ASKELMUUTTUJAT MAKSIMINOPEUDEN AIKANA ERI BIOLOGISEN KEHITYKSEN VAIHEISSA OLEVILLA NAIS-YLEISURHEILIJOILLA HARJOITUSKAUSIEN VÄLILLÄ

Pauliina Savijoki

Pro Gradu

Valmennus- ja testausoppi

Syksy 2016

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän Yliopisto

Työn ohjaaja: Keijo Häkkinen

TIIVISTELMÄ

Savijoki, Pauliina 2016. Askelmuuttujat maksiminopeuden aikana eri biologisen kehityksen vaiheissa olevilla naisyleisurheilijoilla harjoituskausien välillä. Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto. Valmennus- ja testausopin Pro Gradu-tutkielma, 60s.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää biologisen iän vaikutusta nopeus- ja maksimivoimaan sekä nopeusmuuttujiin tytöillä ja naisilla. Tarkoituksena oli selvittää miten juoksun kinemaattisen muuttujat kehittyvät eri harjoituskausien välillä. Tutkimukseen osallistui 22 tavoitteellisesti harjoittelevaa nais- ja tyttöyleisurheilijaa. Koehenkilöt jaettiin kolmeen ryhmään biologisen iän perusteella. Ryhmät olivat lapset (n=8): aikaisessa murrosiän vaiheessa olevat, murrosikäiset (n=7): myöhäisessä murrosiän vaiheessa olevat, sekä aikuiset (n=7): murrosiän jo ohittaneet. Koehenkilöt osallistuivat mittauksiin harjoituskauden eri vaiheissa marraskuussa, tammikuussa ja maaliskuussa. Tutkimuksen päätesti oli askelanalyysi 20 m matkalta lentävällä lähdöllä maksiminopeuden vaiheessa. Nopeusvoimaa mitattiin kevennyshypyllä, staattisella hypyllä sekä reaktiivisuushypyillä ja maksimivoimaa isometrisellä jalkaprässillä. Ryhmien sisällä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä muutoksia eri harjoituskausien välillä. Kun ryhmien kehitystä tarkasteltiin eri mittapisteissä havaittiin, että aikuisilla ja murrosikäisillä muutokset olivat samankaltaisia, kun taas lapsilla tulokset olivat päinvastaisia. Ryhmien väliset erot olivat tilastollisesti merkitseviä ($p \leq 0.05$) nopeusvoimamittauksissa ja lapset ja murrosikäiset erosivat maksimivoimassa tilastollisesti merkitsevästi kaikissa mittapisteissä. Askeltiheys ei eronnut tilastollisesti merkitsevästi ryhmien välillä. Kaikissa ryhmissä askeltiheys ja -pituus korreloivat tilastollisesti merkitsevästi. Lapsilla ja aikuisilla korrelaatio havaittiin kaikissa mittapisteissä, murrosikäisillä sitä ei havaittu tammikuun mittauksissa. Askeltiheys ja kontaktiaika korreloivat lapsilla ja aikuisilla, mutta samankaltaista korrelatiivistä yhteyttä ei nähty murrosikäisillä. Tutkimuksen tulokset osoittivat, että murrosikä vaikuttaa nopeuden kehittymiseen. Muutoksien tarkempi selvitys tyttöjen harjoittelun optimoimisen kannalta olisi tärkeää.

Avainsanat: yleisurheilu, murrosikä, biologinen ikä, askeltiheys, askelpituus

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO 5

2 MURROSIKÄ 6
2.1 Biologisen iän arviointi 6
2.2 Kehittyminen murrosiässä 8
2.3 Tytöt murrosiässä 14

3 JUOKSUNOPEUTEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT 15
3.1 Lihasaktiivisuus 16
3.1.1 Motoristen yksiköiden aktivoituminen 17
3.1.2 Lihasaktiivisuus pikajuoksussa 18
3.2 Juoksun biomekaaniset vaatimukset 19

4 HARJOITTELUN OHJELMOINTI 24
4.1 Nopeuden kehittyminen lapsuudesta aikuisuuteen 24
4.2 Yleisurheilijan harjoittelun ohjelmointi 24

5 TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESIT 27
5.1 Tutkimuksen tarkoitus 27
5.2 Tutkimusongelmat 27
5.3 Hypoteesit 27

6 TUTKIMUSMENETELMÄT 29
6.1 Koehenkilöt 29

6.2 Aineiston keräys ja analysointi 30
6.2.1 Mittaukset 30
6.2.2 Tilastolliset menetelmät 32

7 TULOKSET 34
7.1 Antropometria 34
7.2 Voimamuuttujat 35
7.2.1 Maksimivoima 35
7.2.2 Nopeusvoima 36
7.3 Lentävä 20 m 37
7.4 Juoksun kinematiikka 38
7.4.1 Askeltiheys 39
7.4.2 Askelpituus 41
7.4.3 Kontakti- ja lentoaika 43

8 POHDINTA 46
8.1 Askelmuuttujat 47
8.2 Voimaominaisuudet 48
8.3 Muutokset harjoituskausien välillä 49
8.4 Tutkimuksen vahvuudet ja heikkoudet 50
8.5 Tutkimuksen käytännön sovellutukset 51
8.6 Jatkotutkimusaiheita 51

9 LÄHTEET 53

Liite 1. Kutsu tutkimukseen ryhmällä late .....
Liite 2. Testien aikataulu .....
Liite 3. Lämmittely .....

1 JOHDANTO

Hermolihasjärjestelmän nopeusominaisuuksia voidaan kehittää jo ensimmäisten elinvuosien aikana (Mero ym. 2007, 300). Ikävuosina 7–12 liiketiheyden kehittäminen on herkimmillään ja murrosiässä askel- ja vetopituuden harjoittelu kehittyy hyvin herkästi (Mero ym. 2007, 300). Kronologinen ikä on lineaarinen muuttuja, mutta biologinen kehitys ja kasvu eivät. Murrosiän alku voi vaihdella yksilöiden välillä suuresti. Henkilö, jolla murrosikä on pidemmällä on fyysisesti kehittyneempi ja urheillessa hänelle voi olla hyötyä tästä suhteessa myöhemmin kehittyneempiin kilpailijoihin. Murrosiän alkua on vaikea määrittää tiettyyn ikäluokkaan ja tytöillä se voi vaihdella 9.5 ikävuodesta 14.5 vuoden ikäiseksi. Murrosiän kesto voi myös vaihdella ja sitä voidaan luokitella eri vaiheisiin. On eri tapoja määritellä missä vaiheessa murrosikää yksilö on. Tannerin asteikko luokittelee murrosiän 6 eri vaiheeseen tytöillä rintojen kehityksen mukaan ja pojilla sukuelimien kehityksen mukaan. (Engebretsen ym. 2010.)

Pikajuoksijan tulisi aloittaa harjoittelu 10–12-vuotiaana ja harjoitella alkuun mahdollisen monipuolisesti hyvän perusliikunta pohjan saavuttamiseksi. Vahva pohja perusliiketaidoista, aerobisessa kunnossa ja voimatasoissa mahdollistaa kovatehoisen harjoittelun myös aikuisiällä. (Balyi 2010)

Kaksi merkittävintä muuttujaa, jotka vaikuttavat juoksunopeuteen ovat askelpituus ja –frekvenssi (Mero ym. 2007, 306). Askelanalyysiä hyödynnetään pikajuoksijoiden testauksessa laajasti, jolloin voidaan mitata edellä mainittuja muuttujia. Vauhdin kasvaessa askelpituus kasvaa noin 90%:n maksiminopeudesta, jonka jälkeen nopeutta lisätään askelfrekvenssiä lisäämällä ja askelpituus saattaa jopa lyhentyä. Kovilla juoksunopeuksilla askelpituus vaikuttaa olevan ratkaiseva tekijä ja suurimmat askelfrekvenssit voidaan saavuttaa myös matalammilla nopeuksilla. Askelpituuteen vaikuttavat muun muassa juoksijan nopeusvoimaominaisuudet, lantion liikkuvuus, tekniikka ja lajinomainen voima. Askeltiheyteen vaikuttaa muun muassa työskentelevien lihasten motoristen yksiköiden nopea rekrytointi ja syttymisnopeus. (Mero ym. 2007, 307–308.)

2 MURROSIKÄ

Puberteetin vaiheessa kasvussa tapahtuu selkeä nopeutuminen (Mero ym. 2007, 33). Murrosiällä tarkoitetaan yleensä psykososiaalista kehitysvaihetta ja puberteetti kuvaa fysiologista kypsymisvaihetta (Hakkarainen ym. 2009, 77). Tämä tutkimus käsittelee lähinnä murrosikään liittyviä fyysisiä, biologisia ja fysiologisia muutoksia, mutta murrosikään liittyy myös paljon psyykkistä kehitystä. Koska psykososiaalista kehittymistä ei voi täysin jättää huomiotta ja koska sen kehittymisellä on vaikutusta myös puberteettiin, käytetään tässä tutkimuksessa termiä murrosikä.

Fyysinen kasvu, biologinen kypsyminen sekä fysiologinen kehittyminen ovat kolme kehitysbiologista ilmiötä, jotka ovat itsenäisiä mutta myös toisistaan riippuvia. Nämä kehitysbiologiset ilmiöt auttavat hahmottamaan ja arvioimaan puberteetin vaihetta. (Hakkarainen ym. 2009, 74.)

Fyysistä kasvua tapahtuu jo varhaislapsuusvaiheessa, mutta pituuskasvu kiihtyy murrosiässä kuten myös biologinen kypsyminen. Fysiologinen kehittyminen riippuu pitkälti näistä kahdesta muusta ilmiöstä ja sillä tarkoitetaan kaikkien elinjärjestelmien ja rakenteiden toiminnan kehittymistä. Ympäristö vaikuttaa eniten fysiologiseen kehittymiseen. Fyysinen kasvu tarkoittaa kehon kasvua niin rakenteiden kuin mittasuhteiden osalta. Biologiseen kypsymiseen vaikuttavat muun muassa sukuelinten kypsyminen, kasvupyrähdyksen huippuvaihe ja pituuskasvun loppuminen. Biologisella kypsymisellä tarkoitetaan eri elinjärjestelmien kypsymistä. Eri elinjärjestelmien kuten hermoston, sukuelinten ja luuston kypsyminen tapahtuvat eri aikataululla ja nopeudella. (Hakkarainen ym. 2009, 74–75.)

2.1 Biologisen iän arviointi

Biologisessa kypsymisaikataulussa on suuria yksilöllisiä vaihteluita. Iästä puhuttaessa tarkoitetaan yleensä kronologista ikää, mikä on vain arvio biologisesta iästä. Jotta harjoittelun kuormitus olisi optimaalinen jokaiselle yksilölle, tulisi valmentajilla olla tie-

dossa urheilijoiden sen hetkinen biologinen kehitysvaihe. Biologista kehitystä voidaan arvioida eri muuttujista.

Luustoikä. Biologista ikää kuvaa parhaiten luustoikä. Luustoiän perusteella arvioitu biologinen ikä voi heittää jopa vuosilla kalenteri-iästä. Luustoikä kertoo luuston epifyysitumakkeiden kehitysasteen ja se osoittaa murrosiän vaihetta sekä jäljellä olevaa kasvunmäärää. Luustoikää arvioidaan röntgenkuvauksella käden ja ranteen luista. (Tanner ym. 1975, 17.) Luustoikä arvioidaan röntgenkuvien avulla ja siitä johtuvan säteilyriskin vuoksi luustoikäarviointia käytetään hyvin harvoin terveiden nuorten biologista ikää määrittämään (Hakkarainen ym. 2009, 88). Luustoiän arvioiminen käden luista ei sekään ole täysin varma tapa selvittää koko kehon biologista kehitysvaihetta, mutta erot ovat kuitenkin vähäisiä, joten menetelmää voidaan pitää luotettavana (Tanner ym. 1075, 17). Luiden epifyysitumakkeet kehittyvät murrosiän myötä. Kehityksen perusteella voidaan arvioida henkilön biologista ikää.

Pituuskasvu. Pituuskasvu on nopeaa ensimmäisen elinvuoden aikana. Tämän jälkeen kasvun tahti hidastuu ja lapsuuden kasvu vaiheessa kasvua tulee keskimäärin 6–8 cm vuodessa. Lapsuuden kasvu vaihetta seuraa murrosiän kasvupyrähdys. Pojilla nopeimman vuoden kasvu on keskimäärin 9,5 cm ja tytöillä 8,5 cm. Pojilla kasvupyrähdys alkaa keskimäärin myöhemmin kuin tytöillä ja pojilla kasvu kestää myös pidempään. (Hakkarainen ym. 2009, 77–79.) Pituutta sellaisenaan ei tulisi käyttää arvioina biologisesta kehitysvaiheesta. Lapsi voi olla jo nuorena ikätovereitaan pidempi, mutta ei välttämättä muuten yhtään kehittyneempi biologisesti. (Tanner ym. 1975, 1.) Kasvupyrähdys on pituuskasvun nopein vaihe. Tätä vaihetta käytetään usein kuvaamaan murrosiän alkua. (Balyi 2010.) Pituus on hyvin perinnöllinen muuttuja, joten nuorille voidaan laskea myös odotuspituus, joka perustuu vanhempien pituuden keskiarvoon ja lapsen sen hetkiseen pituuteen pohjautuvaan laskukaavaan. Pituuskasvu on kuitenkin monien geenien summa ja muuttuja johon myös ympäristötekijät vaikuttavat, joten menetelmä ei ole täysin luotettava. (Tanner ym. 1975, 21.)

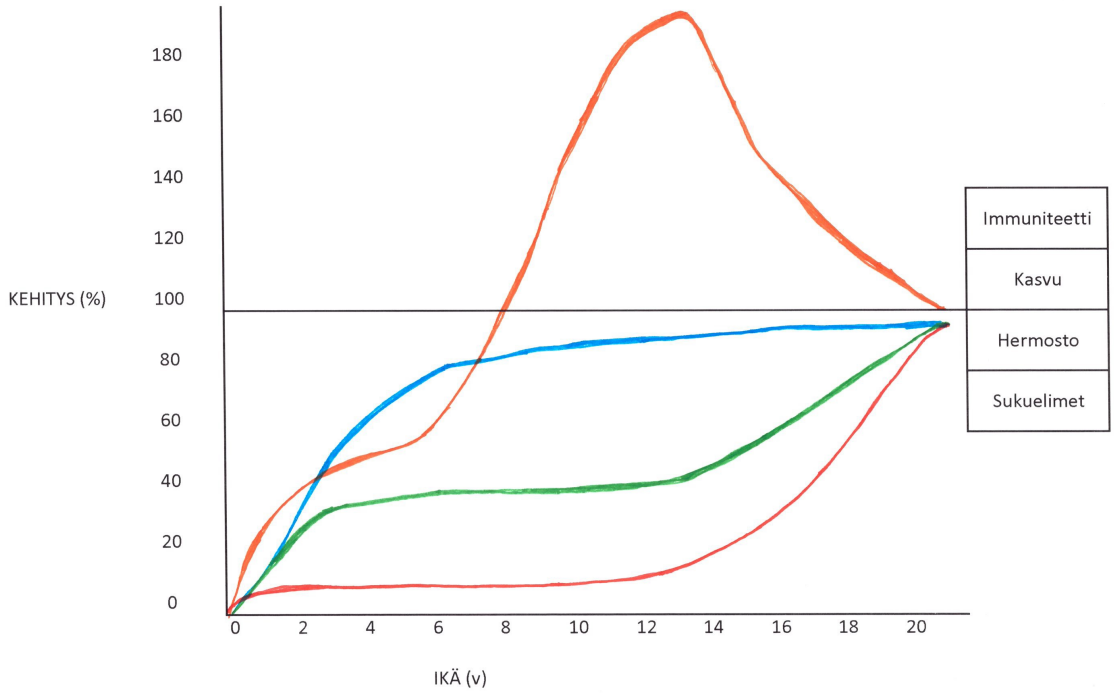
Sukupuolikypsyys. Sekundaaristen sukupuolimerkkien eli karvoituksen, rintojen ja pojan sukupuolielinten kehittymistä voidaan käyttää myös arvioimaan puberteetin edistymistä ja biologista ikää. Sukupuoliominaisuuksien kypsyyden arviointi on hieman luotettavampi tapa biologisen iän arviointiin kuin pituuskysely. Sukupuolimerkkien arviointiin

käytetään Tannerin taulukkoa, joka luokittelee kehityksen 5 eri vaiheeseen. Sukupuolikypsyyden arviointi Tannerin taulukolla tulee suorittaa terveydenhuollon ammattilaisen toimesta ja on siitä syystä hankalampi toteuttaa sekä kalliimpi vaihtoehto kuin pituuskysely. (Hakkarainen. 2009, 86–87.)

Luotettavin tapa arvioida biologista ikää on siis luustoikä arviointi, mutta sen hankalan käytettävyyden takia paras olisi käyttää useampaa tapaa ja laskea niiden perusteella keskiarvo biologisen iän arviolle.

2.2 Kehittyminen murrosiässä

Kehittyminen alkaa luonnollisesti jo sikiövaiheessa, mutta paljon kehitystä tapahtuu myös ennen murrosikää ja erityisesti sen aikana. Näitä erilaisia elinjärjestelmiä ovat hermosto, lihaksisto, luusto jänteet ja nivelsiteet, hengitys- ja verenkierto elimistö, hormonaalinen toiminta sekä lämmön säätely (Mero ym. 2007, 21–30). Kuvassa 1 on nähtävissä pääelinjärjestelmien: hermoston, sukuelinten, immuniteetin sekä yleisen kasvun kehitys ikävuosina 0–20.



KUVA 1. Pääelinjärjestelmien kehitys ikävuosina 0–20. Immuniteetin, hermoston, sukuelinten kehitys ja yleinen kasvu prosentteina (%) (mukaillen Hakkarainen ym. 2009, 76).

Eri elinjärjestelmät kehittyvät hyvin eri tahdissa, mutta monipuolisella harjoittelulla varmistetaan niiden suorituskyvyn kannalta riittävä kehittyminen (Bompa & Haff 2009, 35). Murrosiässä kehittymisen tahti määräytyy pitkälti geneettisten tekijöiden pohjalta Fyysinen aktiivisuus kuitenkin varmistaa, että lapsi voi saavuttaa kasvaessa täyden geneettisen potentiaalinsa. (Anderson ym. 2010, 7.)

Menestyminen urheilussa vaatii monipuolista kehittymistä. Lasten kasvu ja kehitys sekä myös motoristen taitojen oppiminen, kuten juokseminen tai hyppiminen, tapahtuvat yksilöllisellä vauhdilla. (Anderson ym. 2010, 10.) Bompan ja Haffin (2009, 31–35) mukaan lapsuusvaiheen harjoittelu tulisi olla monipuolista oman ja muiden lajien harjoittelua. Heidän mukaansa monipuolista harjoittelua tulisi suorittaa tarpeeksi pitkään ennen erikoistumisen vaihetta. Monipuolinen harjoittelu ennen 15-vuoden ikää mahdollistaa kovan harjoittelun myös myöhemmässä harjoittelun erikoistumisen vaiheessa sekä menestymisen urheilijana. Lapsuudessa suoritettu monipuolinen harjoittelu näyttäisi johtavan muun muassa parempaan itsetunnon kehittymiseen, pidempään urheilu-uraan sekä vähempiin urheiluvammoihin (taulukko 1). Monipuolisella harjoittelulla näyttäisi ole-

van vaikutusta myös urheilijan psyykkisiin kokemuksiin, muun muassa koettuun uupumukseen sekä koetusta painostuksesta menestymiseen vanhempien ja valmentajien taholta (taulukko 1). (Bomba & Haff 2009, 33–35.)

TAULUKKO 1. Monipuolisen harjoittelun vaikutukset urheilu-uraan, tulostasoon ja harrastukseen verrattuna aikaisessa vaiheessa erikoistuneisiin (mukaillen Colibaba & Bata 1998: Carlson 1988: Harre 1992 teoksessa Bomba & Haff 2009, 33–35).

Aikaisessa vaiheessa erikoistuneet		**Monipuolisesti harjoitelleet**	
Parhaat tulokset alle 18-vuotiaana	Colibaba & Bota 1998	Parhaat tulokset 5-8 vuoden erikoistumisen jälkeen	Colibaba & Bota 1998
Lopettaminen ennen aikuisvaihetta	Colibaba & Bota 1998	Eivät saavuttaneet menestystä junior tasolla, mutta aikuisvaiheessa monet saavuttivat kansallisen ja kansainvälisen tason suorituksia	Colibaba & Bota 1998
		Kokivat menestyksen johtuvan monipuolisesta harjoittelun luomasta perustasta	Colibaba & Bota 1998
Kokivat enemmän painetta menestyä vanhempien ja valmentajien taholta	Carlson 1988	Kokivat vähemmän menestyspaineita kehityksen alkuvaiheessa vanhempien ja valmentajien taholta	Carlson 1988
Kehittyivät nopeammin murrosiän alkuvaiheessa	Carlson 1988	Kehittyivät hitaammin murrosiän loppuvaiheessa	Carlson 1988
Nopeaa kehittymistä	Harre 1982	Hitaampi suorituskyvyn kehittyminen	Harre 1982
Parhaat tulokset 15-16 vuotiaana	Harre 1982	Parhaat tulokset yli 18 - vuotiaana	Harre 1982
Korkea riski loppuun palamiseen ja urheilun lopettamiseen ennen 18-vuoden ikää	Harre 1982		
		Pidempi urheilijaura	Harre 1982
Epäsäännöllistä menestystä kilpailuissa	Harre 1982	Jatkuvaa ja progressiivista kehitystä kilpailuissa	Harre 1982
		Itseluottamus lisääntyi	Carlson 1988
Lisääntynyt urheiluvammojen riski	Harre 1982	Vähemmän urheiluvammoja	Harre 1982

Ennen murrosikää kasvua tapahtuu pääasiassa raajoissa ja murrosiän aikana kasvua tapahtuu selkärangassa. Kehon painopiste muuttuu ja uusien vipuvarsien hahmottaminen saattaa viedä aikaa. (Mero ym. 2012,51.) Murrosiän aikana koordinaatiokyvyn hallinta saattaa heikentyä, mikä saattaa vaikuttaa suoraan urheilijan tuloksiin. Kasvua ja kehitys-

tä tapahtuu, mutta kilpailujen tulokset saattavat pysyä pitkäänkin samalla tasolla, mikä helposti turhauttaa urheilijaa. (Nunn-Cerns 2010.)

Joka lajissa harjoittelun tulisi olla lapsuusvaiheessa monipuolista, mutta lajin vaatimukset määrittävät, minkä ikäisenä harjoittelu tulisi aloittaa sekä minkä ikäisenä sen tulisi muuttua monipuolisesta lajinomaisemmaksi. Lajista riippuen paras suoritustaso saavutetaan eri ikäisenä. Stone & Sands (2007) mukaan sprinttereiden tulisi aloittaa harjoittelu 10-12-vuotiaana ja harjoittelun tulisi muuttua lajinomaisemmaksi 14–16-vuotiaana. Suorituksen paras taso saavutetaan noin 22–26-vuotiaana. 7-ottelija on keskimäärin huippuvaiheessa 26.3 vuoden ikäisenä ja tässä lajissa vaihtelua iässä on selkeästi vähemmän muihin yleisurheilun lajeihin verrattuna (Vobr & Štumbauer 2012).

Sanotaan, että eri elinjärjestelmien kuormittamiselle on lapsuudessa mahdollisesti eri herkkyyskausia. Lasten oppiminen vaatii virikkeitä ja on tiettyjä jaksoja, jolloin oppiminen on nopeampaa kuin myöhemmin. On kuitenkin huomioitava, että liian vaativat motoriset taidot saattavat turhauttaa lasta tai heikentää heidän itseluottamustaan, jolloin oppimista ei tapahdu. (Anderson ym. 2010, 7.)

Herkkyyskaudet perustuvat siihen, että eri puberteetin vaiheissa eri elinjärjestelmät kehittyvät eri tahtiin ja harjoittelun tulisi olla tätä kehitystä tukevaa ja tietyissä vaiheissa tiettyjä elinjärjestelmiä kuormittamalla voidaan niiden kehitystä maksimoida. Fyysinen aktiivisuus varmistaa, että lapsi voi saavuttaa kasvaessa täyden geneettisen potentiaalinsa. (Anderson ym. 2010, 7.)

Pitkäaikaisen urheilijana kehittymisen mallin (LTAD) (Balyi 2010) mukaan urheilijan uran harjoitusvaiheet ovat jaettu lajista riippuen joko aikaisen erikoistumisen tai myöhäisen erikoistumisen malleihin. Tämä jako perustuu siihen, että osa lajeista, kuten taitoluistelu, sukellus tai voimistelu vaativat erikoistumista aikaisemmin kuin toiset, kuten yleisurheilu, kamppailulajit tai pyöräily. Myöhäisen erikoistumisen mallissa harjoittelu on jaettu 6 vaiheeseen jotka ovat:

1) perustan luomisen vaihe
2) harjoittelemisen opettelun vaihe
3) harjoittelemisen harjoittelun vaihe
4) kilpailemisen harjoittelun vaihe

5) voittamisen harjoittelun vaihe
6) ylläpidon tai lopettamisen vaihe
(Balyi 2010.)

Yleisurheilussa tulisi noudattaa myöhäisen kehittymisen mallia, jonka mukaan vaiheessa 1, mikä sijoittuu tytöillä noin ikävuosiin 6–8, tulisi oppia yleiset motoriset taidot. Ensimmäinen nopeuden herkkyyskausi sijoittuu tähän harjoittelun vaiheeseen. (Balyi 2010.)

Harjoittelemisen opettelun vaihe sijoittuu tytöillä ikävuosien 8–11 välillä. Tässä vaiheessa tavoitteena on oppia lajitaitojen perusteet. Erikoistuneet liikkumistaidot opitaan parhaiten 7–11-vuotiaana ja tämä vaihe onkin erittäin tärkeä perustan luomisen vaihe urheilijan kehittymisessä. Tässä vaiheessa koordinaatiokyvyn kehittyminen on herkimmillään. (Balyi 2010.)

Ensimmäisten 10 elinvuoden aikana hermosto kehittyy kovaa vauhtia. 12 ikävuoden jälkeen hermoston kehittyminen jatkuu vielä, mutta on hyvin hidasta. Tästä syystä taitoharjoittelua tulisi toteuttaa hyvin monipuolisesti ensimmäisten 10-ikävuoden aikana. Tämän jälkeen taidon kehittyminen on huomattavasti hitaampaa. (Mero ym. 2007, 12.)
Vaiheessa 3, eli ikävuosien 11–15 välillä on voimaharjoittelun herkkyyskausi. Tytöillä on kaksi hetkeä jolloin adaptoituminen voimaharjoitteluun on kiihtynyt. Ensimmäinen on heti kasvupyrähdyksen jälkeen ja toinen heti ensimmäisten kuukautisten jälkeen. (Balyi 2010.)

Murrosiässä lihaksisto alkaa kehittymään hormonaalisen kypsymisen myötä. Perustan luomisen vaiheessa voimaharjoittelua tulisi toteuttaa oman kehon painolla. Harjoittelun toisessa vaiheessa harjoitteluun tulisi sisällyttää kuntopalloharjoitteita sekä paljon hyppelyjä. Harjoittelun kolmannen vaiheen loppupäässä voimaa tulisi harjoittaa kasvavassa määrin. Tässä vaiheessa erityisesti biologinen ikä ratkaisee minkälaista harjoittelun tulisi olla ja harjoittelun suunnittelu tulisi siis pohjautua yksilön biologiseen ikään. (Balyi 2010.) Vaiheessa kolme tulisi harjoittaa myös aerobista suorituskykyä ja luoda pohja tulvalle harjoittelulle.

Kolmannessa vaiheessa murrosiän kovin kasvunvaihe saa aikaan luiden, jänteiden, ligamenttien ja lihasten kasvua, mistä johtuen venyttelyyn tulisi myös kiinnittää huomiota. (Balyi 2010.) Juoksuun vaikuttavista lihasryhmistä, erityisesti takareisissä sekä nilkan dosiflexoreissa ilmenee kiristymistä murrosiän aikana (Anderson, 2010, 21). Myös jänteet vahvistuvat kasvun myötä (Juutinen 2014).

Balyin (2010) pitkäaikaisen urheilijana kehittymisen mallin seuraava vaihe on kilpailemisen harjoittelun vaihe, joka on tytöillä 15–17-vuoden iässä, jolloin murrosikä on suurimmalla osalla jo loppuvaiheessa. Tällöin tavoitteena on peruskunnon ja taitojen optimointi. Tässä vaiheessa kilpaileminen lisääntyy ja harjoittelu on kovatehoisempaa ja yksilöllisempää. Tässä vaiheessa ei enää ilmene biologiseen kasvuun liittyviä herkkyyskausia. Vaiheissa 5 ja 6 harjoittelu on jo aikuismaisempaa ja tavoitteellista kilpaurheilua.

Hormonitoiminta. Kasvua säätelevät hypotalamus, aivolisäke, maksa ja kasvulevyakseli. Keskeisimmät kasvuun vaikuttavat hormonit ovat estrogeenit, kasvuhormoni ja testosteroni. Kasvuhormonilla on anabolinen eli rakentava vaikutus ja se vaikuttaa kehon elektrolyytteihin, ruston ja luuston kasvuun sekä hiilihydraatti- ja rasva-aineenvaihduntaan. Kasvuhormonipitoisuus kasvaa murrosiässä. (Mero ym. 2007, 27–28.)

Testosteronin ja estrogeenin tuotanto käynnistyy murrosiässä stimuloivan hormonin (FSH) ja lutenisoivan hormonin (LH) pitoisuuksien noustua (Hayward 2003,19). Testosteronin määrä veressä on keskimäärin 14-vuotiaalla pojalla aikuisen miehen ala-rajalla (14 nmol/l). Testosteroni taso suurenee murrosiän aikana vähitellen aikuisen miehen tasolle, mikä on 14-38 nmol/l. Testosteronilla on vaikutusta sukupuolikudoksen, lihaksiston ja luuston kasvuun. Näin se vaikuttaa myös voiman lisääntymiseen, karvoituksen lisääntymiseen sekä välillisesti punasolujen lisääntymiseen, jolloin hapenottokapasiteetti paranee. (Mero ym. 2007, 27–28.)

Estrogeenit ovat munasarjojen erittämiä hormoneja ja hyvin tärkeitä tyttöjen ja naisten kehityksen säätelyssä. Estrogeenien eritys lisääntyy tytöillä voimakkaasti ikävuosina 10–16. Estrogeeneistä tärkein on estradioli. Vaikka testosteroni ja estrogeeni pitoisuudet vaihtelevat suuresti sukupuolten välillä erittyy niitä molemmilla sukupuolilla. Naisilla

testosteroni pitoisuus on noin 1–6 nmol/l ja miehillä vastaavasti havaitaan hyvien pieniä estrogeenipitoisuuksia. Murrosiän kasvupyrähdys johtuu molemmilla sukupuolilla lisääntyneestä testosteronin erityksestä. (Mero ym. 2007, 27–28.) Murrosikä alkaa pojilla systemaattisesti myöhemmin kuin tytöillä. Mutta syy tähän ei ole tiedossa (Hayward 2003, 19).

2.3 Tytöt murrosiässä

Lasten kasvu on hyvin samanlaista niin tytöillä kuin pojilla aina murrosikään asti. Edellisessä kappaleessa kerrottu hormonitoiminnan vaikutus saa aikaan eriytymisen kasvussa sukupuolien välillä murrosiän alkaessa. (Mero ym. 2012, 50.)

Tytöillä ensimmäinen selvä merkki murrosiän alkamisesta on rintojen kasvu. Munasarjojen erittämä estrogeeni aiheuttaa reaktion erityisesti rintakudoksessa, sekä kohdussa. Tannerin asteikolla ollaan siis tasolla 2. Kuukautiset alkavat yleisesti Tannerin asteikolla 4 tai 5. Kuukautisten alku on hyvin yksilöllistä ja suomalaisilla tytöillä kuukautiset alkavat 10–16 vuoden ikäisenä, keskimäärin 12–13-vuotiaana (Tiitinen 2015).

Rasvamassa ja rasvaton massa lisääntyvät murrosiän edetessä. Tytöillä rasvamassan määrä lisääntyy jopa 125% (Mero ym. 2012, 56). Murrosiän alkaessa tytöillä rasvamassan määrä lisääntyy hieman nopeammin kuin pojilla. Voima kehittyy tytöillä tasaisesti ja murrosiän loppuvaiheessa nopeusvoimaa vaativissa suorituksissa voidaan huomata, että voiman kehitys saattaa jopa tasaantua. (Anderson ym. 2010, 20.) Rasvan määrän lisääntyminen heikentää painoon suhteutettua voimaa sekä hapenottokykyä (Mero, ym. 2012, 49).

3 JUOKSUNOPEUTEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Suorituskyky pikalajeissa määritellään kyvyksi kiihdyttää, mikä on maksiminopeuden taso ja kykyyn säilyttää nopeus väsymyksen alkaessa (Ross ym. 2001). Pikajuoksu vaatii maksimaalista lihastyöskentelyä ja se kuormittaa voimakkaasti hermolihasjärjestelmän voimantuottokykyä, sekä hapenottokykyä ja energiantuottomekanismia (McArdle ym. 2010, 374–375). Tärkeimmät juoksunopeuteen vaikuttavat tekijät ovat: reaktioaika, tekniikka, lihasaktiivisuus, voimantuotto, hermostolliset tekijät ja lihasrakenne (Mero ym. 1992).

Juoksu on suoritus, jonka aikana tapahtuu toistuvasti venymis-lyhenemis sykliä, mikä tarkoittaa lihastyöskentelyä, jossa työskennellään ensin eksentrisesti ja sitten konsentrisesti. Venymis-lyhenemis syklin aikana saavutettu energian säilöntä ja tehokas elastisen energian vapautus ovat tärkeä osa voimantuottoa. (Albertus-Kajee ym. 2011.)

Lihassolujakauma vaikuttaa kykyyn tuottaa voimaa nopeasti. Lihassolumäärä ei todennäköisesti lisäänny enää syntymän jälkeen, mutta lihassolujen kokoon voidaan vaikuttaa, hormonitoiminnan, harjoittelun ja ravinnon kautta. Ihmisellä on erilaisia lihassoluja. On tyypin I lihassoluja, niin kutsuttuja hitaita lihassoluja, sekä tyypin II a ja b lihassoluja. Tyypin II lihassolut ovat nopeita lihassoluja. Lapsella on myös tyypin II c lihassoluja, jotka mukautuvat ensimmäisien elinvuosien aikana koettuun ärsykkeeseen. (Mero ym. 2007, 22–23.) Pikajuoksijoilla on keskimäärin 55 % nopeita lihassoluja, parhaimmilla luku saattaa olla jopa 70 %. (McArdle ym. 2010, 374–375.)

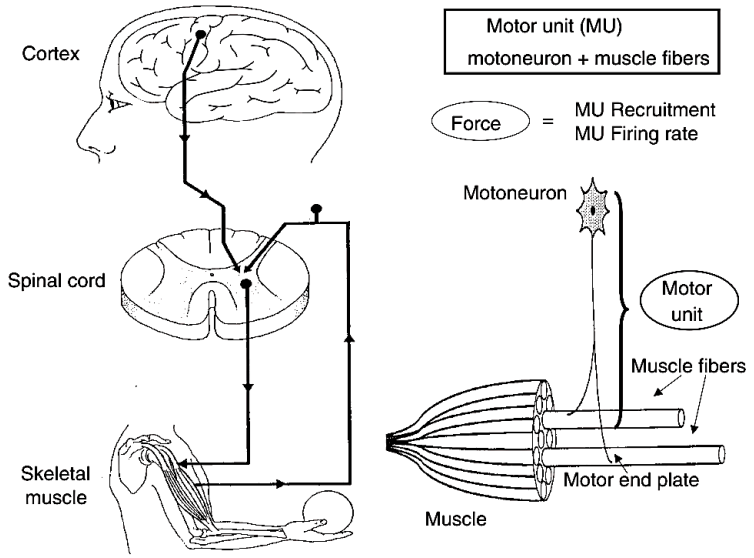
Pikajuoksu on lyhytkestoinen maksimaalinen suoritus. Myös fysiologiset tekijät vaikuttavat juoksunopeuteen. Välittömät energianlähteet adenosiinitrifosfaatti (ATP) ja kreatiinfosfaatti (KP) pystyvät tuottamaan energiaa noin 5-8 sekunnin ajan (McArdle ym. 2010, 163). Koska 100 metrin pikajuoksu kestää juoksijan nopeudesta riippuen vähintään 9,5 sekuntia, eivät edes maailman nopeimmat miesjuoksijat pysty juoksemaan koko matkaa kuormittamatta muita energiantuottomekanismeja. Jotta nopeaa liikettä voidaan ylläpitää, rupeaa elimistö tuottamaan energiaa anaerobisen glykolyysin avulla. Anaerobisen glykolyysin sivutuotteena syntyy laktaattia. Välittömien energianlähteiden

loppuminen näkyy juoksunopeudessa vauhdin hidastumisena. (McArdle ym. 2010, 163.) Maksiminopeus saavutetaan jo ennen 100 metrin juoksun loppuvaihetta.

3.1 Lihasaktiivisuus

Hermo- ja lihassolujen kalvoilla on kyky kontrolloida partikkeleiden liikkumista ja sijaintia solujen sisällä. Tämä on edellytys motorisen systeemin toiminnalle ja vaatii toimiakseen sähköisiä ominaisuuksia kuten potentiaaliero, virtaus, johtuminen ja kapasitanssi. (Enoka 2008, 173.)

Solun väliset kemikaalit aiheuttavat sähköistä potentiaalia solun sisällä ja solukalvon ulkopuolella. Hermolihasjärjestelmän aktivoituminen saa aikaan sähköisiä signaaleja, aktiopotentiaaleja, jotka kulkevat motorisista yksiköistä lihasyille. Aktiopotentiaalin syttyminen saa aikaan ionien liikkumista solukalvojen läpi. Aktiopotentiaali kulkee motoneuronia ja sen dendriittejä pitkin lihassyille, mikä saa aikaan lihaksen supistumisen. (Merletti & Parker 2004, 2–6.) Kuvassa 2 on esitelty hermolihasjärjestelmän aktivoituminen sekä motorisen yksikön muodostuminen ja aktiopotentiaalin eteneminen.



KUVA 2. Hermolihasjärjestelmän toiminta, aktiopotentiaalin eteneminen ja motorisen yksikön muodostuminen (Merletti & Parker 2004, 3).

Ihmisen hermosolut eivät lisäänny enää syntymän jälkeen. Niiden koko ainoastaan voi kasvaa ja 90% hermoston kehittymisestä on tapahtunut viidenteen tai kuudenteen ikävuoteen mennessä. Hermoston kehitykseen vaikuttaminen murrosiän alun jälkeen, noin 12 ikävuoden jälkeen on todella hidasta. Harjoittelulla hermoston toimintaa voidaan kehittää erityisesti ennen 12 ikävuotta. Tästä johtuen erityisesti taito-, nopeus- ja koordinaatioharjoittelua tulisi toteuttaa mahdollisimman paljon lapsuudessa. (Mero ym. 2012,57–58.)

3.1.1 Motoristen yksiköiden aktivoituminen

Motorinen yksikkö muodostuu motoneuronista, sen aksoneista sekä lihassyistä, joita se stimuloi. Keskushermosto kontrolloi lihasvoimaa kontrolloimalla motoristen yksiköiden aktiivisuutta. Yhtä lihasta saattaa stimuloida useita satoja motorisia yksiköitä. Ryhmää motoneuroneita, joka stimuloi yhtä lihasta, kutsutaan motoneuronialtaaksi. (Enoka 2008. 215.)

Motorisia yksiköitä on erilaisia ja ne on mahdollista luokitella syttymiskykyjen perusteella. Tämän perusteella motoriset yksiköt luokitellaan kolmeen luokkaan: hitaasti syttyvät väsymystä kestävät (S), nopeasti syttyvät väsymystä kestävät (FR) sekä nopeasti syttyvät nopeasti väsyvät (FF). (Enoka 2008, 222.) Taulukossa 2 on eritelty tarkemmin näiden eri tyyppien eroavaisuudet. Motoriset yksiköt rekrytoidaan koko periaatteen mukaan, pienimmästä suurimpaan (Enoka 2008, 215: Merletti&Parker. 2004, 7).

TAULUKKO 2. Erilaisten motoristen yksiköiden histokemialliset, aineenvaihdunnalliset, mekaaniset, sähköiset ja muut ominaisuudet (mukaillen Merletti & Parker 2004, 6).

Motorinen yksikkö	Histokemialliset ja aineenvaihdunnalliset ominaisuudet	Mekaaniset ominaisuudet	Sähköiset ominaisuudet	Muut ominaisuudet
Tyyppi I Oksidatiivinen,	ei työskentele hyvin iskemisissä oloissa	Hidas syttyminen, pieni voimantuotto, sietää väsymistä	Matala impulssin johtumisnopeus	Pienet aksonit rekrytoidaan matalilla voima tasoilla
Tyyppi II a	Oksidatiivinen, glykolyytinen	Nopea syttyminen, sietää väsymystä	Keskitason johtumisnopeus	Keskitason aksonit rekrytoidaan matalilla voimatasoilla
Tyyppi II b	Glykolyyttinen toimii hyvin iskemisissä oloissa tai pienellä happi määrällä.	Nopea syttyminen, suuret voimat, väsyvä, iso koko	Korkea johtumisnopeus	Isot aksonit rekrytoidaan korkeilla voimatasoilla

Samaa liikettä suorittaessa motoriset yksiköt rekrytoidaan aina lähes samassa järjestyksessä. Toistojen välillä voi olla noin 5 % ero. Järjestys säilyy myös liikkeen nopeutuessa. Motoristen yksiköiden aktivaatio lakkaa käänteisessä järjestyksessä kuin miten ne rekrytoidaan, eli ensimmäisenä rekrytoitu motorinen yksikkö deaktivoituu viimeisenä. (Enoka 2008, 224.)

Rekrytoinnin lisäksi voimantuottoon vaikuttaa myös motoristen yksiköiden syttymisnopeus. Syttymisnopeus riippuu siitä kuinka paljon synaptisia käskyjä motoneuroni saa. Syttymisnopeus vaikuttaa suoraan voiman tuoton lisääntymiseen. (Enoka 2008, 216.) Kun syttymisnopeus ja rekrytointi ovat maksimaalia voimantuotto on keskimäärin 2-5kg/ cm2 (Merletti & Parker. 2004, 6).

3.1.2 Lihasaktiivisuus pikajuoksussa

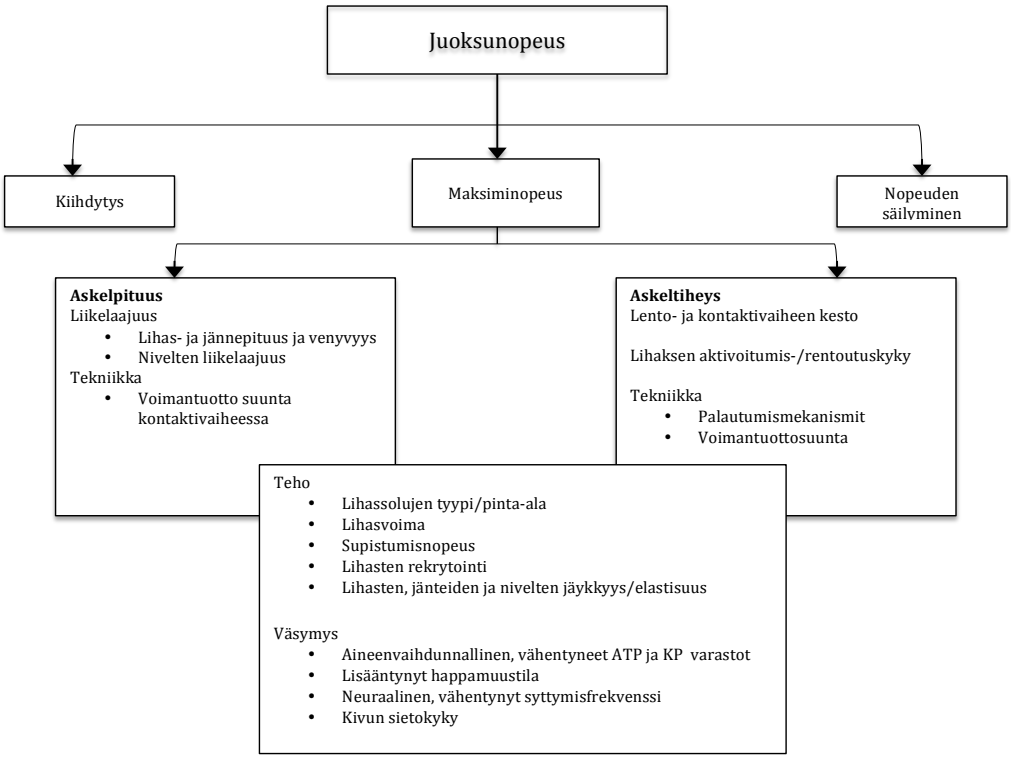
Lihasaktiivisuus on yksi merkittävistä juoksunopeuteen vaikuttavista tekijöistä (Mero ym. 1992). Työskentelevien lihasten aktiivisuus muuttuu juoksunvaiheesta riippuen. Pikajuoksu on monipuolinen liikesuoritus ja useat lihakset aktivoituva sen aikana. Optimoimalla antagonisti ja agonisti lihasten aktivoinnin ajoituksen voidaan parantaa nope-

utta. (Ross ym. 2001.) Jalkojen, ja erityisesti reiden lihakset ovat merkittävässä roolissa pikajuoksussa (Schache ym. 2013).

3.2 Juoksun biomekaaniset vaatimukset

Juoksu on monimutkainen suoritus ja sen suorittamiseen tarvitaan useiden lihasten aktivointia. Juoksunopeuden kasvaessa askelpituudessa ja -frekvenssissä tapahtuu muutoksia (Ross ym. 2001).

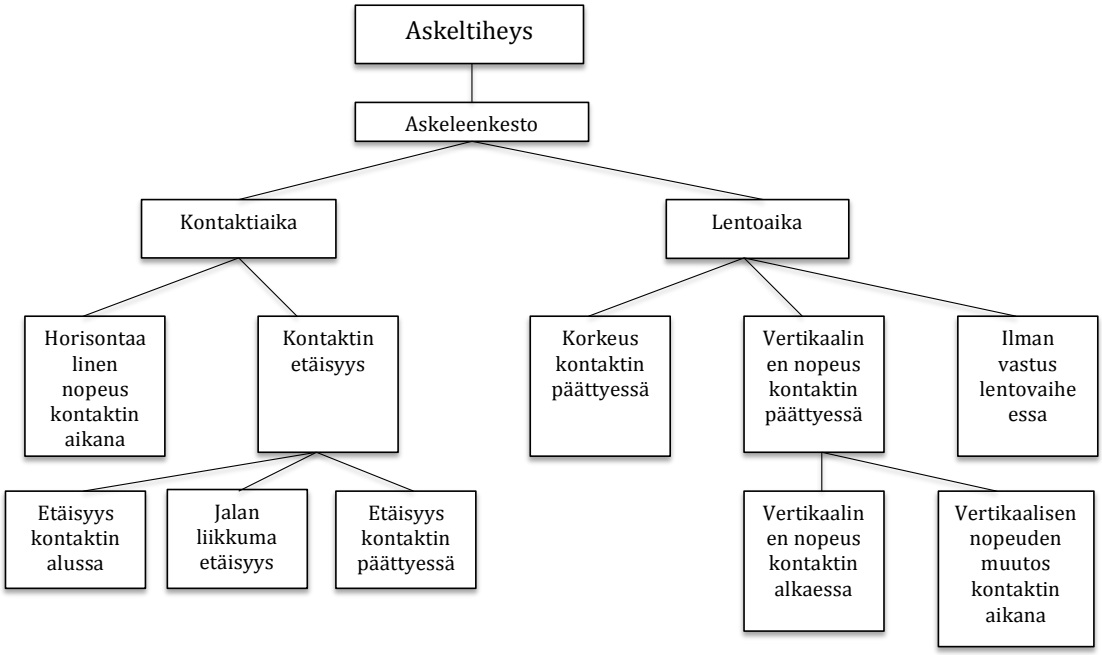
Juoksunopeus riippuu askelnopeudesta ja -tiheydestä. Täysin varmaa ei ole kumpi näistä tekijöistä on tärkeämpi juoksunopeuden määrittämisessä, tutkimustuloksia on molempien puolesta (Hunter ym. 2004). Tähän yksinkertaiselta kuulostavaan yhtälöön vaikuttavat kuitenkin useat eri mekanismit ja ominaisuudet. (Ross ym 2001.) Lisäys toisessa tekijässä johtaa juoksunopeuden lisääntymiseen, kunnes toisessa ei tapahdu vähennystä samassa suhteessa (Hunter ym. 2004). Kuvassa 3 esitellään juoksunopeuteen vaikuttavat hermostolliset tekijät. Erottelu on tehty askelpituuden sekä -frekvenssin osalta. Molempiin muuttujiin vaikuttaa tehontuotto, joka perustuu lihassolujakaumaan, lihasvoimaan, supistumisnopeuteen, lihasten aktivointiin sekä lihasten, jänteiden ja nivelten jäykkyyteen ja elastisuuteen. Tärkeä askelpituuteen vaikuttava tekijä on liikelaajuus. Askelfrekvenssiin vaikuttaa kontaktiaika ja lihasten supistumis-rentoutus suhde. Myös antropometrisillä ja aineenvaihdunnallisilla tekijöillä on vaikutus askelmuuttujiin. (Ross ym. 2001.)



KUVA 3. Maksiminopeuteen vaikuttavat tekijät (mukaillen Ross ym. 2001).

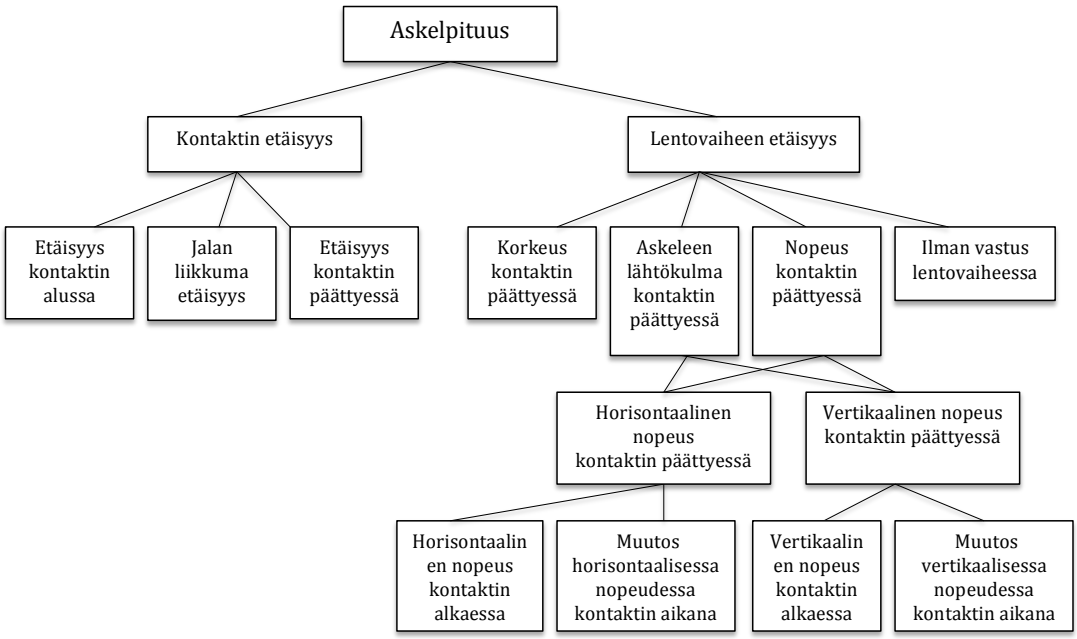
Kuvissa 4 ja 5 on eritelty askelfrekvenssiin ja -pituuteen vaikuttavat biomekaaniset muuttujat. Meron ym (2007, 306) mukaan maksiminopeutta määrittävät askelpituus ja askelfrekvenssi. Tiettyyn pisteeseen asti lisäys molemmissa parantaa juoksunopeutta. Askelpituus ja askelfrekvenssi vaikuttavat toisiinsa siten, että liian pitkä askel hidastaa askelfrekvenssiä ja liian kova frekvenssi taas lyhentää askelpituutta.

Askelfrekvenssi riippuu siitä kuinka pitkä aika kuluu yhteen askeleeseen. Yhteen askeleeseen vaikuttavat sekä kontakti- että lentoaika. Horisontaalinen nopeus vaikuttaa kontaktiaikaan ja vertikaalinen nopeus lentoaikaan. Jalan asennolla on enemmän vaikutusta kontaktiaikaan kun taas liikenopeus, sekä ilmanvastus vaikuttavat voimakkaammin lentoaikaan. (Hunter ym. 2004.)



KUVA 4. Askeltiheyden määrittävät biomekaaniset muuttujat (mukaillen Hunter ym. 2004).

Askelpituuden kehittäminen tulisi saada isoa huomiota pikajuoksijan harjoittelussa. Meron ym (2007, 308) mukaan optimaalisen askelpituuden löytämiseen tulisi käyttää aikaa. Askelpituutta määrittävät muun muassa lantion liikkuvuus, tekniikka, lajinomainenvoima ja nopeusvoima. Hunter ym. (2004) mukaan jalan asennolla askelkontaktin alku- ja loppuvaiheessa on suuri vaikutus kontaktin aikana. Kulma ja nopeus kontaktin loppuessa vaikuttavat lentopituuteen. Myös ilmanvastuksella on vaikutusta askelpituuteen. Muuttujiin tarkemmin vaikuttavat tekijät on eritelty kuvassa 5. Askelpituuden kasvaessa kontaktiaika saattaa pidentyä mutta nopeus voi silti parantua (Mattes. 2014).



KUVA 5. Askelpituuden määrittävät biomekaaniset muuttujat (mukaillen Hunter ym. 2004).

Huippupikajuoksijoiden morfologisissa mitoissa ei Coh ym. (2001) tutkimuksessa havaittu eroja, mutta huomattiin että juoksijat eroavat toisistaan pääosin kontaktiajan ja askelfrekvenssin perusteella mutta eroa on myös alkukiihdytyksessä sekä maksiminopeudessa. Slovenialaisia naispikajuoksijoita tutkittaessa havaittiin, että tärkeimmät maksiminopeuden tekijät ovat: kontaktiajan ja jarrutusvaiheen kesto, minimaalinen jarrutusimpulssi, maksimaalinen impulssi työntövoiman vaiheessa, painopisteen maksimaalisen horisontaalisen nopeuden säilyminen jarrutusvaiheessa ja jalan maksimaalinen nopeus askelkontaktivaiheen alussa (Coh ym. 1999).

Hunterin ym. (2004) tutkimuksessa juoksijoilla havaittiin hyvin erilaisia askelpituuksia ja -frekvenssejä, vaikka maksimaaliset juoksunopeudet saattoivat olla hyvin lähellä toisiaan. Yksilötasolla parhaimmat nopeudet tuotettiin suorituksissa missä he pystyivät tuottamaan parhaan askelfrekvenssin, mutta ryhmä tasolla havaittiin, että askelpituus oli yhteydessä juoksunopeuteen, askelfrekvenssi ei. Babel Copayer ym. (2012) osoittivat, että 13-15-vuotiailla kehitys juoksunopeudessa johtui ensisijaisesti askelfrekvenssin kehityksestä, mikä johti askelpituuden kasvuun. Heikommilla juoksijoilla askelfrekvenssi määrittää juoksunopeutta ja kovempitasoisilla juoksijoilla askelpituus vaikuttaisi olevan

merkittävämmässä roolissa (Mero ym. 2007, 307-308). Morin ym. (2012) tutkimuksessa havaittiin, että kun tutkittiin juoksun kiihdytysvaihetta eikä ainoastaan maksiminopeuden vaihetta, oli askelfrekvenssin ja juoksunopeuden välillä tilastollisesti merkitsevä korrelaatio. Samaa ei löydetty askelpituuden osalta.

Kuten Coh ym. (1999) myös Hunter ym (2004), sekä Morin ym. (2012) havaitsivat, että lyhyt kontaktiaika vaikuttaa juoksunopeuteen. Kontaktiaika laskee vauhdin kasvaessa ja on maksiminopeudessa 80–100 ms (Mero ym. 1992). Askeleen kontaktiajat huippu juoksijoilla ovat alle 100 ms. Pika-aituri Sally Pearsonin kontaktiaika on keskimäärin 90-100 ms. Noin 13 sekuntiin 100 metriä juoksevat pystyvät noin 140 ms kontaktiaikaan. 110 sekuntiin juoksevat taas noin 110ms (Mahoney 2014).

4 HARJOITTELUN OHJELMOINTI

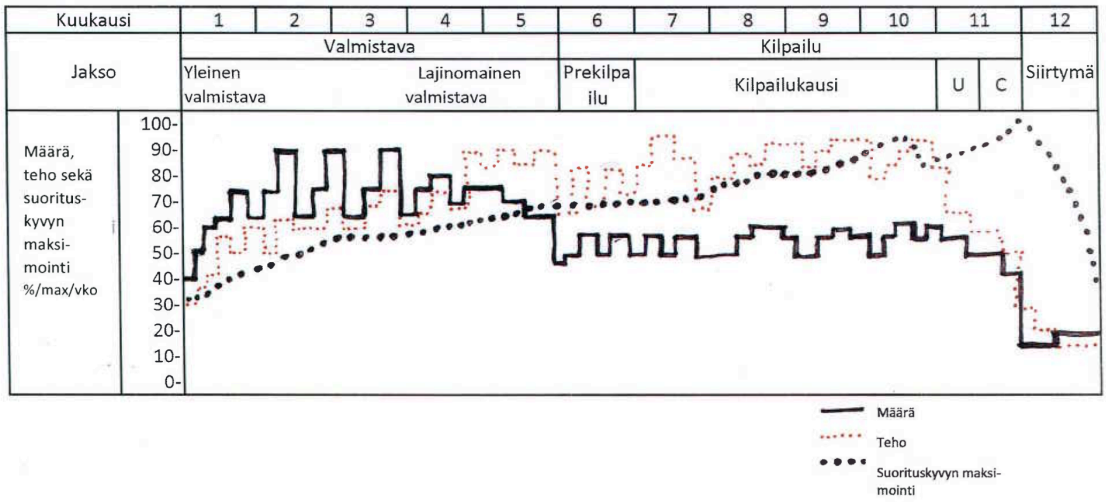
4.1 Nopeuden kehittyminen lapsuudesta aikuisuuteen

Nopeus muuttuu kasvun myötä. Tiedetään, että nopeus on periytyvä ominaisuus hermolihasjärjestelmän osalta. Varhaisessa lapsuudessa nopeutta voidaan kehittää esimerkiksi koordinaatiota kehittämällä ja biologisissa rakenteissa suurimmat muutokset voidaan harjoittelulla saada aikaan tällöin. (Mero ym. 2007, 294.) Kuten aiemmissa kappaleissa mainittiin hermoston kehittyminen loppuu murrosiän lopussa. Aikuisiässä saavutetun huippunopeuden vaiheen jälkeen nopeus ja erityisesti räjähtävä nopeus alkavat heikkenemään (Mero ym. 2007, 294). Naiset saavuttavat huippunopeuden noin 30 ikävuoteen mennessä.

Mikäli nopeutta ja koordinaatiokykyä ei kehitetä riittävästi lapsuusvaiheessa ennen kasvupyrähdystä voi tärkeä kehitysvaihe jäädä kokonaan välistä, jolloin urheilijan maksimaalista suorituskykyä ei välttämättä koskaan saavuteta (Balyi 2010).

4.2 Yleisurheilijan harjoittelun ohjelmointi

Harjoitusvuoden aikana harjoitellaan eri ominaisuuksia painottaen, mikä näkyy myös urheilijan tuloksissa kilpailuissa ja testeissä. Harjoitus muodostuu yleensä valmistavastakaudesta, jonka aikana harjoitellaan perusominaisuuksia. Tämän jakson aikana harjoitusvolyymi on suuri ja intensiteetti matalampi. Harjoitusmäärät ovat korkeita. Kilpailukauden lähestyessä harjoitusvolyymi laskee ja intensiteetti nousee. Kuvasta 6 on nähtävissä miten harjoittelun määrä ja teho muuttuvat harjoituskausien aikana teho- ja nopeuslajin urheilijalla yhden monosyklin aikana. Nähtävissä on myös kuinka suorituskykyä pyritään maksimoimaan harjoittelua keventämällä. (Bompa & Haff 2009, 131.)



KUVA 6. Harjoittelun määrän, tehon ja suorituskyvyn maksimoinnin jaksotus yhden monosyklin aikana teho- ja nopeuslajin urheilijan harjoittelussa (mukaillen Bompa & Haff 2009, 131).

Yleisurheilijan harjoittelu Suomessa perustuu kilpailukausien sijoittumiseen ja vuodenaikojen vaihtelujen vuoksi myös harjoitusolosuhteisiin. Harjoittelu on erilaista nuorilla ja aikuisurheilijoilla. Harjoittelun ohjelmoinnissa tulee ottaa huomioon näiden lisäksi kaikki nopeuden kehittymistä edellyttävät ominaisuudet. Tässä kappaleessa esitellään lähinnä yleisen harjoittelun periaatteita lapsuus- ja nuorisovaiheessa sekä karkea harjoittelun ohjelmoinnin malli aikuisvaiheessa.

Suomen Urheiluliiton yleinen linjaus on, että lapsuus- ja nuoruusiässä harjoittelun tulisi olla juoksemiseen perustuvaa moniottelupohjaista määräharjoittelua. Tärkein asia harjoittelussa on monipuolisuus, jonka tulisi ilmetä kaikessa harjoittelussa. Juoksuharjoittelun on tarkoitus luoda vahva perusta, jonka pohjalle harjoittelu tulisi nuorisovalmennuksen vaiheessa perustaa. Erilaisia juoksuharjoitteita tulisi sisällyttää jokaiseen harjoitukseen. Juoksuharjoittelun tulisi olla sekä nopeus- että kestävyysominaisuuksia kehittävää. (Ahtiainen 2009, 467;469.)

Murrosiän vaikutus harjoitteluun ja kehittymiseen tulee ottaa huomioon myös valmennuksen ohjelmointia suunnitellessa. Tiedetään, että kova fyysinen rasitus ja kilpaurheilu saattavat viivästyttää murrosiän alkua ja tytöillä ensimmäisten kuukautisten alkua. Murrosiän myöhästymisellä ei kuitenkaan ole vaikutusta sukupuolisiin toimintoihin myöhemmin. (Haug ym. 2007, 502.) Kun harjoittelu on hyvin toteutettu ja samalla huomioi-

tu riittävä energia- ja ravintoaineiden saanti, niin harjoittelulla ei ole vaikutusta murrosiän alkuun (Anderson & Harris 2010, 7).

Iän mukaan harjoittelun painotukset on jaettu Ahtiaisen (2009, 469) mukaan 3 vaiheeseen, joiden aikana harjoituspainotukset vaihtuvat monipuolisesta otteluharjoittelusta lajispesifimmäksi, laji- ja urheilija-analyysin mukaiseksi huippu-urheiluun tähtääväksi harjoitteluksi. Nämä kolme vaihetta ovat yleisurheilukouluvaihe (7–11-vuotiaat), nuorisovalmennusvaihe (12–17-vuotiaat) ja valmennusvaihe (yli 18-vuotiaat). Tässä mallissa on mukailtu Balyin (2010) pitkäaikaisen urheilijan kehittämisen mallin ajattelua jonka mukaan harjoittelun tulisi alkuun olla perusliikuntataitoja kehittävää ja muuttua lajinomaisemmaksi vasta, kun riittävä pohjakunto ja taitotaso on saavutettu. Balyin (2010) mallia on sovellettu monessa maassa ja lajissa. Sen tavoitteena on tasapainottaa harjoittelun ja kilpailun määrää lapsuudessa ja aikuisuudessa sekä varmistaa että harjoittelu on biologiseen ikään suhteutettuna sopivaa.

Valmennusvaiheessa olevat urheilijat harjoittelevat lajianalyysiin ja henkilökohtaiseen urheilija-analyysiin pohjautuen. Harjoittelu suunnitellaan vuosisuunnitelman pohjalta. Vuosisuunnitelma jakaa vuoden harjoittelun jaksoihin, joilla jokaisella on oma tavoitteensa ja niiden aikana pyritään saamaan aikaan erilaisia harjoitusadaptaatioita. Parhaan suorituskyvyn saavuttamiseksi tulee harjoittelun olla ohjelmoitua, suunnitelma loogisesti rakennettu ja harjoittelu tarkoituksenmukaisesti jaksotettua. (Bompa & Haff 2009, 125.) Pikajuoksijan vuosi sisältää kaksi kilpailukautta, joten vuosisuunnitelma on yleensä bi-syklinen (Bompa & Haff 2009, 132). Bi-syklinen vuosisuunnitelma toteutuu myös Meron ym. (2007, 300–302) mukaan suomalaisessa pikajuoksuvalmennuksessa, jolloin harjoitusvuosi alkaa yleensä lokakuussa peruskuntokaudella ja kestää marraskuun alkuun. Peruskuntokautta seuraa perusvoimakausi, kilpailuun valmistava kausi, hallikilpailukausi, kevään lyhyt peruskuntokausi sekä kevään kilpailuun valmistava kausi, jolloin esimerkki urheilija, kuten monet muut suomalaiset pikajuoksijat harjoittelevat lämpimässä ilmastossa leireillen parempien harjoitusolosuhteiden vuoksi. Kesän kilpailukausi on pitkä ja tavoitteista riippuen se voi olla yksi- tai kaksijakoinen, jolloin kilpailukausien välissä suoritetaan vielä lyhyt kilpailuun valmistava kausi. Kausi päättyy ylimenokauteen, jonka aikana on tarkoitus palautua kilpailukauden kuormituksesta, sekä valmistautua tulevan kauden valmistavaan kauteen.

5 TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESIT

5.1 Tutkimuksen tarkoitus

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää biologisen iän vaikutusta nopeus- ja maksimivoimaan sekä nopeusmuuttujiin tytöillä ja naisilla. Tarkoituksena oli selvittää miten juoksun kinemaattisen muuttujat kehittyvät eri harjoituskausien välillä. Tärkeimmät muuttujat olivat lentävän 20:n metrin aika, sekä askelpituus ja askelfrekvenssi maksimijuoksun vaiheessa.

5.2 Tutkimusongelmat

1. Miten juoksun askelmuuttujat ja voimaominaisuudet muuttuvat eri harjoituskausien välillä eri biologisen iän vaiheessa olevilla naisyleisurheilijoilla?

2. Onko biologisen iän vaiheella vaikutusta muutoksiin juoksun askelmuuttujiin ja voimaominaisuuksiin?

5.3 Hypoteesit

1. Harjoituskauden edetessä kohti kilpailukautta nopeusominaisuudet kehittyvät kaikilla ryhmillä. Ryhmien välillä on selvät erot. Murrosikäisten voimatasot ovat lähempänä ryhmää aikuisia kuin lapsia. 13–15-vuotiaana lihasmassa, lihasvoima ja kestävyys lisääntyvät nopeammin kuin missään muussa ikävaiheessa (Anderson ym. 2010, 21). Aikuisilla harjoittelun ohjelmointi on tarkempaa. Harjoitusvasteen määrä harjoituskausien välillä vaihtelee todennäköisesti huomattavasti enemmän aikuisilla kuin murrosikäisillä, tai lapsilla.

2. Askelfrekvenssi eroaa vähemmän ryhmien välillä kuin askelpituus. Lapsilla mitattu askelpituus eroaa todennäköisesti selvästi murrosikäisten ja aikuisten tuloksista. Her-

moston kehittyminen on nopeaa ennen murrosiän alkua (Mero ym. 2007, 12). 12 ikävuoden jälkeen kehittymiseen vaikuttaminen on todella hidasta (Mero ym. 2010, 57). Askelfrekvenssi riippuu siitä kuinka pitkä aika kuluu yhteen juoksuaskeleeseen (Ross ym. 2001).

Murrosiässä lihaksiston kehittyminen kiihtyy hormonaalisten tekijöiden myöstä (Balyi 2010). Voimatasot nousevat selkeästi murrosiän alettua, joten todennäköistä on, että lasten nopeusvoima ja maksimivoima ominaisuudet ovat selvästi heikommat kuin aikuisten. Murrosikäisten ja aikuisten ero voimatasoissa on selvä, mutta ei merkittävä.

6 TUTKIMUSMENETELMÄT

6.1 Koehenkilöt

Tutkimukseen osallistui 27 vapaaehtoista naisyleisurheilijaa, jotka olivat iältään 10-30-vuotiaita. Koehenkilöt jaettiin kolmeen ryhmään biologisen iän perusteella. Ensimmäinen ryhmä (lapset) koostui yhdeksästä 10–11-vuotiaasta tytöstä, jotka harrastavat yleisurheilua päälajinaan Tampereen Pyrinnössä ja olivat kesän 2014 aikana alittaneet oman pikamatkansa 60 metrin A-rajan (10-vuotiaat 9.50s., 11-vuotiaat 9,.10s). Toinen ryhmä (murrosikäiset) valittiin Hämeen piirin piirileiritykseen osallistuvista 13–14-vuotiaista, jotka olivat kesän 2014 aikana alittaneet oman pikamatkansa 60 metrin (13-vuotiaat) A-rajan (8.65s) tai 100 metrin (14-vuotiaat) A-rajan (13.55s). Kolmas ryhmä (aikuiset) muotoutui Hämeen alueella harjoittelevista 7-ottelupohjaisesti harjoittelevista aikuisurheilijoista. Lasten ryhmä koostui puberteetin aikaisessa vaiheessa olevista ja murrosikäisten ryhmä puberteetin loppuvaiheessa olevista tytöistä. Tannerin asteikoilla lapset olivat vaiheessa 1 tai 2 ja murrosikäiset vaiheessa 4 tai 5.

Koehenkilöistä viisi joutui lopettamaan tutkimukseen osallistumisen ennen sen päättymistä. Tutkimuksen tuloksissa huomioidut osallistujamäärät on nähtävissä taulukossa kolme. Taulukossa kolme on havainnollistettu tarkemmin ryhmien taustatietoja.

TAULUKKO 3. Ryhmän koko, ikä, paino, pituus, harjoitusvuodet, harjoitusmäärä ja Tanner luokka tutkimuksen alussa. Tulos pikamatkalla kesällä 2014, murrosikäisten ryhmässä huomioitu 100m aika myös 13-vuotiaille.

	Lapset (n= 8)	Murrosikäiset (n=7)	Aikuiset (n=7)
Ikä (v)	10,37 ± 0,52	13,14 ± 0,37	20,29 ± 4,19
Paino (kg)	37,66 ± 4,84	56,61 ± 7,56	64,48 ± 4,94
Pituus (cm)	143,07 ± 6,68	165,77 ± 8,15	174,34 ± 4,38
Tanner (luokka)	1–2	4–5	5
Harjoitusvuodet (v)	2,02 ± 1,21	4,85 ± 1,21	12,28 ± 3,81
Harjoituskertojen määrä (krt/vko)	4,68 ± 2,15	7,57 ± 3,95	8,28 ± 0,76
Tulos 60m tai 100m kesällä 2014	9.45 ± 0.24	13.63 ± 0.35	12.87 ± 0.40

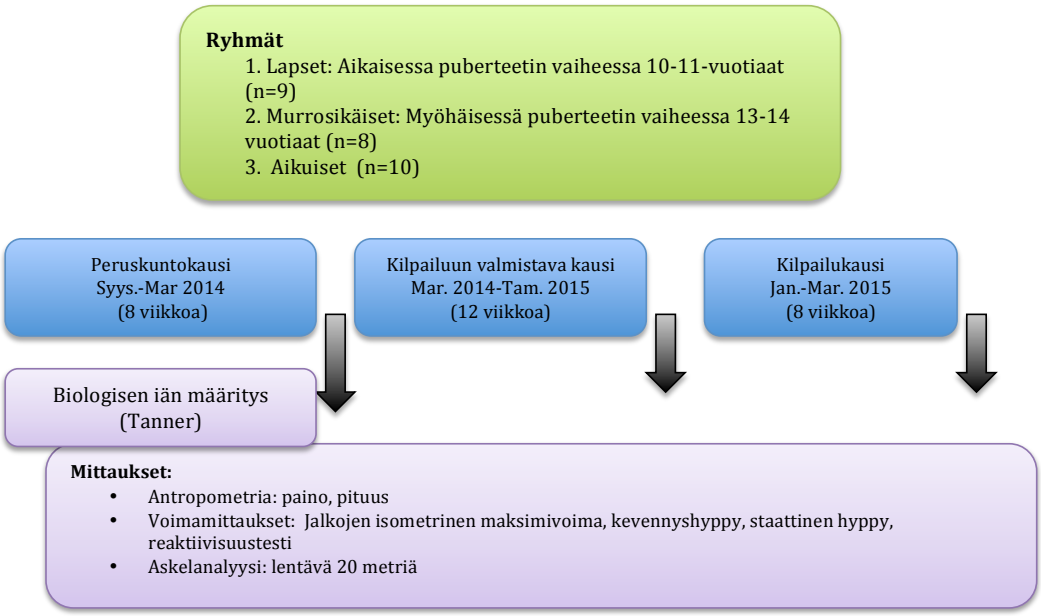
6.2 Aineiston keräys ja analysointi

6.2.1 Mittaukset

Koehenkilöille suoritettiin erilaisia fyysisiä ominaisuuksia ja antropometriaa mittaavia testejä. Käytettävät testit ovat valtakunnallisesti yleisurheilijoilla käytössä olevia kenttätestejä. Mittauskertoja oli yhteensä kolme. Ensimmäiset mittaukset suoritettiin marraskuussa 2014, mikä on yleisurheilijoiden peruskuntokauden alkua. Toiset mittaukset suoritettiin tammikuussa 2015, jolloin yleisurheilijoiden hallikausi on juuri alkanut ja kilpailukausi alkuvaiheessa. Kolmannet mittaukset suoritettiin maaliskuussa 2015, hallikauden päätyttyä.

Mittaukset suoritettiin aina samassa järjestyksessä kaikille ryhmille. Ennen mittauksia toteutettiin yhteinen alkuverryttely, mikä sisälsi lämmittelyn (liite 3) juosten sekä avaavia liikkuvuusliikkeitä ja koordinaatioliikkeitä. Lämmittely kesti 30 minuuttia. Lämmittelyn jälkeen urheilijat suorittivat nopeusvoimamittaukset ja maksimivoimamittauksen.

Tämän jälkeen heillä oli 30 minuuttia aikaa nopeusmittauksiin. Tauon aikana koehenkilöt vaihtoivat jalkineet ja lämmittelivät vielä ohjatusti nopeusmittauksia varten.



Kuva 7. Tutkimusasetelmaa havainnollistava kaavio

Antropometria ja biologisen iän määrittäminen. Ennen jokaista mittausta koehenkilöiltä mitattiin paino (kg) ja pituus (cm). Ennen ensimmäisiä mittauksia lapsille ja murrosikäisille suoritettiin terveystarkastukset joiden ohessa tehtiin biologisen iän määritys. Biologista ikää määritettiin Tannerin asteikolla liikuntalääketieteeseen erikoistuvat lääkärin toimesta Tampereen urheilulääkäriasemalla.

Nopeusvoimamittaukset. Mittaukset aloitettiin nopeusvoimamittauksilla. Mittauksiin kuuluivat kevennys hyppy, staattinen hyppy ja reaktiivisuushyppely. Kaikki hypyt suoritettiin valomatolla. Urheilijat saivat harjoitella jokaista suoritusta muutaman kerran omatoimisesti. Kevennyshypyssä koehenkilö laskeutui noin 90 asteen polvikulmalle ja ponnisti nopealla suunnanmuutoksella suoraan ylöspäin. Ylös hypättäessä kädet pysyvät kiinni lanteilla. Alastulossa jalat tulevat maahan päkiä edellä polvet suorana. Suoritus toistettiin kolme kertaa. Mikäli viimeinen yritys oli paras, sai koehenkilö vielä yhden suorituksen. Suoritusten välissä oli noin 2 minuuttia palautusta. Hypyissä mitattiin nousukorkeus (cm).

Staattisessa hypyssä laskeudutaan samalle polvikulmalle kuin kevennyshypyssä, mutta ponnistus lähtee selvän pysäytyksen jälkeen. Ponnistuksessa ei hyödynnetä lihaksiin ja jänteisiin varastoitunutta elastista energiaa. Ylös hypättäessä kädet pysyvät kiinni lanteilla. Alastulossa jalat tulevat maahan päkiä edellä polvet suorana. Suoritus toistettiin kolme kertaa. Mikäli viimeinen yritys oli paras, sai koehenkilö vielä yhden suorituksen. Suoritusten välissä oli noin kaksi minuuttia palautumisaikaa. Hypyissä mitattiin nousukorkeus (cm).

Reaktiivisuushyppelyssä koehenkilö ottaa kaksi askelta vauhtia valomaton takaa ja tulee vauhdista ensimmäiseen ponnistukseen valomatolle. Valomatolla tehdään viisi päkiähyppyä suoraan ylöspäin. Kädet rytmittävät hyppyjä. Hypyistä mitattiin nousukorkeus (cm), kontaktiaika (ms), sekä niiden perusteella laskettu teho (W). Hypyistä valittiin kaksi parasta, joiden keskiarvoa käytettiin suorituksen tuloksena.

Isometrinen maksimivoima. Alaraajojen isometristä maksimivoimaa mitattiin bilateraalisesti jalkaprässissä. Jalkaprässi asennettiin 90 asteen polvikulmalle. Koehenkilö harjoitteli dynamometrissa kaksi submaksimaalista suoritusta, jonka jälkeen hän teki kaksi maksimaalista yritystä. Yritysten välissä oli yhden minuutin palautus. Voimantuottoa mitattiin kilogrammoissa. Vain paras tulos otettiin huomioon tutkimuksen tuloksissa.

Nopeusmittaukset. Päätestinä käytettiin lentävän 20 metrin aikaa (s). Koehenkilöt juoksivat 50-60 metrin matkan, jonka matkalta viimeiset 20 metriä mitattiin valokennoilla. Koehenkilöt juoksivat matkan piikkareilla kolme kertaa, mikäli viimeinen suoritus oli sarjan paras saivat he vielä yhden yrityksen. Suoritusten välillä pidettiin kuuden minuutin palautus.

6.2.2 Tilastolliset menetelmät

Muuttujien normaalijakaumatarkastelut tehtiin Shapiro-Wilk-testillä. Eri ryhmien välisiä tuloksia eri mittauskerroilla tarkasteltiin tilastollisesti. Normaalisti jakautuneiden muuttujien kohdalla käytettiin ONE-WAY ANOVA- mallia. Muuttujia, jotka eivät olleet normaalisti jakautuneita arvioitiin Kruskal-Wallisin varianssianalyysillä. Muuttujien välisiä korrelaatioita tarkasteltiin käyttäen Pearsonin korrelaatiokerrointa.

Tuloksia on tarkasteltu tilastollisesti ja tilastollisen merkitsevyyden rajana pidetään $p \leq 0.05$.

7 TULOKSET

7.1 Antropometria

Koehenkilöiden painoa ja pituutta mitattiin jokaisen mittauksen yhteydessä. Taulukossa kolme on nähtävissä muutokset koehenkilöiden pituudessa, sekä painossa eri mittausten, sekä ryhmien välillä. Lapset kasvoivat tutkimuksen aikana pituutta keskimäärin 3,2 cm, murrosikäiset 2,4 cm.

Lasten paino ei muuttunut keskimäärin lainkaan. Murrosikäisten paino nousi joka mittauksen välillä ja nousua ensimmäisestä mittauksesta viimeiseen oli keskimäärin 2,9 kg. Myös aikuisten ryhmässä tapahtui myös muutoksia kauden edetessä. Siirryttäessä lähemmäksi kilpailukautta ryhmän koehenkilöiden paino laski keskimäärin 1,0 kg. Paino nousi jälleen kilpailukauden päätyttyä, mutta ero ensimmäiseen mittaukseen oli viimeisessä mittauksessa keskimäärin 0,6 kg vähemmän. Muutokset ryhmien painoindeksissä ovat myös nähtävissä taulukossa 4.

TAULUKKO 4. Pituus, paino sekä painoindeksi lapsilla, murrosikäisillä ja aikuisilla tutkimuksen eri vaiheissa.

		Pituus (cm)	Paino (kg)	Painoindeksi
Lapset (n=8)	Marraskuu	148,7 ± 6,7	37,7 ± 4,8	17,1 ± 1,3
	Tammikuu	151,2 ± 6,1	37,7 ± 5,0	17,1 ± 1,5
	Maaliskuu	151,9 ± 7,8	37,7 ± 5,8	17,2 ± 1,5
Murrosikäiset (n=7)	Marraskuu	165,8 ± 8,2	56,6 ± 7,6	21,1 ± 3,2
	Tammikuu	167,7 ± 7,4	58,8 ± 6,7	21,0 ± 2,9
	Maaliskuu	168,2 ± 7,8	59,5 ± 6,5	21,1 ± 2,9
Aikuiset (n=7)	Marraskuu	174,3 ± 4,4	64,5 ± 4,9	21,5 ± 0,8
	Tammikuu	174,4 ± 4,5	63,5 ± 4,9	20,5 ± 0,8
	Maaliskuu	174,1 ± 4,5	63,9 ± 4,5	21,0 ± 0,7

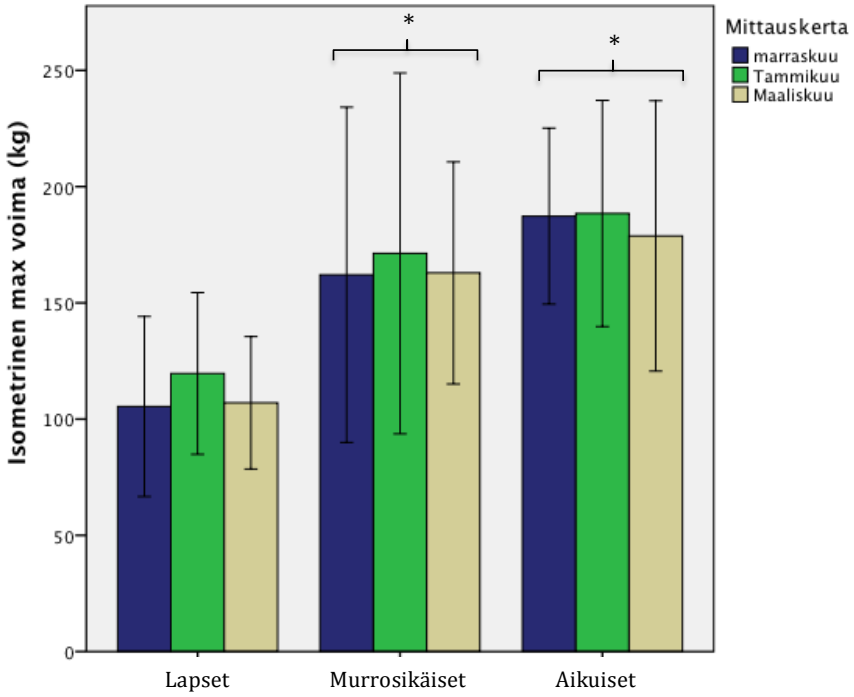
7.2 Voimamuuttujat

Kun tuloksia vertaillaan eri mittapisteissä, ei minkään ryhmän sisällä havaittu tilastollisesti merkitseviä ($p \leq 0.05$) eroja.

7.2.1 Maksimivoima

Alaraajojen isometrisessä maksimivoimassa oli nuorten ryhmissä havaittavissa samansuuntaista kehitystä tutkimuksen aikana. Lapsilla ja murrosikäisillä havaittiin voimatason nousua ensimmäisen ja toisen mittauksen välillä. Toisen ja kolmannen mittauksen välillä tapahtui laskua ja voimataso palautui lähes samaan kuin mitä se oli ollut marraskuussa. Aikuisilla voimatasot laskivat vain hieman ensimmäisen ja toisen mittauksen välillä, mutta selkeämmin viimeiseen mittaukseen mennessä. Muutokset eivät kuitenkaan olleet mittapisteiden välillä merkitseviä ($p>0.05$).

Ryhmien välillä havaittiin tilastollisesti merkitseviä eroja. Lapset erosivat tilastollisesti merkitsevästi aikuisista ($p= 0.000$) jokaisessa mittapisteessä, sekä murrosikäisistä marraskuussa ($p=0.001$), tammikuussa ($p=0.006$) ja maaliskuussa ($p=0.000$) (kuva 8).



KUVA 8. Isometrinen maksimivoima ryhmien sisällä eri mittauspisteissä, ja ero ryhmien välillä. *= tilastollisesti merkitsevä ero ryhmän ja lasten välillä jokaisessa mittapisteessä.

7.2.2 Nopeusvoima

Kevennyshyppy ja staattinen hyppy erosivat tilastollisesti merkitsevästi ($p \leq 0.05$) ryhmien välillä kaikissa mittauspisteissä. Nilkan ojentajalihasten räjähtävää voimantuottoa mittaava reaktiivisustesti osoitti, että aikuiset erosivat tilastollisesti merkitsevästi lapsista kaikissa mittapisteissä, sekä murrosikäisistä tammikuussa ja maaliskuussa. Lasten ja murrosikäisten välillä ero oli tilastollisesti merkitsevä tammikuussa. Ryhmien tulokset nähdään taulukosta 5.

TAULUKKO 5. Nopeusvoima muuttujat ryhmissä lapsilla, murrosikäisillä ja aikuisilla kaikissa mittapisteissä.

LAPSET	**Kevennyshyppy (cm)**	**Staattinen hyppy (cm)**	**Reaktiivisuus hyppely (W)**
Marraskuu	26,15 ± 3,12	24,40 ± 2,47	32 ± 4
Ero murrosikäisiin	*0,002	*0,00	0,63
Ero aikuisiin	*0,00	*0,00	*0,06
Tammikuu	27,21 ± 1,88	24,61 ± 2,39	32 ± 4
Ero murrosikäisiin	*0,00	*0,00	*0,03
Ero aikuisiin	*0,00	*0,00	*0,00
Maaliskuu	25,95 ± 1,96	24,06 ± 2,83	34 ± 6
Ero murrosikäisiin	*0,00	*0,00	0,19
Ero aikuisiin	*0,00	*0,00	*0,00
MURROSIKÄISET	**Kevennyshyppy**	**Staattinen hyppy**	**Reaktiivisuus hyppely (W)**
Marraskuu	31,91 ± 2,48	30,82 ± 2,16	37 ± 5
Ero aikuisiin	*0,00	*0,001	*0,122
Tammikuu	33,98 ± 2,22	32,71 ± 2,94	39 ± 4
Ero aikuisiin	*0,001	*0,005	*0,00
Maaliskuu	33,20 ± 1,81	32,14 ± 2,51	40 ± 5
Ero aikuisiin	*0,00	*0,005	*0,005
AIKUISET	**Kevennyshyppy**	**Staattinen hyppy**	**Reaktiivisuus hyppely (W)**
Marraskuu	38,74 ± 2,38	36,77 ± 3,06	45 ± 11
Tammikuu	39,69 ± 2,78	38,28 ± 3,19	52 ± 5
Maaliskuu	40,21 ± 1,98	37,72 ± 3,26	53 ± 7

7.3 Lentävä 20 m

Lentävän 20 metrin juoksuaika erosi tilastollisesti merkitsevästi kaikkien ryhmien välillä. Lasten ja murrosikäisten tulokset erosivat kaikilla mittauskerroilla tilastollisesti merkitsevästi (p=0.000), samoin lasten ja aikuisten (p=0.000). Murrosikäisten ja aikuisten välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero marraskuussa (p=0.012) sekä tammi- ja maaliskuussa (p=0.000) (taulukko 7).

Lapsilla lentävän 20m aika korreloi tilastollisesti merkitsevästi reaktiivisuushyppelyn kanssa marraskuussa ja tammikuussa. Mitä kovempi tehon tuottokyky sitä, sitä nopeampi aika juoksussa (taulukko 6). Taulukosta 6 on nähtävissä, että marraskuussa myös staattisen hypyn tulos korreloi lentävän 20 m juoksuajan kanssa. Maaliskuussa kontaktiaika ja juoksuaika lentävällä 20 metrillä korreloivat positiivisesti.

Murrosikäisillä havaittiin selvää korrelaatiota juoksunopeuden sekä askelpituuden välillä (Taulukko 6). Marraskuussa ja maaliskuussa korrelaatio oli tilastollisesti merkitsevä. Tammikuussa myös isometrinen maksimivoima, sekä askeltiheys korreloivat merkitsevästi lentävän 20 metrin ajan kanssa. (Taulukko 6)

Aikuisilla havaitaan tilastollisesti merkitsevää korrelaatiota ainoastaan lentävän 20m ajan ja kontaktiajan välillä maaliskuussa, tammikuussa nuo samat muuttujat korreloivat lähes tilastollisesti merkitsevästi. (Taulukko 6)

TAULUKKO 6. Lentävän 20m ajan korrelaatio muihin muuttujiin lapsilla, murrosikäisillä ja aikuisilla kaikissa mittapisteissä.

20m	Lapset			Murrosikäiset			Aikuiset		
	Marraskuu	Tammikuu	Maaliskuu	Marraskuu	Tammikuu	Maaliskuu	Marraskuu	Tammikuu	Maaliskuu
Kevennyshyppy	-0,565	-0,228	-0,039	0,126	-0,444	-0,575	-0,036	0,065	-0,028
Staattinen hyppy	**-0,729*** 0,04	-0,432	-0,314	-0,605	-0,59	-0,703	-0,175	0,283	-0,127
Max voima	0,376	**0,694** 0,056	-0,026	0,248	**0,926*** 0,003	0,543	-0,517	0,094	0,02
Teho	**-0,732*** 0,039	**-0,707*** 0,05	**-0,684** 0,061	-0,037	0,264	-0,013	-0,197	-0,242	-0,072
Askeltiheys	0,118	-0,097	-0,319	0,695	**0,776*** 0,04	-0,095	0,075	-0,442	-0,499
Askelpituus	0,65	-0,602	-0,127	**-0,752*** 0,051	**-0,938*** 0,02	**-0,928*** 0,003	-0,474	0,003	0,055
Kontaktiaika	0,492	0,436	**0,720*** 0,044	-0,19	-0,502	0,056	0,653	**0,745** 0,055	**0,866*** 0,012
Lentoaika	**-0,659** 0,076	-0,248	-0,087	-0,541	-0,236	0,085	-0,574	0,187	0,317

7.4 Juoksun kinematiikka

Kun juoksun kinemaattisia muuttujia vertailtiin eri mittapisteissä, ei minkään ryhmän sisällä havaittu tilastollisesti merkitseviä ($p \leq 0.05$). Askelmuuttujat on esitelty taulukossa 7.

TAULUKKO 7. Askelmuuttujat lapsilla, murrosikäisillä ja aikuisilla eri mittapisteissä.

LAPSET	**20 m lentävä (s)**	**Askelpituus (m)**	**Askeltiheys (Hz)**	**Kontaktiaika (ms)**	**Lentoaika (ms)**
Marraskuu	2,93 ± 0,10	1,63 ± 0,10	4,17 ± 0,21	130 ± 9	110 ± 9
Ero murrosikäisiin	*0,00	*0,001	1,00	1,00	*0,01
Ero aikuisiin	*0,00	*0,00	1,00	0,18	0,15
Tammikuu	2,98 ± 0,11	1,66 ± 0,09	4,05 ± 0,19	135 ± 10	113 ± 10
Ero murrosikäisiin	*0,00	*0,00	0,52	*0,018	1,00
Ero aikuisiin	*0,00	*0,00	0,15	*0,00	0,15
Maaliskuu	2,92 ± 0,08	1,69 ± 0,09	4,06 ± 0,23	134 ± 8	114 ± 9
Ero murrosikäisiin	*0,00	*0,024	1,00	0,08	0,53
Ero aikuisiin	*0,00	*0,001	1,00	*0,003	0,67
MURROSIKÄISET	**20 m lentävä (s)**	**Askelpituus (m)**	**Askeltiheys (Hz)**	**Kontaktiaika (ms)**	**Lentoaika (ms)**
Marraskuu	2,54 ± 0,05	1,94 ± 0,17	4,07 ± 0,33	126 ± 13	133 ± 18
Ero aikuisiin	*0,012	0,81	1,0	0,78	0,70
Tammikuu	2,51 ± 0,07	1,90 ± 0,11	4,19 ± 0,14	122 ± 6	116 ± 11
Ero aikuisiin	*0,004	0,08	1,0	0,17	0,52
Maaliskuu	2,52 ± 0,09	1,93 ± 0,07	4,08 ± 0,07	125 ± 7	120 ± 9
Ero aikuisiin	*0,004	0,69	1,0	0,48	1,00
AIKUISET	**20 m lentävä (s)**	**Askelpituus (m)**	**Askeltiheys (Hz)**	**Kontaktiaika (ms)**	**Lentoaika (ms)**
Marraskuu	2,40 ± 0,05	2,03 ± 0,13	4,12 ± 0,28	120 ± 9	124 ± 13
Tammikuu	2,33 ± 0,06	2,02 ± 0,10	4,25 ± 0,25	114 ± 6	123 ± 9
Maaliskuu	2,37 ± 0,06	2,02 ± 0,09	4,15 ± 0,21	119 ± 6	119 ± 9

7.4.1 Askeltiheys

Askeltiheydessä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä. Ryhmien sisällä havaittiin tilastollisesti merkitsevää korrelaatiota muiden tutkimuksen muuttujien kanssa. Taulukosta 9 on havaittavissa, että lapsilla askeltiheys korreloi merkitsevästi askelpituuden kanssa jokaisessa mittauksessa. Myös kontaktiaika korreloi maaliskuussa tilastollisesti merkitsevästi askeltiheyden kanssa. Marraskuussa tuo korrelaatio oli hieman heikompi, mutta silti havaittavissa (taulukko 9).

Murrosikäisillä havaittiin myös tilastollisesti merkitsevä korrelaatio askeltiheyden ja askelpituuden välillä marras- ja tammikuussa. Korrelaatio ei ollut tilastollisesti merkitsevä enää maaliskuussa. Samaa trendiä noudattaa myös askeltiheyden sekä lentoajan välinen korrelaatio; marras- ja tammikuussa korrelaatio oli tilastollisesti merkitsevä, mutta maaliskuussa heikompi. Tammikuussa myös isometrinen maksimivoima korreloi tilastollisesti merkitsevästi askeltiheyden kanssa.

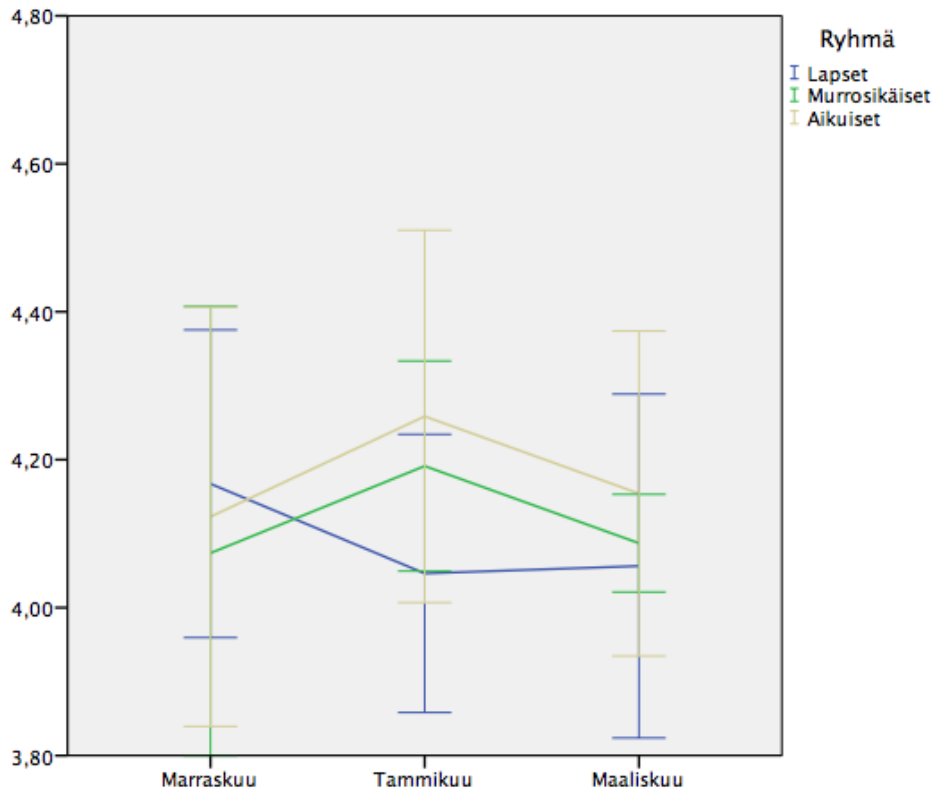
Aikuisilla havaittiin vahva riippuvuus askeltiheyden, sekä askelpituuden välillä kaikissa mittapisteissä. Kuten murrosikäisillä, lentoaika korreloi tilastollisesti merkitsevästi as-

keltiheyden kanssa, mutta korrelaatio heikkeni maaliskuun mittauksiin mennessä. Myös maksimivoima noudatti samaa trendiä kuin murrosikäisillä, se korreloi tilastollisesti merkitsevästi tammikuussa askeltiheyden kanssa. Lapsilla havaittu korrelaatio askeltiheyden ja kontaktiajan välillä havaittiin myös aikuisilla. Korrelaatio on havaittavissa kaikissa mittapisteissä, mutta marraskuussa ja maaliskuussa se oli tilastollisesti merkitsevä. (Taulukko 8)

TAULUKKO 8. Askeltiheyden (Hz) korrelointi muiden muuttujien kanssa lapsilla, murrosikäisillä ja aikuisilla kaikissa mittapisteissä.

Askeltiheys	Lapset			Murrosikäiset			Aikuiset		
	Marraskuu	Tammikuu	Maaliskuu	Marraskuu	Tammikuu	Maaliskuu	Marraskuu	Tammikuu	Maaliskuu
Kevennyshyppy	-0,074	0,041	-0,239	-0,028	-0,522	-0,209	-0,609	-0,144	-0,266
Staattinen hyppy	-0,399	-0,188	-0,044	-0,39	**-0,71**	-0,134	-0,562	-0,236	-0,342
					0,074				
Max voima	-0,543	**0,776***	-0,35	0,566	**-0,716**	-0,271	0,39	-0,204	0,567
		0,04			0,07				
Teho	-0,234	0,126	0,294	0,296	-0,296	0,151	0,225	0,283	0,155
Askelpituus	**-0,898***	**-0,83***	**-0,891***	**-0,987***	**-0,944***	-0,254	**-0,829***	**-0,734***	**-0,897***
	0,006	0,019	0,007	0,000	0,001		0,011	0,038	0,003
Kontaktiaika	-0,621	**-0,795***	**-0,714***	-0,51	0,013	0,194	**-0,7**	-0,574	**-0,731***
		0,033	0,072				0,053		0,039
Lentoaika	**-0,827***	**-0,826***	-0,597	**-0,794***	**-0,741***	-0,592	-0,602	-0,571	**-0,811***
	0,022	0,022		0,033	0,057				0,015

Askeltiheys käyttäytyi harjoituskausien välillä hieman eri tavalla ryhmien kesken. Kuvasta 9 on nähtävissä muutokset ryhmien sisällä eri mittapisteiden välillä.



KUVA 9. Askeltiheys (Hz) lapsilla, murrosikäisillä ja aikuisilla marraskuussa, tammikuussa ja maaliskuussa.

7.4.2 Askelpituus

Askelpituus erosi tilastollisesti merkitsevästi aikuisten ja lasten välillä marraskuussa ja tammikuussa (p=0.000), sekä maaliskuussa (p=0.001). Murrosikäisten ja aikuisten välillä ei havaittu lainkaan tilastollisesti merkitsevää eroa. Murrosikäisten ja lasten välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero marraskuussa (p=0.001) ja tammikuussa (p=0.000). Maaliskuun havaittu ero oli tilastollisesti merkitsevä näiden kahden ryhmän välillä (p=0.024).

Askeltiheyden ja muiden muuttujien välillä havaittiin samanlaista korrelaatiota ryhmien kesken (Taulukko 9). Askelpituus käyttäytyi tässä suhteessa hieman eri tavalla. Tutkituista korrelaatiopareista, ainoastaan askelpituus ja lentoaika korreloivat kaikissa ryhmissä, tämäkin havaittiin ainoastaan marraskuun mittauksissa.

Lapsilla tilastollisesti merkitsevää korrelaatiota oli havaittavissa marraskuussa kevennyshypyn ja askelpituuden välillä. Marraskuussa staattinen hyppy ja lentoaika korreloivat tilastollisesti merkitsevästi askelpituuden kanssa. Tammikuussa ainoastaan isometrisen maksimivoiman ja askelpituuden välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä korrelaatio. Maaliskuussa lentoaika ja askelpituus korreloivat tilastollisesti merkitsevästi.

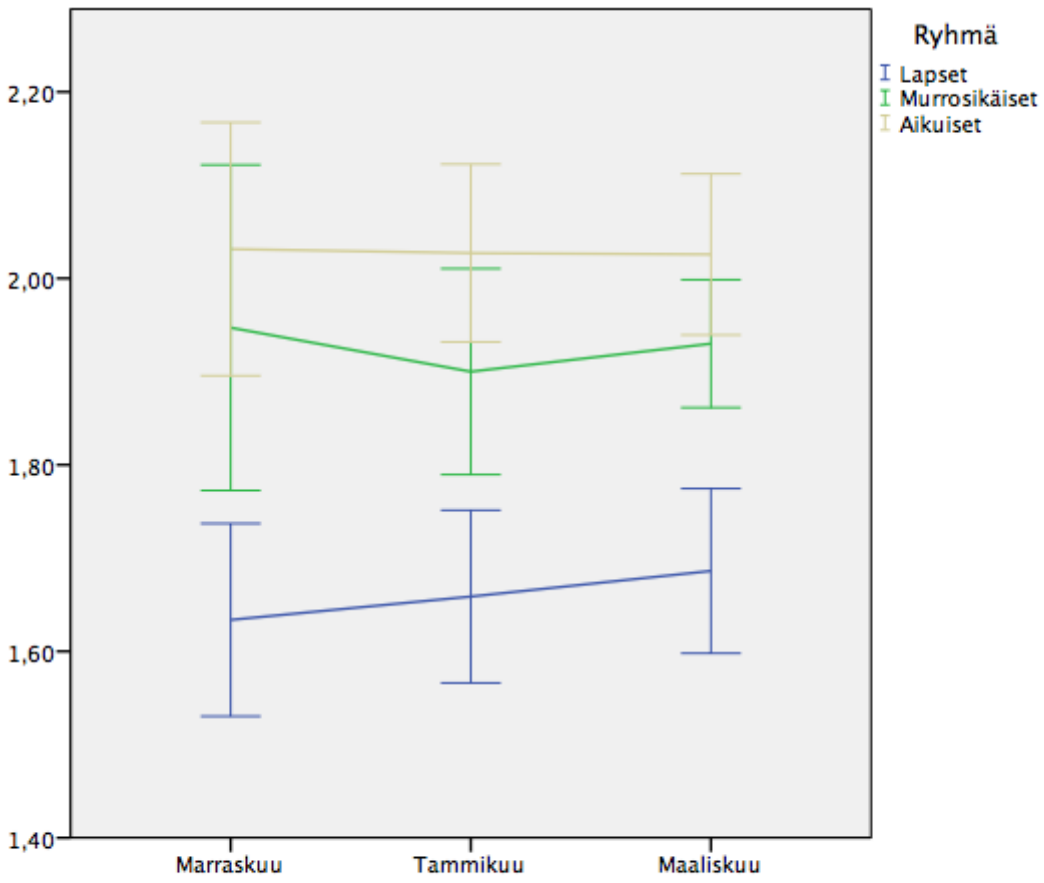
Murrosikäisillä jo mainitun lentoajan ja askelpituuden välisen tilastollisesti merkitsevän korrelaation lisäksi isometrinen maksimivoima korreloi tilastollisesti merkitsevästi askelpituuden kanssa tammikuussa.

Aikuisilla havaittiin, että lentoaika on ainoa muuttuja jonka kanssa askelpituus korreloi tilastollisesti merkitsevästi. Korrelaatio oli tilastollisesti merkitsevä marraskuussa ja maaliskuussa, mutta myös tammikuussa havaittiin samaa korrelaatiota.

TAULUKKO 9. Askelpituuden (m) korrelointi muihin muuttujiin lapsilla, murrosikäisillä ja aikuisilla kaikissa mittapisteissä.

Askelpituus	Lapset			Murrosikäiset			Aikuiset		
	Marraskuu	Tammikuu	Maaliskuu	Marraskuu	Tammikuu	Maaliskuu	Marraskuu	Tammikuu	Maaliskuu
Kevennys hyppy	-0,012	0,097	0,229	-0,073	0,508	-0,209	**0,793*** 0,019	-0,046	0,291
Staattinen hyppy	0,335	0,257	0,06	0,413	0,682	-0,134	**0,838*** 0,009	0,064	0,491
Max voima	0,668	0,673	-0,4	-0,613	**0,872*** 0,011	-0,271	0,541	**0,764*** 0,027	-0,59
Teho	0,15	-0,258	-0,307	-0,277	0,331	0,151	0,243	-0,184	0,155
Kontaktiaika	0,233	0,47	0,357	0,551	0,268	-0,7	0,255	0,141	0,433
Lentoaika	**0,981*** 0,000	**0,945*** 0,001	0,536	**0,850*** 0,015	0,561	0,095	**0,834*** 0,010	0,653	**0,891*** 0,003

Askelpituudessa ero murrosikäisten ja lasten välillä on selkeästi suurempi kuin murrosikäisten ja aikuisten. Muutokset olivat myös askelpituudessa samankaltaisia aikuisten murrosikäisten välillä. Askelpituus hieman laski ensimmäisen ja toisen mittauksen välillä ja nousi jälleen viimeisessä mittauksessa lähes lähtötasolle. Lapsilla muutos oli lineaarisempaa ja askelpituus kasvoi koko tutkimuksen ajan (kuva 10).



KUVA 10. Askelpituus (m) lapsilla, murrosikäisillä ja aikuisilla eri mittapisteissä.

7.4.3 Kontakti- ja lentoaika

Juoksun keskimääräinen askeleen lentoaika erosi merkitsevästi ainoastaan marraskuussa lasten ja murrosikäisten välillä (p=0.01).

Marraskuussa ei havaittu lainkaan tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä juoksun kontaktiajoissa. Tammikuussa aikuisten ja lasten ero oli tilastollisesti merkitsevä (p=0.000). Lasten ja murrosikäisten välinen ero tammikuussa oli myös merkitsevä (p=0.018). Maaliskuussa ainoastaan aikuisten ja lasten välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero (p=0.003).

Taulukossa 10 on esitelty miten kontaktiaika korreloi muiden muuttujien kanssa kaikissa ryhmissä. Lapsilla kontaktiaika korreloi tilastollisesti merkitsevästi isometrisen maksimivoiman kanssa tammikuussa mitattuna.

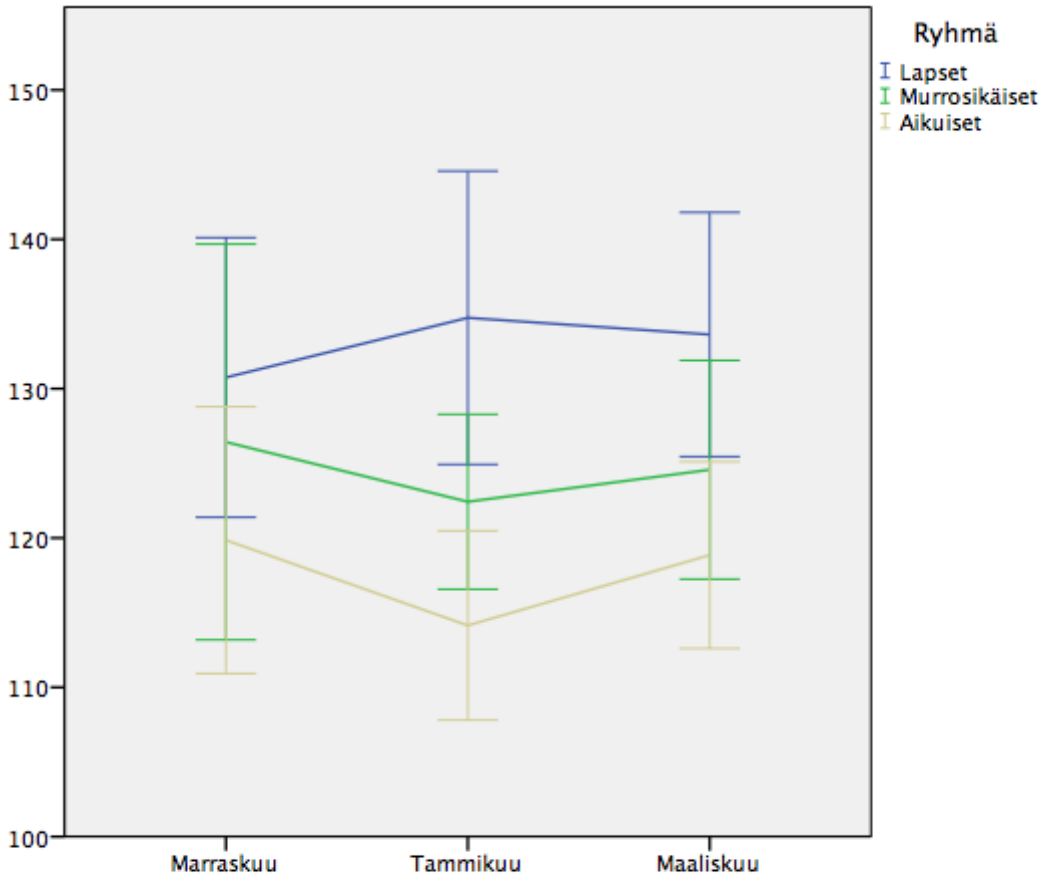
Murrosikäisillä havaittiin tilastollista merkitsevyyttä lähellä oleva korrelaatio kontaktiajan ja tehon välillä maaliskuussa. Lentoaika korreloi tilastollisesti merkitsevästi kontaktiajan kanssa maaliskuussa. Vaikka tilastollista merkitsevyyttä ei havaittu, voidaan taulukosta 10 havaita, että myös maksimivoiman ja kontaktiajan välillä on korrelaatio.

Aikuisilla ei havaittu tilastollista merkitsevyyttä kontaktiajan ja muiden muuttujien välisessä korrelaatiosuhteessa (taulukko 10).

TAULUKKO 10. Kontaktiajan (ms) korrelaatio muihin muuttujiin lapsilla, murrosikäisillä ja aikuisilla kaikissa mittapisteissä.

Kontaktiaika	Lapset			Murrosikäiset			Aikuiset		
	Marraskuu	Tammikuu	Maaliskuu	Marraskuu	Tammikuu	Maaliskuu	Marraskuu	Tammikuu	Maaliskuu
Kevennyshyppy	-0,044	-0,046	-0,087	-0,175	0,253	-0,272	0,333	0,211	0,01
Staattinen hyppy	-0,158	0,064	-0,085	-0,509	0,152	-0,366	0,428	0,444	0,08
Max voima	-0,12	**0,764*** 0,027	-0,24	-0,615	0,598	-0,566	0,022	0,457	0,074
Teho	-0,625	-0,184	-0,266	-0,346	-0,106	**-0,744** 0,055	0,181	-0,426	-0,512
Lentoaika	-0,145	-0,337	-0,204	0,621	-0,676	**-0,894*** 0,007	0,075	0,454	0,201

Kuvassa 11 nähdään miten myös kontaktiajassa tapahtuvat muutokset olivat samankaltaisia murrosikäisten ja aikuisten välillä, mutta päinvastaisia lapsilla.



KUVA 11. Kontaktiaika (ms) lapsilla, murrosikäisillä ja aikuisilla tutkimuksen eri vaiheissa.

8 POHDINTA

Tämän tutkimuksen päälöydöksiä olivat ryhmien välillä havaitut tilastollisesti merkitsevät muutokset nopeus ja voimaominaisuuksissa. Tilastollisesti merkitseviä eroja havaittiin myös askelmuuttujissa, mutta nämä olivat vähäisempiä. Kun muuttujien välisiä korrelaatiota tarkasteltiin havaittiin samankaltaisia korrelatiivistä yhteyttä lasten ja aikuisten ryhmissä. Samanlaista korrelatiivistä yhteyttä ei kuitenkaan ollut huomattavissa murrosikäisten ryhmässä.

Huomattavaa oli myös että mittausten välillä ei havaittu tilastollisia merkitsevyyksiä, mutta aikuisten ja murrosikäisten muutosten samankaltaisuus erosi lasten ryhmästä, jossa muutokset olivat päinvastaisia kahteen muuhun ryhmään verrattuna.

Ryhmät edustivat eri biologisen kehityksen vaiheita. Murrosiän muutoksilla on suuria vaikutuksia voima- ja nopeusmuuttujiin. Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin biologisen iän vaikutusta askelmuuttujiin ja voimamuuttujiin kolmessa eri harjoituskauden vaiheessa. Koehenkilöt oli jaettu kolmeen ryhmään biologisen iän perusteella.

Tutkimuksen löydökset mukailivat pitkälti aiempaa tutkimustietoa. Korrelaatioita tarkasteltaessa löytyi yhteyksiä eri muuttujien väleiltä enemmän lapsilla kuin kahdessa muussa tutkimusryhmässä.

Haga ym. (2015) havaitsivat omassa tutkimuksessaan, että alle murrosikäisten ja murrosiän alkuvaiheessa (11–12-vuotiaat) olevien motorisen taitavuuden ja suorituskyvyn välillä oli selkeämpi yhteys kun 15–17-vuotiaiden ryhmässä. Tutkimuksen koehenkilöt olivat oman ikäluokkansa kärkeä kun tarkastellaan oman ikäluokan pikamatkan aikoja tutkimusta edeltäneeltä kesältä. Hagan ym. (2015) löydöksiin pohjautuen saattaa olla että myös tähän tutkimukseen kutsutut lapset ovat motorisesti hieman taitavampia kuin samassa biologisen iän vaiheessa olevat hieman hitaammat yleisurheilijat.

8.1 Askelmuuttujat

Tutkimuksen päätestinä toimi askelanalyysi, joka suoritettiin 20m lentävän juoksun aikana maksiminopeuden vaiheessa. Mitattavia askelmuuttujia olivat askelpituus, askelfrekvenssi, kontaktiaika sekä lentoaika. Näiden muuttujien korrelaatioita toisiinsa sekä voima- ja nopeusvoimamuuttujiin tarkasteltiin.

Kehittyminen murrosiässä määräytyy pääosin geneettisen tekijöiden pohjalta, mutta oikeanlaisella harjoittelulla voidaan varmistaa optimaalinen kehittyminen myös suorituskyvyn kannalta (Anderson ym. 2010, 7). Kehon mittasuhteet muuttuvat murrosikään kuuluvan kasvupyrähdyksen aikana. Tämä vaikuttaa kehon koordinaatiokykyyn yleensä sitä heikentäen, mikä saattaa näkyä tuloksissa niiden taantumana tai hitaampana kehityksenä. (Nunn-Cerns 2010.) Koordinaatiokyky kehittyy hyvin herkästi harjoittelemisen opettelun vaiheessa noin 8–11 ikävuoden aikana, eli ennen murrosiän alkua (Balyi 2010). Koordinaatiokykyä tulisi siis kehittää mahdollisimman pitkälle jo ennen kasvupyrähdystä, jotta taantuma sen aikana ei olisi niin suuri. Myös muiden taitoominaisuuksien kehittäminen murrosiän jälkeen on huomattavasti hitaampaa (Mero ym. 2007, 12). Tässä tutkimuksessa selvisi, että hypoteesia noudatellen askelfrekvenssi ei eronnut yhtä suuresti ryhmien välillä kuin askelpituus.

Ryhmät erosivat mittapisteiden välillä toisistaan tilastollisesti merkitsevästi lähes jokaisen testin kohdalla. Korrelaatioita tarkastellessa samanlaisia riippuvuussuhteita löytyi muun muassa askelpituuden ja lentoajan väliltä. Tämä yhteys näkyi kaikissa ryhmissä. Askelpituus ja maksimivoima korreloivat tilastollisesti merkitsevästi lapsilla ja murrosikäisillä, myös aikuisilla korrelaatio oli havaittavissa, vaikka se ei ollutkaan tilastollisesti merkitsevä.

Myös askelpituus ja -tiheys korreloivat kaikissa ryhmissä. Aikuisilla ja murrosikäisillä havaittiin korrelaatio askeltiheyden ja lentoajan välillä, myös maksimivoima korreloi askeltiheyden kanssa. Lapset ja aikuiset erosivat murrosikäisistä ainoastaan, kun tarkasteltiin askeltiheyden ja kontaktiajan välistä riippuvuutta. Aikaisemmat tutkimukset ovat osoittaneet kontaktiaikojan ja askeltiheyden negatiivisen korrelaation (Kale ym. 2009). Tässä tutkimuksessa tuo korrelaatio kuitenkin katoaa murrosiän loppuvaiheessa olevilla, mutta ilmenee taas aikuisilla murrosiän päätyttyä.

8.2 Voimaominaisuudet

Koehenkilöiden voimaominaisuuksia mitattiin isometrisellä jalkaprässillä, kevennyshypyllä, staattisella hypyllä sekä reaktiivisuushyppelyllä. Voimatasojen erot olivat selkeät ryhmien välillä. Lasten isometrinen maksimivoima erosi tilastollisesti merkitsevästi murrosikäisistä ja aikuisista. Isometrinen jalkaprässi kuvastaa henkilön maksimivoimatasoja. Hypoteesin mukaan ero lasten ja murrosikäisten välillä oli suurempi kuin murrosikäisten ja aikuisten välillä. Tytöillä ikävuosien 11–15 välillä voimaharjoitteluun adaptoituminen on kiihtynyt. Tämä vaihe sijoittuu juuri näiden kahden nuorimman ryhmien väliin. Ensimmäisen kerran voimaharjoittelun herkkyyskausi on heti kasvupyrähdyksen jälkeen, mikä on jo takana murrosikäisten ryhmässä olevilla koehenkilöillä ja juuri päällä lasten ryhmän koehenkilöillä. Toinen hetki, jolloin voimaharjoitteluun adaptoituminen on herkempää on ensimmäisten kuukautisten jälkeen. (Balyi 2010.) Murrosikäisillä kuukautiset olivat alkaneet keskimäärin 12,8 kuukautta ennen tutkimuksen alkua. Kaikilla murrosikäisten ryhmässä olleilla koehenkilöillä kuukautiset olivat jo alkaneet.

Kevennyshyppy ja staattinen hyppy erosivat tilastollisesti erittäin merkitsevästi kaikkien ryhmien välillä. Nämä kaksi testiä kuvastavat koehenkilöiden nopeusvoimaominaisuuksia. Kevennyshypyllä mitattu hyppykorkeus on hyvä parametri kuvaamaan jalkojen räjähtävää voimantuottoa kaiken ikäisillä (Focke ym. 2013).

Myös reaktiivisuus hyppely osoitti vastaavia eroja ryhmien välillä. Tilastollisesti merkitsevä ero löytyi lasten ja aikuisten välillä, mutta muiden välillä tulokset erosivat osassa mittauksista tilastollisesti merkitsevästi. Reaktiivisuushyppely kuvastaa nilkan ojentajalihasten räjähtävää voimantuottokykyä. Päkiähyppely on yleisurheilijalle ominainen harjoitus, mutta tämä kyseinen testi oli monelle testattavalle vieras. Tämä saattaa vaikuttaa myös tuloksiin ja erot ryhmien välillä eivät välttämättä ole niin selkeitä.

8.3 Muutokset harjoituskausien välillä

Harjoituskausien välillä ei havaittu lainkaan tilastollisesti merkitseviä muutoksia ryhmien sisällä. Tämä on mielenkiintoinen havainto. Harjoitusjaksoa mittausten välillä ei oltu lainkaan kontrolloitu. Nuorimpien ryhmä harjoitteli ohjatusti samassa harjoitusryhmässä, mutta myös heillä saattoi harjoitusmäärä vaihdella suurestikin tutkimukseen osallistuneiden koehenkilöiden välillä. Murrosikäisten harjoitusmäärät vaihtelivat ryhmän sisällä suuresti, ennen tutkimusta tehdyn kyselyn perusteella. Tämän ryhmän koehenkilöillä on myös hyvin erilaiset harjoitusolosuhteet talvella, joten harjoitusvaikutus on voinut olla hyvin erilainen. Haga ym. (2015) kuitenkin havaitsivat että murrosiässä tapahtuvat biologisen kehittymisen ja kasvamisen aikaansaamat morfologiset muutokset vaikuttavat todennäköisemmin enemmän juoksunopeuden paranemiseen kuin harjoittelu.

Aikuisten ryhmän koehenkilöt harjoittelevat myös eri harjoitusryhmissä eri valmentajien johdolla. Yli 18-vuotiaiden harjoittelu on tarkemmin ohjelmoitua ja heidän valmentajansa mahdollisesti kokeneempia kuin murrosikäisten ja lasten, joten eroavaisuudet koehenkilöiden välillä harjoittelussa eivät välttämättä ole aivan yhtä suuret kuin nuorempien ryhmissä.

Vaikka muutokset harjoituskausien välillä eivät olleet tilastollisesti merkitseviä, kun niitä tarkastelee näkyy niissä mielenkiintoisia trendejä. Kuvat 9, 10 ja 11 kuvaavat miten askeltiheys, askelpituus, sekä kontaktiaika muuttuvat tutkimuksen aikana eri ryhmissä. Muutokset murrosikäisillä ja aikuisilla ovat hyvin samankaltaisia ja poikkeavat täysin lasten ryhmän muutoksista. Murrosiän aikana tapahtuvilla muutoksilla voi hyvinkin olla vaikutusta tähän. Lasten tuloksia tarkastellessa on hyvä kuitenkin muistaa, että murrosiän alkuvaiheessa ja ennen sen alkua nopeuden kehityksestä on vaikea erottaa kasvamiseen liittyvää luonnollista kehittymistä ja harjoittelun tuomaa kehitystä (Hakkarainen ym. 2009, 221).

Yksi syy tulosten erovaisuuksissa voi olla murrosikäisten aikuismainen harjoittelu. Stone ym. (2007) mukaan sprinttereiden harjoittelun tulisi olla monipuolista nuoruusvaiheessa ja muuttua lajinomaisemmaksi vasta 14–16-vuotiaana. Hyvin usein nuorten har-

joittelu kuitenkin muuttuu tavoitteelliseksi jo aikaisemmin ja siten lajispesifi harjoittelu lisääntyy.

8.4 Tutkimuksen vahvuudet ja heikkoudet

Biologisen iän vaikutusta urheiluun on tutkittu ja biologisen iän vaikutuksesta menestykseen urheilussa tiedetään paljon. Tämä tutkimus keskittyi tyttöjen ja naisten vertailuun ja antoi tietoa eri biologisen iän vaiheessa olevista nuorista yleisurheilijoista. Naisyleisurheilijoita ja erityisesti tyttöjä ei ole vielä kovin paljon tutkittu. Tutkimuksen vahvuudeksi voidaan laskea koehenkilöt, jotka kaikki ovat tavoitteellisesti urheilua harrastavia.

Koehenkilöiden harjoittelua ei voitu kontrolloida millään tapaa, sillä kaikki harjoittelivat oman harjoitusohjelman mukaan. Tämä on tuttu haaste, kun kyseessä ovat tavoitteellisesti harjoittelevat koehenkilöt. Lasten ryhmän kaikki koehenkilöt ovat samasta valmennusryhmästä ja heidän yleisurheiluharjoittelunsa on näin ollen samanlaista. Heillä on myös muita harrastuksia ja niiden harjoituksia ei kontrolloitu millään tavalla. Murrosikäisten ja aikuisten ryhmissä koehenkilöt olivat eri valmennusryhmistä ja harjoittelivat hieman eri painotuksin. Koska kaikilla harjoituskauden vaihe oli sama ja pääkilpailut ryhmän sisällä samat, voidaan kuitenkin todeta, että harjoittelu on todennäköisesti ollut hyvin samankaltaista ja painopisteet ovat olleet samoissa ominaisuuksissa.

Alun perin koehenkilöiden määrä oli yhteensä 27. Viisi koehenkilöä joutui kuitenkin keskeyttämään osallistumisen mittauksiin. Keskeyttämiset johtuivat loukkaantumisista ja sairastumisista, mutta yksikään niistä ei liittynyt tätä tutkimusta varten suoritettuihin mittauksiin. Koehenkilöiden määrä per ryhmä laski siten, että aikuisten ja murrosikäisten ryhmissä oli ainoastaan seitsemän koehenkilöä. Lasten ryhmässä koehenkilöitä oli kahdeksan. Kahdeksan koehenkilön otantaa voidaan yleensä pitää tilastollisesti luotettavana kertomaan kohdejoukon ominaisuuksista. Näin ollen murrosikäisten ja aikuisten ryhmien ja osalta tulokset eivät välttämättä ole tilastollisesti luotettavia mutta suuntaa-antavia.

Tutkimuksen juoksutesteissä mitattiin etu- ja takareisien aktiivisuutta tekstiili- EMG elektrodeilla varustetuilla shortseilla. Dataa ei kuitenkaan voitu käyttää tämän tutkimuksen tuloksissa. Tallenteissa olleiden häiriöiden ja datan normalisoinnin haasteiden vuoksi ei tuloksia voitu vertailla koehenkilöiden välillä toisiinsa.

8.5 Tutkimuksen käytännön sovellutukset

Aiemmat tutkimukset ovat osoittaneet harjoittelun merkityksen nopeuden kehittymisen kannalta. Hermosto kehittyy nopeasti ennen murrosiän alkua. Tämä tutkimus osoitti että murrosiällä on vaikutusta tyttöjen voima- ja nopeusominaisuuksien kehittymiseen. Murrosiän alkuvaiheessa nopeuden ja voiman kehittyminen on harjoittelevilla tytöillä lineaarista. Murrosiän edetessä harjoittelun suunnitteluun tulisi kiinnittää erityistä huomiota, jotta lineaarinen kehitys mahdollisesti jatkuisi myös murrosiän aikana. Nopeutta ja koordinaatiokykyä tulisi kehittää erityisesti ennen kasvupyrähdyksen alkua, mutta myös koko murrosiän ajan.

Kasvun ja harjoittelun myötä urheilija kehittyy. Urheilijan tulosten parantuessa nuorten parissa työskentelevät valmentajat saattavat innostua toteuttamaan liian aikuismaista valmennusta. Lasten parissa työskentelevien valmentajien tulisi ohjelmoida harjoittelu lapsen kehityksen mukaisesti.

8.6 Jatkotutkimusaiheita

Tämän tutkimuksen mielenkiintoinen havainto oli murrosikäisten ja aikuisten ryhmien samanlainen käyttäytyminen askelmuuttujia mitatessa ja miten näiden ryhmien noudattama trendi erosi lähes päinvastoin lasten tuloksista. Tämä tutkimus ei ollut vielä riittävän laaja tarjoamaan tilastollisesti luotettavaa vastausta siihen, onko tämä trendi varmasti todellinen. Jatkossa vastaaville ryhmille suoritettavissa tutkimuksissa koehenkilöiden määrää tulisi lisätä ja näin saataisiin varmistusta myös tälle löydökselle.

Selitys saattaisi löytyä mikäli harjoittelua seurattaisiin tarkemmin. Murrosikäisten harjoittelu saattaa olla lähempänä aikuisten harjoittelua kuin lasten harjoittelua. Mielen-

kiintoista olisi selvittää, jatkuisiko lapsilla tässä tutkimuksessa havaittu lineaarisempi kehitys myös murrosiässä mikäli harjoittelu olisi näillä kahdella ryhmällä samanlaista.

EMG datan hyödyntäminen vastaavassa tutkimuksessa toisi uutta tietoa aihealueesta. Tekstiili EMG:n käyttö mahdollistaa lihasaktiivisuuden mittaamisen myös kenttäolosuhteissa. Tämä tutkimus osoitti, että sen käytön suunnittelu on äärimmäisen tärkeää.

9 LÄHTEET

Ahtiainen, M. 2009. Teoksessa: Lasten ja nuorten urheiluvalmennuksen perusteet. Lah ti: VK-Kustannus Oy,

Albertus-Kajee, Y., Tucker, R., Derman, W., Lamberts, R. & Lambert, M. 2011. Alter native methods of normalising EMG during running. Journal of Elec tromyography and Kinesiology. 21, 579–586

Anderson, S. & Harris S. 2010. Care of the young athlete. Elk Grove Village: American Academy of Pediatrics

Babel Copaver, K., Hertogh, C & Hue, O. 2012. Sprint Performance changes and de terminant in Afro-Carribean adolescents between 13 and 15 years old. Journal of human kinetics 34, 89–98.

Balyi, I. 2010. Long-term athelete development: trainability in childhood and adoles cence. Windows of opportunity, optimal trainability. American swimming 02, 14–23.

Bompa, T. & Haff, G. 2009. Periodization. 5th edition. USA, Champaign: Human Kinet ics.

Coh, M., Dolenec, A. & Jost, B. 1999. Analysis of kinematic, kinetic and electromyo graphic parameters of the sprinting stride of top female sprinters. Acta Kinesiologiae Universitatis Tartuensis 4, 147–160.

Coh, M., Milanovic, D. & Kampmiller, T. 2001. Morphological and kinematic charac teristics of elite sprinters. Coll Antropol 25 (2), 605–610.

Engbretsen, L., Steffen, K., Bahr., R., Broderick, C., Dvorak, J., Janavar, P-M., John

son, A., Leglise, M., Mamisch, T., C., McKay, D., Micheli, L., Schamasch, P., Singh, G., D., Stafford, D. & Steen, H. 2010. The International Olympic Commitee Consensus Statement on age determination in high-level young athletes. BR J Sport Med 44, 476–484.

Enoka, R.2008. Neuromechanics of human movement. 4th edition. USA: Human Kinet ics.

Focke, A., Strutzenberger, G., Jekauc, D., Worth, A., Woll, A. & Schwameder, H. 2013. Effects of age, sex and activity level on counter-movement jump per formance in children and adolescents. European Journal of Sport Science 13,5, 518–526.

Haga, M., Gísladóttír, T. & Sigmundsson, H. 2015. The relationship between motor competence and physical fittness is weaker in the 15–16 yr. Adolescent age group than in younger age groups (4–5 yr. and 11–12 yr.). Perceptu al & motor skills: Physical development &measure 121, 3, 900–913.

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

Haug, E., Sand, O. & Sjaastad, Ö. 2007. Ihmisen fysiologia. Helsinki: Sanoma Pro.

Hayward, C. 2003. Gender differences at puberty. Cambridge, United Kingdom: Cam bridge University Press.

Hunter, J., Marshall, R. & McNair, P. 2004. Interaction of step length and sctep rate during sprint running. Medicine & Science in Sports & Exercise 36 (2), 261–274

Juutinen, T. 2014. Luentomateriaalit. Hermolihasjärjestelmän adaptaatiot.

Liikuntatieteiden laitos, Jyväskylän Yliopisto, Jyväskylä.

Kale, M., Asci, A., Bayrak, C. & Acikada, C. 2009. Relationship among jumping per formances and sprint parameters during maximum speed phase in sprin ters. Journal of sthrength and conditioning research 23 (8), 2272.

Mahoney A. 2014. Footstrike in sprinting. Modern Athlete and Coach 6, 14-18.

Mattes, K. Habermann, N. & Mühlbach, T. 2014. A longitudinal study of kinematic stride characteristics in maximal sprint running. Journal of human sport & exercise 9 (3), 686-699.

McArdle, W., Katch, F. & Katch V. 2010. Exercise physiology, energy, nutrition and human performance. USA: Lippincott Williams & Wilkins.

Merletti, R. & Parker, P. 2004. Electromyography: physiology, engineering, and nonin vasive applications. Hoboken, USA.

Mero, A. Komi, P. V. & Gregor, R.J. Biomechanics of sprint running. 1992. Sports Medicine 13 (6), 376–392.

Mero, A., Nummela, A., Keskinen K., L. & Häkkinen, K. 2007. Urheiluvalmennus. Jy väskylä: VK-Kustannus Oy.

Mero, A., Uusitalo, A., Hiilloskorpi, H., Nummela, A. & Häkkinen, K. 2012. Naisten ja tyttöjen urheiluvalmennus. Jyväskylä: VK-Kustannus Oy.

Morin, J-B., Bourdin, M, Edouard, P., Peyrot, N., Samozino, P. & Lacour J-R. 2012. Mechanical determinants of 100-m sprint running performance. Europe an journal of applied pysiology. 112, 3921-3930.

Nunn-Cerns, L. 2010. Training for young athletes. Modern athlete and coach, October, 9–11.

Ross, A., Leveritt M. & Riek, S. 2001. Neural influences on sprint running- training adaptations and acute responses. Sports Medicine 31 (6), 409–425.

Stone, M., Stone, M. & Sands, B. 2007. Principles and practice of resistance training. Champaign, USA: Human Kinetics.

Schache, A. Dorn., T, Wrigley, T., Brown, N. & Pandy, M. 2013. Stretch and activation of the human biarticular hamstrings across a range of running speeds. European Journal of Applied Physiology 113, 2813–2828.

Suomen Urheiluliitto. Yleisurheilun taitomerkkirajat. http://www.yleisurheilu.fi/sites/default/files/atoms/files/ taitomerkkirajat_2014_-.pdf. 13.4.2015

Tanner, J., Whitehouse, R.& Marshall, W. Assessment of skeletal maturity and predic tion of adult height (TW2 method). 1975. Lontoo, Iso-Britannia: Aca demic Press Inc. LTD

Tiitinen, A. 2015. Lääkärikirja Duodecim. Normaali kuukautiskierto http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00158 luettu: 20.6.2016.

Vobr, R & Štumbauer, J. 2012. Analysis of the peak performance age in athletics (track and field part). Acta universitis carolinae kinanthropolgica 48,1, 51–64.

LIITE 1. KUTSU TUTKIMUKSEEN RYHMÄLLÄ LATE

Mukaan tutkimukseen!

Varalan Urheiluopiston testausaseman tutkimuksen tarkoituksena on selvittää miten lihasaktiivisuus ja juoksun kinematiikka muuttuvat maksiminopeuden vaiheessa, eri biologisen iän vaiheissa olevilla tytöillä, eri harjoituskausien välillä. Tutkimusaineistoa hyödynnetään Jyväskylän Yliopiston Liikuntabiologian laitoksella tehtävään pro gradu tutkielmaan.

Mukaan kutsutaan Hämeen seudun 13-14-vuotiaita tyttö yleisurheilijoita, jotka osallistuvat kaudella 2014-2015 HÄMSY:n järjestämään piirileiritykseen ja ovat alittaneet kaudella 2014 pikajuoksun A-rajan.

Mittaukset järjestetään osana piirileiritystä seuraavina ajankohtina:

1-2.11. 2014 Peruskuntoleiri Orivedellä
  Testit: lauantaina 1.11. klo 8.00 Oriveden juoksusuora
24.1. 2015 Päiväleiri Pirkkahallissa
  Testit: sunnuntaina 24.1. klo 8.00 Pirkkahalli
21.3.2015 Päiväleiri Pirkkahallissa
  Testit: sunnuntai 21.3. klo 8.00 Pirkkahalli

Suoritettavat testit:

Terveystarkastus: Terveystarkastus Tampereen Urheilulääkäriaseman lääkäri Tanja Komulaisen suorittamana. Terveystarkastukseen kuuluu biologisen iän määrittäminen Tannerin skaalalla sekä EKG-mittaus. Terveystarkastus suoritetaan vain kerran, ensimmäisellä testi kerralla.

Antropometriset muuttujat: pituus, paino, jalan pituus.

Voima: kevennyshyppy, staattinen hyppy sekä 5 päkiähypyn reaktivisuus testi infrapunamatolla. Isometrinen maksimivoima jalka dynamometrissä.

Nopeus : juoksun kinematiikan ja lihasaktiivisuuksien mittaus 3 kertaa 20 metrin lentävältä matkalta. Laitteistona infrapunamatto ja valokennot (Ivar Krause Ltd) sekä EMG-housut (Myontec Ltd).

Osallistuminen, kustannukset ja ilmoittautuminen

Tutkimukseen voi ilmoittautua mukaan täyttämällä oheisen suostumuslomakkeen ja palauttamalla sen tämän kirjeen mukana tulevassa kuoressa Varalan Urheiluopiston testausasemalla 20.10.2014 mennessä.

Tämän jälkeen saat tarkemmat osallistumisohjeet sähköpostitse.
Osallistumalla mukaan tutkimukseen saat arvokasta tietoa yllä mainituista muuttujista ja osallistuminen on sinulle täysin vapaaehtoista ja ilmaista. Jokaisella mittauskerralla saat pikapalautteen yllä mainituista muuttujista.

Tuloksia käytetään ainoastaan yllämainittuun tutkimuskäyttöön ja niitä ei luovuteta kolmansille osapuolille.

Lisätietoja tutkimuksesta:

Pauliina Savijoki
Pauliina.a.savijoki@gmail.com
040 8455187

LIITE 2. TESTIEN AIKATAULU

Sunnuntaina 2.11. klo 9.00 Pirkkahalli B-hallissa.

Koehenkilöt jaetaan 2 ryhmään, joissa mittaukset suoritetaan.

Aikataulu:

Ryhmä 1

9.05 Ohjattu verryttely
9.30 Kevennyshyppy, staattinen hyppy, päkiähyppely, isometrinen maksimivoima
10.30 Lentävä 20 m

Ryhmä 2

9.35 Ohjattu verryttely
10.00 Kevennyshyppy, staattinen hyppy, päkiähyppely, isometrinen maksimivoima
10.45 Lentävä 20

Aikataulu on alustava ja se saattaa testitilanteessa hieman elää, kuitenkin niin että molempien ryhmien osalta testit päättyvät viimeistään klo 11.30.

Jotta testaustilanteessa jokainen pystyy parhaaseen mahdolliseen suoritukseen, on niin testaajille kuin urheilijoille taattava rauhallinen testausympäristö. Vanhemmat ovat tervetulleita seuraamaan testaustilannetta, mutta toivomme että se tapahtuu siten, että se ei häiritse testaajia eikä urheilijoita.

Urheilijat saavat kattavan ohjeistuksen jokaiseen testiin ennen ensimmäistä suoritusta.

Valmistautuminen:

Testiä edeltävät kaksi päivää suositellaan lepoa tai vain kevyttä kuormitusta, jotta testitulokset olisivat luotettavia. Vältä kofeiinipitoisia juomia edellisenä päivänä, sekä testipäivänä. Muun nesteen nauttimisesta on huolehdittava, ett-ei testin alkaessa kärsi nestevajauksesta. Vältä raskasta ruokailua pari tuntia ennen testiä.

Mukaan tarvitset lenkkarit, piikkarit ja juoksutrikoot, sekä juoksuun soveltuvat vaatteet.

Pauliina Savijoki
040 8455187

LIITE 3. LÄMMITTELY

- Hölkkä 10 min

- Aktiiviset venyttelyt/liikelaajuuksien lämmittely:
  - Käsien pyörittelyt
  - Kierrot maassa
  - Jalkojen heiluttelu
  - Takareiden venytykset ja selän pyöristys
  - Lonkankoukistaja askelkyykyssä pumpaten
  - Reiden lähentäjät sivukyykyssä
  - Pohkeiden pumppaus

- Koordinaatiot:
  - Polvennostojuoksu
  - Pakarajuoksu
  - Kuopasuhyppely
  - Pikkuvuorohyppely
  - Saksijuoksu