

**JALKOJEN VOIMAN YHTEYS MÄKIJUOKSUKYKYYN JA
AEROBISEN KYNNYKSEN TALOUDELLISUUTEEN
NUORILLA SUUNNISTAJILLA**

Heini Wennman

Valmennus- ja testausoppi

VTE. A005

Kandidaatintutkielma

Kevät 2011

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän yliopisto

Työn ohjaaja: Juha Ahtiainen

TIIVISTELMÄ

Wennman, Heini 2011. Jalkojen voiman yhteys mäkijuoksukykyyn ja aerobisen kynnyn taloudellisuuteen nuorilla suunnistajilla. Valmennus- ja testausopin kandidaatintutkielma. Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto, 39 sivua.

Suunnistus on intervallityyppinen laji, jossa suorituksen kuormittavuus vaihtelee sekä maaston muotojen, että suunnistusteknisten haasteiden mukaan. Suunnistajalla pitää siis olla hyvä, monipuolinen fyysinen suorituskyky. Urheilijalta vaaditaan niin aerobista kestävyyttä kuin hermolihasarjestelmän toimintaakin. Myös suunnistuksessa, taloudellisuus on merkitsevä tekijä suorituksessa. Hyvä maksimaalinen hapenottokyky ei suunnistajalla ole ratkaisevin tekijä, hyvä taloudellisuus voi olla yhtä merkittävä. Maksimaalisen ja räjähtävän voimaharjoittelun on monissa tutkimuksissa todettu parantavan etenkin juoksun taloudellisuutta. On myös osoitettu, että maksimivoima- ja kestävyysarjoittelun yhdistäminen voi poikia edullisia tuloksia kestävyysuoritukselle, mm. pienentää kuormittuneisuuden tunnetta ja parantaa pitkän suorituksen jälkeistä irtiottokykyä.

Tämän kandidaatin työn tarkoituksena oli selvittää, onko jalkojen ojentajien maksimaalisella ja/tai räjähtävän voimantuoton kyvyllä yhteyttä mäkijuoksukykyyn nuorilla suunnistajilla. Tarkoituksena oli myös tutkia lihasvoiman yhteyksiä juoksun taloudellisuuteen. Päähypoteesi oli, että parempi maksimivoima olisi eduksi mäkimalleisessa suoran hapenottoyvyn testissä. Tutkimukseen osallistui 11 nuorten maajoukkueeseen kuuluvaa suunnistajaa. Yhden testiviikonlopun aikana nuorilta testattiin maksimaalinen puolikyky, kevennyshyppy, suora hapenottokyky ja harjoituskynnysvauhdit. Testit suoritettiin Vierumäen urheiluopistolla yhteistyössä paikallisen testaushenkilöstön ja suunnistuksen nuorten maajoukkuevalmentajien kanssa.

Tutkimuksen päätuloksena löydettiin vahva korrelaatio maksimaalisen jalkojen ojentajien voiman ja mäkijuoksukyvyyn välillä. Myös koettu kuormittavuus oli pienempi, mitä suurempi oli urheilijan maksimivoima. Juoksun taloudellisuus määritettiin urheilijakohtaisesti mattotestin aerobiselta kuormalta, mutta taloudellisuus ei korreloinut kummankaan lihasvoimamuuttujan kanssa. Tulosten tulokinnassa on huomioitava, että poikien ja tyttöjen tulokset ovat analysoitu yhtenä ryhmänä, jolloin sukupuoli vaikuttaa osaltaan löydettyihin yhteyksiin.

Johtopäätöksenä tutkimuksesta voidaan todeta, että nuorilla suunnistajilla, jalkojen ojentajien maksimivoimataso vaikuttaa olevan yhteydessä mäkijuoksukyvyyn ja sen koetun kuormittavuuden kanssa. Tämä tarkoittaisi sitä, että nuorelle suunnistajalle voimaharjoittelu olisi tärkeää, voiman ja sitä kautta suorituksen parantamiseksi. Jatkossa olisi kuitenkin mielenkiintoista tarkentaa tutkimusta sukupuolittain ja päästä mittaamaan todellista mäkijuoksukykyä ja siihen vaikuttavia tekijöitä.

Avainsanat: maksimaalinen voima, kevennyshyppy, mäkijuoksu, maksimaalinen hapenottokyky

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ	2
SISÄLTÖ	3
1 JOHDANTO	4
2 SUUNNISTUKSEN FYYSISET VAATIMUKSET	6
2.1 Aerobinen ja anaerobinen suorituskyky	6
2.2 Taloudellisuus	8
2.3 Lihasvoima	9
2.4 Kilpailumatkojen erityispiirteet	10
2.4.1 Pitkä matka	10
2.4.2 Keskimatka	10
2.4.3 Sprintti	11
3 VOIMAN JA KESTÄVYYSJUOKSUSUORITUKSEN YHTEYS	12
3.1 Kestävyyssuoksijan voimaominaisuudet	12
3.2 Kestävyyssuoksijan voimaharjoittelu	13
3.3 Voimaharjoittelu ja juoksun taloudellisuus	14
4 TUTKIMUSKYSYMYKSET JA HYPOTEESIT	16
5 MENETELMÄT	18
5.1 Koehenkilöt	18
5.2 Testit	18
5.2.1 Voimatestit	19
5.2.2 Kestävyyssuorituskyky ja juoksun taloudellisuus	20
5.3 Tilastolliset menetelmät	22
6 TULOKSET	23
7 POHDINTA	28
LÄHTEET	33
LIITE 1	37

1 JOHDANTO

Suunnistus on intervallityyppinen kestävyyslaji, jossa myös taito on tärkeässä roolissa. Huippusuunnistajan täytyy olla fyysisesti kovassa kunnossa, mutta kilpailutilanteessa suunnistustaito ja/tai sen hallitseminen on usein ratkaisevaa menestymisen ja epäonnistumisen välillä. (Lakanen 2009, 216; Kärkkäinen & Pääkkönen 1986.) Suunnistajan on pystyttävä fyysisen suorittamisen rinnalla keskittymään kartanlukuun, maaston havainnointiin ja mielikuvien ja mielen hallintaan (Eccles ym. 2006.)

Maastajuoksu sekoitetaan usein virheellisesti suunnistusjuoksuun. Maastajuoksu tapahtuu poluilla, teillä, pururadoilla jne., kun taas suunnistusjuoksu on etenemistä mm. metsässä, kankaalla, suolla ja kivikossa. (Lakanen 2009, 216.) Maaston kulkukelpoisuus vaikuttaa suunnistusjuoksun taloudellisuuteen, mutta parhailta suunnistajilla taloudellisuus heikkenee vähemmän kulkukelpoisuuden heikentyessä (Jensen ym. 1994.)

Ennen valmennusohjeiden antoa on tärkeä perehtyä lajin fyysisiin vaatimuksiin. Näihin päästään käsiksi mahdollisimman lajispesifisen testaamisen kautta. Kontrolloitu lajispesifinen testaaminen laboratorio-olosuhteissa on kuitenkin haastavaa etenkin suunnistuksen tyyppisissä lajeissa, joissa kuormittuneisuus vaihtelee jatkuvasti. (Smekal ym. 2003.)

Suunnistuksessa omien vahvuuksiensa tunnistaminen ja tiedostaminen voi vaikuttaa esim. pitkällä rastiväleillä reitinvalinnan tekemiseen ja toteutumiseen. Paras reitinvalinta voi olla se, jolla suunnistaja pystyy parhaiten hyödyntämään vahvuuksiaan reitin toteuttamiseen. (Lakanen 2009, 216.)

Tämän kandidaatin työn pääaiheena on jalkojen voimaominaisuuksien vertailu juoksumatolla simuloitun mäkijuoksun tuloksiin ja kuormittavuuteen nuorilla suunnistajilla. Työn aineisto on kerätty Suomen suunnistusliiton nuorten maajoukkueen testileirillä Vierumäellä, maaliskuussa 2011. Leirin aikana suunnistajat kävivät läpi kattavat voima- ja kestävyys suorituskyvyn testit, tarkoituksena sekä löytää nuorille harjoitteluun sopivat kynnyсарvot, että arvioida nuorten tämänhetkistä suorituskykyä.

Kestävyysuoritusta testattiin sekä suoran hapenottokyvyn testillä, erityisesti suunnistajille räätälöidyn protokollan mukaan, että sykejohdetulla ratatasotestillä. Kaikki testit olivat alan ammattilaisten valvomia ja suorittamia. Tämän kandidaatin työn osalta, käsitellään leirillä mitattuja voimatestien tuloksia, sekä niiden yhteyttä suoran hapenottokyvyn testistä määritetyn aerobisen kynnyksen taloudellisuuteen ja testin aikaiseen tuntemukseen, että mattotestin juoksuaikaan ja maksimaaliseen hapenottokykyyn.

2 SUUNNISTUKSEN FYYSISET VAATIMUKSET

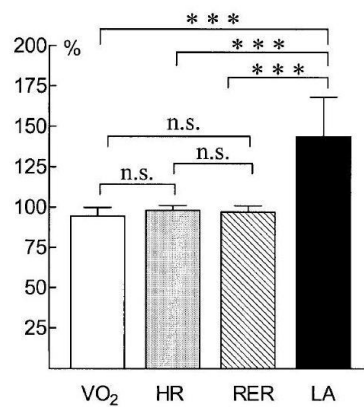
2.1 Aerobinen ja anaerobinen suorituskyky

Kestävyyslajeissa kuten suunnistuksessa, pitkäkestoinen suoritus vaatii hyvää aerobista energiantuottokapasiteettia (Moser ym. 1995). On pystyttävä liikkumaan pitkiä aikoja mahdollisimman tehokkaasti ilman veren laktaattipitoisuuden liiallista nousua (Kärkkäinen & Pääkkönen 1986, 25). Suunnistuksessa kuormittuneisuus vaihtelee jatkuvasti, sekä maaston monipuolisuuden että radan suunnistusteknisten haasteiden johdosta. Näin ollen aineenvaihdunnalta vaaditaan intervalli-tyyppistä, monipuolista toimintaa. (Smekal ym. 2003; Dresel 1985; Peck 1990.)

Moser ym. (1995) mukaan, suunnistus ei vastaa teholtaan 1500m tai 5000m ratajuoksua, kuten jossain kirjallisuudessa on väitetty. Suunnistussuorituksessa syke ja laktaatti ovat tukijan mukaan keskimäärin huomattavasti korkeammalla kuin näillä kyseisillä ratamatkoilla. Toisaalta sprintti on suunnistusmatkoista kestoaltaan hyvin lähellä esim. 5000m juoksua (von Schmalensee & Viinamäki 2008).

Tutkimusten mukaan, suunnistussuorituksen aikaisesta energiantuotosta 6 – 14 % tulee anaerobisen energiantuoton kautta (von Schmalensee & Viinamäki 2008). Maastossa etenemisen todellista hapenkulutusta olisi kuitenkin tutkittava tarkemmin hengityskaasujen avulla, jotta tarkempia johtopäätöksiä suunnistuksen energia-aineenvaihdunnan vaatimuksista voitaisiin tehdä. Suhteellinen syke ja hapenkulutus eivät ole samalla lailla yhteydessä toisiinsa maastossa juostessa kuin esim. juoksumatolla juostessa (Jensen ym. 1999.)

Kokonaissuorituksen keskiarvolaktaatti suunnistuksen aikana oli esimerkiksi Smekalin ym. (2003) tutkimuksessa, 144 % juoksumatolla määritetystä anaerobisesta kynnyksestä (kuva 1). Vaativimmissa maastonosissa laktaatin tuotto on hetkittäin suurta, kun taas maastonosissa joissa on helpompi edetä (esim. tie, polku) laktaattia voidaan puskuroida ja eliminoida elimistöstä. Tästä johtuen suunnistajan on kaiken kaikkiaan suorituksen aikana mahdollista ylläpitää tehollisesti hyvin korkeaa intensiteettiä. (Moser ym. 1995.)



KUVA 1. Hapenkulutuksen, sykkeen, hengitysosamäärän ja laktaatin keskiarvot suunnistuskisan aikana. Keskiarvoja on verrattu mattotestin anaerobiseen kynnystasoon (100%). (***) = $P < 0.001$, n.s. = ei merkitsevyyttä) (Smekal ym. 2003).

Smekal ym. 2003 tutkivat suunnistussuorituksen aikaista energia-aineenvaihduntaa hengityskaasujen avulla. Kuvan 1 mukaan hapenkulutus, hengitysosamäärä (RER) ja syke olivat suunnistussuorituksessa anaerobisen kynnyksen tasolla, kun taas laktaatti selvästi sen yli. Tämä tutkimus on ollut yksi uraa uurtavista suunnistustutkimuksista, jossa hengityskaasuja on kerätty ja analysoitu varsinaisesta lajisuorituksesta. Tutkimus on vahvistanut 90-luvulla tehtyjä havaintoja, joissa anaerobisella kynnyksellä ja maksimaalisella hapenotolla on todettu olevan vahva korrelaatio suunnistussuorituksen loppuaikaan. (Gjerset ym. 1997; Moser ym. 1995.)

Suunnistajien maksimaalista hapenottokykyä (VO_{2max}) on laboratorio-oloissa vuosien varrella mitattu monissa eri tutkimuksissa. Huippusuunnistajilla maksimaalinen hapenottokyky on yksi suoritusta ennustava tekijä (Larsson ym. 2002). Miehillä VO_{2max} maailman kärjessä olevilla suunnistajilla on julkaistujen tietojen mukaan noin 75 – 80 ml/kg/min ja naisilla 65 – 70 ml/kg/min. (von Schmalensee & Viinamäki 2008.) Esimerkiksi Gjerset (1997) mittasi norjalaisilla maajoukkueyhmän miehillä keskimäärin 77,5 ml/kg/min ja naisilla 66,4 ml/kg/min VO_{2max} -lukemia. Vastaavasti ranskalaisilla maajoukkuesuunnistajilla miehillä oli keskimäärin 71,7 ml/kg/min VO_{2max} ja naisilla 57 ml/kg/min VO_{2max} (Chalopin 1994). Suomalaisessa valmennuskirjallisuudessa (Keskinen ym. 2004, 273) suunnistajan maksimaaliselle hapenottokyvyille annetaan seuraavanlaiset viitearvot (talukko 1):

TAULUKKO 1. Suomalaisuunnistajien VO_{2max} viitearvot juoksumattotestissä 1* kulmalla. Tasoluokitukset: 1= alueen/piirin taso, 2= kansallinen taso, 3= finalisti/pistesija, 4= SM mitalisti, 5= kansainvälisen tason urheilija (Muokattu Keskinen ym. 2004.)

Taso	Naiset (ml/kg/min)	Miehet (ml/kg/min)
1	< 56	<63
2	56	63
3	60	68
4	64	73
5	>68	>78

2.2 Taloudellisuus

Suunnistuksessa myös taloudellisuus on tärkeä tekijä kokonaissuorituksessa (von Schmalensee & Viinamäki 2008). Taloudellisuudella tarkoitetaan hapenkulutusta tietyllä submaksimaalisella vauhdilla. Se voidaan kuvata joko suhteellisena hapenkulutuksena juksuvauhtia tai –matkaa kohden. Taloudellisuus on merkitsevä tekijä juoksussa. Huippujuoksijoilla on yleisesti ottaen parempi taloudellisuus (pienempi hapenkulutus) submaksimaalisilla vauhdeilla, kuin verrokeilla. Taloudellisuus voi kuitenkin vaihdella paljon myös huippujuoksijoiden välillä. (Basset & Howley 2000.) Juoksun taloudellisuus heikkenee huomattavasti siirryttäessä kovalta alustalta raskaaseen maastoon (Jensen ym. 1994). Kirjallisuuden mukaan suunnistajien taloudellisuus (maastossa) on riippuen suunnistajan tasosta noin 280 – 360 ml/kg/km (mm. Larsson 2002; Jensen ym. 1994) kun harjoitelleilla kestävyysjuoksijoilla taloudellisuus (tiellä), on noin 200 ml/kg/km. Suunnistajilla juoksun taloudellisuus heikkenee kuitenkin vähemmän suhteessa ratajuoksijoihin, kun siirrytään polulta maastoon. (Jensen ym. 1999.) Energiankulutus suunnistussuorituksen aikana lisääntyy arviolta 40 – 67 % maastopohjan muuttuessa erittäin vaativaksi. Vastaavasti juoksu hiekkaisella alustalla lisää energiankulutusta polulla juoksuun verrattuna vain 15 – 40 %. (Jensen ym. 1999). Rolf (1997) havaitsi aikanaan, että Ruotsin maajoukkueen menestyneimmällä suunnistajalla oli pienin VO_{2max} mutta paras juoksun taloudellisuus. Tästä pääteltiin, että taloudellisuus voi suunnistuksessa huipputasolla kilpailtaessa, olla jopa ratkaisevampi fyysinen tekijä kuin VO_{2max} .

2.3 Lihassoima

Suunnistajalta vaaditaan maastossa etenemiseen monipuolista hermo-lihasjärjestelmän toimintaa (Moser ym. 1995). Suunnistajan rytmivaihtokykyä testataan kun esimerkiksi suolta siirrytään polulle ja juoksuvauhti kasvaa noin kahdeksasta minuutista kilometrille, neljään minuuttiin kilometrille (Lakanen ym. 2009, 216). Toisaalta etenkin sprinttisuunnistuksessa hyväkulkuisen alusta (von Schmalensee & Viinamäki 2008) ja monet rytmiltään vaihtelevat liikkeet, kuten käännökset, jarrutukset ja väistöt vaativat suunnistajalta myös nopeusominaisuuksia tai hermolihaskjärjestelmän ohjauksikykyä (Kärkkäinen & Pääkkönen 1986, 38-39).

Suunnistaja tarvitsee monipuoliset jalkojen voimaominaisuudet pystyäkseen etenemään vauhdikkaasti ja taloudellisesti maaston eri osissa kuten alamäissä, ylämäissä, suolla jne. Kun juostaan ylämäkeen lonkankoukistajat ja etureidet kuormittuvat tuottaessaan pääosan vaadittavasta lihastyöstä ja energiasta. Sileälle siirryttäessä näiden lihasten kuormittuneisuus pienenee ja esim. pohkeet kuormittuvat enemmän. (von Schmalensee & Viinamäki 2008.) Hyvät suunnistajat erottuvat kyvyllä juosta kovaa epätasaisessa maastossa. Heillä lantio ja polvet koukistuvat hieman, jolloin he pystyvät tehokkaammin reagoimaan alustan epätasaisuuteen. (Rolf ym. 1997.)

Suunnistajilla maksimaalisen ylämäki kuormituksen jälkeen mitattu laktaatti oli merkitsevästi pienempi kuin tasaisella vastaavan tehoisen kuormituksen jälkeen. Tutkijat ajattelivat tämän johtuvan lihassolujen rekrytointijärjestyksestä ja juoksuvauhdista näissä eri kuormituksissa. Kun sileällä juoksuvauhti on suurempi (maksimaalinen vauhti), rekrytoidaan enemmän tyypin 2 lihassoluja, ja anaerobinen energiantuotto on suurempaa. Ylämäessä taas aktivoidaan tehokkaammin tyypin 1 soluja, jotka vastaavasti toimivat aerobisen energiantuoton avulla. (Zürcher S., ym, 2005.) Tammelin (1992) esitteli Liikuntabiologian Pro Gradu työssään suuntaa antavia tuloksia suunnistajien voimaominaisuuksien yhteyksistä mäkijuoksu kykyyn. Tulosten mukaan suunnistajien maksimivoima ja lihasten relaksaatiokyky korreloivat positiivisesti alamäkijuoksu kyvyn kanssa. Positiivinen korrelaatio löytyi myös suunnistajien räjähtävän voimantuotto kyvyn ja ylämäki juoksu kyvyn välillä. (Tammelin 1992.)

2.4 Kilpailumatkojen erityispiirteet

2.4.1 Pitkä matka

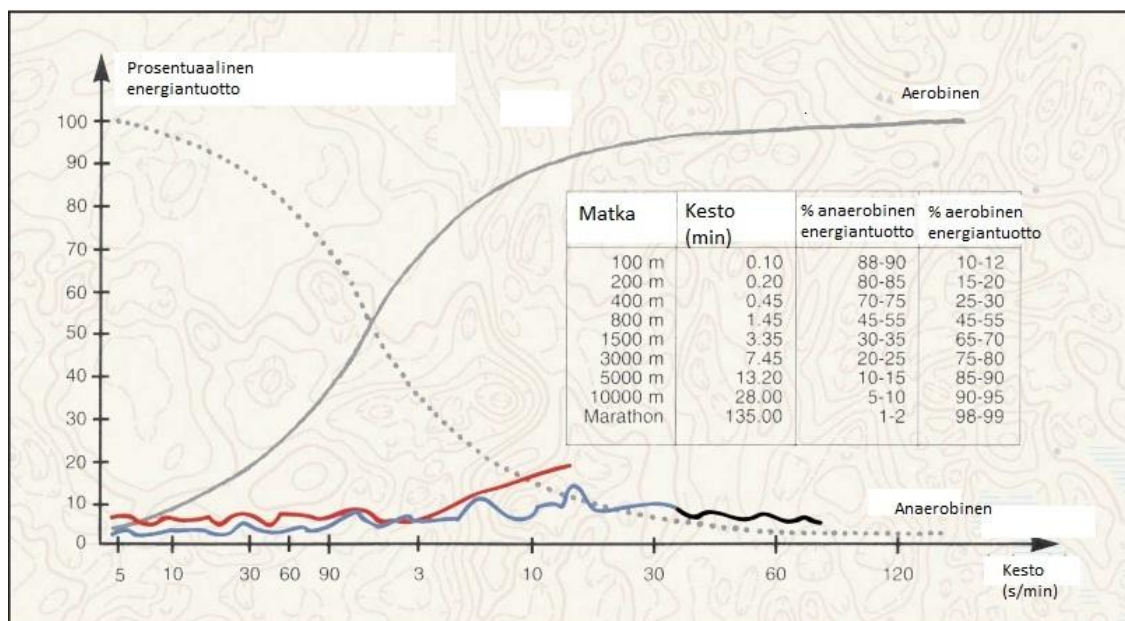
Pitkällä matkalla suositeltu voittoaika on miehille 90 – 100 min ja naisille 70 – 80 min. Pitkällä matkalla reitinvalinnat korostuvat, maasto on yleensä fyysisesti vaativaa ja taktinen osaaminen on koetuksella. (von Schmalensee & Viinamäki 2008). Pitkän matkan kisa juostaan tutkitusti hieman yli anaerobista kynnystä vastaavalla teholla, sykettä ja laktaattia tarkasteltaessa. Yli tunnin mittaisessa suunnistuskilpailussa keskimääräinen laktaatti oli testattavilla 4,1 mmol/l ja samalla radalla, viitoitetulla reitillä juosten 5,6 mmol/l. Juoksumatolla anaerobista kynnystä vastaava laktaatti oli kyseisillä suunnistajilla 3,6 mmol/l. (Moser ym. 1995.) Pitkällä matkalla lihasten kestovoima ja glykogeenivarastojen riittävyys ovat merkitseviä tekijöitä. Maksimaaliseen hapenottokykyyn verrattuna, keski- ja pitkänmatkan suorituksessa suunnistaja liikkuu noin 80 – 93 % intensiteetillä. Intensiteetti on kisasuorituksen aikana suhteellisen vakio, eikä se laske muuta kuin jos suunnistaja tekee virheen tai kun rata on erityisen teknisesti haastava. (von Schmalensee & Viinamäki 2008.)

2.4.2 Keskimatka

Keskimatkan ohjeaika on 25–35 min. Maaston tulee tarjota keskimatkalla paljon suunnistusteknisiä haasteita. Teholtaan keskimatka on pitkänmatkan tapaan, anaerobisen kynnyksen tuntumassa juostava kilpailu, jossa monet lyhyemmät rastivälit aiheuttavat fyysisen kuormituksen runsasta vaihtelua. (von Schmalensee & Viinamäki 2008)

2.4.3 Sprintti

Kestoltaan sprintin tulisi olla 12-15 min. Maasto koostuu usein kaupungista, puistosta tai helppokulkuisesta metsästä. Teholtaan sprintti juostaan lähellä maksimaalista hapenottokykyä. Juoksuvauhti on hyvällä juoksualustalla kova, rasteja on runsaasti (15-20) ja jatkuvat kiihdytykset ja jarrutukset asettavat vaatimuksia juoksijan voimaominaisuuksille. Sprinttisuunnistuksessa vaaditaan urheilijalta parempaa räjähtävää voimantuottoa kuin muilla suunnistuksen kilpailumatkoilla. Jos esim. juoksija häviää 1s jokaisella rastilla rastilta lähdössä (kiihdytys) tai tulossa (jarrutus), tämä tekee 20 rastisella radalla 20s loppuajassa! (von Schmalensee & Viinamäki 2008.)



KUVA 2. Energiantuoton prosentuaalinen jakautuminen eri juoksumatkoilla maksimaalisessa suorituksessa. Kuvassa punainen (ylin, pituudeltaan lyhin) viiva kuvastaa sprinttisuoritusta, joka muistuttaa kestoltaan 5000m juoksua ja jossa noin 12 – 15 % energiantuotosta on anaerobista. Sininen (alempi) viiva kuvaa keskimatkan suoritusta ja musta (koko alempi) viiva pitkän matkan suunnistussuoritusta. (Muokattu von Schmalensee & Viinamäki 2008.)

3 VOIMAN JA KESTÄVYYSJUOKSUSUORITUKSEN YHTEYS

3.1 Kestävyysjuoksijan voimaominaisuudet

Parhailla kestävyysjuoksijoilla on löydetty myös parhaat voimaominaisuudet kuten jalkojen maksimivoima ja kestovoima, verrattuna heikompiin juoksijoihin (Jones & McCartney 1986). Nuorilla kestävyysjuoksijoilla havaittiin, että gastrocnemius lihaksen lihassolut olivat ominaisuuksiltaan erilaiset kuin ei-urheilvilla verrokeilla. Kestävyysjuoksijanuorilla, niin hitaiden kuin nopeiden lihassolujen kohdalla, lihassolun läpimitan, supistumiskyvyn ja voimantuoton osoitettiin olevan merkitsevästi suuremmat kuin verrokkiryhmällä. (Harber & Trappe, 2008.)

Tutkimuksissa on todettu, että maastajuoksijoilla anaerobinen kapasiteetti on ratkaiseva kilpailutilanteessa samantasosten juoksijoiden välillä (Bulbulian ym. 1986). Voimaharjoittelun onkin todettu tuovan arvokasta lisää kestävyysjuoksuharjoitteluun, koska se voi parantaa sekä anaerobista suorituskykyä että kestävyysuorituskykyä sekä pitkällä että lyhyemmällä juoksumatkoilla, niin kuntoilijoilla kuin jo harjoitelleilla. (Tanaka & Swensen, 1998.)

Paavolainen ym. (2000) osoittivat tutkimuksessaan, että hermolihasjärjestelmän toiminta vaikuttaa olennaisesti maksimaaliseen juoksuvahtiin tasaisella. Maksimaalinen hapenotto-kyky on toisaalta mäkijuoksu-kykyyn vaikuttavin tekijä. Tutkimukseen osallistui juoksijoita, triathlonisteja ja hiihtäjiä. Tutkittavat testattiin sekä sileän juoksussa että mäkijuoksussa. Kaikilla koehenkilöillä oli selvästi suurempi hapenkulutus mäkijuoksussa kuin tasaisella, mikä johtunee mm. suuremmasta työskentelevästä lihasmassasta ja eri lihassolujen aktivoitumisesta kuin tasaisella juostessa. Juoksijoilla oli hiihtäjiä ja triathlonisteja suurempi maksimilaktaatti sekä tasaisella että mäkijuoksussa ja parempi 30m maksiminopeus. Tämä kertoo selvästi anaerobisten mekanismien tärkeydestä juoksussa, aerobisen suorituskyvyn rinnalla.

3.2 Kestävyysjuoksijan voimaharjoittelu

Kestävyys- ja voimaharjoittelun yhdistäminen on perinteisesti hankalaa koska kestävyys- ja voimaharjoittelu vaikuttavat lihaksen aineenvaihdunnallisiin ja rakenteellisiin tekijöihin pääasiassa eri tavoin, parantaen suorituskykyä eri mekanismein. Kestävyysjuoksijalle voimaharjoittelu voi tuoda arvokasta lisää suoritukseen, esim. mäkien, vauhdinlisäysten ja loppukirien parempaan sietämiseen lihasvoiman ja anaerobisen tehon kautta. Voimaharjoittelu lieneekin kestävyysjuoksijalle hyödyllistä lähinnä tuomalla parannuksia lihassolujen supistumiskykyyn ja aktivoitumiseen. (Tanaka & Swensen 1998.) Kestävyysjuoksijalle voimaharjoittelu voi olla ongelmallista, mikäli se on liian hypertrofista ja kehon massa lisääntyy huomattavasti (Rønnestad ym. 2011).

Nuorilla kestävyysjuoksijoilla räjähtävä voimaharjoittelu osana kestävyysharjoittelua paransi merkittävästi nuorten nopeusominaisuuksia ja lihasten hermostollista toimintaa. Verrattuna kontrolliryhmään, voimaharjoitteluryhmäläiset korvasivat noin 20% viikoittaisesta harjoittelumäärästään nopean voimantuoton harjoitteita sisältävällä voimaharjoittelulla. Lisääntynyt voimaharjoittelu ja samanaikaisesti hieman vähentynyt kestävyysharjoittelu, ei heikentänyt nuorten kestävyys suorituskykyä ($VO_2\max$) eikä myöskään kasvattanut lihasmassaa, mutta paransi nuorten voimantuotto-ominaisuuksia kuten 1RM, RFD, isometristä maksimivoimaa ja maksimaalista juoksunopeutta. (Mikkola J. ym. 2007.)

Rønnestad ym. (2011) tutkimuksessa maksimaalisen voimaharjoittelun yhdistäminen kestävyysharjoitteluun sai aikaan merkittävää parannusta urheilijoiden 1 RM puolikykytuloksessa ja lisäksi huomattavaa parannusta pitkän pyöräilysuorituksen taloudellisuudessa ja sen jälkeisen maksimaalisen 5min suorituksen tehossa. Uutena havaintona tutkijat raportoivat myös kuinka kestävyys- ja voimaharjoittelua yhdistäneen ryhmän RPE (koettu kuormittuneisuus) polkupyörätestissä oli kauttaaltaan matalampi harjoittelun seurauksena kuin ennen harjoittelua.

3.3 Voimaharjoittelu ja juoksun taloudellisuus

Kirjallisuutta koottaessa on osoitettu, että useat tutkimukset ovat löytäneet positiivisen vaikutuksen maksimi- tai räjähtävällä voimaharjoittelulla juoksun taloudellisuuteen (Bonacci ym. 2009). Paavolaisen ym. (1999) tutkimuksessa nuorten kestävyysjuoksijoiden harjoittelusta 32 % korvattiin räjähtävällä voimaharjoittelulla 9 viikon ajan. Interventio paransi merkitsevästi nuorten juoksijoiden 5-loikka tulosta, lyhensi askelkontaktin aikaa juoksussa, paransi juoksun taloudellisuutta ja 5000m juoksusuoritusta. Tutkijoiden mukaan kehitys johtui voimaharjoittelun tuomista hyödyistä hermolihaskäytön toimintaan.

Juoksun taloudellisuudessa havaittiin parannusta kestävyysjuoksijamiehillä, jotka yhdistivät joko dynaamista räjähtävää voimaharjoittelua tai plyometristä voimaharjoittelua kestävyysharjoitteluunsa. Miesten taloudellisuus parani dynaamisen voimaharjoittelun avulla 4% ja plyometrisen voimaharjoittelun avulla 7%. Harjoituskertoja oli vain yksi joka viikko, interventiojakson kestäessä kahdeksan viikkoa. Tutkimuksessa ei kuitenkaan löydetty yhteyttä kevennyshyppytuloksen ja parantuneen juoksun taloudellisuuden välillä. (Berryman ym 2010.)

Voimaharjoittelun vaikutus juoksun taloudellisuuden parantumiseen voi juontaa juurensa lihassolujen supistumiskyvyn parantumiseen. Voimaharjoittelun on todettu pienentävän lihasten iEMG aktiivisuuden ja lihaksen jännityksen suhdetta. Tämä voidaan tulkita joko niin, että käytössä on joko suurempia motorisia yksiköitä tai tehokkaampia lihassoluja. Voimaharjoitelleet kestävyysurheilijat saattavat pystyä pidemmän aikaa hyödyntämään kestäviä tyypin-I lihassoluja, säästämällä nopeammin väsyvien ja vähemmän taloudellisten II-tyypin lihassolujen rekrytoimisen myöhempään vaiheeseen kuormitusta. (Tanaka & Swensen 1998.)

Joidenkin tutkimusten mukaan, voimaharjoittelun hyödyt juoksun taloudellisuuteen voisivat liittyä jalan lihasjännekompleksin jäykkyyden lisääntymiseen (mm. Dumke ym 2010) Lihaksen ja jänne muodostavat eräänlaisen jousisarjan, jossa energiaa vapautuu ja varastoituu juoksun aikana. Mitä jäykempi lihas-jänne-sarja on, sitä vähemmän energiaa vaaditaan ponnistusvoiman tuottamiseen ja taloudellisuus lisääntyy. Energia varastoituu

sarjan joustavampaan osaan, yleensä lihakseen. (Kyröläinen ym. 2001.) Dumke ym. (2010) tutkivat triceps surae lihasryhmän jäykkyyttä ja vertailivat tätä sekä lisäksi jalkojen ojentajien maksimaalista isometristä voimaa ja kevennyshypyssä tuotettua tehoa juoksun taloudellisuuteen. Lihaksen jäykkyyden todettiin korreloivan merkitsevästi lähellä kilpailuvauhtia olevan juoksuvauhdin taloudellisuuteen tutkimukseen osallistuneilla juoksijoilla. Mitä jäykempi lihas, sitä parempi oli juoksun taloudellisuus. Kevennyshypyssä tuotetun maksimaalisen voiman havaittiin myös liittyvän taloudellisuuteen. Hyppysuorituksessa tuotetun voiman ja hapenkulutuksen välillä löydettiin merkitsevä korrelaatio monella submaksimaalisella juoksuvauhdilla. (Dumke ym. 2010.)

4 TUTKIMUSKYSYMYKSET JA HYPOTEEESIT

Tässä Valmennus- ja testausopin kandidaatintyössä on tarkoituksena tutkia jalkojen ojentajien maksimaalisen voiman ja räjähtävän voimantuottokyvyn yhteyksiä juoksumatolla tehtyyn mäkimalliseen suoran hapenottokyvyn testin tuloksiin. Koska suunnistajalle on tärkeä tiedostaa omat vahvuutensa esim. pitkän matkan reitinvalintoja tehdessään (Lakanen 2009, 216), on hyvä hakea tätä tietoa juuri testien kautta. Suunnistukselle tyypillistä lajinomaista testiympäristöä on vaikea luoda (Smekal ym. 2003), mutta tässä kandidaatin työssä pyritään mahdollisimman lajispesifiseen kuormitukseen, erityisesti suunnistajille räätälöidyn suoran hapenottokyvyn testiprotokollan avulla. Suunnistajalle mäkijuoksu on tärkeä osa suunnistusjuoksukykyä, ja siksi on mielenkiintoista selvittää, onko jalkojen voimalla yhteyttä mäkijuoksukykyyn.

Kysymys 1. Onko jalkojen maksimivoimalla yhteyttä mäkijuoksussa saavutettuun VO_{2max} iin?

Hypoteesi: On.

Perustelu: Mäkijuokсутestissä suunnistajat saavuttavat korkeammat maksimaalisen hapenottokyvyn arvot, koska juoksuvauhti on hitaampaa kuin sileällä eikä nopea voimantuotto estä suoritusta (Zürcher S., ym, 2005). Maksimaalisen hapenottokyvyn on osoitettu vaikuttavan mäkijuoksuun, mm. siksi että suuremman lihasmassan työskennellessä, myös hapenkulutus on suurempaa (Paavolainen ym. 2000).

Kysymys 2. Onko jalkojen maksimivoimalla ja/tai räjähtävän voimantuoton kyvyllä yhteyttä mäkimallisen suoran hapenottokyvyn testissä määritetyn aerobisen kynnyksen taloudellisuuteen?

Hypoteesi: Parempi maksimivoima tai räjähtävän voimantuoton kyky johtaa parempaan juoksun taloudellisuuteen.

Perustelu: Paremmat voimantuotto-ominaisuudet ja anaerobinen kyky voivat olla juoksijoilla avuksi mm. ylämäissä ja loppukireissä (Tanaka & Swensen 1998). Tammelinin (1999) alustavien tuloksien mukaan, suunnistajan räjähtävä voimantuotto korreloi positiivisesti ylämäkijuoksukyvyn kanssa. Lihaksen jäykkyys voi vaikuttaa juoksun taloudellisuuteen ja voima taas lihaksen jäykkyyteen (Dumke ym. 2010).

Kysymys 3. Onko jalkojen maksimivoimalla vaikutusta ylämäkijuoksun koettuun kuormittavuuteen nuorilla suunnistajilla?

Hypoteesi: Paremmat maksimivoimatasot johtavat pienempään kuormittavuuden tunteeseen juoksumaton kulman kasvaessa.

Perustelu: Maastajuoksussa rataprofiilin kaltevuuden vaihtelu vaikuttaa juoksijoiden itsensä säätelemään vauhtiin merkitsevästi. Juoksijoiden suhteellinen hapenkulutus vaihtelee maaston nousujen ja laskujen mukaan, kokonaiskuormituksen pysyessä kuitenkin suhteellisen tasaisena. (Mastroianni ym. 1999.) Pyöräilijöiden kokema kuormituksen rasittavuus (RPE) pitkässä polkupyörätestissä (180min) pieneni huomattavasti yhdistetyn kestävyys- ja maksimivoimaharjoittelun myötä (Rönnestad ym 2011).

Kysymys 4. Ovatko hyvä maksimaalinen voima ja räjähtävä voimantuotto yhteydessä maksimaaliseen juoksuaikaan suorassa mäkimallisessa hapenotto-kyvyn testissä?

Hypoteesi: Paremmat voimaominaisuudet johtavat parempaan maksimaaliseen juoksuaikaan mäkimallin juoksumattotestissä.

Perustelu: Parhailta kestävyysjuoksijoilla on todettu myös parhaat voimaominaisuudet, heikomman tasoihin juoksijoihin verrattuna (Jones ym. 1986). Rönnestad ym. (2011) osoittivat, että yhdistetty kestävyys- ja maksimivoimaharjoittelu pienensi pitkän pyöräilykuormituksen aikaista suhteellista hapenkulutusta, sykkettä ja laktaatintuottoa merkitsevästi ja lisäksi suorituksen päätteeksi tehdyn maksimaalisen kuormituksen tehoa. Paavolainen ym. (2000) totesivat taas, että hermolihasjärjestelmän tehokkuus korreloi positiivisesti maksimaalisen juoksunopeuden kanssa.

5 MENETELMÄT

5.1 Koehenkilöt

Tutkimukseen osallistui Suomen suunnistusliiton nuorten maajoukkue (n=11). Osallistuneiden urheilijoiden taustatiedot löytyvät alla olevasta taulukosta (taulukko 2). Suunnistajat ovat valittu tähän valmennusryhmään edellisten kausien menestyksen ja kehityksen ansiosta ja heidät on arvioitu ikäluokkansa tällä hetkellä potentiaalisimmiksi menestyjiksi nuorten maailmanmestaruuskisoissa Puolassa kesällä 2011. Kaikilta urheilijoilta pyydettiin kirjallinen suostumus testeihin (Liite 1), sen lisäksi että he tiesivät testiviikonlopun kuuluvan heidän leiritykseen jo syksyllä kun he sitoutuivat ottamaan ryhmäpaikan vastaan. Kirjallisessa suostumislomakkeessa oli myös kerrottu tutkimukseen liittyvistä riskeistä ja urheilijoiden tietoturvasta. Mikäli urheilija oli alaikäinen, suostumislomakkeen tuli allekirjoittaa myös urheilijan huoltaja.

TAULUKKO 2. Urheilijoiden taustatiedot ryhmän keskiarvona ja keskihajontana.

N= 11	pituus (cm)	Paino (kg)	Rasva%
tytöt=6	171 ± 7,0	58,5 ± 7,5	23,0 ± 2,1
pojat=5	178 ± 4,2	66,4 ± 2,4	11,8 ± 2,1

5.2 Testit

Tutkittaville tehtiin kattavat fyysisen suorituskyvyn testit, yhden testiviikonlopun aikana Vierumäen urheiluopistolla. Testaajina toimivat Jyväskylän yliopiston valmennus- ja testausopin opiskelijoiden lisäksi urheiluopiston oma testaushenkilökunta ja apuna suunnistusmaajoukkueen valmentajat. Perjantaina ja lauantaina ohjelmassa olivat voimatestit ja mattotestit. Jokainen urheilija teki ensin voimatestit (1RM puolikyökky ja CMJ), jonka jälkeen hän siirtyi välittömästi suoran hapenottokyvyn testiin juoksumatolle. Voimatestien kokonaiskesto oli noin 30min, jota ennen urheilija oli omatoimisesti ja vapaa valinnaisesti suorittanut mahdollisen verryttelyn. Sunnuntaina aamupäivällä urheilijat suorittivat pienissä ryhmissä 8x1000m laktaattitestin.

5.2.1 Voimatestit

Suunnistajien jalkojen ojentajien maksimivoimaa testattiin 1 RM puolikykytestillä Smith-laitteessa. Testiprotokollassa noudatettiin Ahtiainen ja Häkkinen (2004) ohjeistusta, tekemällä pari lämmittävää sarjaa noin 10 toistolla, 40 -60 % kuormalla arvioidusta maksimista, jonka jälkeen kuormaa alettiin lisätä pyrkimyksenä löytää 1 RM maksimissaan 5. sarjalla. Sarjojen välillä pidettiin kolmen minuutin palautus. Urheilijaa kannustettiin verbaalisesti, ja nostoyrityksessä testajat toimivat varmistajina tangon molemmissa päissä. Alasmenopolvikulma mitattiin lämmittelysarjan aikana ja se kontrolloitiin kuminauhan avulla. Jalkojen asento kontrolloitiin merkein lattiassa. Urheilijoille annettiin lupa käyttää suorituksissa tukivyötä. (Kuva 3). Tuloksissa ilmoitetaan sekä absoluuttiset, että kehon painoon ja paino kohotettuna indeksiin -0,75 (Batterham ym. 1997) suhteutetut arvot, vertailun mahdollistamiseksi (Ahtiainen & Häkkinen 2004, 138).



KUVA 3. 1 RM puolikyky testausasetelma.

Räjähävää voimantuottoa testattiin maksimivoimatestin jälkeen kontaktimatolla tehdyllä kevennyshyppytestillä (CMJ). Hypystä mitattiin lentoaika, jonka perusteella hyppykorkeus määritettiin. Ennen varsinaisia ponnistuksia, urheilija sai omatoimisesti tehdä pari lämmittelevää hyppyä, joita kuitenkin seurattiin ja kommentoitiin suoritustekniikan suhteen. Hyppy-yrityksiä oli 3, joista paras huomioitiin tuloksissa. Mikäli paras hyppy poikkesi 5 % tai enemmän muista hypyistä, tehtiin vielä neljäs hyppy. Urheilija ohjeistettiin ponnistamaan mahdollisimman korkealle, kädet lantiolla. (Kyröläinen 2004.) Alas-menopolvikulmaa ei kontrolloitu. Palautus 1 RM kyykytestin ja CMJ testin välillä oli muutama minuutti. Voimatesteistä oli noin kuukausi

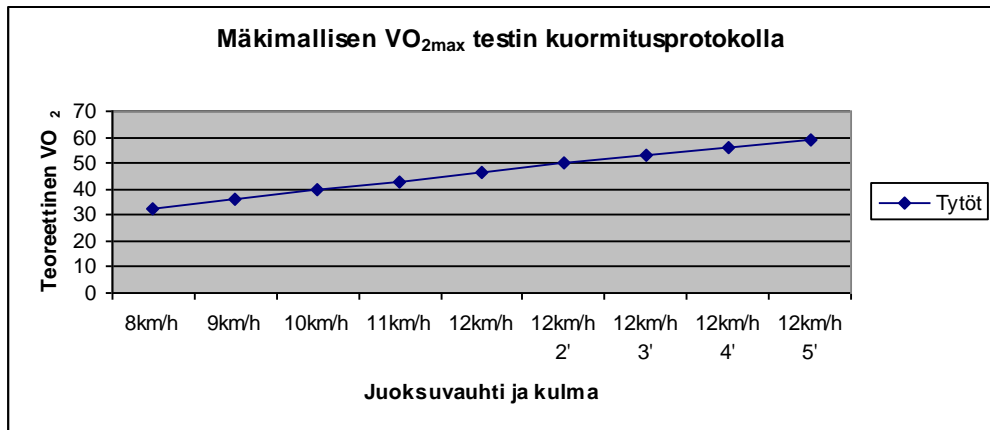
aikaisemmin tehty pilottimittaus kaikilla urheilijoilla, tarkoituksena tutustuttaa urheilija liikkeiden suorittamiseen ja hakea alustavaa tietoa maksimivoimatestiä varten. (Kuva 4)



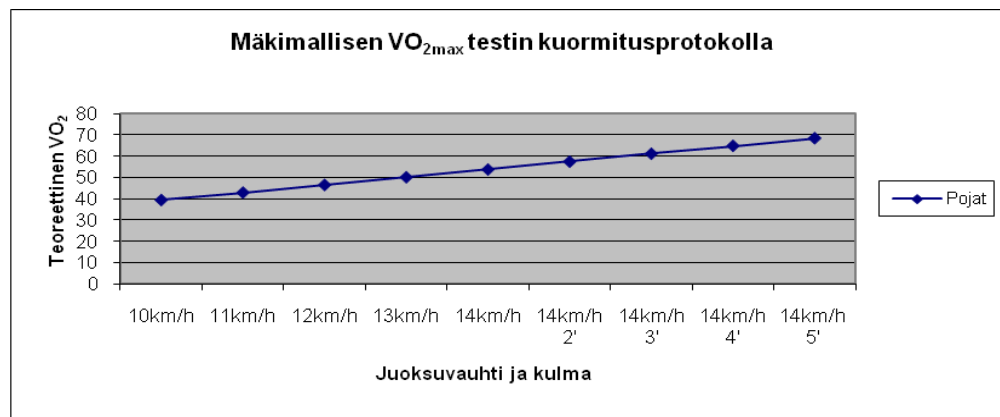
KUVA 4. Kevennyshypyn testaus.

5.2.2 Kestävyyssuorituskyky ja juoksun taloudellisuus

Suunnistajien aerobista kapasiteettiä testattiin kahden eri kestävyystestin avulla. Välittömästi voimatestien jälkeen tutkittava suoritti nousujohtaisen kuormitustestin juoksumatolla, jossa kulmaa lisättiin vauhdin sijasta viidennen kuorman jälkeen (ns. mäkimalli) (ks. kuvat 5 ja 6). Testiprotokolla oli räätälöity erityisesti suunnistuksen lajivaatimuksia silmällä pitäen, ja protokollaa käytettiin tällä leirillä ensimmäistä kertaa, tarkoituksena myös tämän protokollan testaaminen. Mattotestin aikana mitattiin hengityskaasuja ja sykettä. Kokenut testaaja otti tutkittavilta sormenpääverinäytteen jokaisen kuorman viimeisen minuutin aikana, pysäyttämättä mattoa. Verinäytteestä analysoitiin laktaatti, harjoituskyynnysten määrittämistä varten. Urheilijoilta kyseltiin myös RPE (Rate of perceived exertion) joka kuorman lopulla, kuormittuneisuuden seuraamiseksi. RPE:n kyselyssä käytettiin Borgin asteikkoa (asteikko 6-20), jossa 7 kuvaa todella kevyttä tunnetta ja 20 erittäin rasittavaa tunnetta. (Kallinen M. 2004, 39.)



KUVA 5. Tyttöjen mäkimällisen juoksumattotestin teoreettinen hapenkulutus ja vauhdinjako.



KUVA 6. Poikien mäkimällisen juoksumattotestin teoreettinen hapenkulutus ja vauhdinjako.

Mattotestin hapenkulutusta tarkkailtiin juoksun taloudellisuuden suhteen aerobisella kynnyksellä. Hapenkulutusta verrattiin laskennalliseen hapenkulutukseen mahdollisen ylikulutuksen osalta. Jokaiselle urheilijalle määriteltiin sekä aerobinen että anaerobinen kynnykset mattotestistä. (Nummela 2004, 69)

Seuraavana päivänä mattotestistä tutkittavat suorittivat 8x1000m laktaattitestin radalla. Testissä määritettiin urheilijoille harjoituskynnykset, -vauhdit, -sykkeet. Testissä urheilija juoksi 1000m, 200m sisäradalla, noudattaen hänelle alussa ohjeistettua vauhtia. Testin alkuun otettiin lepolaktaatti sormenpääverinäytteestä. Juoksuvauhtia kontrolloitiin sykkeen avulla. 1000m jälkeen urheilijalta otettiin uusi näyte laktaatin määrittämistä varten. Samalla urheilijalle ohjeistettiin seuraavan 1000m tavoitesyke/-vauhti. Testin kuormat oli tarkoitus juosta nousujohteisesti kohti maksimia, alkaen kevyestä, alle aerobisen kynnyksen vauhdista. (Keskinen ym. 2004.)

5.3 Tilastolliset menetelmät

Aineiston tilastollinen analyysi suoritettiin IBM statistics SPSS 19 ja Microsoft Excel 2003 ja 2007 laskentaohjelmien avulla. Normaaliuus testattiin Shapiro-Wilkin testillä ja yhteyksien tutkimiseen käytettiin parametristä korrelaatioanalyysiä (Pearsonin korrelaatio) ja lineaarista regressioanalyysiä. Merkitsevyyden rajana oli $p \leq 0,05$.

6 TULOKSET

Tytöiltä ja pojilta mitatut maksimivoima- ja kevennyshyppytulokset ovat esitetty alla olevissa taulukossa (Taulukko 3). Tässä työssä tärkeimmät mattotestistä saadut aerobisen suorituskyvyn tulokset ovat esillä taulukossa 4.

TAULUKKO 3. Tyttöjen ja poikien voimatestien tulokset.

Työt				Pojat			
1 RM	CMJ	1RM /bm	1RM/ bm ^{0.75}	1 RM	CMJ	1RM /bm	1RM/ bm ^{0.75}
81,8	21,8	1,49	4,05	121,8	28,3	1,89	5,35
101,8	31,5	1,76	4,84	126,8	38,3	1,84	5,30
111,3	30,3	1,77	4,98	121,8	36,3	1,86	5,29
89,3	32,4	1,79	4,75	141,8	30,9	2,06	5,92
106,8	29,8	1,5	4,37	126,8	44,9	1,98	5,6
91,8	31,1	1,7	4,61				

1 RM = dynaaminen jalkojen ojentajien maksimivoima (kg), CMJ= kevennyshyppytulos (cm), 1RM/bm = jalkojen ojentajien maksimaalinen voima suhteessa kehon painoon, 1RM/bm^{0.75}= jalkojen ojentajien maksimaalinen voima suhteessa kehon painoon potenssiin 0,75 (Batterham ym. 1997).

TAULUKKO 4. Tyttöjen ja poikien tulokset mäkimalisesta mattotestistä.

Työt							
VO2 max	t max	La Max	RE	RPE 2'	RPE3'		
56,3	20	7,62	4,1	17	19		
55	21	8,4	2,1	17	19		
53,9	24,5	13,6	-3,8	17			
55,1	21	11,5	3,3	19	20		
53,5	21	10,9	4,4	16	20		
60,7	24	14,9	5,3	16	17		
Pojat							
VO2 max	t max	La Max	RE	RPE 2'	RPE3'	RPE4'	
	71,5	25	13,54	3,1	15	16	19
	66,2	27	13,4	-1,9	16	17	19
	68,7	26	14,3	-0,3	15	17	18
	69	27	13,8	-1,2	15	16	17
	77,6	24	7,1	8,4	15	16	19

VO_{2max}=maksimaalinen hapenottokyky, t max= juoksuaika matolla (min), La max= maksimaalinen laktaatti mattotestistä, RE= juoksun taloudellisuus aerobisella kynnyksellä, RPE 2`= koettu rasittavuus Borgin asteikolla testin aikana 2`asteen kulmalla, RPE 3`= koettu rasittavuus Borgin asteikolla testin aikana 3`asteen kulmalla, RPE 4`= koettu rasittavuus Borgin asteikolla testin aikana 4`asteen kulmalla.

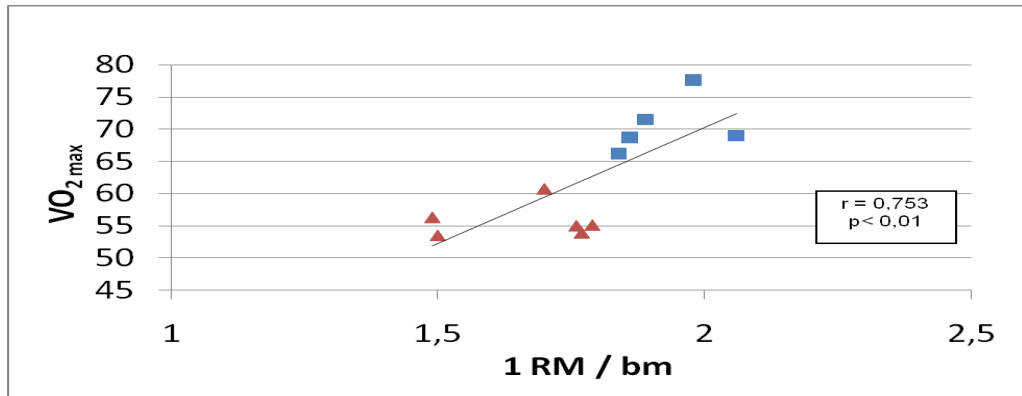
Tilastollisissa analyyseissä löydettiin seuraavat korrelaatiot voimamuuttujien ja aerobisen suorituskyvyn muuttujien välillä (taulukko 5): Merkitseviä positiivisia korrelaatioita ($p < 0,05$) olivat VO_{2max} ja t max (maksimaalinen juoksu-aika) $r = 0,67$, VO_{2max} ja CMJ $r = 0,609$, 1RM ja VO_{2max} $r = 0,726$. Erittäin merkitseviä positiivisia korrelaatioita ($p < 0,01$) olivat VO_{2max} ja 1RM/bm $r = 0,753$, t max ja 1RM/bm^{0,75} $r = 0,818$, 1RM/bm^{0,75} ja RPE3` $r = 0,793$.

TAULUKKO 5. Pearsonin korrelaatiokertoimia eri voimamuuttujien ja mattotestistä poimittujen muuttujien välillä.

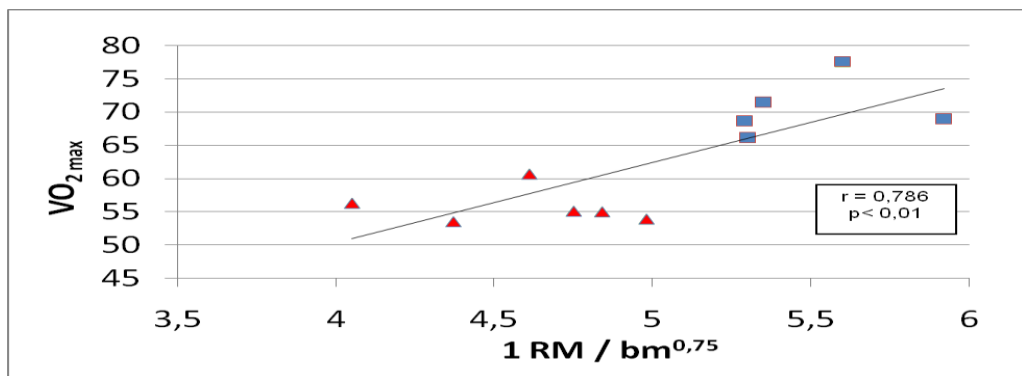
		t max	VO2 max	CMJ	1RM	RPE 2`	RPE 3`	1RM/bm	RE	1RM/bm ^{0,75}
t max	Pearson Correlation	1	,670*	.453	,830**	,654*	,843**	,742**	-.513	,818**
	Sig. (2-tailed)		.024	.162	.002	.029	.002	.009	.107	.002
	N	11	11	11	11	11	10	11	11	11
VO2 max	Pearson Correlation	,670*	1	,609*	,726*	,771**	,919**	,753**	.185	,786**
	Sig. (2-tailed)	.024		.047	.011	.005	.000	.007	.586	.004
	N	11	11	11	11	11	10	11	11	11
CMJ	Pearson Correlation	.453	,609*	1	,585*	-.327	-.422	.599	.130	,611*
	Sig. (2-tailed)	.162	.047		.036	.326	.224	.052	.703	.046
	N	11	11	13	13	11	10	11	11	11
1 RM	Pearson Correlation	,830**	,726*	,585*	1	,736**	,733*	,790**	-.355	,916**
	Sig. (2-tailed)	.002	.011	.036		.010	.016	.004	.284	.000
	N	11	11	13	13	11	10	11	11	11
1 RM/bm	Pearson Correlation	,742**	,753**	.599	,790**	-.441	,758*	1	-.221	,969**
	Sig. (2-tailed)	.009	.007	.052	.004	.174	.011		.514	.000
	N	11	11	11	11	11	10	11	11	11
1RM/bm ^{0,75}	Pearson Correlation	,818**	,786**	,611*	,916**	-.587	,793**	,969**	-.282	1
	Sig. (2-tailed)	.002	.004	.046	.000	.057	.006	.000	.401	
	N	11	11	11	11	11	10	11	11	11

VO_{2max} =maksimaalinen hapenotto-kyky, t max= juoksu-aika matolla (min), RE= juoksun taloudellisuus aerobisella kynnyksellä, RPE 2`= koettu rasittavuus Borgin asteikolla testin aikana 2`asteen kulmalla, RPE 3`= koettu rasittavuus Borgin asteikolla testin aikana 3`asteen kulmalla, 1 RM = dynaaminen jalkojen ojentajien maksimivoima (kg), CMJ= kevennyshyppy-tulos (cm), 1RM/bm = jalkojen ojentajien maksimaalinen voima suhteessa kehon painoon, 1RM/bm^{0,75}= jalkojen ojentajien maksimaalinen voima suhteessa kehon painoon potenssiin 0,75. *= $p < 0,05$, **= $p < 0,01$.

Alla olevista kuvista 7 ja 8 nähdään suhteellisen voiman osalta korrelaatio maksimaalisen hapenottokyvyn kanssa.

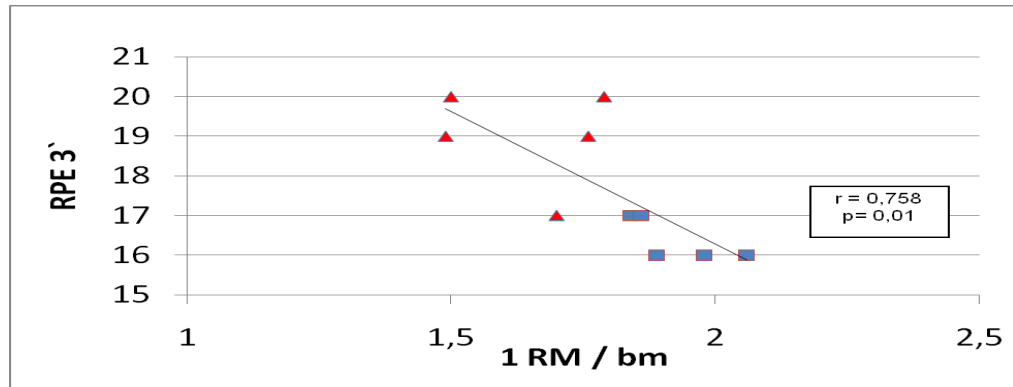


KUVA 7. Maksimaalisen hapenottokyvyn ja suhteellisen maksimivoiman yhteys. $r =$ korrelaatiokerroin. \blacktriangle = tytöt, \blacksquare = pojat



KUVA 8. Maksimaalisen hapenottokyvyn ja paino potenssiin 0,75 suhteutetun maksimivoiman yhteys. $r =$ korrelaatiokerroin. \blacktriangle = tytöt, \blacksquare = pojat

Kuvassa 9 nähdään mattotestin koetun kuormittavuuden yhteys suhteelliseen maksimivoimaan.



KUVA 9. RPE 3. asteen kullmalla suhteellisen maksimivoiman funktiona. r = korrelaatiokerroin.

▲= tytöt, ■= pojat

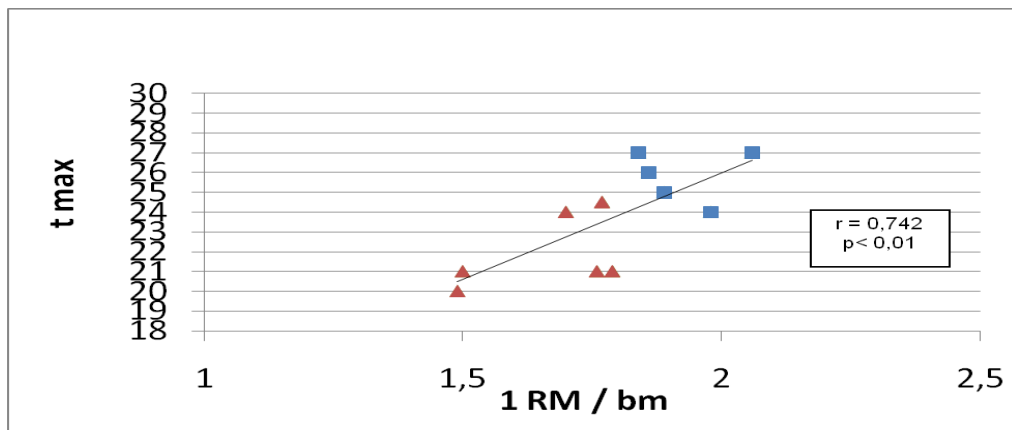
Regressioyhtälöistä merkittävimmät ovat esitetty seuraavassa. Ensimmäisenä regressiomalli, jossa nähdään että suhteellinen maksimivoima (1RM / kehon painokilo) selittää juoksuaikaa (t max) matolla merkitsevästi:

$$y = 10,766x (p = 0,009) + 4,459 + \varepsilon,$$

jossa $y = t \text{ max}$, $x = 1\text{RM}/\text{bm}$

$$r = 0,742 \text{ ja } R^2 = 0,551$$

Tästä regressioyhtälöstä seuraava kuvaaja (Kuva 10).



KUVA 10. Maksimaalinen juoksuaika matolla suhteellisen maksimaaliseen voiman funktiona.

▲= tytöt, ■= pojat

Toiseksi regressiomalli, jossa nähdään edelleen että maksimivoima suhteutettuna kehon painoon potenssiin 0,75 selittää juoksuaikaa matolla merkitsevästi:

$$y = 3,8786x \quad (p = 0,002) + 4,732 + \varepsilon,$$

jossa $y = t \text{ max}$ ja $x = 1\text{RM}/\text{bm}^{0,75}$

$$r = 0,818 \text{ ja } R^2 = 0,670$$

Kolmanneksi useamman muuttujan regressiomalli, joka itsessään on tilastollisesti merkitsevä, mutta jonka sisällä termit eivät saavuttaneet merkitsevyyttä. Malli selittää maksimaalista hapenottoa selityksasteella 59,4%.

$$y = 0,254x_1 \quad (p = 0,069) + 0,436x_2 \quad (p = 0,28) + 20,21 + \varepsilon,$$

jossa $y = \text{VO}_{2\text{max}}$, $x_1 = 1 \text{ RM}$, $x_2 = \text{CMJ}$

$$p = 0,027 \quad r = 0,771 \quad R^2 = 0,594$$

Lopuksi vielä regressiomalli, joka selittää maksimaalista juoksuaikaa ja jossa sukupuoli on mallin sisäinen muuttuja. Malli on itsessään merkitsevä, mutta sen sisäiset termit eivät.

$$y = 1,766x_1 \quad (p = 0,342) + 2,374x_2 \quad (p = 0,189) + 10,995 + \varepsilon,$$

jossa $y = t \text{ max}$, $x_1 = \text{sukupuoli}$ (tyttö=0, poika=1), $x_2 = 1\text{RM}/\text{bm}^{0,75}$

$$p = 0,007 \quad r = 0,841 \quad R^2 = 0,707$$

7 POHDINTA

Päätulokset. Tämän työn päätuloksena löydettiin vahva korrelaatio nuorten huippusuunnistajien suhteellisen maksimivoiman ja mäkijuoksukyvyn, sen kuormittavuuden tuntemuksen ja maksimaalisen hapenottokyvyn välillä. Räjähävän voimantuoton kyvyllä ei sitä vastoin havaittu tilastollisesti merkitsevää yhteyttä muuhun kuin maksimaaliseen hapenottokyvyn.

1 RM. Maksimaalinen voima oli vahvassa yhteydessä moneen tarkastelussa olleeseen aerobisen suorituskyvyn muuttajaan. Sekä absoluuttinen maksimaalinen voima, että suhteellinen voima (1 RM/bm ja $1\text{RM}/ \text{bm}^{0,75}$) osoittivat kaikki vahvaa korrelaatiota maksimaalisen hapenottokyvyn, kuormittuneisuuden tuntemuksen kolmen asteen juoksumaton kulmalla ja maksimaalisen juoksuajan kanssa. Tästä voidaan päätellä, että jalkojen ojentajien maksimaalisella voimalla on merkitystä suunnistajien mäkijuoksusuorituksen kanssa. Tutkimuksen tulokset ovat linjassa esim. Zürcher ym. (2005) tulosten kanssa. Sveitsiläissuunnistajilla saatiin merkitsevästi suuremmat maksimaalisen hapenottokyvyn arvot suuremmalla kulmalla tehdyssä suorassa juoksumattotestissä kuin ilman kulmaa (sileän juoksu) tehdyssä vastaavassa testissä. Meidän testiprotokollassamme juoksumaton kulma kasvoi jopa 4°:een, alkaen kuitenkin vasta 6. kuomasta. Mitä kauemmin urheilija juoksi matolla, sitä kovempaan ylämäkeen hän joutui juoksemaan. Kun maksimaalinen hapenotto yleensä löydetään suoran testin loppuvaiheessa, voidaan siis pohtia, että koska juoksijan maksimivoima oli yhteydessä maksimaaliseen hapenottokyvyn, voima vaikuttaa siis siihen kuinka jyrkkään ylämäkeen urheilija pystyy juoksemaan. Löydetty vahva korrelaatio perustuu kuitenkin eniten siihen faktaan, että sekä pojat että tytöt on yhdistetty analyysijä varten. Pojilla maksimaalinen voima ja maksimaalinen hapenottokyky olivat suuremmat kuin tytöillä ja pojat myös juoksivat mattotestissä kauemmin. Tytöistä on kuitenkin havaittavissa ne urheilijat, joiden maksimivoima on parempi kuin tyttöjen keskiarvo ja joiden maksimaalinen juoksu aika myös on parempi kuin keskimäärin muilla tytöillä. Viimeisestä regressioyhtälöstä (s. 27) nähdään, että sekä sukupuoli, että painoon suhteutettu maksimivoima selittävät yhdessä juoksu aikkaa matolla, mutta yksikseen muuttujat eivät ole merkitseviä. Tämä tarkoittaisi sitä, että tämän tutkimuksen tulokset pätevät tältä maksimivoiman osalta vain poikiin.

Voi olla, että maksimivoiman, juoksuajan ja maksimihapenoton yhteyksiin vaikuttaa se tosiasia, että juoksumaton nopeus oli suhteellisen matala kun testissä alettiin nostaa kulmaa. Juuri Zürcher ym. (2005) perustelivat löydöstään suuremmasta VO_{2max} :sta mäkijuoksun hitaammalla juoksunopeudella, mikä siis pitäisi paikkaansa myös tässä tutkimuksessa. Jos VO_{2max} vaikuttaa mäkijuoksukykyyn niin kuin esim. Paavolainen ym. (2000) totesivat, ja tämän tutkimuksen mukaan maksimivoima hapenottokykyyn, on siis todettavissa että maksimaalinen voima vaikuttaa mäkijuoksukykyyn. Paavolainen ym. (2000) perustelivat mäkijuoksun ja VO_{2max} suuremmalla työskentelevällä lihasmassalla. Loogista on siis myös ajatella, että suurempi lihasmassa johtaa parempaan maksimivoimaan. Mielenkiintoista olisi esimerkiksi verrata todellisia lihasmassaan suhteutettuja maksimivoimatuloksia tämän tutkimuksen urheilijoilla. Koska tätä ei tehty, on siis luonnollista todeta, että poikien suurempi lihasmassa johti suurempiin / parempiin tuloksiin kauttaaltaan kuin tyttöillä.

CMJ. Räjähävillä voimaominaisuuksilla, eli kevennyshyppytuloksella, löytyi merkitsevä yhteys maksimaaliseen hapenottokykyyn. Voi olla, että aineisto oli liian pieni muiden yhteyksien löytämiseen. Toisaalta maksimivoimalle löydettiin monta tilastollisesti merkitsevää yhteyttä. Tammelinin ym. (1992) alustavien tulosten mukaan jalkojen räjähtävän voimantuoton todettiin olevan yhteydessä suunnistajien ylämäkijuoksukykyyn. Tässä tutkimuksessa ei vastaavaa voitu suoraan todistaa. Toisaalta tässä tutkimuksessa räjähtävä voimantuottokyky korreloi merkitsevästi maksimaalisen hapenottokyvyn kanssa, joka vastaavasti oli yhteydessä juoksu-aikaan mäkimallisessa mattotestissä. Luultavasti näihin yhteyksiin vaikuttaa eniten se tosiasia, että pojat saivat paremmat tulokset niin kevennyshyppytestissä, kuin mattojuoksussa. Tutkimuksessa ei ollut havaittavissa minkäänlaista yhteyttä räjähtävän voiman ja juoksun taloudellisuuden suhteen. Useat lähteet kirjallisuudessa (mm. Paavolainen ym. 1999; Mikkola ym. 2007; Berryman ym. 2011) ovat todenneet räjähtävän voimaharjoittelun aikaansaavan parannusta etenkin juoksijoiden taloudellisuudessa. Tämän perusteella olisi voinut olettaa, että tässäkin tutkimuksessa parempi kevennyshyppytuloksena olisi ollut yhteydessä parempaan juoksun taloudellisuuteen. Koska testattava ryhmämme oli hyvin homogeeninen, etenkin kevennyshyppysuoritusten osalta, ja kooltaan pienehkö ($n=11$), merkitsevien yhteyksien löytäminen saattoi jäädä puuttumaan. Monet tutkimukset ovat myös harjoittelututkimuksia, joissa tulokset saattavat olla raportoitu muutoksina. Tämä tutkimus oli poikkileikkaustutkimus, eikä

mahdollisesti siksi näytä samanlaisia tuloksia. Jatkossa olisi mielenkiintoista tutkia nimenomaan voimaharjoittelun vaikutusta suunnistajilla.

Juoksun taloudellisuus. Vastoin oletuksia, tässä tutkimuksessa ei ollut löydettävissä yhteyttä voiman ja juoksun taloudellisuuden suhteen. Juoksun taloudellisuutta arvioitiin suhteuttamalla kunkin urheilijan aerobisen kynnystason hapenkulutus teoreettiseen hapenkulutukseen tällä kuormitustasolla. Näin tehtiin, koska ryhmän koko oli pieni, ja se koostui sekä tytöistä että pojista. Tyttöillä ja pojilla oli erilaiset suoran hapenottokyvyn testiprotokollat (ks. kuvat 3 ja 4), jonka vuoksi suora vertailu tietyllä kuormalla ei ollut mahdollista. Aerobinen kynnys on siitä hyvä vertailun kohde, sillä se on tarkasti määritelty jokaiselle henkilökohtaiseksi, kuitenkin kaikille samojen kriteerien perusteella. Aerobinen kynnys kertoo myös juoksijan tasosta aerobisten ominaisuuksien osalta (Basset & Howley 2000) ja on siksi hyvä vertailupiste. Tässä tutkimuksessa muodostui haastavaksi arvioida juoksun taloudellisuutta mäkijuoksussa. Koska testiprotokolla oli suunniteltu niin, että kulman kasvu alkoi vasta aerobisen kynnyn tunteissa, oli lähes mahdotonta ajatella kuvailevansa taloudellisuutta esim. 3° kulmalta koska tämä taso oli jo liian anaerobinen kuormitukseltaan. Niinpä tutkimuksessa ei varsinaisesti päästy käsiksi mäkijuoksun taloudellisuuteen toivotulla tavalla. Jatkossa onkin toivottavaa, että mäkijuoksun taloudellisuutta tutkitaan kulman ollessa riittävä, jotta voidaan puhua mäkijuoksusta.

Koettu kuormittavuus. Oli jopa hieman yllättävää, että tilastollisten analyysien perusteella tässä tutkimuksessa löytyi vahva korrelaatio suhteellisen maksimivoiman ja koetun kuormittavuuden välillä. Etenkin kovemmalla kulmalla (3°) tämä yhteys oli vahva kaikkien maksimivoimaa kuvaavien muuttujien kohdalla. Tulos voi olla todellinen, koska vastikään todettiin, että maksimivoimaharjoittelu paransi jalkojen ojentajien maksimaalista voimaa (puolikiikky Smith-laitteessa) ja pienensi kuormittavuuden tunnetta (RPE) pitkässä pyöräilytestissä harjoitelleilla pyöräilijöillä (Rönnestad ym 2011). Voi toisaalta myös olla, että tämän tutkimuksen tuos johtuu koehenkilöryhmästä ja siitä tosiasiaa, että pojilla (n=5) 3° kulma ei ollut vielä rasiustasolla maksimaalinen, kun taas tytöillä (n=6) se oli melkein kaikilla viimeinen suoritettu kuorma. Kuten kuvasta 9 nähdään, sukupuoli vaikuttaa osaltaan korrelaation muodostumiseen.

Virhelähteet. Jalkojen ojentajien maksimaalinen voima mitattiin tässä työssä dynaamisena, SMITH laitteessa tehtynä puolikyökkynä. Urheilijat olivat vaihtelevasti tehneet tämän tyyppistä voimaharjoittelua (pohjautuu kyselyyn testin aikana) ja se näkyi selvästi tuloksissa. Etenkin tyttöjen osalta maksimivoimatulokset vaihtelivat kohtalaisen paljon. Pojilla vaihtelu oli pienempää, ja empiiristen havaintojen perusteella voidaan myös todeta, että pojilla oli kauttaaltaan parempi suoritustekniikka kuin tytöillä. Sama osoittautui todeksi myös kevennyshypyssä. Tämä liike oli kaikille urheilijoille tutumpi kuin maksimikyökky, mutta silti oli huomattavissa kuinka paljon paremmin ne urheilijat ponnistivat, jotka säännöllisesti toteuttavat hyppelyitä ja loikkia harjoitusohjelmassaan.

Tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia voiman ja mäkijuoksun yhteyttä nuorilla huippusuunnistajilla. Testiajankohdasta johtuen, kuormitus oli tehtävä juoksumatolla, todellista mäkijuoksua simuloiden. Olisi tietenkin arvokkaampaa ja mielenkiintoisempaa tehdä vastaavanlainen tutkimus, suorittaen juokсутestin oikeissa maasto-oloissa. Suunnistuksessa fyysinen kuormitus vaihtelee jopa kisasta kisaan, johtuen aina uusista maastoista ja niiden tuomista haasteista matkan varrella. Näin ollen on myös toisaalta hyvin vaikea vakioida maasto-oloja vastaamaan jotain tiettyä tyyppillistä suunnistusmaastoa. Siihen nähden vakioidut olot laboratoriossa ovat tietysti aina vahvuus. Käytetty testipatteristo ja mattotestin kuormitusprotokolla olivat toimivia muuten, lukuun ottamatta sitä tosiasiaa, ettei tutkimuksessa päästy käsiksi varsinaiseen mäkijuoksun taloudellisuuteen. Aerobisen kynnyksen taloudellisuus on sinänsä kuitenkin arvokas tieto, onhan aerobinen kynnyksen tärkeä muuttuja kestävyysjuoksussa. Mattotestin kuormitusportaita voisi jatkoa ajatellen miettiä hieman uudestaan, mikäli halutaan paremmin päästä käsiksi mäkijuoksuukykyyn. Juoksumaton kulman ollessa 1° tai 2° ei vielä varsinaisesta mäestä ole kysymys.

Vaikka tähän tutkimukseen saatiin mukaan suunnistuksen nuorten maajoukkue, eli sen ikäluokan parhaimmisto, jäi ryhmän koko kuitenkin tilastollisten merkitsevyyksien ja sukupuolivertailujen kannalta ehkä hieman pieneksi. Ei ollut mielekästä ryhtyä vertailemaan tyttöjä ja poikia omina ryhminä, mutta totta kai tuloksiin vaikuttaa myös sukupuoliryhmien yhdistäminen.

Koska käytössämme oli vain yhdet testilaitteistot ja yksi viikonloppu perjantaista sunnuntaihin, testattavien määrä oli siihen nähden maksimaalinen. Kaikki testit

sujuivatkin hyvin, lukuun ottamatta yhden tytön mattotestiä, jonka loppuvaiheessa testiasemalla sattui sähkökatkos. Tämä on tietysti vaikuttanut tämän yksilön kohdalla mattotestin tuloksiin, mutta koska oletettavaa on, ettei katko paljon antanut hengähdysaikaa (max 60s), tuloksia on silti käytetty mukana analyyseissä. Kyseisiä tuloksia ovat lähinnä maksimia koskevat tulokset kuten t_{max} (juoksuaika matolla) ja VO_{2max} .

Johtopäätökset. Tämä valmennus- ja testausopin kandidaatin työn tarkoitus oli tutkia onko jalkojen ojentajien maksimivoimalla ja/tai räjähtävän voimantuoton kyvyllä yhteyttä mäkijuoksukykyyn nuorilla huippusuunnistajilla. Tutkimuksen johtopäätöksiä ovat: 1) Jalkojen ojentajien maksimaalinen voima, sekä absoluuttinen että painoon suhteutettu, näyttäisi olevan yhteydessä mäkijuoksukykyyn, jota mitattiin juoksuaikana ja maksimaalisena hapenottokykynä suorassa mattotestissä nuorilla suunnistajilla. 2) Maksimaalinen jalkojen ojentajien voima näyttää myös olevan yhteydessä mäkijuoksun koettuun kuormittavuuteen, kuormittuneisuuden tunteen ollen pienempi, mitä parempi on maksimivoima. 3) Jalkojen ojentajien maksimivoimalla ja/tai räjähtävän voimantuoton kyvyllä ei ollut yhteyttä mäkimallisen, suoran hapenottokyvyn testin aerobisella kynnyksellä määritettyyn juoksun taloudellisuuteen.

Voimaharjoittelua ja sen vaikutuksia suunnistusjuoksuun olisi jatkossa mielenkiintoista tutkia, etenkin tytöillä. Voimaharjoittelun hyödyt ovat varmasti siirrettävissä myös suunnistusjuoksuun ja sen taloudellisuuteen, vaikei tämän tutkimuksen perusteella voida vielä paljon muuta kuin tehdä alustavia oletuksia. Voimaharjoittelu nuorilla suunnistajilla on kuitenkin jopa yllättävän vieras asia, ottaen huomioon kuinka kokonaisvaltaista harjoittelua laji huipulla vaatii.

LÄHTEET

- Ahtiainen J. ja Häkkinen K. 2004. Hermo-lihasjärjestelmän toiminnan mittaaminen. 125-148. Teoksessa Keskinen K., Häkkinen K. ja Kallinen M. 2004. Kuntotestauksen käsikirja. Liikuntatieteellinen seura, Helsinki.
- Bassett D. ja Howley E., 2000. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 32, 1, 70-84.
- Batterham A., Tolfrey K. and George K. 1997. Nevill's explanation of Kleiber's 0,75 mass exponent: an artefact of collinearity problems in least squares models? *Journal of Applied Physiology*, 82, 693-697.
- Berryman N., Delphin M. and Bosquet L. 2010. Effect of plyometric vs. dynamic weight training on the energy cost of running. *Journal of Strength and Conditioning research*, 24(7), 1818-1825.
- Bonacci J., Chapman A., Blanch P., and Vicenzino B. 2009. Neuromuscular adaptations to training, injury and passive interventions. Implications for running economy. *Sports Medicine* 39: (11) 903-921.
- Bulbulian R., Wilcox AR. and Darabos BL. Anaerobic contribution to distance running performance of trained cross-country athletes. *Med Sci Sports Exerc* 1986; 18 (1): 107-118
- Chalopin C. 1994. Physical and physiological characteristics of French orienteers. *Scientific Journal of Orienteering*. 10: 58-62.
- Dresel U. (1985). Lactate acidosis with different stages in the course of a competitive orienteering performance. *Scientific Journal of Orienteering* 1: 4-13

- Dumke C., Pfaffenroth C., McBride J. and McCauley G. 2010. Relationship between muscle strength, power and stiffness and running economy in trained male runners. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 5: 249–261.
- Eccles D.W., Walsh S.E., and Ingledeu D.K. 2006. Visual attention of orienteers at different level of experience. *Journal of sports sciences*, 24, 1, 77–87.
- Gjerset, A., Johansen E. and Moser T. 1997. Aerobic and anaerobic demands in short distance orienteering. *Scientific Journal of Orienteering* 13: 4-25
- Jensen K., Franch J., Kärkkäinen O-P., and Madsen K. 1994. Field measurements of oxygen uptake in elite orienteers during cross-country running using telemetry. *Scaninavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 4: 234-238.
- Jensen K., Johansen L. and Kärkkäinen O-P. 1999. Economy in track runners and orienteers during path and terrain running. *Journal of Sport Sciences*, 17: 945-950.
- Jones NL., and McCartney N. 1986 Influence of muscle power on aerobic performance and the effects of training. *Acta Med Scand*. 711: Suppl.: 115-22
- Kallinen M. 2004. Testattavan subjektiivisen kuormittuneisuus. 38-39. Teoksessa Keskinen K., Häkkinen K. ja Kallinen M. 2004. Kuntotestauksen käsikirja. Liikuntatieteellinen seura, Helsinki
- Keskinen O., Mänttari A. ja Keskinen K. 2004. Aerobisen kestävyuden arviointi kenttätesteillä. 113-116. Teoksessa Keskinen K., Häkkinen K. ja Kallinen M. 2004. Kuntotestauksen käsikirja. Liikuntatieteellinen seura, Helsinki.
- Kärkkäinen OP. and Pääkkönen O. 1986. Suunnistusvalmennus. Saarijärven Offset Ky, Saarijärvi.

- Kyröläinen H., Belli A. and Komi P. 2001. Biomechanical factors affecting running economy. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 33(8), 1330-1337.
- Kyröläinen H. 2004. Nopeusvoima. 149-154. Teoksessa Keskinen K., Häkkinen K. ja Kallinen M. 2004. Kuntotestauksen käsikirja. Liikuntatieteellinen seura, Helsinki.
- Lakanen J. 2009. ReitINVALINNASSA tehdään päätöksiä. 76-77. Teoksessa Savolainen V., Lakanen J. ja Hernelahti M. *Suunnistus – Metsästä elämyksiä*. Edita Publishing Oy. Porvoo.
- Lakanen J. 2009. Suunnistus vaatii sekä fysiikkaa että taitoa. 216-217. Teoksessa Savolainen V., Lakanen J. ja Hernelahti M. *Suunnistus – Metsästä elämyksiä*. Edita Publishing Oy. Porvoo.
- Larsson P., Burlin L., Jakobsson E., and Henriksson-Larsén K. 2002. Analysis of performance in orienteering with treadmill tests and physiological field tests using a differential global positioning system. *Journal of Sport Sciences* 20, 529 – 535.
- Mikkola J., Rusko H., Nummela A., Pollari T. and Häkkinen K. 2007. Concurrent endurance and explosive type strength training improves neuromuscular and anaerobic characteristics in young distance runners. *International Journal of Sports Medicine*. 28: 602 – 611.
- Moser T., Gjerset A., Johansen E. and Vadder L. 1995. Aerobic and anaerobic demands in orienteering. *Scientific Journal of Orienteering* 11: 3-33.
- Nummela A. Aerobisen kestävyuden suorat mittausmenetelmät. 64-78. Teoksessa Keskinen K., Häkkinen K. ja Kallinen M. 2004. Kuntotestauksen käsikirja. Liikuntatieteellinen seura, Helsinki.

- Paavolainen L., Häkkinen K., Hämmäläinen I., Nummela A., and Rusko H. 1999. Explosive-strength training improves 5km running time by improving running economy and muscle power. *Journal of applied physiology*. 86; 1527-1533.
- Paavolainen L., Nummela A., and Rusko H. 2000. Muscle power factors and VO_{2max} as determinants of uphill running performance. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. 10: 286 – 291.
- Peck G. 1990. Measuring heart rate as an indicator of psychological stress in relation to orienteering performance. *Scientific Journal of Orienteering* 6, 26 – 42.
- Rønnestad B., Hansen E. and Raastad T. 2010. Strength training improves 5min all-out performance following 185min of cycling. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21, 250-259.
- Smekal G., von Duvillard S.P., Pokan S., Tschan H., Baron R., Hofmann P., Wonisch M. and Bachl N. 2003. Changes in blood lactate and respiratory gas exchange measures in sports with discontinuous load profile. *European journal of applied physiology*. 89; 489-495.
- Tammelin T (1992). Kestävyys- ja voimaominaisuuksien yhteydet suunnistajan maastossajuoksukykyyn. Liikuntafysiologian tutkielma. Jyväskylän yliopisto.
- Tanaka H. & Swensen T. 1998. Impact of resistance training on endurance. A new form of cross-training? *Sports Medicine* 25(3); 191-200.
- von Schmalense M. and Viinamäki H. Kravanalyys fysik. teoksessa: Nikulainen&Eriksson 2008. Elitplanen. Sveriges Orienteringsförbund.
- Zürcher S., Glenin G., and Marti B. (2005). Uphill running capacity in Swiss elite orienteers. Swiss Federal Institute of Sport, Magglingen, Switzerland.

LIITE 1

Jyväskylän yliopisto – Tiedote ja suostumus tutkimukseen osallistumiseen

Suunnistajien mäkimalli-mattotestin ja tasotestien yhteydet kilpailumenestykseen nuorilla suunnistajilla sekä jalkojen voiman yhteys mäkijuoksuukykyyn

A. Tutkimuksen tausta ja tarkoitus

Jyväskylän yliopiston liikuntabiologian laitoksen opiskelijat yhteistyössä Vierumäen urheiluopiston ja Suomen suunnistusliiton kanssa tutkivat urheilijoiden suorituskykyä mäkimalli-mattotestin, tasotestin sekä voimatestien avulla. Tutkimuksen tarkoituksena on saada valmennuksellista tietoa sekä kehittää hyvä mattotestiprotokolla, joka palvelisi mahdollisimman hyvin suunnistajien testauksessa. Tutkimuksen tuloksista tullaan julkaisemaan kaksi valmennus- ja testausopin kandidaatin työtä ja mahdollisesti pienimuotoisia artikkeleita lajin erikoislehdissä. Tuloksia voidaan käyttää lajin valmennuksen kehittämiseen.

B. Toimenpiteet

Tutkimukseen liittyvät mittaukset tehdään Vierumäen urheiluopiston testauslaboratoriossa, kuntosalilla ja juoksuradalla. Tutkimukseen kuuluu taustatietokyselyn täyttäminen, voimatestit, juoksumattotesti sekä ratatasotesti. Mittaukset tehdään yhden testiviikonlopun aikana urheilijoiden henkilökohtaisesta aikataulutuksesta riippuen siten, että joko perjantain tai lauantain aikana suoritetaan ensiksi voimatestit, jonka jälkeen välittömästi siirrytään suorittamaan maksimaalista hapenottotestiä juoksumatolle testauslaboratorioon. Sunnuntaina on kaikilla urheilijoilla vuorossa ratatasotestit Vierumäen urheiluhallissa.

C. Riskit ja haitat

Voimamittaukset: Voimamittaukset on pyritty valitsemaan niin, että niiden suorittaminen olisi mahdollisimman turvallista. Mittaukset ovat kestoltaan lyhyitä, eivätkä niiden ole tarkoitus kuormittaa urheilijaa liikaa ennen mattotestiä. Maksimaalisen voiman mittaamisessa on aina omat riskinsä, etenkin jos urheilija ei ole

tehnyt vastaavanlaista voimaharjoittelua ennen. Maksimivoimaa testatessa pyritään varmistamaan testin turvallisuus mm. riittävällä määrällä avustajia, oikean suoritustekniikan kontrolloimisella ja testilaitteen valinnalla. Mikäli urheilija on hyvin epävarma tai kokematon maksimivoimasuorituksen suhteen, voidaan harkinnan mukaan myös käyttää 3-5 toiston maksimia arvioimaan 1 toiston maksimia.

Juoksumattotesti: Tutkimuksen menetelmät ovat turvallisia. Testiä valvoo ja suorittaa koulutettu henkilö. Laktaattia mitattaessa tehtävä haava voi sattua hiukan. Laktaatin mittauksessa käytetään puhdistusnesteitä ja –liinoja ja näytteenottohaava suojataan paperilakilla. Laktaatin mittaajina toimivat Vierumäen testauslaboratorion vastuulliset työntekijät. Tutkimusyksikkö on varautunut tapaturmiin ja sairauskohtauksiin. Näytteidenotolla ei ole haittavaikutuksia elimistöön.

Ratatasotesti: Testin menetelmät ovat turvallisia. Testiä valvoo ja suorittaa koulutetut henkilöt. Laktaattia mitattaessa tehtävä haava voi sattua hiukan. Laktaatin mittauksessa käytetään puhdistusnesteitä ja –liinoja ja näytteenottohaava suojataan paperilakilla. Laktaatin mittaajina toimivat vastuulliset työntekijät. Tutkimusyksikkö on varautunut tapaturmiin ja sairauskohtauksiin. Näytteidenotolla ei ole haittavaikutuksia elimistöön.

E. Edut

Osallistumalla urheilija saa monipuolista tietoa omasta suorituskyvystään juoksumattotestissä, ratatasotestissä ja voimatesteissä. Juoksumattotestistä ja ratatasotestistä saadaan mm. sykkeen ja laktaattimittauksien avulla sopivat harjoittelusykkeet tutkittavalle urheilijalle. Lisäksi tutkimus palvelee tutkittavaa myös erinomaisena harjoitusviikonloppuna.

F. Tutkittavien oikeudet

Allekirjoittaneet osallistuvat tutkimukseen täysin vapaaehtoisesti ja voivat keskeyttää mittauksen missä tahansa tutkimuksen vaiheessa ilman, että siitä aiheutuu mitään seuraamuksia. Tutkimuksen järjestelyt ja tulosten raportointi ovat luottamuksellisia. Tutkimuksesta saatavat tiedot julkaistaan tutkimusraporteissa siten, ettei yksittäistä tutkittavaa voi tunnistaa. Huoltajalla ja tutkittavalla on ollut mahdollisuus kysyä tutkimuksesta tutkijoilta ja heidän kysymyksiin on vastattu. Jos huoltajalla tai tutkittavalla on vielä kysyttävää, he voivat soittaa tutkijoille.

G. Tutkittavan (ja hänen huoltajan) suostumus

Olen/ Olemme tutustuneet suoritettavaan tutkimukseen ja ymmärtäneet mittausten tarkoituksen siihen liittyvine riskeineen sekä tutkittavien oikeuksiin ja vakuutusturvaan. Tutkittava on terve ja suostuu toimimaan tutkimuksessa hänelle annettujen ohjeiden mukaisesti. Tutkittavan tutkimustuloksia saa käyttää tieteelliseen raportointiin sellaisessa muodossa, josta yksittäistä tutkittavaa ei voi tunnistaa.

Urheilija:

Kyllä / Ei

Paikka ja päiväys: _____/_____/_____

Urheilijan allekirjoitus

Nimi painokirjaimin

Puhelinnumero: _____

Sähköposti: _____

Osoite:

Huoltaja, jos urheilija alle 18-vuotias:

Kyllä / Ei

Paikka ja päiväys: _____/_____/_____

Huoltajan allekirjoitus

Nimi painokirjaimin

Puhelinnumero: _____

Sähköposti: _____

Suostumuksen vastaanotti _____/_____/_____

Tutkijan allekirjoitus