

**KEHONKOOSTUMUKSEN YHTEYS PORNISTUSVOIMAAN JA NOPEUTEEN  
NAISPALLOILIJILLA**

Jemina Vainionperä

Valmennus- ja testausopin kandidaatin tutkielma  
Liikuntatieteellinen tiedekunta  
Jyväskylän yliopisto  
Kevät 2024

## TIIVISTELMÄ

Vainionperä, J. 2024. Kehonkoostumuksen yhteys ponnistusvoimaan ja nopeuteen naispalloilijoilla. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, valmennus- ja testausopin kandidaatintutkielma, 40 s.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia kehonkoostumuksen yhteyttä ponnistusvoimaan ja juoksunopeuteen neljän eri palloilulajin naisurheilijoilla. Lisäksi tutkittiin lajien välisiä eroja kehonkoostumuksessa, ponnistusvoimassa ja nopeudessa. Tulosten ja aiemman kirjallisuuden perusteella myös arvioitiin, soveltuvatko kyseiset suorituskykytestit yhtä hyvin eri palloilulajien urheilijoiden testaukseen tai eri lajien väliseen vertailuun.

Naisurheilijoiden ominaisuuksista ja niiden taustatekijöistä on tehty tutkimuksia huomattavasti vähemmän verrattuna miesurheilijoihin. Tulokset eri taustatekijöiden korrelaatioista suorituskykyyn ovat olleet ristiriitaisia sekä miehillä että naisilla tutkittaessa, eikä tuloksia voida yleistää kaikille yksilöille tai sukupuolille. Aiemman tutkimuskirjallisuuden tulosten ristiriitaisuuden vuoksi aiheesta on tärkeää saada entistä laajempaa tutkimustietoa.

Tutkimus toteutettiin osana NoREDS-tutkimusta, josta tutkimusdata saatiin valmiiksi kerättynä. Tutkimukseen osallistui 83 suomalaista naisurheilijaa neljästä eri palloilulajista (jalkapallo  $n = 14$ , lentopallo  $n = 37$ , koripallo  $n = 14$  ja futsal  $n = 18$ ). Kaikki tutkittavat olivat kansallisen tai kansainvälisen tason urheilijoita. Tutkittavat suorittivat NoREDS-tutkimuksen yhteydessä kehonkoostumusmittauksen, ponnistusvoimatestin sekä juoksunopeustestin, joiden tuloksia vertaillaan ja korrelaatioita tutkitaan tässä tutkimuksessa tilastollisten analyysimenetelmien avulla.

Tutkimuksessa tilastollisesti merkitsevä korrelaatio kehon rasvaprosentin ja hyppykorkeuden sekä juoksunopeuden välillä löydettiin kaikkien tutkittavien yhteisen tuloksen lisäksi kahdessa neljästä lajista (lentopallo ja futsal). Kehonkoostumuksessa lajien välisessä vertailussa tilastollisesti merkitsevä ero löytyi vain jalkapalloilijoiden ja futsalpelaaajien väliltä. Ponnistusvoimassa ja juoksunopeudessa tilastollisesti merkitseviä eroja lajien väleillä löytyi useita. Tutkimuksen tulokset mukautuvat aiempaan tutkimustietoon siinä, että korrelaatio kehon rasvaprosentin ja suorituskyvyn välillä löytyy osalta tutkittavista lajeista ja osalta ei. Tulosten perusteella voidaan päätellä, että kehonkoostumus on yksi vaikuttava tekijä suorituskyvyn taustalla, mutta se ei yksinään selitä eroja testitulosten välillä.

Asiasanat: kehonkoostumus, suorituskyky, ponnistusvoima, nopeus, palloilu, joukkueurheilu

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO.....	1
2 NAISURHEILIJOIDEN KEHONKOOSTUMUS.....	3
2.1 Rasvamassa.....	6
2.2 Lihasmassa .....	8
2.3 Kehonkoostumuksen vaikutus urheilusuorituksessa .....	9
3 SUORITUSKYKY PALLOILULAJEISSA .....	14
3.1 Suorituskyvyn määrittely eri lajeissa.....	14
3.2 Suorituskyvyn testaaminen ja arviointi .....	16
3.2.1 Ponnistusvoima.....	17
3.2.2 Nopeus.....	19
4 TUTKIMUSKYSYMYKSET JA HYPOTEESIT .....	22
5 TUTKIMUSMENETELMÄT .....	23
5.1 Mittaukset.....	23
5.2 Tilastolliset menetelmät.....	24
6 TULOKSET .....	25
7 POHDINTA.....	29
7.1 Tulosten tarkastelu.....	29
7.2 Tutkimuksen kriittinen tarkastelu.....	32
7.3 Yhteenveto ja johtopäätökset.....	34
LÄHTEET .....	36

# 1 JOHDANTO

Palloilulajien urheilijoiden suorituskyvyllä voidaan tarkoittaa monia eri asioita. Määritelmä on riippuvainen lajista, pelaajan roolista sekä tilanteesta, jossa suoritusta tehdään. Joukkueurheilijoiden fyysistä suorituskykyä ja sen kehitystä seurataan ja kartoitetaan paljon erilaisilla testeillä. Yksittäisten fyysisten ominaisuuksien kehitystä on helppo seurata testaamalla niitä eriytettyinä muusta suorituksesta, mutta yksittäisen erillisen ominaisuuden kehityksen yhteys lajisuorituskyvyn kehittymiseen tai pelitilanteessa onnistumiseen, on paljon monimutkaisempi. Suorituskyvyn mittaamista yksinkertaisilla ja pelkistetyillä mittareilla voidaankin kyseenalaistaa, sillä kilpailutilanteessa suoritukseen vaikuttaa fyysisten ominaisuuksien lisäksi psyykkiset tekijät sekä ympäristön muuttujat, eli suoritus perustuu urheilijan vuorovaikutukseen ympäristön kanssa. (Hughes & Bartlett 2002) Fyysisten ominaisuuksien testaamisella pystytään siis seuraamaan yhtä osa-aluetta suorituskyvystä, mutta kilpailusuoritukseen liittyy fyysisten ominaisuuksien lisäksi myös paljon muita sekoittavia tekijöitä.

Fyysistä suorituskykyä arvioitaessa urheilijan kehonkoostumuksella on todistetusti merkittävä vaikutus tuloksiin. Palloilulajeissa välineet ovat tyypillisesti kevyitä ja pääasiassa suoritukset koostuvat oman kehonpainon liikuttamisesta, kuten hyppäämisestä ja juoksemisesta. Tällaisissa suorituksissa suureen rooliin nousee suhteellinen voima ja kehonkoostumuksen tehopainosuhte, eli kuinka paljon keho pystyy tuottamaan voimaa suhteessa painoonsa (Huovinen ym. 2015; Nimphius ym. 2010). Aiemmassa kirjallisuudessa kehonkoostumuksen ja suorituskykytestien välillä on löydetty tuloksia sekä korrelaation puolesta että vastaan. Tutkimuksia ja tuloksia varsinkin miesurheilijoiden suorituskyvystä ja niihin vaikuttavista tekijöistä on paljon, mutta naisurheilijoihin kohdistetut tutkimukset ovat selkeästi alkaneet yleistyä vasta 2000-luvulla. Tärkeää onkin saada lisää tutkimusta naisurheilijoiden suorituskyvystä ja sen takana olevista tekijöistä, sillä aiemman kirjallisuuden tuloksia ei voida suoraan yleistää kaikkiin urheilijoihin. Tutkimuksissa on löydetty eroja miesten ja naisten suorituskyvyn takana olevien tekijöiden väliltä (Nimphius ym. 2010) ja jokainen urheilija tulee myös ottaa huomioon yksilönä, jonka vuoksi tarpeet ja käytännöt vaihtelevat niin sukupuolten sisällä, kuin niiden välillä (Collins ym. 2021).

Urheilijoiden fyysisen suorituskyvyn arviointiin käytetään paljon yleistä toimintakykyä testaavia testejä, kuten hyppy- ja juoksutestejä, joiden avulla nähdään miten harjoittelu

vaikuttaa urheilijan toimintakykyyn kokonaisuudessaan (Garthe ym. 2013). Käytettävän testi patteriston rakentaminen lajille olennaisten voimantuottosuuntien mukaiseksi on kuitenkin tärkeää, sillä urheilijoiden harjoittelun lajispesifisyydellä voi olla vaikutus lajin ja harjoittelun kannalta epäolennaisissa testeissä tulosten kehittymiseen (Nimphius ym. 2010). Testauksessa urheilijan lajin ja roolin fyysisten vaatimusten tunnistaminen ja analysointi on tärkeää, jotta testeistä saadusta datasta on käytännön hyötyä. Suoritusten eri arvoja mittaamalla ja tuloksia vertailemalla saadaan paljon tietoa, mutta olennaista on informaation tulkitseminen loogisesti ja oikeassa yhteydessä (Hughes & Bartlett 2002). Palloilulajeissa tyypillisiä suorituksia ovat toistuvat lyhyet korkean intensiteetin sprintit (Slater ym. 2019), joiden takana merkittäviä tekijöitä ovat suhteellinen voima ja hyvät kiihdytysominaisuudet (Cronin & Hansen 2005; Nimphius ym. 2010). Tämän vuoksi monien palloilulajien fyysisen suorituskyvyn testeinä on perusteltua käyttää esimerkiksi nopeus- ja hyppytestejä.

Jotta testaamista ja urheilijoiden suorituskyvyn analysointia ja seuranta pystytään kehittämään, tarvitaan lajianalyysointien lisäksi tieteellistä tutkimusta testien sopivuudesta kullekin lajille sekä ymmärrystä siitä, miten lajille tyypillinen harjoittelu ja siten mahdollisesti myös kehonkoostumuksen muovautuminen näkyy eri testi patteristojen soveltuvuudessa testaukseen. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, onko naispalloilijoiden kehonkoostumuksen ja suorituskykytestien välillä yhteyttä, onko eri palloilulajien urheilijoiden tuloksissa eroja vertaillaessa muihin lajeihin, sekä aiemman tutkimuskirjallisuuden avulla pohtia, soveltuuko tyypilliset suorituskykytestit hyviksi suorituskyvyn mittareiksi eri palloilulajien urheilijoille.

## 2 NAISURHEILIJOIDEN KEHONKOOSTUMUS

Kehonkoostumuksesta puhuttaessa keho jaetaan tyypillisesti rasvamassaan ja rasvattomaan massaan, jolla tarkoitetaan lihaksia sekä luita. Kehonkoostumuksen arvioinnilla pyritään tunnistamaan näiden komponenttien massat ja suhteellinen osuus kehossa. (Keskinen 2005, 108) Eri lajien urheilijoilla voi olla hyvin erilaiset harjoitusohjelmat, jotka rakennetaan lajin vaatimusten mukaisiksi. Tämän vuoksi myös kehonkoostumus voi olla hyvin erilainen eri lajien tai eri roolien pelaajilla. Garthen ym. (2013) tutkimuksessa eri lajien urheilijoita jaettiin satunnaisesti kahteen eri ryhmään ravitsemusinterventiota varten. Alkutesteissä eri lajien urheilijoista satunnaistettujen ryhmien välillä ei ollut merkittävää eroa kehonkoostumuksessa muuten, paitsi rasvamassassa. Kun analyysi uusittiin vain jääkiekkoilijoilla, joita oli tutkimuksessa lajeista eniten, tulokset eivät muuttuneet merkittävästi. (Garthe ym. 2013) Tulos toimii hyvänä esimerkkinä lajien sisällä olevasta kehonkoostumuksen vaihtelusta.

Monet urheilijat eivät myöskään pyri pitämään kehonkoostumustaan samana eli tavoittele energiatasapainoa koko uransa aikana vaan he pyrkivät muokkaamaan kehonkoostumustaan, jolloin energiansaataavuutta joko vähennetään kulutusta pienemmäksi, tai nostetaan suuremmaksi kuin kulutus on (Burke ym. 2006). Urheilijan kehonkoostumus ja ravitsemusvaatimukset eivät siis ole pysyviä, vaan ne vaihtelevat uran ja eri kausien aikana. Tärkeää onkin pitää huolta pitkän aikavälin terveydestä ja siten suorituskyvyn kehittymisestä koko urheilu-uran ajan. (Burke ym. 2006; Nutrition and Athletic Performance 2016) Kehonkoostumuksesta ja sen mahdollisesta muokkaamisesta olisi hyvä keskustella urheilijan kanssa, sillä eri lajeissa ja rooleissa erilaiset ominaisuudet korostuvat. Jos urheilija haluaa muokata kehonkoostumustaan esimerkiksi laihemman tai lihaksikkaamman ulkonäön toivossa, voivat tavoitellut muutokset olla ristiriidassa hänen lajinsa tai roolinsa kehonkoostumustavoitteiden kanssa. (Collins ym. 2021)

Jokainen urheilija on yksilö ja ravitsemukselliset tarpeet sekä käytännöt vaihtelevat yhtä lailla sukupuolten sisällä, kuin niiden välillä. Silti sukupuoli on tärkeä muuttuja ottaa huomioon tarkasteltaessa yksilön ravitsemustarpeita. (Collins ym. 2021) Miehillä on noin 10 kiloa enemmän rasvatonta massaa naisiin verrattuna kaikilla eri kehonpainoilla vertailtaessa, mikä osakseen jo selittää eroja esimerkiksi naisten ja miesten suorituskyvyssä urheilussa. Rasvaton massa määräytyy suurilta osin geneettisesti, kuten esimerkiksi pituuskin. Kasvuhormoni ja sukupuolihormonit määrittelevät ja ylläpitävät kehonkoostumusta. (Sonksen 2018) Miehet ovat

siis tyypillisesti pidempiä ja painavampia kuin naiset. Tämän lisäksi miehillä on enemmän rasvatonta massaa ja vähemmän rasvamassaa kuin naisilla, jolla voidaan selittää jopa 70 % sukupuolten välisestä erosta kehonpainolla tehtävissä suorituksissa kuten erilaisissa hyppyissä. (Hunter ym. 2023)

*Suhteellinen energiavaje urheilussa.* Urheilussa erilaiset ympäristöstä sekä urheilijalta itseltä tulevat suorituspainet voivat aiheuttaa tarkoituksellisia tai tahattomia energiansaannin (energy intake (EI)) ja energiankulutuksen (exercise energy expenditure, EEE) muutoksia, jotka voivat johtaa riittämättömään energiansaataavuuteen (low energy availability, LEA). Urheilukontekstissa ongelmat energiansaataavuudessa johtuu tyypillisesti erityisen suuresta urheilun aiheuttamasta energiankulutuksesta (EEE), tehopainosuhteen optimoinnista (Power-to-weight ratio), liiallisen laihooden tai lajille ”tyypillisen” ruumiinrakenteen tavoittelusta. (Mountjoy ym. 2023) Suorituskyvyllä optimaalisen kehonkoostumuksen tavoittelu ei saisi kuitenkaan vaarantaa urheilija terveyttä ja hyvinvointia (Burke ym. 2006). Suhteellinen energiavaje urheilussa (REDs) on 2014 kansainvälisen olympiakomitean asiantuntijoiden määrittelemä käsite, jolla tarkoitetaan oireyhtymää, jossa urheilijoiden terveys sekä suorituskyky kärsii riittämättömän energiansaannin vuoksi. REDs:ssä energiansaannin riittämättömyys on yhteydessä nimenomaan urheilun aiheuttamaan lisäenergiankulutukseen (EEE), jota urheilija ei saa kompensoitua riittävällä energiansaannilla (EI), joka taas altistaa riittämättömälle energiansaataavuudelle (LEA). REDs:n haitallisia seurauksia terveydelle ovat esimerkiksi energia-aineenvaihdunnan, lisääntymiselimistön, tuki- ja liikuntaelimestön, vastustuskyvyn, glykogeeni synteesin sekä sydän- ja verisuoniterveyden toiminnan heikentyminen. Kaikilla edellä mainituilla seurauksilla voi olla heikentävä yhteys urheilijan hyvinvointiin ja suorituskykyyn sekä lisääntyneeseen loukkaantumisriskiin. Terveyshaittojen lisäksi REDs voi johtaa myös heikentyneeseen suorituskykyyn ja kehittymiseen urheilussa heikentämällä harjoitusvasteita, palautumista, kognitiivista suorituskykyä, motivaatiota, lihasvoimaa, kestävyys suorituskykyä ja suoritustehoa. (Mountjoy ym. 2023)

REDs:n psykologisia riskitekijöitä sekä seurauksia on pyritty tunnistamaan ja tuomaan esille. Viimeaikaisten kestävyysurheilijoille tehtyjen tutkimusten mukaan sekä tarkoituksellinen painon säätely että tahaton painon putoaminen ovat yhteydessä lyhytaikaisiin positiivisiin muutoksiin suorituskyvyssä sekä vahvistuneeseen sosiaaliseen hyväksyntään urheilupiireissä. Urheilijat saattavat kokea sisäistä tai ulkoista painetta esimerkiksi stereotyyppiseen urheilijan ulkonäköön, joka voi johtaa kehotyöttömyyden myötä riittämättömään energiansaantiin ja

siten REDs:iin, häiriytyneeseen syömiskäyttäytymiseen tai syömishäiriön oireisiin (Langbein ym. 2021; Langbein ym. 2022 Mountjoyn ym. 2023 mukaan). Urheilijan painon putoamisen lyhytaikaiset positiiviset vaikutukset vaikeuttavat riittämättömän energiansaannin tunnistamista, ja siten altistavat pitkäaikaisen energiavajeen haitallisille vaikutuksille terveyteen ja suorituskykyyn. (Mountjoy ym. 2023)

Kirjallisuudessa joukkuepalloilijat eivät ole tyypillisesti luokiteltu riskiryhmäksi alhaiselle energiansaatavuudelle, mutta myös palloilulajeissa tarkoituksellisen energiansaatavuuden rajoittamisen lisäksi tapahtuu tahatonta energiavajetta (Burke ym. 2006). Garthen ym. (2013) tutkimuksessa kävi ilmi, että urheilijat kokivat tarpeeksi suuressa energiansaannissa hankalaksi käytännön toteutuksen, kuten ruokailuiden suunnittelun ja aikatauluttamisen, sekä ylimääräisen rasvamassan välttelyn myötä käytettävien ruoka-aineiden päättämisen ja ruuan määrän arvioinnin.

Naisjalkapalloilijoiden energiansaanti suhteessa painoon on alhaisempaa kuin miesjalkapalloilijoiden (Burke ym. 2006). Useissa naisjalkapalloilijoille tehdyissä tutkimuksissa on saatu matalaan energiansaatavuuteen viittaavia tuloksia sekä harjoituskaudella että kilpailukaudella. Tyypillisiä alhaisen energiansaatavuuden oireita kuten kuukautiskierron häiriöitä ja rasisusmurtumia todettiin useiden tutkimusten tuloksissa, (Collins ym. 2021) eli voidaan olettaa REDs:n olevan merkittävä haaste myös naisten palloilulajeissa. Näihin tuloksiin viittaa myös Piliksen ym. (2019) tutkimus, jonka mukaan naisurheilijoilla hiilihydraattien saanti ravinnosta on liian vähäistä kulutukseen nähden.

Naisjalkapalloilijoilla kehonkoostumus vaihtelee eri harjoituskausien välillä. Oliveiran ym. (2021) tekemässä tutkimuksessa ennen kauden alkua ja kaksi kuukautta myöhemmin tehtyjen mittausten välillä kehonkoostumus parani eli rasvamassa väheni ja rasvaton massa kasvoi. Kahden kuukauden ja neljän kuukauden mittausten välillä keho sopeutui kovempaan kuormitukseen ja kehonkoostumuksessa ei havaittu enää merkittäviä muutoksia, vaikka harjoituskuormitus oli jälkimmäisten mittausten välillä korkeampi. (Oliveira ym. 2021) Urheilijan onkin tärkeää tiedostaa, että energiansaannin tarpeet muuttuvat eri harjoitusjaksojen, kausien ja koko uran aikana, joten energiansaantia täytyy osata mukauttaa muutosten myötä (Burke ym. 2006).



*Kehonkoostumuksen arviointi.* Urheilijoiden kehonkoostumusta arvioitaessa erityisen tärkeää on huomioida menetelmien luotettavuus ja tarkkuus. Tyypillisiä urheilijoiden kehonkoostumuksen arviointiin käytettäviä menetelmiä on ihopoimiumittaukset, biosähköinen impedanssianalyysi ja röntgensäteeseen perustuva DXA (dual energy X-ray absorptiometry). Testit tulisi suorittaa samoilla menetelmillä ja protokollan mukaisesti, jotta tulokset ovat vertailukelpoisia toisiinsa. (Nutrition and Athletic Performance 2016) Vain tällöin kehonkoostumuksen arvioinnista on hyötyä ja sen muutoksia pystytään seuraamaan ja vertailemaan luotettavasti. Aiheen riskialttiuden ja henkilökohtaisuuden vuoksi on tärkeää, että kehonkoostumusta arvioidaan luotettavilla ja pätevillä menetelmillä niin, että arvioinnin suorittaa pätevät ammattilaiset, jotka osaavat tukea urheilijaa sekä valmennusta suunnittelemaan harjoittelua ”terveys ensin” periaatteella kehonkoostumuksen suhteen. (Mountjoy ym. 2023) Urheilijan kehonkoostumuksesta keskusteltaessa valmentajien on tärkeää ottaa huomioon aiheen sensitiivisyys ja välttää ylimääräisen merkityksen antamista kehonkoostumusmittaustuloksille verrattuna muihin testituloksiin, jotta aiheen seurannalle ei luoda epätervettä merkitystä. (Nutrition and Athletic Performance 2016)

Kehonkoostumuksen arviointiin käytettävien laboratoriomenetelmien arviointivirheet ovat 1–4,5 % luokkaa, mutta niiden käyttö urheilijoiden testaamisessa ja valmennuksessa on haastavaa hinnan, saatavuuden ja tulosten tulkintaan tarvittavien ammattilaisten vuoksi. Viime aikoina teknologian kehityksen sekä kustannusten laskun myötä urheilijoiden kehonkoostumuksen arvioinnissa on siirrytty DXA:n käyttöön. DXA:n tulokset ovat useiden tutkimusten mukaan tarkempia kuin muiden usein urheilijoiden testaamisessa käytettyjen menetelmien, kuten ihopoimu- tai bioimpedanssimittausten tulokset. (Collins ym. 2021)

## **2.1 Rasvamassa**

Kun ihmisen energiansaanti on kulutusta suurempaa, ylimääräinen energia varastoituu kehoon rasvakudokseksi (Fogelholm & Kaukua 2005, 425). Urheilijan optimaalinen kehonkoostumus rasvamassasta puhuttaessa vaihtelee muun muassa yksilön roolin ja pelityylin mukaan. Urheilijoiden suorituskyky voi olla oikein hyvä, vaikka rasvaprosentti olisi suositusarvojen ulkopuolella. Kehonkoostumuksen muutosten seuraamisen lisäksi suorituskykytestit, kuten harjoituksissa tai peleissä suorittamisen arviointi tai eri ominaisuuksien, kuten

esikevennyshypyn testaaminen voivat auttaa sopivan kehonkoostumuksen määrittelyssä. (Collins ym. 2021)

Naisilla kehon toiminnan ja rakenteen kannalta välttämättömän rasvamassan määrä (12–14 %) on suurempi kuin miehillä (3–4 %) (Keskinen 2005, 110). Liian matala rasvamassan määrä vaarantaa urheilijan terveyden ja siten vaikuttaa negatiivisesti myös suorituskykyyn (Heikura & Ilander 2021, 418). Kuitenkin elimistön terveen toiminnan kannalta ylimääräinen rasva rajoittaa urheilijan kykyä suorittaa toistuvia suorituksia rajoittamalla tehdyn työn määrää. Ylimääräinen rasvamassa vaikuttaa negatiivisesti urheilijan tehopainosuhteeseen, kiihtyvyyteen sekä kokonaisuudessaan energiankulutukseen (Collins ym. 2021). Yksittäisissä suorituksissa voidaan nähdä jopa parempia suorituksia suuremman rasvaprosentin omaavilla urheilijoilla, mutta keskimääräistä urheilijan suorituskykyä ylimääräinen rasvamassa haittaa. (McLeod ym. 1983) Palloilulajeissa tyypillisesti räjähtäviä suorituksia tehdään toistuvasti monta kertaa peräkkäin, joten tulokset ovat relevantteja myös tässä kontekstissa.

Garthen ym. (2013) tutkimuksessa vertailtiin urheilijaryhmiä, joista toinen sai ravitsemusneuvontaa ja toinen ei. Molempien ryhmien kehonpaino kasvoi merkitsevästi, ravitsemusneuvontaa saaneen ryhmän kuitenkin merkittävästi enemmän. Lisäksi ravitsemusneuvontaa saaneen ryhmän rasvamassa kasvoi tilastollisesti merkitsevästi enemmän kuin toisen ryhmän. Molempien ryhmien rasvaton massa kasvoi myös, mutta tässä ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Tutkimuksessa rasvamassan kasvun myötä ravitsemusneuvontaa saaneen ryhmän 40 metrin sprinttisuorituksen aika huononi tilastollisesti merkitsevästi, vaikka myös rasvaton kehon massa oli kasvanut merkittävästi. Rasvamassan kasvu voi siis aiheuttaa lajikohtaisen suorituskyvyn heikentymistä. Kehonkoostumuksen muutoksilla voi olla myös psyykkisten tekijöiden myötä vaikutus urheilijan toimintaan ja suorituskykyyn. Muutokset voivat vaikuttaa urheilijan näkemykseen itsestään ja vartalostaan, liittyen esimerkiksi urheilijoille tyypillisiin stereotypioihin, kuten laihuuteen ja lihaksikkuuteen, ja siten heikentää urheilijan minäkuvaa. (Garthe ym. 2013)

Rasvaprosentti on Piucon ja Dos Santosin (2009) mukaan yhteydessä vertikaaliseen hyppysuoritukseen ( $r = -0,778$ ) sekä polviin ja nilkkoihin hypyn alastulon myötä ilmentyvien voimien voimakkuuteen ( $r = 0,731$ ) naisurheilijoilla. Eli mitä suurempi urheilijan rasvaprosentti oli, sitä heikompi hyppytuloks oli ja sitä suurempia olivat polviin ja nilkkoihin ilmentyvät voimat alastulossa. Cahill ja Jones (2010) taas löysivät samankaltaisen tilastollisesti merkitsevän

yhteyden rasvaprosentin ja sukkulajuoksuajan välillä lentopalloilijanaisilla. Softballin naispelaajilla tilastollisesti merkitsevä yhteys löydettiin rasvaprosentin ja sukkulajuoksuajan lisäksi myös vertikaalihyppytuloksien kanssa. Martínez-Rodríguezin ym. (2021) tutkimuksessa HIIT-harjoittelun ja paaston avulla saatiin merkittäviä muutoksia aikaan rasvamassan vähentymisenä sekä esikevennyshyppykorkeuden parantumisenä, vaikka merkittäviä muutoksia lihasmassan määrässä ei tapahtunut. Tutkimuksessa todettiin myös, että ryhmä, joka teki HIIT-harjoittelua, mutta ei paastonnut, ei saanut samoja tuloksia aikaan kuin toinen ryhmä. Voidaan siis todeta, että harjoittelun lisäksi ravitsemuksella on suuri merkitys kehonkoostumuksen sekä suorituskyvyn kehittämisessä.

## 2.2 Lihasmassa

Lihasmassan kehitys perustuu lihassyiden koon kasvuun ja voiman kehitys lihasmassan kasvun lisäksi myös hermostollisiin muutoksiin (Vuori 2005, 148). Räjähävien ja voimantuottoa vaativien urheilu suoritusten, kuten painonnoston tai hyppäämisen tulokset määräytyvät suurimmilta osin rasvattoman kehonmassan sekä lihasvoiman myötä. Näissä molemmissa eri sukupuolten välillä on huomattava ero. Suurin ero sukupuolten suorituskyvyn välillä voimaa ja tehoa vaativissa suorituksissa johtuu miesten suuremmasta luurankolihasmassasta, sekä lihasten kyvystä supistua nopeammin kuin naisilla. (Hunter ym. 2023) Erityisesti alaraajojen luurankolihakset ovat merkittävässä roolissa nopeaa voimantuottoa vaativissa suorituksissa kuten sprinttijuoksussa. Maksiminopeuden saavuttamiseksi maahan täytyy tuottaa mahdollisimman suuria reaktiivoimia, jolloin suuresta lihasmassasta on hyötyä. Sprinttisuoritusta parantaessa lihasmassan lisäys on tärkeää kohdistaa suoritusta hyödyttäviin lihaksiin, jotta se ei vaikuta haitallisesti tehopainosuhteeseen. (Silva 2019) Pitkittäistutkimuksessa, jossa tutkittiin kehonkoostumuksen ja suorituskyvyn yhteyttä eri lajien joukkuepalloilijoilla, löydettiin solunsisäisen nesteen määrän olevan suurin suorituskyvyn muutosta selittävä tekijä. Kehonkoostumusmittausten tuloksista vain solunsisäisen nesteen määrällä oli yhteys suorituskyvyn kasvuun voima- sekä hyppytesteissä. (Silva ym. 2014)

Lihasmassan kasvattamisen potentiaaliin vaikuttaa urheilijan perimä sekä voimaharjoitteluhistoria. Pitkän voimaharjoittelutaustan omaavilla urheilijoilla lihasmassan ja voimantuoton kehittäminen voi olla haastavampaa kuin aloittelijoilla. Tärkeää on myös positiivinen energiatasapaino, jotta elimistöllä on energiaa käytettäväksi lihasmassan

kasvattamiseen. Sekä riittävä energiansaanti että proteiininsaanti ovat tärkeitä tekijöitä lihasmassan kasvattamisen tueksi. Energiansaannin määrä, joka takaa lihasten kasvun on yksilöllinen jokaiselle urheilijalle ja riippuu esimerkiksi harjoittelusta johtuvan lisäenergiankulutuksen tuomista ravitsemusvaatimuksista. (Garthe ym. 2013) Garthen ym. (2011) tutkimuksessa eri yksilölajien mies- ja naisurheilijat jaettiin kahteen vertailtavaan ryhmään, joista toinen pudotti painoa nopeasti (1,4 % viikossa) ja toinen hitaasti (0,7 % viikossa). Tutkimuksessa huomattiin, että naisurheilijat saivat kasvatettua rasvatonta kehonmassaa intervention aikana tilastollisesti merkitsevästi, kun miehillä rasvaton kehonmassa jopa väheni nopean painonpudotuksen ryhmässä. Naisilla mitatuissa kehonkoostumusmuuttujissa ei ollut merkittävää eroa nopean ja hitaan painonpudotuksen ryhmien välillä. (Garthe ym. 2011) Syitä sukupuolten välisille eroille voidaan pohtia olevan esimerkiksi naisten suurempi rasvaprosentti lähtötilanteessa tai naisurheilijoille tyypilliset energiansaataavuuden ongelmat, joiden vuoksi elimistö on tottunut toimimaan energiavajeessa.

### **2.3 Kehonkoostumuksen vaikutus urheilusuorituksessa**

Urheilijan fyysiset ominaisuudet ovat useissa lajeissa merkittävässä roolissa menestystä tavoiteltaessa. Kehonmassa ja kehonkoostumus ovat näistä ominaisuuksista keskeisiä, koska niitä pystytään suhteellisen helposti muokkaamaan. Vaikka kehonkoostumuksen muutoksella voi olla merkittäviä vaikutuksia urheilijan kehitykseen, on tärkeää tiedostaa, että urheilijan suorituskykyä ei voida ennustaa pelkästään kehonpainon tai -koostumuksen perusteella. (Nutrition and Athletic Performance 2016) Erityisesti joukkueurheilussa urheilijan suorituksen kannalta optimaalinen kehonkoostumus on yksilöllinen ja riippuu paljon pelipaikan sekä pelityylin asettamista vaatimuksista. Viitteitä siitä, että esimerkiksi nykypäivän jalkapalloilijat ovat vahvempia ja hoikempia kuin aiemmin (Burke ym. 2006) on löydetty, jonka myötä voidaan olettaa, että kehonkoostumuksen optimointi on yleistynyt myös joukkueurheilussa.

Urheilijoiden painonpudotuksen takana on yleensä halu optimoida suorituskyky parantamalla tehopainosuhdetta (Garthe ym. 2011). Kehonpainon ja erityisesti rasvamassan vähentäminen parantaa urheilijan tehopainosuhdetta, joka voi olla hyödyllistä suorituskyvyn kehityksen kannalta suorituksissa, joissa liikutetaan omaa kehonpainoa, kuten hyppääminen ja juokseminen. Optimoidakseen tehopainosuhdetta, joka vaikuttaa esimerkiksi sprinttijuoksussa kiihdytyksessä tuotettuun nopeuteen, urheilijat saattavat muokata kehonkoostumustaan

rajoittamalla energiansaantia. Energiensaannin rajoittamisella pyritään pudottamaan rasvamassaa, mutta samalla ylläpitämään rasvaton kehonmassa sekä hormonitoiminnan tasapaino, jotta suorituskyvyllä on mahdollisuus kehittyä entisestään. Rasvattoman kehonmassan ja hormonitoiminnan pysyessä samana, jo 2–3 kg painonpudotuksella voi olla merkittävä vaikutus räjähtävään voimantuottoon ja nopeuteen. (Huovinen ym. 2015) Lajisuorituskyvyille ideaalin kehonkoostumuksen saavuttaminen olisi hyvä olla pitkän aikavälin tavoite, kuten muidenkin ominaisuuksien kehittäminen. Kehonkoostumuksen muokkaamiseen paras aika on kilpailukauden ulkopuolella eli off-seasonilla tai pre-seasonilla ennen harjoituskauden alkua. (Burke ym. 2006)

Piucco ja dos Santos (2009) löysivät naislentopalloilijoita tutkittaessa tilastollisesti merkitsevän negatiivisen korrelaation urheilijan rasvaprocentin ja maahan kohdistuvan voiman välillä urheilijan suorittaessa lajinomaista vertikaalista hyppyä. Mitä suurempi urheilijan rasvaprocentti oli, sitä heikompia maahan kohdistuva voima hypätessä, ja siten myös hyppyykorkeus olivat. Suurempi rasvaprocentti siis vaikuttaa negatiivisesti urheilijan vertikaalihyppysuoritukseen. Samanlaisia tuloksia on saatu myös koripalloilijoita tutkittaessa. (Piucco & dos Santos 2009) Lentopallon kaltaisessa pelissä, jossa suorituskykyä vaaditaan eniten nopean voimantuoton suorituksiin kuten hyppyihin torjuntajen sekä hyökkäysten aikana, pienemmästä rasvaprocentista voi olla hyötyä, sillä rasvan määrä lisää kehon massaa, mutta ei voimaa, jolla massaa liikutetaan. Nopean voimantuoton suorituksissa tavoitteena on kiihdyttää liike mahdollisimman nopeasti mahdollisimman kovaksi. Kappaleen kiihtyvyys lasketaan voima jaettuna massalla ( $F/m$ ), joten jos massa kasvaa, mutta voima ei, niin kiihtyvyys laskee. (Piucco & dos Santos 2009) Caian ym. (2016) tutkimuksessa kehon rasvaprocentti oli suurin yksittäinen muuttaja esikevennyshypyn tuloksen selittäjänä. Vain yhdistämällä kehonpaino ja sukupuoli, saatiin tarkempi selittäjä tuloksille. Esikevennyshypyn suorituskyvystä pystytään siis selittämään huomattava osa tietämällä rasvaprocentti, kehonpaino sekä sukupuoli. Kehon rasvaprocentilla oli tulosten mukaan suhteellisen suuri negatiivinen korrelaatio esikevennyshypyn kanssa ( $r = -0,76$ ). (Caia ym. 2016)

Myös nuorilla (15–19 v.) miehillä on löydetty tilastollisesti merkitseviä negatiivisia korrelaatioita rasvaprocentin ja hyppy- sekä juokstestien tulosten välillä. Suurempi rasvaprocentti johti siis pidempään suoritusaikaan 10 ja 35 metrin juoksussa ja suunnanmuutostestissä, sekä matalampaan hyppyykorkeuteen kyykkyhypyssä ja esikevennyshypyssä. (França ym. 2022) Huovisen ym. (2015) tutkimuksessa sekä

esikevennyshyppy että 20 metrin juoksu kehittyivät tilastollisesti merkitsevästi 4 viikon painonpudotuksen myötä. Painonpudotuksen myötä tutkittavien miesten paino tippui keskimäärin 2,2 kg, josta suurin osa oli rasvamassaa (1,7 kg). Esikevennyshyppytulokset kehittyivät keskimäärin 3 cm ja 20 metrin juoksu 0,04 sekuntia. Tutkimuksessa huomattiin myös, että räjähtävä voima, jota mitattiin esikevennyshyppyllä, kehittyi enemmän niillä yksilöillä, joiden rasvaprosentti oli lähtötilanteessa korkeampi. Kehittymistä tapahtui kuitenkin myös alkutilanteessa pienemmän rasvaprosentin omaavilla koehenkilöillä. (Huovinen ym. 2015) Nimphius ym. (2010) löysivät kehonpainon sekä suhteellisen voiman yhteyttä suorituskykyyn tutkiessa naisurheilijoiden tuloksista poikkeavuuksia aiemmin tutkittuihin miesten tuloksiin. Poikittaistutkimuksen tulosten perusteella kehonpainolla ja suhteellisella voimalla on vahvoja korrelaatioita nopeus- ja suunnanmuutosominaisuuksien kanssa, mutta ei esikevennyshyppyn kanssa. Osa korrelaatioista pysyvät johdonmukaisina koko kauden ajan, mutta osa vaihtelee eri ajanjaksoilla. Siksi olisikin tärkeää tutkia näitä yhteyksiä pidemmällä aikavälillä, jotta saadaan selvitettyä, onko näiden ominaisuuksien välillä syy-seuraussuhteita. Ominaisuuksien korrelaatioiden voimakkuuksien muutokset eri aikoina osoittavat, että ominaisuudet voivat kehittyä eri nopeuksilla, tai joku ominaisuus voi kehittyä, kun toinen pysyy ennallaan. Nämä eroavaisuudet vaikuttavat korrelaation vahvuuteen ja siten vahvistavat ajatusta siitä, että niillä ei välttämättä ole merkittävää yhteyttä toisiinsa (Nimphius ym. 2010)

Vaikka absoluuttisella voimalla on löydetty olevan yhteys suunnanmuutoskykyyn, niin suunnanmuutoksen eri osissa eli kiihdytyksessä, hidastamisessa ja suunnan vaihdoksessa vaaditaan kykyä liikuttaa omaa kehonmassaa, jolloin parempi indikaattori suorituskyvyllä on suhteellinen voima. Nopeus ja suunnanmuutos suorituskyvyn sekä suhteellisen voiman väliltä löydettyt vahvat ja johdonmukaiset korrelaatiot osoittavat, että suhteellisen voiman kehittäminen johtaa näissä suorituskyky muuttujissa parempiin tuloksiin. Tutkimuksen tulosten perusteella voidaan todeta, että kehonpainoltaan pienikokoisilla urheilijoilla on parempi suorituskyky nopeutta, suunnanmuutosta ja suhteellista voimaa vaativissa suorituksissa. Tulosten perusteella ei voida kuitenkaan tulkita, että pienikokoiset pelaajat olisivat parempia heidän omassa lajissaan kuin muut. (Nimphius ym. 2010)

Garthen ym. (2013) tutkimuksessa kehonpainon kasvulla, johon sisältyi sekä rasvamassan että rasvattoman massan kasvua, ei ollut vaikutusta esikevennyshyppytulokseen, mutta 40 metrin sprinttisuoritus heikentyi tilastollisesti merkitsevästi kehonkoostumuksen muutosten myötä. Kun kehonpainonmuutos johtuu enimmäkseen lisääntyneestä rasvamassasta, ei suorituskyvyn

kehitystä painovoimaa vastaan tehdyissä suorituksissa kuten hyppäämisessä tai juoksemisessa voida odottaa, sillä rasvamassa lisää suoritukseen kuormaa, mutta ei voimaa, jolla kuormaa liikutetaan. Vaikka tutkimuksessa toisen ryhmän urheilijoilla lihasmassan kasvu alaraajoissa oli merkittävästi suurempaa kuin verrokkiryhmällä, niin suorituskyvyssä ei ollut ryhmien välillä merkittävää eroa. Tämä todennäköisesti johtuu siitä, että ryhmä, jonka lihasmassa kasvoi merkittävästi enemmän, lisäsi myös rasvamassaa verrokkiryhmään verrattuna merkittävästi enemmän, jolloin lihasmassan kasvun myötä saadulla voimalla ei pystytty kompensoimaan kokonaismassan kasvua niin, että suorituskyky esikevennyshypyssä tai 40 metrin juoksuajassa olisi kehittynyt. (Garthe ym. 2013)

Emmondsin ym. (2019) tutkimuksessa kehonkoostumuksen ja suorituskykymittareiden väliset korrelaatiot eivät saavuttaneet tilastollista merkitsevyyttä. Tutkittavien määrä oli kuitenkin pieni ja tutkijoiden mukaan suuremmalla määrällä tutkittavia kohtalaisen vahvat negatiiviset korrelaatiot rasvamassan ja 10 metrin sekä 20 metrin nopeustestin tulosten välillä olisivat saattaneet saavuttaa tilastollisen merkitsevyyden. Gonzalez-Raven ym. (2011) lentopalloilijanaisten 24 viikon voimaharjoittelu intervention myötä urheilijoiden lihasmassa kasvoi, rasvamassa pieneni ja hermolihasjärjestelmän toiminta kehittyi. Tutkittavien maksimivoima (kahden toiston takakyökkymaksimi) ja hyppykorkeus (kyykkyhyppy ja esikevennyshyppy) kehittivät tilastollisesti merkitsevästi, mutta korrelaatiota kehonkoostumusmuuttujien ja suorituskykytestien tulosten välille ei löydetty. Tulosten myötä voidaan olettaa, että suorituskyvyn kehittymisen takana on neuraalista adaptaatiota harjoitteluun, eikä pelkästään lihasmassan kasvu ole ratkaiseva tekijä. Tuloksista huomioitiin myös se, että joidenkin urheilijoiden hermolihasjärjestelmän toiminta ja sitä myöten suorituskyky kasvoi ilman merkittävää lisäystä lihasmassassa. Tämän takana voi olla mekanismeja kuten motoristen yksiköiden syttymisnopeuden kehittyminen sekä synergisti- ja antagonistilihasten välisen koordinaation paraneminen. (González-Ravé ym. 2011)

Tuloksia kehonkoostumuksen yhteydestä suorituskykyyn on siis puolesta sekä vastaan. Osassa tutkimuksista tulokset jakautuivat niin, että yhteys löytyi joihinkin ominaisuuksiin, mutta toisiin ei. Piucco & dos Santos (2009), Caia ym. (2016), França ym. (2022), Huovinen ym. (2015), Nimphius ym. (2010), Garthe ym. (2011) ja Garthe ym. (2013) löysivät yhteyksiä kehon rasvamassan ja suorituskykytestien väliltä, kun taas Emmonds ym. (2019) ja González-Ravé ym. (2011) eivät löytäneet kehonkoostumusmuuttujien ja suorituskyvyn väliltä yhteyksiä.

Tutkimusten tulosten mukaiset kehonkoostumusmuuttujien ja suorituskykytestien väliltä löydetty yhteydet on esitelty taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Tutkimusten tuloksissa löydetty yhteydet kehonkoostumuksen ja suorituskykyymuuttujien (ponnistusvoima ja juoksunopeus) välillä.

Tutkimus	Yhteys ponnistusvoimaan	Yhteys juoksunopeuteen
Caia ym. (2016)	+	0
Emmonds ym. (2019)	-	-
Franca ym. (2022)	+	+
Garthe ym. (2011)	+	-
Garthe ym. (2013)	-	+
Gonzales-Rave ym. (2011)	-	0
Huovinen ym. (2015)	+	+
Nimphius ym. (2010)	+	+
Piucco & dos Santos (2009)	+	0

+ = tilastollisesti merkitsevä yhteys, 0 = ei ole mitattu tutkimuksessa, - = ei tilastollisesti merkitsevää yhteyttä



### **3 SUORITUSKYKY PALLOILULAJEISSA**

Urheilijan suorituskyvyllä voidaan tarkoittaa lukemattomia eri asioita. Suorituskyvyn määritelmä on riippuvainen lajista, roolista sekä tilanteesta, jossa urheilija suoritusta tekee. Monissa palloilulajeissa esimerkiksi suoritusten keston tai kentän koon vuoksi urheilijat eivät saavuta suorituksissaan maksimaalista sprinttinopeuttaan, joten maksimaalista nopeutta tärkeimpinä ominaisuuksina pidetään ensimmäisten askelten nopeutta sekä kiihtyvyyttä (Cronin & Hansen 2005).

Fyysisiä ominaisuuksia, kuten voimaa, nopeutta ja kestävyyttä vaativissa lajeissa miehet suoriutuvat noin 10–30 % naisia paremmin. Esimerkiksi 100 metrin pikajuoksussa sukupuolten välinen ero on maailmanennätyksissä 0,91 sekuntia, jolloin ero on prosentuaalisesti 9,5 %. Pituushypyssä eroa sukupuolten maailmaennätysten välillä on 1,43 metriä, joka on prosentteina 16. Erot johtuvat ensisijaisesti miesten suuremmasta testosteronin erityksestä, jolla on anabolisia vaikutuksia lihasmassaan, luumassaan ja hemoglobiinimassaan. Nämä ovat oleellisia tekijöitä voimaa ja kestävyyttä vaativissa urheilusuorituksissa. Testosteronin merkityksen miesten parempaan suorituskykyyn huomaa myös siinä, että enemmän taitoon kuin fyysiseen suoritukseen pohjautuvissa suorituksissa, sukupuolten väliset erot ovat minimaaliset. (Hunter ym. 2023) Koska suorituskyky palloilulajeissa on monen osa-alueen kokonaisuus, ei pelkästään fyysisten ominaisuuksien perusteella pystytä arvioimaan urheilijan täyttä suorituskykyä.

#### **3.1 Suorituskyvyn määrittely eri lajeissa**

Urheilijoiden suorituskyvyn mittaamisen luotettavuus vain ihmisten tekemien havaintojen ja näkemysten perusteella on kyseenalaistettavissa. Jotta suorituskyvyn mittaamisessa saatuja tuloksia voidaan tulkita luotettavasti ja objektiivisesti, on dataa vertailtava kontekstiin sopivaan vertailuryhmään sekä urheilijan omiin aiempiin tuloksiin. Suoritusten eri arvoja mittaamalla ja tuloksia vertailemalla saadaan paljon tärkeää tietoa, mutta olennaista on osata tulkita saatua informaatiota loogisesti ja oikeassa yhteydessä. Palloilulajeissa fyysisen suorituskyvyn lisäksi korostuu yksilön sekä joukkueen taktinen osaaminen. Taktisella pelaamisella pyritään korostamaan omia vahvimpia ominaisuuksia ja poissulkemaan vastustajan vahvuudet, sekä hyväksikäyttämään vastustajan heikkouksia. Taktinen osaaminen näkyy esimerkiksi pelaajien pelialueen käytössä sekä erilaisissa pelitaktiikoissa, joilla vastustajan vahvuudet poissuljetaan.

Taktinen suorituskyky on siis merkittävässä osassa palloilulajien suorituksissa pelitilanteissa, jonka vuoksi myös sen eri osa-alueita olisi tärkeää tunnistaa, mitata ja validoida. Näin pelaajan tai joukkueen suorituskyvystä saadaan parempi kokonaiskuva, ja mitattuja tuloksia osataan tulkita tilanteiden yhteydessä oikein. Tehokkaimmin tietoa saadaan käsiteltyä, kun sitä vertaillaan sekä urheilijan omiin aiempiin tuloksiin, että hänen vertaisryhmänsä tuloksiin. Tärkeää on ottaa huomioon myös yksittäiseen suoritukseen tai peliin vaikuttaneet muuttujat, kuten vastustajan taso, joka voi selkeästi vaikuttaa tuloksiin, sillä suorituksen onnistuminen tai epäonnistuminen on varsinkin palloilulajeissa lähes aina riippuvaista vastustajan toiminnasta. Vielä spesifimpiä tuloksia suorituskyvyn analysoinnissa saadaan, jos vertailuun pystytään lisäämään suorituksen biomekaanisia muuttujia kuten mitattuja suoritusnopeuksia. (Hughes & Bartlett 2002)

Varsinkin palloilulajeissa suorituskyvyn mittaamista yksinkertaisilla ja pelkistetyillä mittareilla ja analyyseillä voidaan kyseenalaistaa. Urheilusooritukseen vaikuttaa pelkkien fyysisten ominaisuuksien lisäksi monet psyykkiset tekijät sekä ympäristön muuttujat. Urheilija on suoritusilanteessakin inhimillinen ja suoritus perustuu ympäristön kanssa vuorovaikutteiseen käyttäytymiseen. (Hughes & Bartlett 2002) Joukkuepalloilulajeissa inhimillisyys ja suorituksen vuorovaikutteisuus korostuu yksilölajeihin verrattuna entisestään, ja häiriötekijöitä suorituksen onnistumiselle on enemmän. Yksittäisen fyysisen ominaisuuden kehitystä kuten hyppykorkeutta tai juoksunopeutta on helppo seurata testaamalla sitä eristettynä muusta suorituksesta, mutta tuloksen yhteys lajisuorituskykyyn ja pelitilanteessa onnistumiseen on monimutkaisempaa. Esimerkiksi esikevennyshypyn ja suunnanmuutostestin tulosten välillä ei löydetty yhteyttä softball-naisurheilijoilla (Nimphius ym. 2010), mutta molemmat näistä ovat silti olennaisia ominaisuuksia palloilulajeissa monessa roolissa, ja voivat yhdessä edistää urheilijan suorituskykyä.

Tietyn lajin urheilijoilla on tyypillistä olla lajin vaatimuksiin vastaava samankaltainen kehonkoostumus. Palloilulajeissa kehonkoostumuksen erot jakautuvat vielä lajien sisällä pelaajan roolin vaatimuksiin mukautuvasti. Pienemmän kehonpainon yhteys nopeus- ja suunnanmuutosominaisuuksiin on selkeästi todistettu, mutta sen merkitys eri roolien urheilijoille on arvioitava yksilöllisesti. Esimerkiksi softballissa eri roolien pelaajien panos pelin lopputulokseen perustuu täysin erilaisiin suorituksiin, jolloin fyysiset ominaisuudetkin täytyvät olla erilaiset. Jotkin pelaajat valitaan nopeus ja suunnanmuutosominaisuuksien perusteella, jotkut taas vahvoiksi heittäjiksi tai lyöjiksi, jolloin suorituskykyä ei voida

kehonpainon perusteella arvioida, sillä suoritukseen vaikuttaa merkittävästi muutkin tekijät kuten absoluuttinen lihassmassa. (Nimphius ym. 2010) Myös Cahillin & Jonesin (2010) tutkimuksessa esimerkkinä roolien välisistä kehonkoostumuseroista käytettiin Softball-urheilijoita, jossa ulkokentän pelaajilta vaaditaan kovaa liikenopeutta, jotta he ehtivät liikkua pallon luo ja ottaa sen ilmasta kiinni, kun taas sisäkentän pelaajilta vaaditaan nopeampia reaktioaikoja sekä ketteryyttä pallon kiinnisaamiseksi. (Cahill & Jones 2010) Scantleburyn ym. (2022) tutkimuksessa rugby pelaajilla löydettiin samanlaisia tuloksia eri pelipaikkojen kehonkoostumusvaatimuksista. Rugbyn naispelaajista etupelaajat (forwards) ovat kehonpainoltaan painavampia ja heillä on suurempi rasvaprosentti, kun taas takapelaajilla (backs) on tyypillisesti paremmat alavartalon voimaominaisuudet, nopeusominaisuudet lyhyillä matkoilla (10–40 metriä) sekä aerobinen kapasiteetti. Näidenkin kehonkoostumuserojen voidaan perustella johtuvan pelipaikkojen tyypillisistä suorituskykyvaatimuksista. (Scantlebury ym. 2022) Samoja perusteita pystytään siis soveltamaan suurimpaan osaan palloilulajeista, sillä lähes joka lajissa eri pelipaikkojen pelaajilla on eri tavoitteet ja tehtävät, jotka määrittelevät mitkä ominaisuudet ovat tärkeitä.

### **3.2 Suorituskyvyn testaaminen ja arviointi**

Palloilulajeissa sekä urheilussa yleisesti tavoitellaan usein mahdollisimman kovaa tehoa. Teholla tarkoitetaan työn tekemisen nopeutta. Teholajien suorituskyvystä puhuttaessa teholla tarkoitetaan yleensä maksimaalisen voiman tuottonopeutta, eli mitä nopeammin urheilija pystyy tuottamaan suuremman voiman, sitä suurempi on hänen voimantuottokykynsä. Suuremman voimantuottokyvyn myötä urheilijan suorituskyky on parempi. (McLeod ym. 1983) Suorituskyvyn testaamisessa ja arvioinnissa haasteena on lajispesifisen suorituskyvyn tunnistaminen ja mittaaminen (Garthe ym. 2013). Testattavan urheilijan lajin sekä roolin erityisvaatimuksien tunnistaminen ja huolellinen analysointi on tärkeää, jotta suorituksen kehittymistä edistävät suorituskykytestit saadaan valittua oikein (Cahill & Jones 2010). Lajispesifisyys korostuu harjoittelun suunnittelussa ja toteuttamisessa, mutta urheilijoiden testauksen luotettavuuden ja tulosten analysoinnin kannalta tärkeintä on testauksen johdonmukaisuus (Sayers ym. 1999). Tämän vuoksi testauksessa käytetään usein yleistä fyysistä suorituskykyä mittaavia testejä, kuten juoksunopeutta tai hyppyjen pituuksia sekä korkeuksia, jolloin nähdään miten harjoittelu tai jokin muu interventio vaikuttaa toimintakykyyn kokonaisuudessaan. (Garthe ym. 2013) Voimantuottotestien ja urheilijan

lajisuorituskyvyn välisen suhteen ymmärtäminen on tärkeää testaamisen ja valmentamisen kokonaiskuvan ymmärtämisen ja tulkitsemisen vuoksi. Vaikka kyseessä ei ole syy-seuraussuhde, niin testaamisesta saadut tulokset antavat oikein tulkittuina tärkeää tietoa harjoittelun myötä saaduista adaptaatioista, sekä testien soveltuvuudesta kyseisen lajin urheilijoiden testaukseen. (Nuzzo ym. 2008)

Lajikontekstiin sopivan testi patteriston rakentaminen on tärkeää myös siksi, että harjoittelun lajispesifisyydellä voi olla vaikutuksia testituloksiin, niiden muutoksiin sekä testitulosten ja suorituskyvyn yhteyteen. Nimphius ym. (2010) eivät löytäneet korrelaatiota staattisen kyykkyhyppytestin ja nopeustestien välillä softballin naispelaajilla. Softballin harjoittelussa ja lajisuorituksissa vertikaalinen hyppysuoritus ei ole olennaisessa osassa, joten nopeutta harjoitettaessa juoksunopeuden kehityksen myötä vertikaalinen voimantuotto ei lajin urheilijoilla kehity välttämättä samalla. Lajeissa, joissa vertikaalista hyppyharjoittelua tehdään säännöllisesti tai lajisuorituksessa on osana ylöspäin suuntautuvaa voimantuottoa, staattisen hyppytestin ja nopeustestien tulosten välillä todennäköisemmin löydetään korrelaatio. Tässä tilanteessa kyse on taidon oppimisesta ja siirtovaikutuksista suorituksen välillä. (Nimphius ym. 2010) Jotta testauksesta saadaan urheilijan suorituskyvyn kannalta olennaista tietoa, on sen suunnittelussa otettava siis huomioon urheilijoiden lajispesifinen harjoittelu, ja analysoida sieltä esimerkiksi olennaisimmat voimantuottosuunnat oleellisten testien löytämiseksi.

### **3.2.1 Ponnistusvoima**

Nopea voimantuotto on olennainen osa lähes kaikkien urheilulajien lajisuorituksia. Hyppääminen voidaan luokitella urheilussa tarvittavaksi perustaidoksi, ja vertikaalisista hyppytesteistä onkin tullut yleisimmin käytetty standardoitu testausmenetelmä räjähtävän voimantuoton mittaamiseen. (Sayers ym. 1999) Motorisia tehtäviä tehdessä ihmiselle on tyypillistä aloittaa suoritus vastaliikkeellä. Tällä tarkoitetaan liikettä suorituksen päämäärän vastakkaiseen suuntaan, jolla esimerkiksi heitoissa tai hypyissä pyritään parantamaan suorituksen tehokkuutta. (Bobbert ym. 1996)

Esikevennyshyppyä testattaessa tärkeää on vakioida suoritustapa mahdollisimman hyvin, niin että suorituksen välillä hyppytekniikassa ei tulisi eroavaisuuksia. Urheilijoilla esikevennyshypyssä tyypillisiä suoritustekniikkaeroja on vastaliikkeen eli kyykyn syvyudessa

sekä suoritusnopeudessa. Näissä suorituksen osissa tapahtuvat erot vaikuttavat hypyn tulokseen ja ne siten lisäävät virhelähteitä tulosten analysointiin. Jotta hyppytestissä saatua dataa pystytään luotettavasti analysoimaan ja vertailemaan, täytyy suoritus pyrkiä tekemään joka kerralla mahdollisimman samalla tavalla. (Sayers ym. 1999) Sekä akuutti että kumuloitunut väsymys vaikuttaa esikevennyshyppytulokseen negatiivisesti. Gathercolen ym. (2015) mukaan väsymyksen vaikutukset näkyvät hypyn lentoajan lyhentymisenä sekä suoritustekniikan muutoksina. Urheilijoiden testauksessa esikevennyshypystä saadun tiedon hyödyntämiseksi tuloksia on tärkeää tulkita monipuolisesti ottaen huomioon suoritustapa, voimantuoton kannalta tärkeät arvot kuten teho ja voima, sekä hyppytuloksella eli korkeus tai lentoaika. (Gathercole ym. 2015) Esikevennyshyppytestiä voidaan siis pitää yksilön kehityksen tai kuormituksen seurannassa hyvänä mittarina, mutta se ei ole paras mittari eri lajien tai yksilöiden väliseen vertailuun, sillä hyppytekniikalla on suuri merkitys testitulokseen.

Esikevennyshypyssä saadut, muita hyppytestejä kuten staattista kyykkyhyppyä paremmat tulokset näyttäisivät johtuvan suuremmista nivelmomenteista, joita saadaan hyödynnettyä suorituksessa vastaliikkeen myötä. Lisäksi vastaliike mahdollistaa jalkojen ojentajalihasten aktivoitumisen ja siten voimantuoton aloittamisen jo ennen hypyn ponnistusvaihetta, kun staattisessa kyykkyhyypyssä lihasten stimulaatiotaso nousee vasta ponnistuksen alkaessa, jolloin ponnistuksen alussa voimantuotto on pienempää kuin esikevennyshypyssä. (Bobbert ym. 1996) Hyppyissä käytettävien lihasten koordinaatiokyky tai elastisen energian varastointi ja uudelleenkäyttö eivät Bobbertin ym. (1996) mukaan ole merkittäviä tekijöitä eri hyppytapojen tulosten eroja selittävinä tekijöinä. Lihasten koordinaatiokyvyn ja elastisen energian käytöstä löytyy tutkimuskirjallisuudesta myös Bobbertin ym. (1996) näkemyksestä eroavia tuloksia.

Pitkän kontaktiajan vuoksi esikevennyshyppy voidaan tulkita pitkän venymis-lyhenemissyklin (SSC) suoritukseksi (Hennessy & Kilty 2001). Franca ym. (2022) mukaan alavartalon räjähtävällä voimantuotolla on merkittävä yhteys miesjalkapalloilijoiden nopeus- ja ketteryyssominaisuuksiin. Esikevennyshypyillä voidaan arvioida kykyä tuottaa voimaa nopeasti venymis-lyhenemissykliä hyödyntävissä liikkeissä, mutta staattisessa kyykkyhyypyssä tuotetaan voimaa nimenomaan konsentrisen liikkeen aikana, jolloin sillä on merkittävämpi yhteys lyhyisiin kiihdytyksiin ja sprinttisuorituksiin. (França ym. 2022) Cronin ja Hansen (2005) taas löysivät rugbyyn miespelaajilla suuremman korrelaation hitaamman venymis-lyhenemissyklin eli esikevennyshypyn ja sprinttisuoritusten välillä kuin staattisen kyykkyhypyn ja sprintin

välillä. Korrelaatiot olivat molempien testaustapojen kohdalla tilastollisesti merkittäviä (Cronin & Hansen 2005)

Nuzzo ym. (2008) löysivät tutkimuksessaan korrelaatioita esikevennyshypyn ja maksimikyyky sekä rinnalle veto testien väliltä. Isometrisen maksimivoimantuoton ja esikevennyshypyn välillä korrelaatiot olivat pienemmät. Lisäksi huomattiin, että suhteellista voimantuottoa mittaavat testit korreloivat hyppytulosten kanssa paremmin kuin absoluuttiset voimantuoton mittaukset, sillä suhteellista voimaa mitattaessa otetaan huomioon urheilijan kehon massa, jota myös hypätessä yritetään kiihdyttää. Kehittämällä voimantuottoa tietyllä massalla tai ylläpitämällä voimantuottoa ja vähentämällä massaa saadaan siis hypyn tulosta kehitettyä. (Nuzzo ym. 2008) Tämän teorian perusteella suhteellisen voimantuoton tärkeys korostuu palloilulajeissa, sillä suorituksissa tyypillisesti liikutetaan omaa kehonpainoa ja mahdolliset ulkoiset painot, kuten välineet ja varusteet ovat kevyitä. Voidaan siis pitää perusteltuna, että esikevennyshyppy on paljon käytetty testi palloilulajien urheilijoiden voimantuottoa seurattaessa.

Esikevennyshypyn testituloksilla on korkea toistettavuus (Cormack ym. 2008; Harman ym. 1990). Esikevennyshypyn mittaustuloksia voidaan pitää luotettavina ja toistettavina sekä saman päivän aikana, että eri päivien välillä. Urheilijoiden harjoittelun vasteita sekä kuormituksen määrää voidaan siis luotettavasti seurata ja testata esikevennyshypyn avulla, sillä voidaan olettaa, että muutokset hyppytuloksissa perustuvat urheilijan suorituskyvyn muutoksiin eivätkä testin aiheuttamaan häiriöön (Cormack ym. 2008).

### **3.2.2 Nopeus**

Sprinttisuoritukset eli urheilijan kyky saavuttaa oma maksiminopeutensa, on menestymisen kannalta tärkeää ja olennaista monissa urheilulajeissa. Joukkuepalloilulajeissa pelisuorituksissa tyypillisiä ovat toistuvat korkean intensiteetin sprintit. (Slater ym. 2019) Nopeammat urheilijat pystyvät parempien ominaisuuksiensa myötä usein voittamaan vastustajansa peli- tai kilpailutilanteessa. Nopeuteen ja sen kehittymiseen vaikuttavia tekijöitä on muun muassa lihasten rakenne, liikkuvuus, väsymys, juokсутekniikka sekä askelpituus- ja tiheys. (Cissik 2004)

Henessyn ja Kiltyn (2001) tutkimuksessa naisurheilijoilla löydettiin merkittäviä korrelaatioita esikevennyshypyn ja pudotushypyn sekä sprinttimatkojen (30, 100 ja 300 metriä) välillä. Hypyissä tapahtuva ojentajalihasten venymis-lyhenemissykli (SSC) jäljittelee samaa liikettä, mitä ojentajalihakset tekevät sprinttisuorituksen aikana ja siksi korrelaatio suoritusten välillä on merkittävä. Esikevennyshypyssä SSC on pidempikestoinen kuin pudotushypyssä, sillä pudotushypyssä maakontakti on kestoaltaan paljon lyhyempi, mutta tutkimuksen perusteella molemmilla on merkittävä yhteys sprinttisuorituskykyyn. (Henessy & Kilty 2001) Slaterin ym. (2019) mukaan suuremman lihassmassan vaikutus ei sprinttisuorituksessa ole merkittävin tekijä, sillä pidemmät ja ”linearisemmat” pikajuoksijat menestyvät paremmin. Vaikka lihassmassan optimointi on räjähtävän voiman kehittymisen kannalta tärkeää, niin harjoittelussa korostuu juoksutaito ja tekniikkaa, jotta voima saadaan siirrettyä mahdollisimman tehokkaasti juoksusuoritukseen. Räjähtävä voima korostuu sprinttisuorituksessa erityisesti lähdössä ja kiihdytyksessä. (Slater ym. 2019)

Sprintin ensimmäisten 12–15 metrin aikana juoksija kiihdyttää, eli pyrkii kasvattamaan liikenopeutta sekä askelpituutta. Juoksuasento on etupainoinen ja siten tekniikka hyvin erilainen, kuin myöhemmin saavutettavassa maksimivauhdissa. (Cissik 2004) Palloilulajeille tyypillisiä suorituksia ovat lyhyet maksimaaliset kiihdytykset, nopeat pysähdykset ja suunnanmuutokset. Tällaisissa suorituksissa juokсутekniikassa korostuu nimenomaan etupainoinen kiihdytysvaihe ja sen vaatimat ominaisuudet.

Cronin ja Hansen (2005) mittasivat ammattilaisrugbypelaaja miehiltä 5-, 10- ja 30 metrin juoksuajat valokennojen avulla ja jakoivat sen jälkeen urheilijat 5 metrin juoksuajan perusteella hitaisiin ja nopeisiin juoksijoihin. Kun ryhmiä vertailtiin kaikilla kolmella eri juoksumatkalla, niin muutoksia ryhmien välillä ei huomattu, eli 5 metrin matkalla nopeimmat olivat myös 30 metrin matkalla nopeimpia. Vertailun perusteella voidaan todeta, että hyvä lähtö ja nopea kiihdytys ovat avaintekijöitä hyvään sprinttisuoritukseen, ainakin miespalloilijoilla. (Cronin & Hansen 2005) Softballin naispelaajilla tehdyssä tutkimuksessa suhteellinen voima ja 10 metrin sprinttitulokset korreloivat merkittävästi ja johdonmukaisesti. 10 metrin juokсутestiä pidetään yleisesti kiihdyttämiskykyä mittaavana testinä, ja yli 30 metrin juokсутestit kuvaavat enemmän urheilijan maksiminopeutta. Softballissa juoksumatka ensimmäiselle pesälle on 17,9 metriä ja toiselle pesälle 35,8 metriä. Myös molemmilla näillä matkoilla suhteellisen voiman korrelaatio pysyi merkittävänä. (Nimphius ym. 2010) Tutkimusten perusteella voidaan siis todeta, että palloilulajien urheilijoilla suhteellisella voimalla ja hyvillä kiihdytysominaisuuksilla on

merkittävä rooli lajinomaisessa sprinttisuorituksessa. Softballkentän juoksumatkat ovat pituudeltaan tyypillisiä myös muille palloilulajeille, joten tulokset ovat sovellettavissa monien lajien urheilijoille.



#### 4 TUTKIMUSKYSYMYKSET JA HYPOTEEBIT

**Tutkimuskysymys 1:** Onko kehonkoostumuksella yhteys esikevennyshypyn ja 20 metrin juoksutestin tulokseen palloilulajien naisurheilijoilla?

**Hypoteesi ja perustelut:** Kehonkoostumuksella on yhteys testituloksiin. Suurempi rasvaprocentti on yhteydessä heikompaan hyppy- ja juoksutulokseen (Caia ym. 2016; França ym. 2022; Garthe ym. 2011; Garthe ym. 2013; Huovinen ym. 2015; Nimphius ym. 2010; Piucco & dos Santos 2009).

**Tutkimuskysymys 2:** Onko lajien välillä eroja kehonkoostumuksessa ja suorituskykytesteissä?

**Hypoteesi ja perustelut:** Lajien välillä kehonkoostumuksissa ei ole merkittäviä eroja, sillä erot urheilijoiden kehonkoostumuksissa jakautuu lajien sisällä vielä eri roolien vaatimuksien mukaan (Cahill & Jones 2010; Nimphius ym. 2010; Scantlebury ym 2022). Palloilulajeissa eri roolien urheilijoilta vaaditaan hyvin erilaisia ominaisuuksia ja suorituksia, jolloin myös kehonkoostumuksessa voidaan olettaa olevan eroja pelaajien välillä. Esimerkiksi softballissa osalta pelaajista vaaditaan hyviä nopeus ja suunnanmuutosominaisuuksia, toisilta taas suurta heitto- ja lyöntivoimaa, jolloin suoritusten vaatima optimaalinen kehonkoostumus on hyvin erilainen. (Nimphius ym. 2010) Lajeissa, joissa esikevennyshyppy ja juoksutesti ovat harjoituksissa käytettyjä ja lajinomaisia suorituksia testien tulokset ovat parempia (Cahill & Jones 2010; Nimphius ym. 2010).

## 5 TUTKIMUSMENETELMÄT

Tämän tutkimuksen aineisto on koottu Jyväskylän Yliopistossa suomalaisille naisurheilijoille toteutetun NoREDS-tutkimuksen kerätyistä aineistoista. Kaikki mittaukset suoritettiin Jyväskylän Yliopiston liikuntabiologian laitoksen laboratoriossa Vivecalla. Kehonkoostumuksen mittaus suoritettiin aamumittauksissa ja suorituskykytestit eli juoksu- ja ponnistusvoimatesti pyrittiin suorittamaan muutaman päivän sisällä kehonkoostumusmittauksesta. Lopuksi saadut tulokset analysoitiin tilastollisen analyysiohjelmiston avulla. Tutkimus on saanut Jyväskylän yliopiston eettisen toimikunnan hyväksynnän.

Tutkimukseen osallistui 83 suomalaista naisurheilijaa neljästä eri palloilulajista. Tutkittavat olivat jalkapalloilijoita ( $n = 14$ ), lentopalloilijoita ( $n = 37$ ), koripalloilijoita ( $n = 14$ ) ja futsalin pelaajia ( $n = 18$ ). Kaikki tutkittavat kilpailevat omassa lajissaan vähintään kansallisella tasolla.

### 5.1 Mittaukset

*Kehonkoostumus.* Kehonkoostumuksen arviointi toteutettiin kaksienenergisellä röntgenabsorptiometrialla (DXA, dual energy X-ray absorptiometry). Tutkimuksessa käytetty DXA-laitte oli (GE Lunar Prodigy Advance, Madison, WI, USA). Kehonkoostumusmittaukset suoritettiin aamumittauksina niin, että tutkittavat eivät olleet nauttineet aamupalaa tai nesteitä ennen mittausta. Mittauksen tuloksista tarkasteltiin tässä tutkimuksessa vain tutkittavien rasvaprosenttia.

*Juoksutesti.* Tutkittavien 20 metrin juoksuaika mitattiin valokennoilla (Newtest Oy, Suomi). Lähtö suoritettiin 70 cm etäisyydeltä valokennosta, joka oli metrin korkeudella maan pinnasta. Tutkittavat suorittivat kolme maksimaalista juoksusuoritusta kolmen minuutin palautuksilla. Analyysiin otettiin mukaan nopein kolmesta juoksusuorituksesta.

*Esikevennyshyppy.* Tutkittavien ponnistusvoimaa mitattiin esikevennyshyppyn avulla joko voimalevyllä (FP8, Hur Labs Oy, Kokkola, Finland) tai valomatolla (Custom built, Jyväskylän Yliopisto, Suomi). Tutkittavia ohjeistettiin suorittamaan kolme maksimaalista hyppysuoritusta

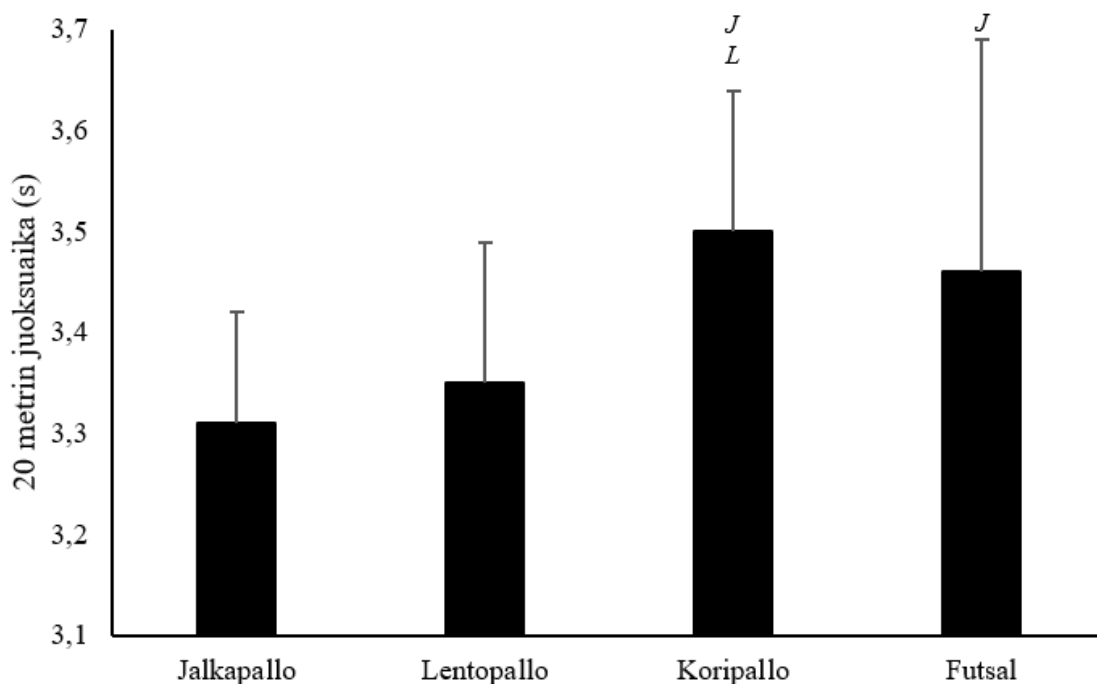
noin minuutin palautuksilla. Ennen hyppyä tapahtuvan kevennyksen syvyyden tutkittava sai määritellä itse.

## **5.2 Tilastolliset menetelmät**

Aineiston tilastolliseen analyysiin käytettiin IBM SPSS Statistics-ohjelmaa, versio 28.0.1.1 (15). Ensin aineiston normaalijakautuneisuus tarkistettiin Shapiro-Wilk-testillä. Aineiston ollessa normaalijakautunut, tarkistettiin aineiston samavarianssisuus Levenen-testillä. Lajien keskiarvojen välisten erojen selvittämiseen käytettiin ANOVA-variانسianalyysiä ja erojen tarkempaan tarkasteluun Bonferronin Post Hoc -testiä. Kehonkoostumuksen ja juoksu- sekä ponnistusvoimatestin väliset yhteydet selvitettiin Pearsonin korrelaatiokertoimen avulla. Tilastollisen merkitsevyyden raja oli kaikissa tilastoanalyyseissä  $p < 0,05$ . Kaikki tulokset ovat esitetty keskiarvoina ja -hajontoina.

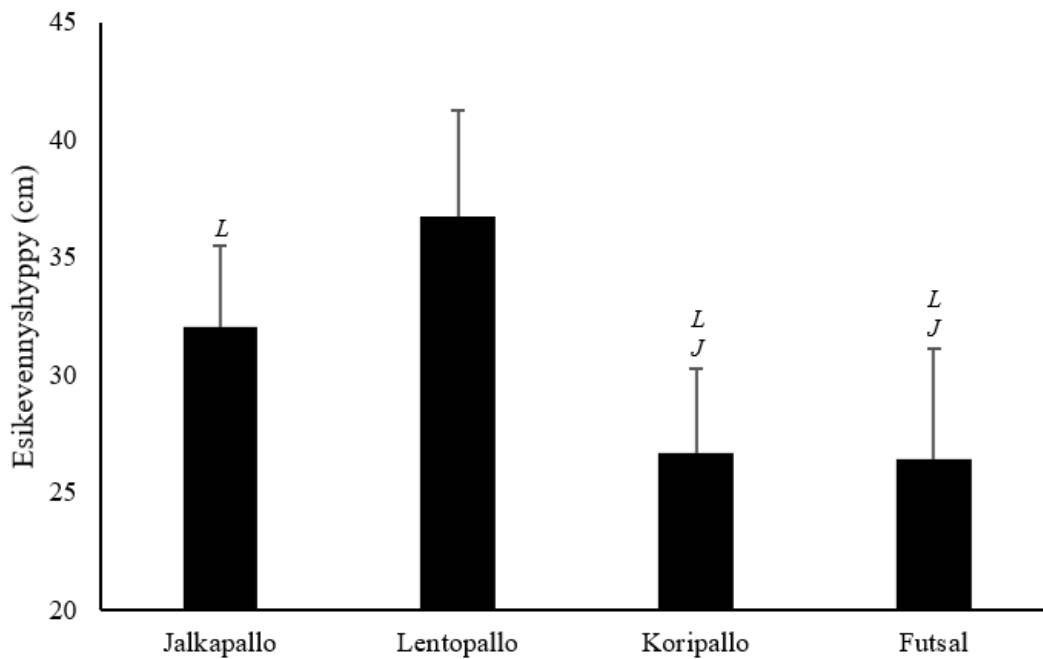
## 6 TULOKSET

Varianssianalyysin mukaan kaikissa kolmessa mitattavissa muuttujissa oli lajien välillä tilastollisesti merkitsevä ero (nopeustesti  $p < 0,001$ , esikevennyshyppy  $p < 0,001$  ja rasvaprosentti  $p < 0,05$ ). 20 metrin juokсутestissä tilastollisesti merkitsevät erot olivat jalkapalloilijoiden ja koripalloilijoiden, jalkapalloilijoiden ja futsalpelaajien sekä lentopalloilijoiden ja koripalloilijoiden välillä ( $p < 0,05$ ), joista paremmat tulokset olivat jalkapalloilijoiden ja lentopalloilijoiden. Juokсутestin tulokset ovat esitetty kuvassa 1.

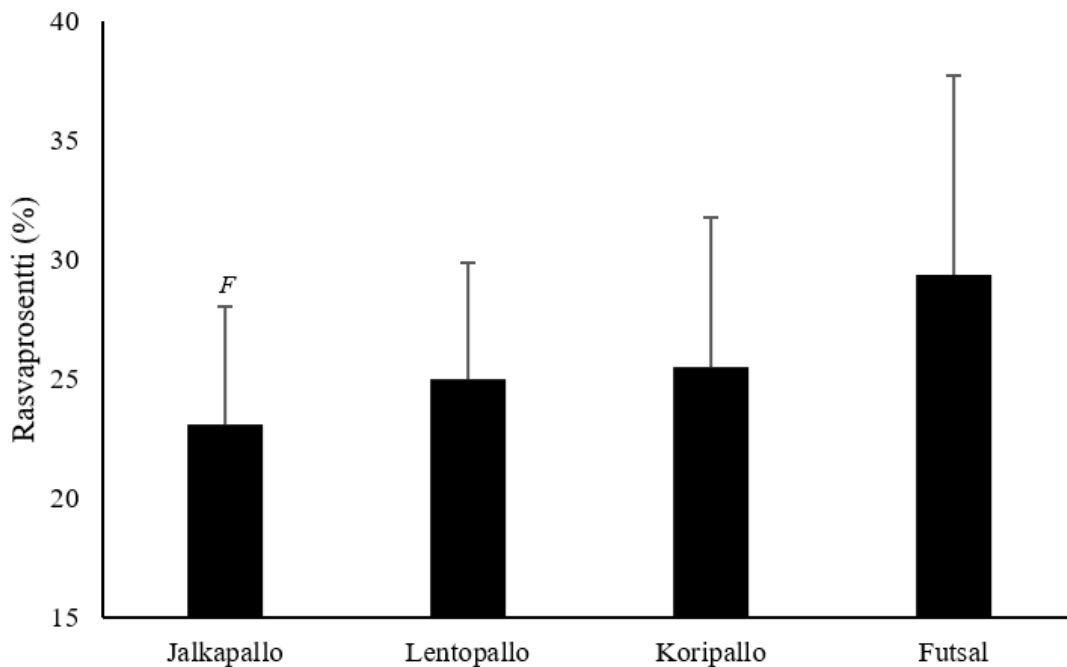


KUVA 1. 20 metrin juokсутestin tulokset lajeittain. Tulokset ovat esitetty keskiarvoina ja hajontapylväät kuvaavat keskihajontaa. *J*, tilastollisesti merkitsevä ero jalkapalloilijoihin ( $p < 0,05$ ). *L*, tilastollisesti merkitsevä ero lentopalloilijoihin ( $p < 0,05$ ).

Ponnistusvoimassa tilastollisesti merkitsevä ero löytyi kaikkien muiden ryhmien paitsi koripalloilijoiden ja futsalpelaajien väliltä ( $p < 0,05$ ). Lentopalloilijoiden hyppytestin tulos oli tilastollisesti merkitsevästi kaikkia muita lajeja parempi, ja jalkapalloilijoiden tulos oli tilastollisesti merkitsevästi parempi kuin koripalloilijoilla ja futsalpelaajilla. Hyppytestin tulokset ovat esitetty kuvassa 2. Kehonkoostumuksessa tilastollisesti merkitsevä ero löytyi vain jalkapalloilijoiden ja futsalpelaajien väliltä ( $p < 0,05$ ), joista jalkapalloilijoilla oli pienempi rasvaprosentti. Muiden lajien välillä tilastollisesti merkitseviä eroja rasvaprosentissa ei löytynyt. Kehonkoostumusmittauksen tulokset ovat esitetty kuvassa 3.



KUVA 2. Ponnistusvoimatestin tulokset lajeittain. Tulokset on esitetty keskiarvoina ja hajontapylväät kuvaavat keskihajontaa. *J*, tilastollisesti merkitsevä ero jalkapalloilijoihin ( $p < 0,05$ ). *L*, tilastollisesti merkitsevä ero lentopalloilijoihin ( $p < 0,05$ ).



KUVA 3. Kehonkoostumusmittauksen tulokset lajeittain. Tulokset on esitetty keskiarvoina ja hajontapylväät kuvaavat keskihajontaa. *F*, tilastollisesti merkitsevä ero futsalpelaajiin ( $p < 0,05$ ).

Kehonkoostumuksen ja juoksu- sekä ponnistusvoimatestin korrelaatioissa oli lajien välillä eroja. Jalkapalloilijoilla ja koripalloilijoilla tilastollisesti merkitsevää korrelaatioita ei löydetty rasvaprosentin ja kummankaan suorituskykytestin välillä ( $p > 0,05$ ). Lentopalloilijoilla taas tilastollisesti merkitsevät kohtalaisen voimakkaat korrelaatiot ( $p < 0,05$ ) ja futsalpelaajilla tilastollisesti erittäin merkitsevät voimakkaat korrelaatiot ( $p < 0,001$ ) löytyivät rasvaprosentin ja molempien suorituskykytestien välillä. Kun kaikkien tutkittavien lajien tulokset laitettiin yhteen, löytyi rasvaprosentin ja molempien suorituskykytestien välillä kohtalaisen voimakkaat tilastollisesti erittäin merkitsevät korrelaatiot ( $p < 0,001$ ). Lajikohtaisten sekä kaikkien tutkittavien yhteisen korrelaatiotestien tulokset on esitetty taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Korrelaatiot urheilijoiden kehonkoostumuksen ja nopeus- sekä ponnistusvoimatestin välillä.

Laji	Rasvaprosentti	Juoksuaika (20 m)	Pearson r	Esikevennyshyppy	Pearson r
Jalkapallo n = 14	23,1 ± 4,9	3,31 ± 0,11	0,372	32,07 ± 3,44	-0,399
Lentopallo n = 37	25,0 ± 4,9	3,35 ± 0,14	0,405*	36,74 ± 4,54	-0,364*
Koripallo n = 14	25,5 ± 6,3	3,5 ± 0,14	0,499	26,71 ± 3,57	0,247
Futsal n = 18	29,4 ± 8,3	3,46 ± 0,23	0,728***	26,42 ± 4,72	-0,767***
Kaikki n = 83	25,7 ± 6,3	3,39 ± 0,17	0,571***	32,02 ± 6,27	-0,405***

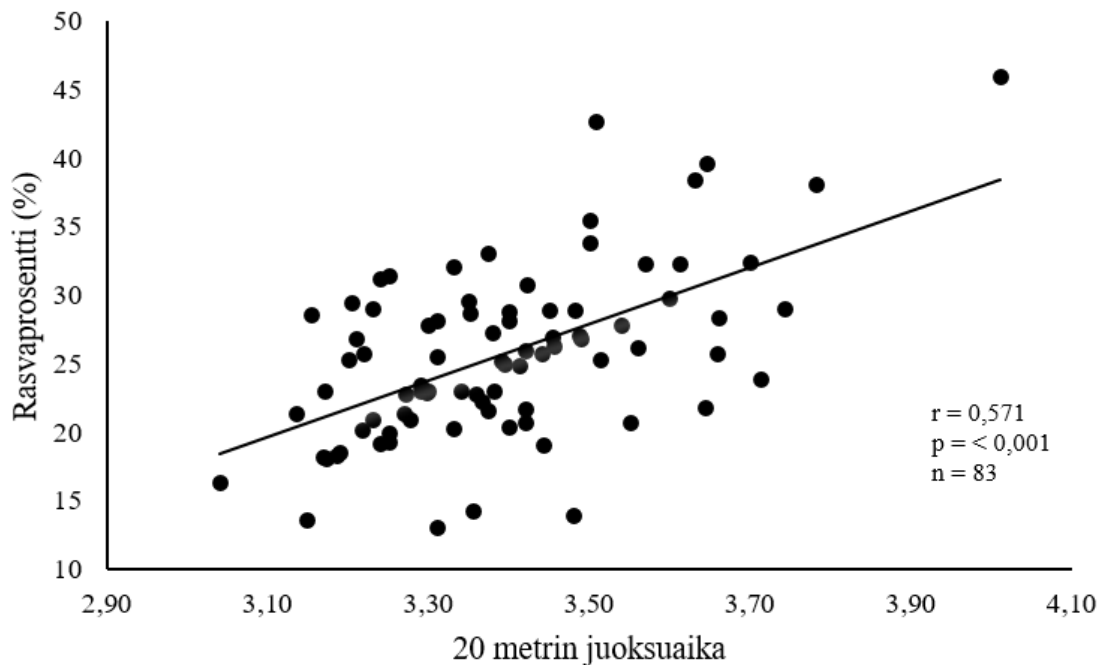
r = korrelaatiokerroin

\*  $p < 0,05$  eli korrelaatio on tilastollisesti merkitsevä

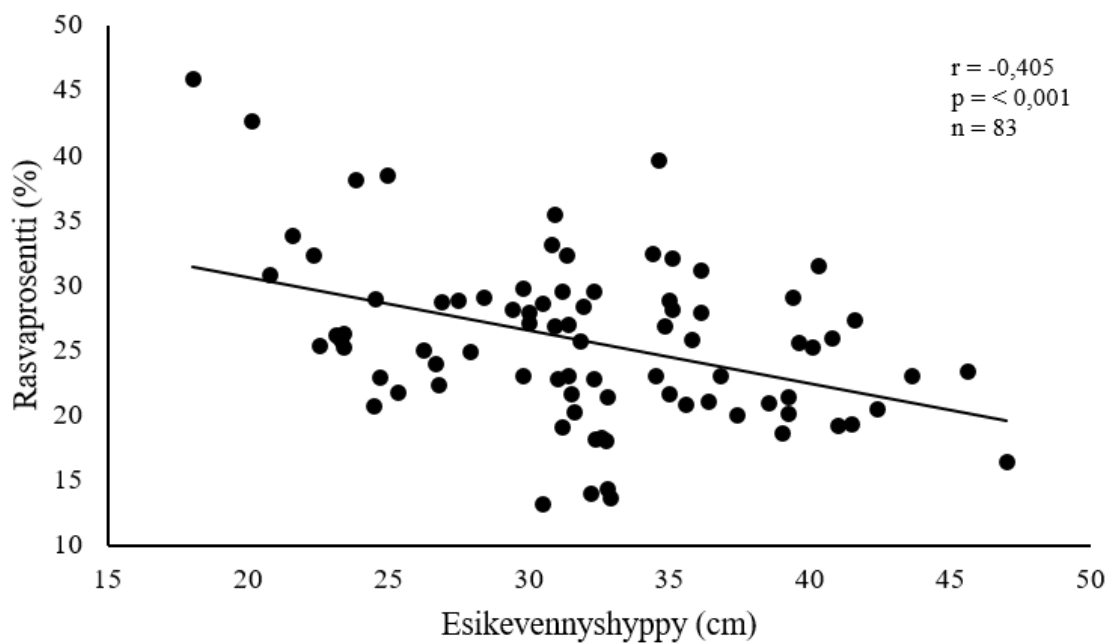
\*\*\*  $p < 0,001$  eli korrelaatio on tilastollisesti erittäin merkitsevä

Lentopalloilijoilla suurempi rasvaprosentti oli siis yhteydessä hitaampaan 20 metrin juoksuaikaan ( $r = 0,405$   $p = 0,013$ ) ja matalampaan esikevennyshyppyyn ( $r = -0,364$ ,  $p = 0,027$ ), samoin kuin futsalpelaajilla (juoksutesti  $r = 0,728$   $p < 0,001$  ja esikevennyshyppy  $r = -0,767$   $p < 0,001$ ). Korrelaatiot rasvaprosentin ja 20 metrin juoksuaian ( $r = 0,571$ ) sekä rasvaprosentin ja

hyppytuloksen ( $r = -0,405$ ) välillä saavuttivat tilastollisesti erittäin merkitsevät yhteydet ( $p < 0,001$ ), kun tarkasteltiin kaikkien tutkittavien tuloksia yhdessä. Kaikkien tutkittavien kehonkoostumuksen ja suorituskykytestien väliset korrelaatiot on esitetty kuvissa 4 ja 5.



KUVA 4. Kaikkien tutkittavien ( $n = 83$ ) rasvaprocentin ja 20 metrin juoksuajan korrelaatio.



KUVA 5. Kaikkien tutkittavien ( $n = 83$ ) rasvaprocentin ja hyppytestin tuloksen korrelaatio.

## 7 POHDINTA

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, onko naispalloilijoiden kehonkoostumuksella yhteyttä heidän nopeus- tai ponnistusvoimaominaisuuksiinsa. Lisäksi tutkittiin, onko kehonkoostumuksessa, nopeus- tai ponnistusvoimaominaisuuksissa eroja eri lajien urheilijoiden välillä. Tulosten perusteella voidaan pohtia, soveltuuko nämä tyypilliset suorituskykytestit eri lajien urheilijoiden testaamiseen yhtä hyvin. Tutkimukselle annetut hypoteesit toteutuivat osittain. Rasvaprosentin ja nopeuden sekä ponnistusvoiman välillä löytyi tilastollisesti merkitsevä korrelaatio kaikkien tutkittavien yhteisanalyysin lisäksi kahdessa neljästä tutkitusta lajista erikseen. Lajien välisessä vertailussa kehonkoostumuksessa vain kahden lajin väliltä löytyi tilastollisesti merkitsevä ero, nopeus- sekä ponnistusvoimatestien tuloksissa taas tilastollisesti merkitseviä eroja löytyi useiden lajien väliltä, joten hypoteesit toteutuivat näiden kysymysten osalta.

Tässä luvussa käsitellään tutkimuksen tuloksia tarkemmin ja pohditaan mahdollisia syitä niiden takana. Lisäksi tarkastellaan tutkimusta ja sen toteutusta kriittisesti, arvioiden sen luotettavuutta ja validiteettia. Viimeiseksi tehdään yhteenveto tutkimuksesta ja sen johtopäätöksistä, sekä esitellään mahdollisia lisätutkimuksen aiheita.

### 7.1 Tulosten tarkastelu

Kaikissa kolmessa mitattavassa muuttujassa eli juoksunopeudessa (20 metriä), ponnistusvoimassa (esikevennyshyppy) ja kehonkoostumuksessa (rasvaprosentti), löydettiin tilastollisesti merkitseviä eroja eri lajien urheilijoiden välillä. Juoksutestissä jalkapalloilijoiden tulos ( $3,31 \pm 0,11$  s) oli nopein, ja tilastollisesti merkitsevä ero sillä oli koripalloilijoiden ( $3,5 \pm 0,14$  s) ja futsalpelaajien ( $3,46 \pm 0,23$  s) kanssa ( $p < 0,05$ ). Myös lentopalloilijoiden ( $3,35 \pm 0,14$  s) ja koripalloilijoiden välillä oli juoksutestin tuloksissa tilastollisesti merkitsevä ero ( $p < 0,05$ ). Tilastollisesti merkitseviä eroja juoksutestissä ei löydetty jalkapalloilijoiden ja lentopalloilijoiden, futsalpelaajien ja lentopalloilijoiden eikä koripalloilijoiden ja futsalpelaajien väliltä.

Esikevennyshypyillä mitatussa ponnistusvoimassa kaikkien lajien paitsi koripalloilijoiden ( $26,71 \pm 3,57$  cm) ja futsalpelaajien ( $26,42 \pm 4,72$  cm) välillä löydettiin tilastollisesti merkitsevä



ero. Lentopalloilijoiden tulos ( $36,74 \pm 4,54$  cm) oli kaikkia muita lajeja tilastollisesti merkitsevästi parempi ( $p < 0,05$ ), ja jalkapalloilijoiden tulos ( $32,07 \pm 3,44$  cm) koripalloilijoita ja futsalpelaajia tilastollisesti merkitsevästi parempi ( $p < 0,05$ ).

Kehonkoostumuksessa lajien välillä ainoa tilastollisesti merkitsevä ero oli jalkapalloilijoiden ( $23,1 \pm 4,9$  %) ja futsalpelaajien ( $29,4 \pm 8,3$  %) välillä ( $p < 0,05$ ). Tilastollisesti merkitseviä eroja ei siis ole lentopalloilijoilla ( $25,0 \pm 4,9$  %) eikä koripalloilijoilla ( $25,5 \pm 6,3$  %) muiden lajien kanssa eikä myöskään jalkapalloilijoiden ja näiden kahden lajin välillä.

Tilastollisesti merkitsevät korrelaatiot rasvaprosentin ja suorituskykytestien väliltä löydettiin lentopalloilijoilla sekä futsalpelaajilla. Lentopalloilijoilla korrelaatiokertoimet olivat juoksutestissä 0,405 ja ponnistusvoimassa -0,364, eli korrelaatiot ovat kohtalaisen voimakkaita ja niiden p-arvo oli  $< 0,05$ . Futsalpelaajilla korrelaatiokertoimet samoissa testeissä olivat 0,728 ja -0,767 eli korrelaatiot ovat voimakkaita ja niiden p-arvo oli  $< 0,001$ , eli tulokset ovat tilastollisesti erittäin merkitseviä. Suuremmalla rasvaprosentilla oli siis näiden lajien urheilijoilla tilastollisesti merkitsevä yhteys hitaampaan 20 metrin juoksuaikaan sekä matalampaan esikevennyshyppyyn. Jalkapalloilijoilta ja koripalloilijoilta samanlaisia yhteyksiä ei löydetty. Kun kaikkien lajien tuloksia tarkasteltiin yhdessä, löytyi rasvaprosentin ja molempien suorituskykytestien väliltä kohtalaisen voimakkaat korrelaatiot (juoksutesti  $r = 0,571$  ja hyppytesti  $r = -0,405$ ), joiden p-arvot olivat  $< 0,001$ , eli yhteydet ovat tilastollisesti erittäin merkitsevät.

Muun muassa Croninin ja Hansenin (2005), Françan ym. (2022) sekä Hennessyn ja Kiltyn (2001) löytämää yhteyttä ponnistusvoiman ja juoksunopeuden välillä tukee myös tämän tutkimuksen tulokset, sillä niillä lajeilla, joilla oli tilastollisesti merkitsevästi muita lajeja parempi juoksutestin tulos, oli myös tilastollisesti merkitsevästi parempi ponnistusvoimatestin tulos. Ainoat poikkeamat tuloksissa olivat ero lentopalloilijoiden ja jalkapalloilijoiden välillä ponnistusvoimatestin tuloksissa, sekä futsalpelaajien ja lentopalloilijoiden juoksutestitulokset, joiden välillä tilastollisesti merkitsevää eroa ei löytynyt. Testitulosten välillä voidaan siis nähdä jonkinlaisia yhteyksiä ja siten voisi päätellä, että molemmat testit käyvät palloilijoille olennaisten ominaisuuksien testaamiseen hyvin. Tuloksia tarkastellessa huomataan myös, että lajit, joissa korrelaatio kehonkoostumuksen ja suorituskykytestien välillä löytyi, oli rasvaprosentilla yhteys molempiin suorituksiin eikä vain toiseen. Samoin lajeissa, joissa korrelaatiota ei löytynyt, ei tilastollisesti merkitsevää yhteyttä ollut kumpaankaan suoritukseen.

Hennessy ja Kilty (2001) löysivät naisurheilijoilta merkittäviä korrelaatioita ponnistusvoima- ja nopeustestien väliltä. Korrelaatiot perusteltiin hypyissä tapahtuvan polven ja lonkan ojentajalihasten venymis-lyhenemissyklillä (SSC), joka jäljittelee samaa liikettä, jota ojentajalihakset tekevät myös sprinttisuorituksen aikana. Vaikka tämä perustelu ei selitä kehonkoostumuksen yhteyttä testituloksiin, niin sen perusteella voitaisiin olettaa nopeustestissä menestyneiden menestyvän myös ponnistusvoimatestissä ja toisinpäin.

Tämän tutkimuksen tulosten takana olevien tekijöiden arvioimista hankaloittaa se, että tutkimuksessa ei otettu huomioon urheilijoiden lihasmassaa, jolla aiemman kirjallisuuden mukaan on yhteys juoksu- sekä hyppysuorituksiin. Emmondsin ym. (2019) mukaan naisjalkapalloilijoilla nopeuden ja suunnanmuutoskyvyn määrittävät tekijät ovat eri ominaisuuksien osatekijöitä, jotka perustuvat voimantuottoon. Nuzzo ym. (2008) löysivät suhteellisen voimantuoton korreloivan ponnistusvoimatestien kanssa paremmin kuin absoluuttisen voimantuoton. Heidän mukaansa kehittämällä voimantuottoa tietyllä massalla tai ylläpitämällä voimantuottoa ja vähentämällä massaa saadaan hyppytuloksia kehitettyä (Nuzzo ym. 2008). Vaikka voimantuoton kehittäminen suhteessa kehonpainoon korostuu kokonaisuudessa, ei vain yhteen voima-nopeuskäyrän osa-alueeseen keskittyminen Emmondsin ym. (2019) mukaan paranna suorituskykyä, vaan tärkeää olisi saada ärsykeitä kaikilla voimantuottonopeuksilla.

Rasvaprosentin ja suorituskykytestien välillä olevaa tilastollisesti merkitsevää korrelaatiota voidaan perustella urheilijan tehopainosuhteen vaikutuksella suorituksiin. Nopean voimantuoton suorituksissa parempi tehopainosuhte eli kehon kyky tuottaa voimaa suhteessa omaan painoonsa mahdollistaa paremman suorituskyvyn, sillä rasvan määrä lisää liikuttavaa massaa, mutta ei voimaa, jolla massaa pyritään liikuttamaan (Huovinen ym. 2015; Piucco & dos Santos 2009). Nopean voimantuoton suorituksissa, jossa pyritään kiihdyttämään kehon liike mahdollisimman nopeasti mahdollisimman voimakkaaksi, on suhteellinen voima absoluuttista voimaa parempi indikaattori suorituskyvylle, juuri sen vuoksi, että absoluuttisessa voimassa ei oteta huomioon kehon massaa, jota suorituksissa pyritään kiihdyttämään (Nimphius ym. 2010).

Kehonkoostumus ei kuitenkaan ole yksinään selittävä tekijä nopeus- tai hyppysuorituskyvylle. Vaikka lentopalloilijoilla löydettiin rasvaprosentilla olevan tilastollisesti merkitsevä yhteys esikevennyshyppytulokseen ja 20 metrin juoksuaikaan, niin lentopalloilijoiden tulos

hyppytestissä oli tilastollisesti merkitsevästi kaikkien muiden lajien urheilijoita parempi, vaikka kehonkoostumuksessa tilastollisesti merkitsevää eroa muihin lajeihin ei löydetty. Tuloksen takana voi olla monia tekijöitä, joihin ei tässä tutkimuksessa keskitytä, kuten lihasmassa ja siirtovaikutus eli opitun taidon soveltaminen uuteen tilanteeseen taitoa vaativissa suorituksissa.

## 7.2 Tutkimuksen kriittinen tarkastelu

Tutkimuksessa käytetyt tutkimusmenetelmät ovat tieteellisen tutkimuksen myötä todettu tulosten luotettavuuden ja toistettavuuden kannalta hyviksi, joten niistä ei pitäisi tulla merkittäviä virhelähteitä tutkimuksen tuloksiin. Kehonkoostumuksen arviointiin käytetyn DXA:n tulokset ovat useiden tutkimusten mukaan tarkempia kuin aiemmin yleisesti urheilijoiden kehonkoostumuksen arviointiin käytettyjen ihopoimu- tai bioimpedanssimittausten tulokset. DXA:n arviointivirhe kehonkoostumuksen arvioinnissa on tutkittu olevan noin 1–4,5 prosenttia. (Collins ym. 2021) Esikevennyshyppymittauksilla on Cormackin ym. (2008) sekä Harmanin ym. (1990) mukaan korkea toistettavuus. Testituloksia voidaan siis pitää luotettavina ja niiden erojen voidaan olettaa kertovan urheilijoiden suorituskyvyn eroista eikä testistä lähtöisin olevasta häiriöstä (Cormack ym. 2008). Tämän tutkimuksen esikevennyshyppytulosten vertailtavuutta ja luotettavuutta voi kuitenkin heikentää se, että kaikki tutkittavat eivät suorittaneet mittausta samalla tutkimuslaitteistolla, vaan osalla tutkittavista on ollut käytössä valomatto, ja osalla voimalevy. Myös tutkittavien ohjeistus ennen hyppyä tehtävän kevennyksen syvyyden vapaasta määrittelystä voi vaikuttaa tulosten vertailtavuuteen, sillä kevennyksen syvyys vaikuttaa hyppytekniikkaan ja siten tulokseen. Juokсутestien tulosten voidaan olettaa olevan luotettavia ja vertailukelpoisia, sillä kaikki tutkittavat suorittivat juokсутestin samoilla valokennoilla sekä alustalla.

Tutkimuksessa käytettyjen suorituskykytestien eli juokсутestin ja ponnistusvoimatestin validiteettia kaikille tutkimuksessa mukana olleille lajeille soveltuvaksi voidaan kyseenalaistaa. Palloilulajeissa suorituksen keston ja pienemmän liikkumistilan vuoksi urheilijat eivät usein suorituksen aikana saavuta maksimaalista sprinttinopeuttaan ja vauhti pitää pyrkiä kasvattamaan mahdollisimman nopeasti mahdollisimman kovaksi, minkä vuoksi ensimmäisten askelten nopeus ja kiihtyvyys korostuvat ominaisuuksina maksimaalista nopeutta enemmän (Cronin & Hansen 2005). Sprintin ensimmäisten 12–15 metrin aikana vauhtia pyritään kiihdyttämään kasvattamalla liikenopeutta ja askelpituutta, jolloin juoksuasento ja tekniikka

ovat huomattavan erilaiset kuin myöhemmin saavutettavassa maksimaalisessa juoksuvauhdissa (Cissik 2004). Näiden tietojen perusteella tutkimukseen valikoitui 20 metrin juoksupuotesti, joka aiemman tutkimuskirjallisuuden perusteella soveltuu palloilulajien urheilijoille tyypillisten suoritusten ja ominaisuuksien testaamiseen. Tässä tutkimuksessa mukana olleista lajeista varsinkin lentopallossa, koripallossa ja futsalissa kentän koko ja pelaajan liikkumistila siellä tukee näitä perusteluita. Jalkapallossa kenttä on selkeästi suurempi ja liikkumistilaa on enemmän, mutta nopeiden ensimmäisten askeleiden ja kiihdytyksen merkitys korostuu myös jalkapallon tyypillisissä lajisuorituksissa.

Alavartalon räjähtävää voimantuottoa mitattaessa hyppytestien käyttöä eri lajien urheilijoille on hyvä pohtia kokonaisuuden kannalta. Sayers ym. (1999) luokittelee hyppäämisen urheilukontekstissa perustaidoksi, jonka perusteella vertikaalisia hyppytestejä voidaan käyttää yleisesti urheilijoilla suorituskyvyn testaamiseen. Kun lajinomaisten suorituskykytestien toteutus on hankalaa tai selkeää testipatteristoa ei ole, urheilijoiden testauksessa käytetään usein yleistä fyysistä suorituskykyä mittaavia testejä, joiden avulla nähdään harjoittelun tai muun intervention vaikutukset kokonaisvaltaiseen toimintakykyyn (Garthe ym. 2013). Tähän yleiseen fyysiseen suorituskykyyn sisältyy Garthen ym. (2013) mukaan juuri esimerkiksi nopeustestit sekä hyppypituudet- ja korkeudet.

Vaikka ponnistusvoimatestien ja juoksupuotestien tulosten väliltä onkin löydetty selkeitä korrelaatioita (Cronin & Hansen 2005; França ym. 2022; Hennessy & Kilty 2001), myös muut tekijät voivat vaikuttaa hyppytestien tuloksiin. Lajeissa, joissa vertikaalinen hyppysuoritus ei ole olennaisessa osassa harjoittelua tai lajisuoritusta, ei näiden kahden ominaisuuden kehitys kulje välttämättä lineaarisessa yhteydessä. Esikevennyshypyssä hyppytekniikalla on huomattava merkitys testitulokseen (Sayers ym. 1999), minkä vuoksi yksilön kehityksen seuraamiseen testi soveltuu hyvin, mutta eri urheilijoiden ja lajien välisessä vertailussa erilaiset hyppytekniikat lisäävät virhelähteitä huomattavasti. Vertikaalisia hyppyjä paljon harjoittelussaan ja lajisuorituksissaan tekevilla urheilijoilla testituloksen takana vaikuttaa fyysisten ominaisuuksien lisäksi taidon oppiminen ja siirtovaikutus suoritusten välillä (Nimphius ym. 2010). Tässä tutkimuksessa hyvänä esimerkkinä tästä toimii lentopalloilijat, joilla tulosten mukaan kehonkoostumuksella oli yhteys esikevennyshyppytulokseen. Kehonkoostumuksessa ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevää eroa muihin lajeihin, mutta esikevennyshyppytulos oli kaikkia muita lajeja tilastollisesti merkitsevästi parempi. Paremman

suorituskyvyn takana ei siis ollut erot kehonkoostumuksessa, vaan muut tekijät, joihin voidaan olettaa kuuluvan muun muassa taidon oppiminen ja siirtovaikutus lajisuorituksesta.

Tutkimuksen testituloksiin on voinut vaikuttaa myös aika, jolloin eri urheilijat ovat testattu. Oliveiran ym. (2021) tutkimuksen mukaan naisjalkapalloilijoiden kehonkoostumus vaihtelee eri harjoituskausien välillä. Urheilijoiden kehonkoostumuksen muutoksiin eri harjoituskausien välillä vaikuttaa sekä ravitseminen että fyysisen kuormituksen määrä. (Oliveira ym. 2021) Raskaan harjoituskauden aikana kehonkoostumuksen muutosten lisäksi myös elimistön kuormitustaso ja väsymys voivat vaikuttaa testituloksiin. Gathercolen ym. (2015) mukaan sekä akuutti että kumuloitunut väsymys vaikuttaa esikevennyshyppytuloksiin negatiivisesti. Raskaan harjoituskauden aikana nimenomaan harjoittelun myötä kertynyt väsymys voi vaikuttaa tulokseen. Palloilulajeissa kilpailukaudet ovat lajeja vertaillessa hyvin eri pituisia ja osuvat eri ajankohtiin. Kun harjoituskaudet suunnitellaan kilpailukauden ympärille sopiviksi, voivat eri lajien urheilijat olla testien aikana hyvin erilaisessa kuormitustilassa.

Tutkimuksessa urheilijoiden määrä vaihteli eri lajeissa välillä 14–37. Tällä voi mahdollisesti olla vaikutusta tuloksiin tilastollisia analyysejä käytettäessä. Suuremmat ja tasaisemmat otannat lajien välillä poistaisivat mahdollisia yksittäisten muuttujien aiheuttamia häiriötä tuloksissa. Kaikki tutkittavat olivat vähintään kansallisen tason urheilijoita, joten kilpailutason puolesta tulokset soveltuvat lajien väliseen vertailuun.

### **7.3 Yhteenveto ja johtopäätökset**

Tutkimuksessa löydettiin tilastollisesti merkitseviä yhteyksiä kehonkoostumuksen ja ponnistusvoiman sekä juoksunopeuden välillä osassa tutkituista lajeista sekä kaikkia lajeja yhdessä tarkasteltaessa. Lisäksi ponnistusvoimassa sekä nopeusominaisuuksissa oli tilastollisesti merkitseviä eroja lajien välillä, kun taas kehonkoostumuksessa ei ollut merkittäviä eroja lajien välillä lukuun ottamatta jalkapalloilijoiden ja futsalpelaaajien välistä poikkeamaa. Ristiriitaista tuloksissa on siis se, että rasvaprosentissa ei lajien välillä ollut suuria eroja, mutta tutkituissa suorituskykytesteissä oli. Tulokset viittaavat siihen, että eri palloilulajien urheilijoiden tuloksia toisiinsa vertailtaessa on otettava huomioon monet suorituksen takana vaikuttavat muuttujat ja tekijät.

Ponnistusvoiman ja juoksunopeuden testaaminen soveltuu nopean voimantuoton suorituskyvyn ja kehityksen testaamiseen palloilulajeissa todistetusti hyvin. Lajien välinen vertailu on kuitenkin haastavaa eikä välttämättä tarpeellistakaan monien taustalla vaikuttavien tekijöiden vuoksi. Tutkimuksen tulosten perusteella kehonkoostumus vaikuttaa suorituskykyyn, mutta myös muilla tekijöillä, kuten kyseiseen suoritukseen liittyvillä taito-ominaisuuksilla voi olla merkitystä tulokseen. Taito-ominaisuuksien kehittymiseen vaikuttaa paljon kyseisten liikemallien harjoittelu ja toistojen määrä, mikä vaihtelee harjoittelussa eri lajien välillä. Tämän vuoksi eri lajien välisessä vertailussa erot eivät välttämättä kerro vain paremmista nopean voimantuoton ominaisuuksista, vaan erot voivat johtua myös muista tekijöistä.

Aiemman kirjallisuuden sekä tämänkin tutkimuksen tulosten ollessa jakautuneita sekä korrelaation puolesta että vastaan, olisi aiheesta hyvä tehdä jatkotutkimusta. Naisurheilijoihin kohdennettua tutkimusta olisi tärkeää saada lisää, ja kiinnostavaa olisikin saada kehonkoostumuksen ja suorituskykytestien välistä korrelaatiota tutkivaan tutkimukseen suurempi otoskoko sekä enemmän eri lajeja mukaan. Nimphiuksen ym. (2010) löytämät kehonkoostumuksen ja suorituskyvyn välisten korrelaatioiden muutokset eri aikoina pohjustavat epäilystä korrelaatioiden merkittävydestä. Tämän vuoksi mielenkiintoista olisi tutkia yhteyksiä pitkittäistutkimuksella, jolloin saataisiin tietoa ominaisuuksien kehityksestä ja niiden yhteyksistä pidemmällä aikavälillä.

## LÄHTEET

- Bobbert, M. F., Gerritsen, K. G., Litjens, M. C. & Van Soest, A. J. (1996). Why is countermovement jump height greater than squat jump height. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 28 (11), 1402–1412. doi:10.1097/00005768-199611000-00009.10.1097/00005768-199611000-00009.
- Burke, L., Loucks, A. & Broad, N. (2006). Energy and carbohydrate for training and recovery. *Journal of sports sciences* 24 675–685. doi:10.1080/02640410500482602.10.1080/02640410500482602.
- Cahill, S. & Jones, M. T. (2010). Measurement Of Body Composition And Athletic Performance During NCAA-Division I Women’s Volleyball And Softball Seasons. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 24 1. doi:10.1097/01.JSC.0000367077.30318.ac.10.1097/01.JSC.0000367077.30318.ac.
- Caia, J., Weiss, L. W., Chiu, L. Z. F., Schilling, B. K., Paquette, M. R. & Relyea, G. E. (2016). Do Lower-Body Dimensions and Body Composition Explain Vertical Jump Ability? *Journal of Strength and Conditioning Research* 30 (11), 3073–3083. doi:10.1519/JSC.0000000000001406.10.1519/JSC.0000000000001406.
- Cissik, J. M. (2004). Means and Methods of Speed Training, Part I. *Strength & Conditioning Journal* 26 (4), 24.
- Collins, J., Maughan, R. J., Gleeson, M., Bilsborough, J., Jeukendrup, A., Morton, J. P., Phillips, S. M., Armstrong, L., Burke, L. M., Close, G. L., Duffield, R., Larson-Meyer, E., Louis, J., Medina, D., Meyer, F., Rollo, I., Sundgot-Borgen, J., Wall, B. T., Boullosa, B., ... McCall, A. (2021). UEFA expert group statement on nutrition in elite football. Current evidence to inform practical recommendations and guide future research. *British Journal of Sports Medicine* 55 (8), 416–416. doi:10.1136/bjsports-2019-101961.10.1136/bjsports-2019-101961.
- Cormack, S. J., Newton, R. U., McGuigan, M. R. & Doyle, T. L. A. (2008). Reliability of measures obtained during single and repeated countermovement jumps. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 3 (2), 131–144. doi:10.1123/ijsp.3.2.131.10.1123/ijsp.3.2.131.
- Cronin, J. B. & Hansen, K. T. (2005). Strength and power predictors of sports speed. *Journal of Strength and Conditioning Research* 19 (2), 349–357. doi:10.1519/14323.1.10.1519/14323.1.

- Emmonds, S., Nicholson, G., Begg, C., Jones, B. & Bissas, A. (2019). Importance of Physical Qualities for Speed and Change of Direction Ability in Elite Female Soccer Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 33 (6), 1669. doi:10.1519/JSC.000000000000211410.1519/JSC.0000000000002114.
- França, C., Gouveia, É., Caldeira, R., Marques, A., Martins, J., Lopes, H., Henriques, R. & Ihle, A. (2022). Speed and Agility Predictors among Adolescent Male Football Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19 (5), 2856. doi:10.3390/ijerph1905285610.3390/ijerph19052856.
- Fogelholm, M. & Kaukua J. 2005. Lihavuus. Teoksessa I. Vuori, S. Taimela & U. Kujala (toim.) *Liikuntalääketiede*. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 423–430.
- Garthe, I., Raastad, T., Refsnes, P. E., Koivisto, A. & Sundgot-Borgen, J. (2011). Effect of two different weight-loss rates on body composition and strength and power-related performance in elite athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 21 (2), 97–104. doi:10.1123/ijsnem.21.2.9710.1123/ijsnem.21.2.97.
- Garthe, I., Raastad, T., Refsnes, P. E. & Sundgot-Borgen, J. (2013). Effect of nutritional intervention on body composition and performance in elite athletes. *European Journal of Sport Science* 13 (3), 295–303. doi:10.1080/17461391.2011.64392310.1080/17461391.2011.643923.
- Gathercole, R., Sporer, B. & Stellingwerff, T. (2015). Countermovement Jump Performance with Increased Training Loads in Elite Female Rugby Athletes. *International Journal of Sports Medicine* 36 (9), 722–728. doi:10.1055/s-0035-154726210.1055/s-0035-1547262.
- González-Ravé, J. M., Arija, A. & Clemente-Suarez, V. (2011). Seasonal Changes in Jump Performance and Body Composition in Women Volleyball Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 25 (6), 1492. doi:10.1519/JSC.0b013e3181da77f610.1519/JSC.0b013e3181da77f6.
- Harman, E. A., Rosenstein M. T., Frykman, P. N. & Rosenstein, R. M. (1990). The effects of arms and countermovement on vertical jumping. *Med Sci Sports Exerc.* 22 (6), 825-33. doi:10.1249/00005768-199012000-00015.
- Heikura, I. & Ilander, O. 2021. Hiilihydraatit ja rasva urheilussa. Teoksessa O. Ilander, I. Heikura, E-M. Hietavala, M. Laakso, L. Manner & J. Mursu (toim.) *Liikuntaravitsemus 3.0*. Lahti: VK-Kustannus Oy. 418.



- Hennessy, L. & Kilty, J. (2001). Relationship of the stretch-shortening cycle to sprint performance in trained female athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research* 15 (3), 326–331.
- Hughes, M. D. & Bartlett, R. M. (2002). The use of performance indicators in performance analysis. *Journal of Sports Sciences* 20 (10), 739–754. doi:10.1080/02640410232067560210.1080/026404102320675602.
- Hunter, S. K., S. Angadi, S., Bhargava, A., Harper, J., Hirschberg, A. L., D. Levine, B., L. Moreau, K., J. Nokoff, N., Stachenfeld, N. S. & Bermon, S. (2023). The Biological Basis of Sex Differences in Athletic Performance: Consensus Statement for the American College of Sports Medicine. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 10.1249/MSS.0000000000003300. doi:10.1249/MSS.000000000000330010.1249/MSS.0000000000003300.
- Huovinen, H. T., Hulmi, J. J., Isolehto, J., Kyröläinen, H., Puurtinen, R., Karila, T., Mackala, K. & Mero, A. A. (2015). Body Composition and Power Performance Improved After Weight Reduction in Male Athletes Without Hampering Hormonal Balance. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 29 (1), 29. doi:10.1519/JSC.000000000000061910.1519/JSC.0000000000000619.
- Keskinen, K. 2005. Fyysinen kunto ja sen testaaminen. Teoksessa I. Vuori, S. Taimela & U. Kujala (toim.) *Liikuntalääketiede*. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 102–118.
- Martínez-Rodríguez, A., Rubio-Arias, J. A., García-De Frutos, J. M., Vicente-Martínez, M. & Gunnarsson, T. P. (2021). Effect of High-Intensity Interval Training and Intermittent Fasting on Body Composition and Physical Performance in Active Women. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18 (12), 6431. doi:10.3390/ijerph1812643110.3390/ijerph18126431.
- Mcleod, W. D., Hunter, S. C. & Etchison, B. (1983). Performance measurement and percent body fat in the high school athlete. *The American Journal of Sports Medicine* 11 (6), 390–397. doi:10.1177/03635465830110060310.1177/036354658301100603.
- Mountjoy, M., Ackerman, K. E., Bailey, D. M., Burke, L. M., Constantini, N., Hackney, A. C., Heikura, I. A., Melin, A., Pensgaard, A. M., Stellingwerff, T., Sundgot-Borgen, J. K., Torstveit, M. K., Jacobsen, A. U., Verhagen, E., Budgett, R., Engebretsen, L. & Erdener, U. (2023). 2023 International Olympic Committee’s (IOC) consensus statement on Relative Energy Deficiency in Sport (REDs). *British Journal of Sports Medicine* 57 (17), 1073–1097. doi:10.1136/bjsports-2023-10699410.1136/bjsports-2023-106994.

- Nimphius, S., McGuigan, M. R. & Newton, R. U. (2010). Relationship between strength, power, speed, and change of direction performance of female softball players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 24 (4), 885–895. doi:10.1519/JSC.0b013e3181d4d41d10.1519/JSC.0b013e3181d4d41d.
- Nutrition and Athletic Performance. (2016). *Medicine & Science in Sports & Exercise* 48 (3), 543. doi:10.1249/MSS.000000000000085210.1249/MSS.0000000000000852.
- Nuzzo, J. L., McBride, J. M., Cormie, P. & McCaulley, G. O. (2008). Relationship Between Countermovement Jump Performance and Multijoint Isometric and Dynamic Tests of Strength. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 22 (3), 699. doi:10.1519/JSC.0b013e31816d5eda10.1519/JSC.0b013e31816d5eda.
- Oliveira, R., Francisco, R., Fernandes, R., Martins, A., Nobari, H., Clemente, F. M. & Brito, J. P. (2021). In-Season Body Composition Effects in Professional Women Soccer Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18 (22), 12023. doi:10.3390/ijerph18221202310.3390/ijerph182212023.
- Pilis, K., Stec, K., Pilis, A., Mroczek, A., Michalski, C. & Pilis, W. (2019). Body composition and nutrition of female athletes. *Rocz Panstw Zakl Hig.* 70 (3), 243-251. doi: 10.32394/rpzh.2019.0074.
- Piucco, T. & dos Santos, S. G. (2009). Association Between Body Fat, Vertical Jump Performance and Impact in the Inferior Limbs in Volleyball Athletes. / Relación Entre Porcentual De Gordura Corporal, Desempeño En El Salto Vertical E Impacto En Los Miembros Inferiores En Atletas De Voleibol. *Fitness & Performance Journal (Online Edition)* 8 (1), 9–15.
- Sayers, S. P., Harackiewicz, D. V., Harman, E. A., Frykman, P. N. & Rosenstein, M. T. (1999). Cross-validation of three jump power equations. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 31 (4), 572–577. doi:10.1097/00005768-199904000-0001310.1097/00005768-199904000-00013.
- Scantlebury, S., McCormack, S., Sawczuk, T., Emmonds, S., Collins, N., Beech, J., Ramirez, C., Owen, C. & Jones, B. (2022). The anthropometric and physical qualities of women’s rugby league Super League and international players; identifying differences in playing position and level. *PLoS ONE* 17 (1), e0249803. doi:10.1371/journal.pone.0249803
- Silva, A. M. (2019). Structural and functional body components in athletic health and performance phenotypes. *European Journal of Clinical Nutrition* 73 (2), 215–224. doi:10.1038/s41430-018-0321-910.1038/s41430-018-0321-9.

- Silva, A. M., Matias, C. N., Santos, D. A., Rocha, P. M., Minderico, C. S. & Sardinha, L. B. (2014). Increases in Intracellular Water Explain Strength and Power Improvements over a Season. *International Journal of Sports Medicine* 35 (13), 1101–1105. doi:10.1055/s-0034-137183910.1055/s-0034-1371839.
- Slater, G. J., Sygo, J. & Jorgensen, M. (2019). SPRINTING. . . Dietary Approaches to Optimize Training Adaptation and Performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 29 (2), 85–94. doi:10.1123/ijsnem.2018-027310.1123/ijsnem.2018-0273.
- Sonksen, P. (2018). Determination and regulation of body composition in elite athletes. *British Journal of Sports Medicine* 52 (4), 219–229. doi:10.1136/bjsports-2016-09674210.1136/bjsports-2016-096742.
- Vuori, I. 2005. Liikunta lapsena ja nuorena. Teoksessa I. Vuori, S. Taimela & U. Kujala (toim.) *Liikuntalääketiede*. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 145–162.