeen oli 30 sekuntia ja molempien liikkeiden jälkeen 2 minuuttia. Kummassakaan liikkeessä ei ollut havaittavissa puolieroja ja urheilija suoritti ne hyvin symmetrisesti.

Toisessa B-osiossa liikkeet olivat leuanveto ja pyöräilijän kyykky. Leuanvedossa variaationa olivat negatiiviset leuanvedot, eli urheilija toteutti pelkästään liikkeen eksentrisen vaihe 4–6 sekunnin jarrutuksella ja toisti tämän 6 kertaa.

Leuanvedossa voitiin havaita hieman epäsymmetriaa lihastasapainon osalta, sillä vasen yläraaja näytti tekevän enemmän eksentristä lihastyötä oikeaan verrattuna, kun oikeanpuoleinen hartia oli viimeisissä toistoissa alempana. Pyöräilijän kyykyn urheilija teki kahvakuulilla, painot vartalon vierellä suorilla käsillä. Toistomäärä oli 15. Sarjoja oli yhteensä 4 sekä palautusajat liikkeiden

välillä 30 sekuntia ja molempien liikkeiden jälkeen 2 minuuttia. Kyykyissä kantapäät olivat korotettuina, joka vähensi nilkalta vaadittavaa koukistussuuntaista liikkuvuutta. Painopiste pysyi kyykyn aikana tasaisesti molemmilla alaraajoilla ja liikelaajuus oli suurin mahdollinen ilman kompensatorisia liikkeitä.

Taulukko 2. Liikkuvuusmittausten tulokset (Urheilija 2).

Liike (viitearvo)	Alkumittaus vasen/oikea/puoliero	Loppumittaus vasen/oikea/puoliero	Muutos vasen/oikea/puoliero
Trunk Rotation (60 °)	56°/55°/1°	54°/57°/3°	-2°/2°/-2°
Trunk Side Bending (50°)	56°/51°/5°	50°/48°/2°	-6°/-3°/3°
Ankle Flexion (20°)	22°/26°/4°	21°/23°/2°	-1°/-3°/2°
Hip Flexion with Ankle Flexion (80°)	80°/80°/0°	77°/77°/0°	-3°/-3°/0°
Hip Flexion (80°)	80°/76°/4°	78°/76°/2°	-2°/0°/2°
Hip Abduction (45°)	42°/38°/4°	36°/32°/4°	-6°/-6°/0°
Hip Extension 1 (10°)	4°/5°/1°	3°/2°/1°	-1°/-3°/0°
Hip Extension 2 (80°)	78°/87°/9°	62°/84°/22°	-16°/-3°/-13°
Hip External Rotation (45°)	48°/47°/1°	44°/44°/0°	-4°/-3°/1°
Hip Internal Rotation (45°)	37°/35°/2°	39°/40°/1°	2°/5°/1°
Hip Adduction (10°)	17°/16°/1°	17°/17°/0°	0°/1°/1°
Shoulder Flexion (85°)	87°/97°/10°	88°/82°/6°	1°/-15°/4°
Shoulder External Rotation (90°)	105°/113°/8°	99°/108°/9°	-6°/-5°/-1°

Shoulder Internal Rotation (70°)	43°/52°/9°	51°/46°/5°	8°/-6°/4°
-------------------------------------	------------	------------	-----------

Liikkuvuusmittausten tulokset kasvoivat merkittävästi kahdessa eri mittauksessa ja alenivat kahdeksassa eri mittauksessa. Merkittäviä puolieroja alkumittauksissa ilmeni 5, joista yksikään ei kaventunut merkittävästi. Yksi uusi merkittävä puoliero syntyi harjoituksen aikana. Keskimäärin tulokset alenivat tasaisesti molemmiin puolin, puolierot kaventuivat kuitenkin suurimmassa osassa mittauksista. Merkittäviä puolieroja loppumittauksessa ilmeni vielä 4. Alkumittauksessa urheilija saavutti viitearvot 16 testin osalta ja loppumittauksissa ylsi niihin enää 9 testin osalta.

Vasemman lonkan ojennuksessa (Hip Extension 2) alku- ja loppumittausten välillä tapahtui merkittävin muutos alaspäin (-16°), joka myös merkittävästi kasvatti puolieroja raajojen välillä. Mitään tiettyä selittävää tekijää tälle on vaikeaa arvioida, sillä reiden etuosan lihaksia ja lonkankoukistajia venyttäviä voimaharjoitteita urheilija teki hyvin symmetrisesti saman laajuisella liikeradalla.

Oikean olkapään koukistuksessa sekä sisä- ja ulkorotaatiossa voidaan huomata myös merkittäviä, yli 5 asteen heikentymisiä. Vasemmanpuoleisessa näin ei kuitenkaan ole. Tämä voi mahdollisesti johtua taas harjoituksesta aiheutuneesta lihasväsymyksestä, sillä kyseisten testien tekeminen vaati urheilijalta aktiivista lihastyötä viedessään olkanivelen ääriasentoihin ja kuten aikaisemmi jo totesimme, urheilijan oikeanpuoleista olkaniveltä liikuttavien lihasten voima kuvautui suhteellisesti heikompana vasempaan verrattuna.

### 7.3 Urheilija 3

Urheilijana kestävyyslajeja edustava henkilö. Kyseisen urheilijan voimaharjoituksen sisältö ja toteutus oli sama kuin edellisen urheilijan, pois lukien alkulämmittelyn aikana tehty harjoitteluun valmistava kuntopyöräily.

Urheilija toteutti liikkeet pääosin hyvin symmetrisesti eikä silmin havaittavissa ollut puolieroja missään muussa liikkeessä kuin penkki-punnerruksessa, jossa oikeanpuoleinen hartia näytti olevan hieman alempana kuin vasen vaakatasosta katsottaessa. Harjoitteet urheilija teki myös venytykseen saakka ja niin suurella liikeradalla, johon hänen liikkuvuutensa riitti ilman kompensatorisia liikkeitä.

Taulukko 3. Liikkuvuusmittausten tulokset (Urheilija 3).

Liike (viitearvo)	Alkumittaus vasen/oikea/puoliero	Loppumittaus vasen/oikea/puoliero	Muutos vasen/oikea/puoliero
Trunk Rotation (60 °)	54°/49°/5°	52°/ 51°/1°	-2°/2°/4°
Trunk Side Bending (50°)	35°/37°/2°	39°/40°/1°	4°/3°/1°
Ankle Flexion (20°)	22°/15°/7°	19°/17°/2°	-3°/2°/5°
Hip Flexion with Ankle Flexion (80°)	64°/68°/4°	70°/71°/1°	6°/3°/3°
Hip Flexion (80°)	76°/75°/1°	73°/70°/3°	-3°/-5°/-2°
Hip Abduction (45°)	38°/36°/2°	32°/29°/3°	-6°/-7°/-1°
Hip Extension 1 (10°)	4°/8°/4°	6°/11°/5°	2°/3°/-1°
Hip Extension 2 (80°)	75°/69°/6°	76°/72°/4°	1°/3°/2°
Hip External Rotation (45°)	41°/46°/5°	40°/43°/3°	-1°/-3°/2°
Hip Internal Rotation (45°)	38°/43°/5°	38°/37°/1°	0°/-6°/4°
Hip Adduction (10°)	22°/19°/3°	21°/22°/1°	-1°/3°/2°
Shoulder Flexion (85°)	86°/93°/7°	93°/95°/2°	7°/2°/5°
Shoulder External Rotation (90°)	98°/100°/2°	96°/95°/1°	-2°/-5°/1°

Shoulder Internal Rotation (70°)	33°/37°/4°	41°/46°/5°	8°/9°/-1°
----------------------------------	------------	------------	-----------

Viiden eri mittauksen kohdalla liikkuvuustulokset laskivat merkittävästi ja neljän mittauksen kohdalla kasvoivat merkittävästi. Merkittäviä puolieroja urheilijalla ilmeni alkumittauksissa 6, joista 2 kaventui merkittävästi. Yhtään uutta merkittävää puolieroja harjoituksen jälkeen ei syntynyt. Vasemmanpuoleisten raajojen osalta tulokset eivät keskimäärin muuttuneet kumpaankaan suuntaan, kun taas oikeanpuoleisten osalta tulokset kasvoivat hieman, joka taas johti puolierojen kaventumiseen. Merkittäviä puolieroja loppumittauksissa ilmeni enää 2. Alkumittauksessa vain 8 testin osalta urheilija ylsi viitearvoihin ja loppumittauksessa 7 testin osalta.

Muutokset kaiken kaikkiaan olivat hyvin tasaisia, eikä tulosten välillä ollut suuria merkittäviä eroja. Suurin kasvu tuloksissa oli olkapäiden sisärotaatiassa, joka saattaa selittyä leuanvedolla ja penkkipunnerruksella, jossa olkaniveltä ympäröivät lihakset joutuvat venytykseen. Suurin muutos negatiiviseen suuntaan oli puolestaan lonkan loitonnuksessa, jota voi selittää lihasväsymys testiä suorittaessa.

#### 7.4 Urheilija 4

Urheilijana henkilö, jonka lajina on amerikkalainen jalkapallo. Kyseisen urheilijan voimaharjoituksen pääliikkeinä olivat takakyykky sekä Nordic hamstring. Apuliikkeinä askelkyykyt sivulle ja yhden jalan lantionnosto. Tukiliikkeinä päkiänousut ja keskivartaloharjoite. Voimaharjoitus on koostettu liikepareista. Harjoitus alkoi noin 15 minuutin lämmittelyllä, joka sisälsi dynaamisia liikkuvuusharjoitteita ja aktivoivia harjoitteita sekä taitoharjoitteita, kuten kylkilankkunostoja jalan nostolla (lonkan loitonnuksella) sekä erilaisia hyppyjä.



Harjoituksen A-osiossa oleva takakyykky harjoite tehtiin levytangolla klusterisarjoina. Harjoitteen aikana oli havaittavissa painopisteen siirtymistä enemmän oikealle alaraajalle ja myös levytanko oli hieman kallistunut oikealle. Tämän liikeparina oli Nordic hamstring vastuskuminauhalla avustettuna, jonka urheilija suoritti pääsääntöisesti symmetrisesti ja hallitusti. B-osion apuliikkeinä olivat lantionnosto yhdellä jalalla levytankoa käyttäen, yläselkä tuettuna penkille. Liikeparin toinen liike oli askelkyykky sivulle tangolla. C-osion liikkeet olivat päkiänousut levytangolla istuen ja jalkojen nostot selinmakuulla vastuskuminauhavastuksella. Kaiken kaikkiaan urheilija näytti suorittavan jokaisen harjoitteen mekaaniseen epäonnistumiseen saakka, eli kunnes urheilijan lihasvoima ei enää riittänyt hallitsemaan liikettä saman laatuksena. Harjoitteet tehtiin myös mahdollisimman suurella liikeradalla. Urheilijalla oli harjoitteita tehdessään hyvä lantion ja keskivartalon hallinta, eikä kummassakaan näissä ollut havaittavissa ylimääristä tai kompensatorista liikettä.

Taulukko 4. Liikkuvuusmittausten tulokset (Urheilija 4).

Liike (viitearvo)	Alkumittaus vasen/oikea/puoliero	Loppumittaus vasen/oikea/puoliero	Muutos vasen/oikea/puoliero
Trunk Rotation (60 °)	49°/52°/3°	50°/50°/0°	1°/-2°/3°
Trunk Side Bending (50°)	37°/34°/3°	34°/33°/1°	-3°/-1°/2°
Ankle Flexion (20°)	25°/27°/2°	21°/27°/6°	-4°/0°/-4°
Hip Flexion with Ankle Flexion (80°)	78°/77°/1°	71°/68°/3°	-7°/-9°/-2°
Hip Flexion (80°)	81°/78°/3°	75°/74°/1°	-6°/-4°/2°
Hip Abduction (45°)	35°/38°/3°	32°/34°/2°	-3°/-4°/1°
Hip Extension 1 (10°)	19°/17°/2°	28°/20°/8°	9°/3°/-6°

Hip Extension 2 (80°)	73°/74°/1°	84°/73°/11°	11°/-1°/-10°
Hip External Rotation (45°)	34°/44°/10°	36°/38°/2°	2°/-6°/8°
Hip Internal Rotation (45°)	43°/33°/10°	43°/42°/1	0°/9°/9°
Hip Adduction (10°)	20°/24°/4°	27°/27°/0°	7°/3°/4°
Shoulder Flexion (85°)	80°/88°/8°	95°/96°/1°	15°/8°/7°
Shoulder External Rotation (90°)	95°/99°/4°	100°/105°/5°	5°/6°/-1°
Shoulder Internal Rotation (70°)	49°/50°/1°	56°/46°/10°	7°/-4°/-9°

Liikkuvuusmittaustulokset alenivat alku- ja loppumittausten välillä merkittävästi neljässä eri mittauksessa ja kasvoivat kahdeksassa. Merkittäviä puolieroja urheilijalla oli alkumittauksissa 3, joista jokainen kaventui merkittävästi. Kolme uutta merkittävää puolieroja kuitenkin syntyi tilalle harjoituksen aikana. Oikeanpuoleisten raajojen osalta liikkuvuusmittaustulokset alenivat, mutta vasemmanpuoleisten osalta kasvoivat, joka johti yleisesti puolierojen kaventumiseen. Merkittäviä puolieroja harjoituksen jälkeen oli 5. Alkumittauksessa urheilija ylsi 10 testiliikkeen osalta viitearvoihin ja loppumittauksessa 11 testiliikkeen osalta.

Vasemmanpuoleisen nilkan koukistus testin tuloksen aleneminen saattaa johtua siitä, kuinka urheilija suoritti takakyykyn pitäen painopisteensä enemmän oikealla alaraajalla ja täten liikuttaen vasenta nilkkaansa pienemmällä liikeradalla. Toisaalta myös vasemmanpuoleisen reiden etuosan lihasten venyvyys olisi pitänyt vähentyä ja siten alentaa Hip Extension 2 tulosta, mutta sen sijaan se kasvoi.

Lonkkien koukistus tulosten (Hip Flexion with Ankle Flexion & Hip Flexion) merkittävän alenemisen saattaa selittää lihasväsymys, sillä testin suorittamiseen vaadittiin lihasvoimaa lonkkaa koukistavilta lihaksilta ja juuri

näitä lihaksia urheilija käytti voimaharjoituksensa aikana tehdessään jalkojen nostoja.

Merkittävää kasvua taas nähtiin olkanivelten koukistuksessa. Tämä ei suoraan selity millään yksittäisellä liikkeellä, jota urheilija teki voimaharjoituksensa aikana, joten on hyvin mahdollista, että alkulämmittelyllä ja sen sisältämällä dynaamisilla liikkuvuusharjoitteilla oli suuri merkitys tulosten kasvuun.

## 7.5 Urheilija 5

Urheilija, jonka lajina on golf. Kyseisen urheilijan voimaharjoituksen liikkeinä olivat takakyykky levytangolla, romanialainen maastaveto levytangolla, ylätaljaveto leveällä myötäotteella sekä penkkipunnerrus käsipainoilla. Harjoitus alkoi lämmittelyllä, joka sisälsi noin 10 minuuttia kuntopyöräilyä, kepin kanssa koko kehon liikeratojen avauksia ja putkirullalla alaraajojen rullauksia. Lisäksi alkulämmittely sisälsi keskivartalon hallinta ja aktivointiliikkeitä isolla jumppapallolla, joissa oli huomioitu myös lajinomaiset vartalon kiertoa vaativat ominaisuudet.

Sekä takakyykyssä että romanialaisessa maastavedossa lantion ja keskivartalon hallinta oli hyvä, eli lantio ei kipannut ja selkä säilyi neutraalissa asennossa. Takakyykyssä kantapäiden alle laitettiin levypaino korokkeeksi, jolloin liike ei vaadi nilkkaniveleltä yhtä paljon liikkuvuutta. Tämä helpotti kyykyn suoritustekniikkaa ja mahdollisti suuremman liikeradan niin, että reisiluu laskeutui vaakatasoon asti kyykättäessä. Romanialainen maastaveto tehtiin pronaatio-otteella ja täydellä liikeradalla jarruttaen liikettä samalla, kun levytankoa viedään alemmas. Sekä ylätaljassa että penkkipunnerruksessa liike oli symmetristä eikä silminnähden voinut havaita merkittäviä eroja esimerkiksi lihastasapainossa.

Taulukko 5. Liikkuvuusmittausten tulokset (Urheilija 5).

Liike (viitearvo)	Alkumittaus vasen/oikea/puoliero	Loppumittaus vasen/oikea/puoliero	Muutos vasen/oikea/puoliero
Trunk Rotation (60°)	51°/56°/5°	42°/53°/11°	-9°/-3°/-6°
Trunk Side Bending (50°)	52°/55°/3°	45°/48°/3°	-7°/-7°/0°
Ankle Flexion (20°)	18°/13°/5°	16°/14°/2°	-2°/1°/3°
Hip Flexion with Ankle Flexion (80°)	64°/67°/3°	61°/57°/4°	-3°/-10°/-1°
Hip Flexion (80°)	71°/66°/5°	63°/65°/2°	-8°/-1°/3°
Hip Abduction (45°)	23°/31°/8°	24°/26°/2°	1°/-5°/6°
Hip Extension 1 (10°)	19°/17°/2°	20°/17°/3°	1°/0°/-1°
Hip Extension 2 (80°)	69°/82°/13°	70°/69°/1°	1°/-13°/12°
Hip External Rotation (45°)	41°/38°/3°	37°/35°/2°	-4°/-3°/1°
Hip Internal Rotation (45°)	43°/38°/5°	43°/37°/6°	0°/-1°/-1°
Hip Adduction (10°)	16°/14°/2°	16°/12°/4°	0°/-2°/-2°
Shoulder Flexion (85°)	89°/89°/0°	94°/91°/3°	5°/2°/-3°
Shoulder External Rotation (90°)	106°/107°/1°	100°/99°/1°	-6°/-8°/0°
Shoulder Internal Rotation (70°)	35°/29°/6°	47°/34°/13°	12°/5°/-7°

Oikeanpuoleisten raajojen liikkuvuusmittaustulokset keskimäärin laskivat enemmän kuin vasemmanpuoleisten raajojen. Puolierot vähentyivät harjoituksen aikana. Tulokset kasvoivat merkittävästi 3 eri mittauksessa ja alenivat 9:ssä. Merkittäviä puolieroja urheilijalla esiintyi alkumittauksessa 7, joista 1 kaventui merkittävästi. Harjoituksen jälkeen merkittäviä puolieroja

esiintyi enää 3. Alkumittauksessa 11 testin osalta urheilija saavutti viitearvoihin yltävät lukemat ja loppumittauksessa niihin ylsi enää 8 osalta.

Olkapäiden sisäkierron mittaustuloksen merkittävän kasvun saattaa selittää urheilijan suorittamat harjoitteet kuten penkki-punnerrus ja ylätalja, joissa olkaniveltä ympäröivät lihakset joutuvat venytykseen. Olkapäiden ulkokierron mittaustulosten lasku on kuitenkin ristiriidassa tämän hypoteesin kanssa ja pitäisi tarkemmin tietää urheilijan tarkka oteleveys ja liikemalli liikkeittä suorittaessa, jotta tuloksia voisi luotettavammin arvioida. Harjoitus ei sisältänyt liikkeitä, joissa olisi tapahtunut rintarangankiertoa tai rangan sivutaivutusta isolla liikeradalla, jolloin myöskään liikeradat eivät treenin myötä kasvaneet numeeristen tulosten perusteella, vaan laskivat.

## 8 Yhteenveto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli havainnoida, tapahtuuko liikkuvuusmittauksien tuloksissa muutoksia voimaharjoituksen aikana. Urheilijoita yleisesti tarkastellessa muutoksia tapahtui hyvin vaihtelevasti suuntaan ja toiseen. Suurin osa liikkuvuustulosten muutoksista alku- ja loppumittausten välillä ei ollut merkittäviä, mutta kun tarkastellaan pelkästään siten, että laskiko vai kasvoiko yksittäinen testin tulos niin keskimäärin liikkuvuusmittausten tulokset urheilijoiden kesken laskivat. Jos jätetään painovoimaa vastaan suoritettut testausliikkeet huomioimatta (Ankle Flexion, Hip Flexion with Ankle Flexion, Hip Flexion ja Hip Abduction), niin muutos tasoittuu ja kääntyy kasvuun päin. Tulosten alentumista oli havaittavissa etenkin niiden testien osalta, joissa testattiin sen nivelen liikkuvuutta, jota urheilija ei harjoituksensa aikana vienyt ääriasentoihin. Tämä tukee tutkimustietoa siitä, että voimaharjoittelussa käytettävät liikelaajuudet tulee olla riittävän laajoja, jotta liikkuvuus voi kehittyä.

Puolierot kaventuivat keskimäärin jokaisella urheilijalla. Neljällä viidestä urheilijasta oli harjoituksen jälkeen vähemmän merkittäviä puolieroja kuin ennen harjoittelua. Koska kyseessä on tapaustutkimus, ei tuloksia pyritä yleistämään mihinkään tiettyyn syy-seuraussuhteeseen. Puolierojen kaventuminen voi kuitenkin johtua esimerkiksi urheilijoiden yleisesti hyvin symmetrisesti suoritetuista harjoitteista ja tasapainoisesta kuormituksesta raajojen välillä. Kaventumista saattaa osaltaan selittää myös alkulämmittely, jossa urheilija suoritti monipuolisesti erilaisia dynaamisia liikkuvuusharjoitteita jo ennen voimaharjoittelua. Kaikilla urheilijoilla oli myös lähtökohtaisesti hyvä suoritustekniikka, joten myös yksittäisten tapausten kohdalla oli vaikeaa löytää mitään selkeää syytä liikkuvuusmittauksissa havaittuihin muutoksiin. Unilateraalisia liikkeitä urheilijat tekivät suurin piirtein yhtä paljon, joten on vaikea havainnoida kuinka niiden määrä ja osuus harjoitusohjelmassa saattoi vaikuttaa edelleen puolieroihin.

## 8.1 Tulosten pohdinta

Ensimmäinen mittaus toteutettiin ennen alkulämmittelyä, jonka takia alku- ja loppumittauksissa on oletettavasti muutosta, koska elimistön lämpötilan noustessa lihasten ja sidekudosten venyvyys paranevat. Alkulämmittelyn aikana urheilijat tekivät myös monipuolisesti erilaisia dynaamisia liikkuvuusharjoituksia, joilla oli varmasti suuri merkitys liikkuvuuksien lisääntymisessä ja puolierojen vähentymisessä alku- ja loppumittauksia verrattaessa.

On lisäksi hyvä huomioida urheilijoiden liikkuvuusmittaustuloksia tarkastellessa, että jotkin liikkuvuusanalyysin sisältämistä liikkeistä vaativat urheilijalta enemmän lihasvoimaa kuin toiset, kun taas muutama niistä voidaan suorittaa täysin ilman lihasvoiman käyttöä painovoimaa myöden. Voimaharjoitus saa aikaan lihasväsymystä, jolloin aktiivisesti lihasvoimaa tarvittavissa testiliikkeissä tulos voi huonontua alku- ja loppumittauksen välillä. Tästä syystä esimerkiksi lonkan abduktiomittaus kylkimakuulla ei ole tässä kohtaa luotettava mittaus lonkan liikkuvuusmittaus muutosta arvioidessa. Tämä oli varmasti yksi syy, miksi liikkuvuusmittaustulokset keskimääräisesti olivat laskeneet alku- ja loppumittausten välillä. Lisäksi tutkittu tieto siitä, kuinka voimaharjoittelu saattaa aiheuttaa väliaikaista tulehdusperäistä lihasjäykkyyttä, voi näkyä näissä akuuteissa vaikutuksissa tuloksia laskevasti.

Liikkuvuusmittaustuloksista voidaan kuitenkin huomata myös lihasvenyvyyden parantumista, joka tukee tutkittua tietoa siitä, että myös voimaharjoittelu voi olla liikkuvuutta kehittävää. Koska tämän tutkimuksen tuloksissa näkyy vain voimaharjoituksen aikaan saamat akuutit vaikutukset, voi muutokset näiden alku- ja loppumittausten välillä johtua myös yksinkertaisesti lihasten lämpenemisestä. Mikäli haluttaisiin tutkia voimaharjoittelun hyötyjä liikkuvuuteen pidemmällä aikavälillä, tulisi tutkimusasetelman olla toisenlainen, koska pitkäaikaiset vaikutukset syntyvät säännöllisellä harjoittamisella saaden elimistöön rakenteellisia muutoksia.

Puolierojen kaventuminen saattaa johtua urheilijoiden hyvin symmetrisesti ja tasapainoisesti suoritetuista liikemalleista, joiden seurauksena verraten

vähäisemmän lihasvenyvyyden omaavat lihakset joutuivat venytykseen, mutta suuremman lihasvenyvyyden omaavat lihakset taas eivät. Täten puolierot mahdollisesti siis tasoittuivat, kun toisen puolen raajan lihasten venyvyys kasvoi ja taas toisen vähentyi.

Tarkoituksena oli myös pohtia voimaharjoituksen sisällön merkitystä liikkuvuuden näkökulmasta, mutta koska toteutettujen liikkuvuusanalyysien tulokset olivat todella vaihtelevia, on mahdotonta perustella liikkuvuusmittaustuloksien muutoksia harjoitusohjelman sisällön kautta.

Liikkuvuusharjoittelusta voimaharjoittelun ohella saattaa hyötyä niissä tilanteissa, joissa voimaharjoittelua ei tehdä suurilla liikeradoilla ja lihaksia ei viedä venytykseen asti. Lisäksi esimerkiksi Nakamuran ym. (2021) tekemässä tutkimuksessa todettiin voimaharjoittelun ja venyttelyn yhdistämisellä olevan enemmän liikkuvuutta lisäävä vaikutus kuin pelkällä voimaharjoittelulla, joten liikkuvuusharjoittelulla on varmasti myös paikkansa voimaharjoittelun ohella.

## 8.2 Opinnäytetyön eettisyys ja luotettavuus

Tutkimuksen etiikka kulkee mukana tutkimuksen tekemisen jokaisessa vaiheessa ja hyvän tieteellisen käytännön mukaan koko tutkimusprosessin ajan toteutetaan johdonmukaisuutta tiedonhankinnassa, tutkimusmenetelmissä sekä tutkimustuloksissa. Tiedonhankinnassa tutkija perustaa hankkimansa tiedon oman alansa tieteelliseen kirjallisuuteen, asianmukaisiin ja luotettaviin tietolähteisiin sekä havaintoihin ja omaan analysointiin. (Vilkkä 2021, 38–39.) Opinnäytetyön lähdemateriaali on hankittu sähköisistä tietokannoista, alan oppikirjoista ja osittain Internetin lähteistä pyrkien mahdollisimman tuoreimpaan tietoon ja tutkimuksiin aiheesta. Lähteiden luotettavuutta on pyritty arvioimaan ennen niiden hyödyntämistä, ja lähteet ovat kirjattu oppilaitoksen ohjeistuksien mukaisesti, jotta toiminta on avointa ja toisia kunnioittavaa.

Hyvien eettisten periaatteiden mukaisesti jokainen tutkittava urheilija tiesi ennen tutkimuksen aloittamista, millaiseen tutkimukseen he olivat osallistumassa. Tutkimuksesta informoitiin tarkemmin tietosuojailmoituksessa, jolla haluttiin



osoittaa avointa ja eettistä toimintaa tutkimukseen osallistuville. Jokainen urheilija antoi kirjallisen suostumuksen tutkimukseen osallistumisesta. Henkilötietoja ei kerätty, jotta urheilijoiden anonymiteetti säilyi koko opinnäytetyöprosessin ajan.

Tutkimuksen luotettavan toteutuksen mahdollistamiseksi alku- ja loppumittauksien olosuhteet pyrittiin pitämään mahdollisimman samanlaisina. Mittaukset toteutettiin samassa paikassa ja mittaja pyrki antamaan samanlaiset ohjeet molemmilla mittauskerroilla. Kaikki tutkimukseen osallistuvista urheilijoista, paitsi yksi, oli tehnyt saman 13 liikkeen TE3 -liikkuvuusanalyysin aikaisemmin, joten vain yhdelle urheilijalle liikkeet olivat täysin uusia. Luotettavuuden lisäämiseksi sama mittaja teki kaikki liikkuvuusmittaukset jokaisen urheilijan kohdalla.

Mittari on reliaabeli eli luotettava silloin, kun mittaustuloksilla on hyvä toistettavuus eli mittaustulokset ovat yhtenäisiä huolimatta mittausajankohdasta tai eri mittaajasta. Validiteetilla tarkoitetaan sitä, kuinka hyvin valittu menetelmä tuottaa tietoa tutkittavasta ilmiöstä. (Vilkkä 2021, 151.) TE3 -älykepin mittaustulosten toistettavuutta on tutkittu mm. Asumalahden ym. (2019) opinnäytetyössä, jossa se on todettu luotettavaksi mittaustulosten osalta. Tässä tutkittiin kuitenkin vain rintarangan rotaation mittausta, joten kokonaisvaltaisemmille tutkimuksille on edelleen tarvetta etenkin testiuusintatesti -tutkimusasetelman osalta, mikäli välinettä halutaan hyödyntää tutkimuskäytössä. Liikkuvuusmittauksia toteutettaessa mittaajan tehtävä on havainnoida mitattavan mahdollisia kompensatorisia liikkeitä. Virheellisiä liikemalleja ei voida siis täysin sulkea pois ja siksi on oletettavissa myös inhimillisiä mittaajasta aiheutuvia mittausvirheitä. TE3 -älykepin kalibrointi tulee myös olla tarkkaa ja mikäli laite kallistuu hieman liikaa, voi alku- ja loppumittausten toistettavuus kärsiä. Siksi myös tässä tutkimuksessa ei voida olla varmoja, mistä ei-merkittävät muutaman asteen muutokset mittaustuloksissa johtuvat. Tutkimuksessa kyseinen mittaja oli saanut koulutuksen TE3-älykepin käyttämiseen, joka kuitenkin lisäsi edelleen luotettavuutta, varmuutta ja osaamista mittarin käyttöön. Validiteetiltaan mittari

ei soveltunut parhaimmalla mahdollisella tavalla niihin testiliikkeisiin, joissa tarvittiin aktiivisesti lihasvoimaa, sillä niiden osalta on vaikea arvioida lihasvenyvyydessä tapahtuneita muutoksia.

### 8.3 Jatkotutkimusaiheet

Tutkimustieto voimaharjoittelun vaikutuksista liikkuvuuteen on vielä hyvin tuoretta ja niukkaa, ja tästä syystä uusille jatkotutkimuksille aiheeseen liittyen onkin tarvetta. Jatkotutkimuksissa voitaisiin vertailla eri voimaharjoittelumuotojen ja -menetelmien vaikutusta liikkuvuuteen ja millainen vaikutus voimaharjoittelulla on liikkuvuuteen pitkällä aikavälillä.

## Lähteet

Aalto, R.; Seppänen, L.; Lindberg A-P. & Rinta M. 2015. Kaikki kuntosaliharjoittelusta. Jyväskylä: Docendo Oy.

Afonso, J.; Clemente, F.; Nakamura, F.; Morouco, P.; Sarmiento, H.; Inman, R. & Ramirez-Campillo, R. 2021. The Effectiveness of Post-exercise Stretching in Short-Term and Delayed Recovery of Strength of Motion and Delayed Onset Muscle Soreness: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. Viitattu 8.9.2022.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8133317/>.

Afonso, J.; Ramirez-Campillo, R.; Moscao, J.; Rocha, T.; Zacca, R.; Martins, A.; Milheiro, A.; Ferreira, J.; Sarmiento, H. & Clemente, F. 2021. Strength Training versus Stretching for Improving Range of Motion: A Systematic Review and Meta-Analysis. Viitattu 5.9.2022. <https://www.mdpi.com/2227-9032/9/4/427/htm>.

Asumalahti A.; Antony B. & Pilvola L. 2019. Te-3 Mobility Stick rintarangan rotation mittaussälinenä. Käytettävyyssarvio fysioterapeutin kliniseen työhön. Opinnäytetyö (AMK). Fysioterapeutin tutkinto-ohjelma. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu. Viitattu 3.2.2023.

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/262927/Asumalahti\\_Aleksi\\_Benjamin\\_Antony\\_Pilvola\\_Lauri.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/262927/Asumalahti_Aleksi_Benjamin_Antony_Pilvola_Lauri.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Gonzalo-Skok, O.; Tous-Fajardo, J.; Suarez-Arrones, L.; Arjol-Serrano, J.; Casajus, J. & Mendez-Villanueva, A. 2016. Single-Leg Power Output and Between-Limbs Imbalances in Team-Sport Players: Unilateral Versus Bilateral Combined Resistance Training. Viitattu 14.1.2023.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27140680/>

Hakkarainen, H., Jaakkola, T., Kajala S., Lämsä J., Nikander A. & Riski J. 2009. Lasten ja nuorten urheiluvalmennuksen perusteet. Lahti: VK-Kustannus Oy.

Hooren, B & Peake, J. 2018. Do We Need a Cool-Down After Exercise? A Narrative Review of the Psychophysiological Effects and the Effects on Performance, Injuries and the Long-Term Adaptive Response. Viitattu 8.9.2022.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5999142/#CR67>.

Junior, R.; Leite, T. & Reis Victor. 2011. Influence of the Numbers of Sets at a Strength Training in the Flexibility Gains. Viitattu 12.9.2022.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3588898/>.

Kauranen, K. 2017. Fysioterapeutin käsikirja: Helsinki Sanoma Pro Oy.

Leite, T.; Costa, P.; Leite, R.; Novaes, J.; Fleck, S. & Simao, R. 2017. Effects of Different Number of Sets of Resistance Training on flexibility. Viitattu 13.1.2023.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5609666/>

Mero, A.; Nummela A.; Keskinen K. & Häkkinen K. 2004. Urheiluvalmennus. Lahti: VK-Kustannus Oy.

Mero, A.; Nummela, A.; Kalaja, S.; Häkkinen, K. 2016. Huippu-urheiluvalmennusteoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa. Lahti: VK-Kustannus Oy.

Morton, SK.; Whitehead, JR.; Brinkert, RH. & Caine DJ. 2011. Resistance training vs. static stretching: Effects on flexibility and strength. Viitattu 15.10.2022.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21969080/>

Mäennenä, J.; Olli, J.; Puputti, J.; Roininen, T.; Haverinen, M.; Kuukasjärvi, K. & Parkkinen, J. 2019. Voimaharjoittelu – Teoriasta parhaisiin käytäntöihin. 1. painos. Lahti: VK-Kustannus Oy.

Nakamura, M.; Ikezu H.; Sato S.; Yahata K.; Kiyono R.; Yoshida R.; Takeuchi K. & Nunes J. 2021. Effects of adding inter-set static stretching to flywheel resistance training on flexibility, muscular strength, and regional hypertrophy in young men. Viitattu 15.1.2023.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33916599/>

Pasanen K. 2016. Terve Urheilija webinaarisarja: Liikehallinnan havainnointi ja harjoittaminen vammojen ehkäisyssä -esitysdiat 15.11.2016. Viitattu 26.8.2022.

<https://www.slideshare.net/UKK-instituutti/webinaari-liikehallinnan-havainnointi-ja-harjoittaminen-vammojen-ehkisyss>

Pihlman, M.; Luomala, T. & Mäkinen, J. 2020. Liikkuvuusharjoittelu - hallittua voimaa ja liikkuvuutta. Lahti: VK-Kustannus Oy.

Saaranen-Kauppinen, A & Puusniekka, A. 2006. KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarasto. Viitattu 19.8.2022.

[http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kvali/L5\\_5.html](http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kvali/L5_5.html)

Saari M., Lumio M., Asmussen P. & Montag H-J. 2009. Käytännön lihashuolto – Warm Up, Cool Down, Venyttely, Hieronta, Urheiluhieronta ja Teippaus. Lahti: VK-Kustannus Oy.

Seynnes O., Boer M. & Narici M. 2007. Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training. Viitattu 19.8.2022. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17053104/>

Simao R., Lemos A., Salles B., Leite T., Oliveira E., Rhea M. & Reis V-M. 2011. The influence of strength, flexibility, and simultaneous training on flexibility and strength gains. Viitattu 19.8.2022. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21386731/>

Suni, J. & Taulaniemi, A. 2012. Terveyskunnan testaus - menetelmä terveystestauksen edistämiseen. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

TE3 Mobility 2022. Viitattu 8.8.2022. <https://te3mobility.com/>

Terve Urheilija. Venyttely- ja liikkuvuusharjoittelu. Viitattu 8.8.2022. <https://terveurheilija.fi/harjoittelu/venyttely-ja-liikkuvuusharjoittelu/>

Valamatos, M.; Tavares, F.; Santos R.; Veloso A. & Mil-Homens, P. 2018. Influence of full range of motion vs. equalized partial range of motion training on muscle architecture and mechanical properties. Viitattu 8.9.2022. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29982844/>

Vilkka, H. 2021. Tutki ja kehitä. Jyväskylä: PS-Kustannus.

VK-kustannus 2019. Liikevalinnat voimaharjoittelussa. Viitattu 15.8.2022. <https://vk-kustannus.fi/blogi/liikevalinnat-voimaharjoittelussa>

Walker, B. 2014. Urheiluvammat. Ennaltaehkäisy, hoito, kuntoutus ja kinesioteippaus. Lahti: VK-kustannus Oy.

Ylinen, J. 2010. Venytystekniikat – lihas-jännestesysteemi. 2. painos. Muurame: Medirehabook Kustannus Oy.