

# **SPRINTTISUUNNISTUKSEN FYSIOLOGISET JA VOIMAN- TUOTOLLISET VAATIMUKSET**

Minna Truhponen

Pro Gradu – tutkielma  
Valmennus- ja testausoppi  
Kevät 2013  
Liikuntabiologian laitos  
Jyväskylän yliopisto  
Työn ohjaaja: Keijo Häkkinen

## TIIVISTELMÄ

**Truhponen, Minna** 2013. Sprinttisuunnistuksen fysiologiset ja voimantuotolliset vaatimukset. Pro Gradu –tutkielma, Valmennus- ja testausoppi, Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto. 65 sivua.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, mitä fysiologisia ja voimantuotollisia vaatimuksia sprinttisuunnistus urheilijalle asettaa, mitkä tekijät erottavat naiset ja miehet toisistaan sekä korreloivatko jotkin fyysisen suorituskyvyn ominaisuudet sprinttisuunnistussuorituksen kanssa. Tutkimukseen osallistui 16 suunnistajaa (kahdeksan naista ja kahdeksan miestä). Koehenkilöt suorittivat sekä simuloidun kilpailuvauhtisen sprinttisuunnistus (S)- ja reserviaikatestin (R) kenttäolosuhteissa että laboratoriotestejä. Laboratoriotesteissä mitattiin alaraajojen dynaamista (1RM) ja isometristä maksimivoimaa ( $JD_{max}$ ), voimatuottonopeutta (RFD), keskivartalon maksimaalista isometristä koukistus- (VK) ja ojennusvoimaa (VO), 20 m:n kiihdytysnopeutta (20m), vertikaali-hyppyjä (VH), vauhditonta 5-loikkaa sekä kestävyysominaisuuksia  $VO_{2max}$ -testillä. Kenttätesteissä mitattiin laktaatti-, syke- ja nopeusvoimavasteita. Miehet saavuttivat naisia tilastollisesti merkitsevästi paremman tuloksen  $JD_{max}$ :ssa ( $p<0.05$ ), 1RM:ssa ( $p<0.01$ ), VO:ssa ( $p<0.05$ ), VH:ssä ( $p<0.01$ ), 5-loikassa ( $p<0.01$ ), 20 m:llä ( $p<0.01$ ) sekä maksimaalisessa (vMAX) ( $p<0.05$ ) ja anaerobisen kynnyksen (vAnK) juoksunopeudessa ( $p<0.01$ ). Koko ryhmällä S:iin käytetty aika oli  $14.55 \pm 1.42$  min, miesten käyttäessä merkitsevästi vähemmän aikaa kuin naisten ( $p<0.05$ ). Suunnistustehtäviin kului aikaa  $40 \pm 15$  sekuntia eli 4,6 % suorituksen kokonaisajasta. S:n aikainen laktaatti ( $6,2 \pm 2,3$  mmol/l) oli 85 % anaerobisesta kynnyslaktaatista ja keskimääräinen syke 97 % maksimaalisesta sykkeestä. Koko ryhmää tarkasteltaessa S:n ajan kanssa korreloivat eniten vMAX ( $r=0.99$ ;  $p<0.001$ ) ja vAnK ( $r=0.93$ ;  $p<0.001$ ), teoreettinen hapenkulutus ( $r=-0.96$ ;  $p<0.001$ ),  $JD_{max}$  ( $r=-0.90$ ;  $p<0.001$ ) ja 1RM ( $r=-0.75$ ;  $p<0.01$ ) sekä  $JD_{max}$ :ssa 500 ms:n aikana tuotettu keskimääräinen voima ( $r=-0.86$ ,  $p<0.01$ ). Myös vauhditon 5-loikka tulos korreloi merkitsevästi ( $r=-0.68$ ,  $p<0.05$ ) S:n ajan kanssa. Maksimi- ja vauhtikestävyys- sekä nopeusvoimaominaisuuksien lisäksi alaraajojen maksimivoimaominaisuudet saattavat olla tärkeä tekijä kilpailuvauhtisessa sprinttisuunnistuksessa.

**Avainsanat:** maksimivoima, nopeusvoima, kestävyys, reserviaika, korrelaatio

# SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ .....	2
1 JOHDANTO .....	5
2 SUUNNISTUKSEN FYYSISEN SUORITUSKYVYN VAATIMUKSET .....	7
2.1 Suunnistusjuoksun fysiologia .....	7
2.1.1 Aerobinen energiantuotanto .....	7
2.1.2 Anaerobinen energiantuotanto .....	9
2.1.3 Suunnistusjuoksun taloudellisuus .....	12
2.2 Suunnistuksen voimantuotannolliset vaatimukset .....	13
2.2.1 Voima ja nopeus .....	13
2.2.2 Suunnistusjuoksun askelmuuttajat .....	14
3 PERINTEISEN METSÄ- JA SPRINTTISUUNNISTUKSEN EROAVAISUUDET .....	16
3.1 Sprinttisuunnistuksen määritelmä .....	16
3.2 Fyysisen suorituskyvyn tekijät .....	17
3.3 Psykkiset tekijät .....	18
3.4 Taidolliset tekijät .....	19
4 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGEMAT .....	23
5 MENETELMÄT .....	24
5.1 Koehenkilöt .....	24
5.2 Testausasetelma .....	25
5.3 Laboratoriotestit .....	25
5.3.1 Voima .....	26
5.3.2 Kestävyys .....	29
5.3.3 Muut laboratoriotestit .....	30
5.4 Kenttätetit .....	31
5.4.1 Sprinttisuunnistustesti .....	31

5.4.2 Reserviaikatesti .....	33
5.5. Analyysit .....	33
6 TULOKSET .....	35
6.1 Laboratoriotestit .....	35
6.2 Kenttätestit .....	37
6.3. Korrelaatiot .....	40
7 POHDINTA .....	44
LÄHTEET .....	53
LIITTEET .....	58

# 1 JOHDANTO

Suunnistus on kestävyyslaji, jossa suunnistustaidolla on valtava merkitys suorituksen onnistumisen kannalta. Suunnistajan itsensä täytyy valita reittinsä lähdöstä maaliin käyttäen apunaan karttaa ja kompassia. (International Orienteering Federation, Foot Orienteering 2011) Suunnistuskilpailun maasto voi koostua esimerkiksi puistoista, metsistä, soista, mäistä ja avoimista alueista (Bird ym. 1993). Suorituskyvyltään suunnistus vaatii samankaltaista suorituskykyä kuin 3000 metrin esteet tai maratonjuoksu, sillä suunnistuksessa edetään raskaassa maastossa mäkien yli. Kestävyysuorituskyvyn lisäksi suorituksessa tarvitaan myös voimaa ja ketteryyttä. (International Orienteering Federation, Foot Orienteering 2011.) Perinteisen metsäsuunnistuksen suorituksen kesto vaihtelee yleensä 20 ja 180 minuutin välillä (Suomen suunnistusliitto, suunnistuksen lajisäännöt 19.41-19.44, 2011). Suunnistusmatkojen nimitykset ovat hieman vaihtuneet vuosien saatossa ja tässä työssä käytetyt pika- ja keskimatka tarkoittavat samaa matkaa, samoin kuin normaali ja pitkä matka.

Sprintti on yksi suunnistuksen kilpailumatkoista. Muita kansainvälisiä matkoja ovat keskimatka, normaalimatka sekä viesti. Sprinttisuunnistuksen tavoitteena on olla täysivauhtinen lyhyt ja vaativa suunnistussuoritus ensisijaisesti kulttuuriympäristöissä, esimerkiksi puistoissa, ulkoilualueilla ja taajamien lähimetsissä. (Suomen suunnistusliitto, sprinttisuunnistuksen määritelmä 2011.) Suorituksen kestoksi on määritelty 12 – 15 – minuuttia (International Orienteering Federation, Foot Orienteering Competition Rules 2011, Appendix 6). Lajia on tutkittu vielä varsin vähän, eikä ole täysin selvää, mitä voimantuotannollisia ja fysiologisia vaatimuksia sprinttisuunnistus runsaine jarrutuksineen ja kiihdytyksineen sekä jyrkkine käännöksineen elimistölle asettaa (Truhponen & Tervo 2010).

Suunnistuksen näkyvyys esimerkiksi televisiossa on noussut viime vuosina pitkälti juuri sprinttisuunnistuksen ansiosta. Sprinttisuunnistuksen avulla suunnistusta voidaan tuoda yleisön nähtäville. Yleisö luo oman paineensa urheilijoille, ja media saattaa lisätä sitä, mutta median kiinnostuksen myötä suunnistuksen on mahdollista saada lisää näkyvyyttä

ja sitä kautta myös lisää harrastajia. Suunnistuksen harrastajien määrä onkin viime vuosina ollut kasvusuunnassa.

Suunnistusta voivat harrastaa niin miehet kuin naisetkin. Naisilla kilpailumatkat ovat pääsääntöisesti hieman lyhyempiä kuin miehillä, vaikka ajallisesti suoritukset ovat kukaunkin samankestoisia. Tämä tarkoittaa sitä, että miehet etenevät samassa ajassa pidemmän matkan kuin naiset. Itse suorituksen vaatimukset ovat kuitenkin samankaltaiset sukupuolesta riippumatta. Mies- ja naisurheilijoiden välillä on havaittu eroja niin fysiologisissa kuin voimantuotannollisissakin muuttujissa, mutta erojen on todettu olevan pienempiä saman lajin urheilijoiden keskuudessa kuin keskierto naisen ja miehen välillä (Wilmore 1979).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on määritellä sprinttisuunnistussuorituksen profiilia sekä sitä, mitä fysiologisia ja voimantuotannollisia vaatimuksia sprinttisuunnistus urheilijalle asettaa, ja mistä johtuvat erot suorituskäytännössä naisten ja miesten välillä. Tutkimuksessa myös tarkastellaan, korreloivatko jotkin tietyt fyysisen suorituskäytännön ominaisuudet sprinttisuunnistustuloksen kanssa.

## **2 SUUNNISTUKSEN FYYSISEN SUORITUSKYVYN VAATIMUKSET**

Suunnistuksen kilpailusuorituksen perusominaisuudet ovat fyysinen, suunnistustaidollinen ja psyykinen osa-alue. Suorituksen onnistumiseksi kaikkien osa-alueiden on oltava riittävän hyviä ja hyvässä tasapainossa keskenään. Perusominaisuuksien fyysistä osa-alueita voidaan kutsua myös suunnistusjuoksuksi, jonka tekijöitä ovat kestävyys, voima, nopeus, liikelaajuudet, ketteryys ja koordinaatio. Kaikkia nämä ovat tarpeellisia suunnistusjuoksussa, joskin tärkeimpiä ovat kestävyys, voima ja suunnistusjuokсутekniikka. Hyvä suunnistusjuoksu-kyky tarkoittaa kykyä juosta kovaa maastossa koko kilpailusuorituksen ajan. (Kärkkäinen & Pääkkönen 1986, 11 - 12.)

### **2.1 Suunnistusjuoksun fysiologia**

Kestävyys jaetaan neljään lajiin suorituksen intensiteetin perusteella: aerobiseen peruskestävyyteen, vauhtikestävyyteen, maksimikestävyyteen ja nopeuskestävyyteen. Useissa lajeissa lajinomainen kestävyys tarvitsee kehittyäkseen hyvän peruskestävyyden. Kestävyyden merkitys korostuu lajeissa, joissa suorituksen kesto ylittää 2 minuuttia, vaikkakin kestävyiden luonne muuttuu suorituksen pidentyessä aina useaan tuntiin saakka. (Nummela ym. 2007b, 333-335.)

#### **2.1.1 Aerobinen energiantuotanto**

Yleensä kestävyysuorituskykyä ja maksimaalista aerobista energiantuottokapasiteettia arvioidaan mittaamalla maksimaalista hapenottoa. Kestävyysuorituskykyyn vaikuttavat kuitenkin maksimaalisen hapenoton ( $VO_{2max}$ ) ohella myös pitkäaikainen kestävyys, suorituksen taloudellisuus sekä lajinomaiset hermo-lihasjärjestelmän voimantuotto-ominaisuudet. (Nummela ym. 2007b, 345, 358, 362.)

Tärkein energianmuodostustapa pitkäkestoisissa suorituksissa, kuten suunnistuksessa, on aerobinen energiantuotto (Kärkkäinen & Pääkkönen 1986, 21). Maksimaalista aerobista energiantuottokykyä kuvaa maksimaalinen hapenkulutus,  $VO_{2max}$  (Nummela 2007, 105). Suunnistus on kestävyysurheilua, jossa vaaditaan korkeaa hapenottokykyä. Maksimaalinen hapenottokyky on eliittitason miessuunnistajilla keskimäärin 70 - 80 ml/kg/min ja naisilla noin 65 ml/kg/min. (taulukko 1) Huippusuunnistajien maksimaalisen hapenkulutuksen arvot ovat samaa luokkaa kuin muidenkin kestävyyslajien urheilijoilla. (mm. Rolf ym. 1997; Smekal ym. 2003a; Gjerset ym. 1997.) Esimerkiksi Pollock (1977) totesi huippukestävyysjuoksijoiden  $VO_{2max}$ :n olevan noin 77 ml/kg/min vaihteluvälin ollessa 71 – 84 ml/kg/min. Korkeimmat maksimaaliset hapenotot on mitattu juuri kestävyysjuoksijoilla ja hiihtäjillä (Bergh ym. 1978).

TAULUKKO 1. Suunnistajien maksimaalinen hapenottokyky ( $VO_{2max}$ ) miehillä ja naisilla.

Tutkija	$VO_{2max}$ (ml/kg/min)	N
<u>Miehet</u>		
Jensen ym. (1994)	74,3 (± 3,5)	5
Moser ym. (1995)	71,1 (± 8,4)	16
Gjerset ym. (1997)	77,5 (± 3,9)	9
Rolf ym. (1997)	78,4 (75-81)	5
Jensen ym. (1999)	73 (± 2)	11
Paavolainen ym. (1999a)	68,5 (± 4,3)	20
Smekal ym. (2003a)	67,9 (± 3,8)	11
Tzvetkov (2009)	66,7 (± 5,6)	10
<u>Naiset</u>		
Moser ym. (1995)	63,2 (± 8,3)	9
Gjerset ym. (1997)	66,4 (± 5,0)	5
Rolf ym. (1997)	67,8 (62-71)	7

Kannettavat hengityskaasuanalysaattorit ovat mahdollistaneet hapenoton mittaamisen myös suunnistussuorituksen aikana. Smekal ym. (2003b) mittasivat, että suunnistuksen aikainen keskimääräinen hapenotto on noin 83 %  $VO_{2max}$ :sta. Hapenotto vaihtelee miehillä noin 55 - 70 ml/kg/min välillä pitkällä matkalla, anaerobisen kynnyshapenoton ollessa noin 95 %  $VO_{2max}$ :sta eli 60 – 75 ml/kg/min. Hapenotto siis jää matalammaksi, kuin mitä se on anaerobisella kynnyksellä. (Smekal ym. 2003b.) Juoksijoilla hapenkulutus suorituksen aikana on kolmella kilometrillä 94 % maksimaalisesta hapenotosta, ja



luonnollisesti laskee suorituksen pidentyessä. 15 kilometrillä suhteellinen hapenkulutus on hieman yli 80 %, ja maratonilla noin 75 %  $VO_{2max}$ :sta. (Farrel ym. 1979.)

Erilaisissa maastonosissa kulkevan maastajuoksun aikainen hapenkulutus maksimivauhtisen suorituksen aikana vaihtelee 82 ja 88 %: n välillä, riippuen juostaanko polulla, helpolla vai raskaalla maastopohjalla. Intensiteetti maksimaalisessa metsässä kulkevassa maastajuoksussa on hieman korkeampi kuin kilpailuvauhtisessa suunnistussuorituksessa. Korkeampi intensiteetti johtune hieman lyhyemmästä juoksumatkasta ja mahdollisuudesta juosta kovempaa, kun samalla ei tarvitse lukea karttaa. (Jensen ym. 1994).

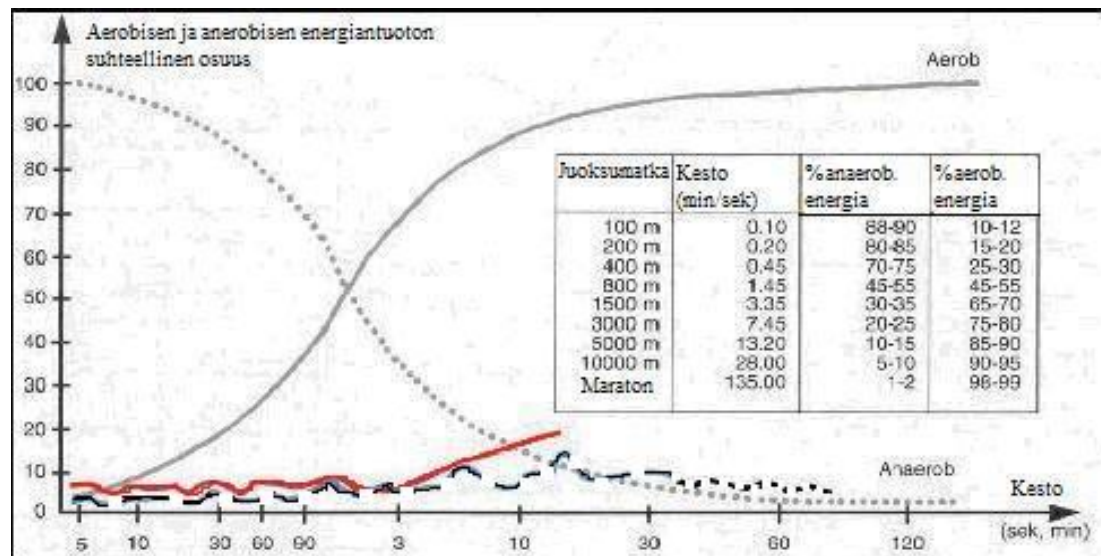
### 2.1.2 Anaerobinen energiantuotanto

Kun aerobinen energiantuottoteho saavuttaa maksiminsa ja energiaa aletaan tuottaa anaerobisesti, alkaa muodostua maitohappoa. (Williams 1990, 10). Lihaksissa muodostunut maitohappo hajoaa vety- ja laktaatti-ioniksi ja siirtyy verenkiertoon. Maksimaalinen laktaatin määrä kuvastaa anaerobista kapasiteettia, mikä on hieman suurempi miehillä kuin naisilla. (Nummela ym. 2007b, 98,101.)

*Suunnistussuorituksen vauhti.* Suunnistussuorituksen aikainen juoksuvauhti vaihtelee huippusuunnistajilla kolmen ja kymmenen minuutin kilometrivauhdin välillä (Rolf ym. 1997), joskus jopa hieman yli sen (Bird ym. 2001). Etenemisnopeuteen vaikuttavat maastotyyppi, suunnistuksen vaatavuus, reitin profiili, virheet, muut kilpailijat ja motivaatio (Dresel 1985). Rasteilla käynnin ja leimauksen takia suunnistussuorituksen aikana tulee paljon jarrutuksia, kiihdytyksiä ja suunnanmuutoksia, jotka kaikki vaikuttavat energiantuoton vaatimukseen (Smekal ym. 2003a). Tämän vuoksi kilpailuvauhtisessa suunnistussuorituksessa tarvitaan myös anaerobista energiantuottoa (Rolf ym. 1997), jonka osuus mahdollisesti kasvaa kilpailumatkan lyhentyessä (Gjerset ym. 1997).

*Laktaatti.* Laktaatin muodostusta tarkastellessa suunnistuksen on todettu olevan tehollisesti lähempänä lyhyehköjä ratajuoksumatkoja (2500 - 5000m), kun suoritus tapahtuu raskaassa maastossa (Ranucci ym. 1986). Tällaisissa maastoissa laktaatti nousee korkeammaksi kuin helposti juostavassa maastossa ja aiheuttaa näin ollen suuremman fysiologisen stressitilan (Dresel 1985). Sen sijaan hyvässä ja kovavauhtisessa maastossa ta-

pahtuva suunnistus näyttäisi vastaavan tehollisesti pidempiä kestävyysjuoksumatkoja (Ranucci ym. 1986). Suunnistuksellisesti helppossa maastossa suorituksen intensiteetti on korkeampi ja näin ollen anaerobisen energia-aineenvaihdunnan osuus suurempi kuin vaikeassa maastossa. (Gjerset ym. 1997.) Maastajuoksun aikana eri maastonosissa laktaatin on mitattu nousevan jopa 6,9 mmol/l (Jensen ym. 1994). Eri suunnistus- ja juoksumatkojen arvioidut energiantuoton osuudet on kuvattu kuvassa 1.



KUVA 1. Aerobisen ja anaerobisen energiantuoton arvioitu jakautuminen eri kilpailumatkoilla. Sprinttisuunnistuksessa (yhtenäinen viiva), joka muistuttaa energiatuotollisesti 5000 m:n ratajuoksua, energiaa tuotetaan anaerobisesti noin 12 - 15 %. Vastaavat osuudet keskimatkalla (katkoviiva) n 10 - 12 % ja pitkällä matkalla (pisteviiva) 6 - 8 %. (Mukaeltu Nikulainen & Eriksson 2008, 13.)

Keskiarvolaktaatti suunnistuksessa on jatkuvasti korkeampi kuin laborioritestissä mitattu anaerobisen kynnyksen laktaatti. Laktaatti kilpailuvauhtisessa normaalimatkan suunnistuksessa on noin 5 - 20 % korkeampi kuin anaerobinen kynnyslaktaatti (Smekal ym. 2003a, Moser ym. 1995), kun taas pikamatkalla laktaatti on jopa 40 - 70 % anaerobista kynnystä korkeampi (Gjerset ym. 1997). Tämä siitäkin huolimatta, että suunnistus-suorituksen aikainen hapenotto jää alle anaerobisen kynnyksen tason (Smekal, ym. 2003b).

Suunnistusteknisesti vaikeassa maastossa (metsämaastossa) suorituksen jälkeinen laktaatti vaihtelee 4 - 5 mmol/l (mm. Smekal ym. 2003a; Bird ym. 2002; Moser ym. 1995). Teknisesti helppossa maastossa laktaatti saattaa kohota suorituksen aikana jopa yli 6 mmol/l (Bird ym. 2002). Laktaatti nousee korkeaksi myös maastossa, jossa on paljon

korkeuseroja (Nivukoski 2006). Miehillä laktaatit ovat hieman korkeammat kuin naisilla (Truhponen 2010, Gjerset ym. 1997, Moser ym. 1995). Suunnistussuorituksen yhteydessä mitattuja laktaattiarvoja on taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Suunnistussuorituksen aikaisia laktaatteja eri matkoilla. TH = suunnistusteknisesti helppo maasto, TV = suunnistusteknisesti vaikea maasto

Tutkija	Suunnistusmatka	Laktaatti / kaikki (mmol/l)	Miehet	Naiset
Dresel (1985)	normaali	4,4 (3,6-7,3)	4,4 (3,6-7,3)	
Moser ym. (1995)	normaali	4,1 (± 1,3)	4,2 (± 1,3)	3,8 (± 0,7)
Bird ym. (2002)	normaali_TH	6,1 (± 1,9)		
Bird ym. (2002)	normaali_TV	4,5 (± 1,6)		
Smekal ym. (2003b)	normaali	5,2 (± 1,5)	5,2 (± 1,5)	
Gjerset ym. (1997)	pika	3,8 (± 0,8)	4,0 (± 0,6)	3,4 (± 0,9)
Nivukoski (2006)	pika	5,1 (± 2,7)	5,1 (± 2,7)	
Truhponen (2010)	sprintti	7,0 (± 2,0)	8,1 (± 1,2)	6,5 (± 2,1)

Toisin kuin muilla pitkillä kestävyysmatkoilla, kuten maratonilla, hiihdossa tai kävelyssä, vaihtelevat fyysisen suorituskyvyn vaatimukset suunnistuksessa. Vaatimukset riippuvat suunnistuksen vaativuudesta, maaston raskaudesta ja virheistä. Ylämäessä ja raskaassa maastossa suunnistusjuoksu on vaativampaa kuin alamäessä. Suunnistusteknisesti helpommalla osalla laktaatti saattaa olla jopa hieman matalampi kuin suunnistusteknisesti vaikealla osalla. Tämä johtune siitä, että helpossa suunnistusvaiheessa on usein mahdollista käyttää hyväksi teitä, polkuja ja muita vastaavia uria, kun taas vaikealla osalla edetään monesti koko ajan maastossa. (Dresel 1985.)

*Syke.* Sykettä tarkasteltaessa suunnistussuorituksen aikainen rasitus nousee anaerobiselle kynnykselle tai jopa sen yli, sillä suunnistussuorituksen aikainen keskisyke on keskimäärin yli 90 % laskennallisesta maksimisykkeestä (mm. Bird ym. 2003a). Sykkeeseen vaikuttavat muun muassa suorituksen kesto ja suunnistussuorituksen vaativuus. Pikamatkalla suunnistuksen aikainen keskisyke on hieman anaerobista kynnystä korkeampi, kun taas pitkällä matkalla syke jää hieman anaerobista kynnystä matalammaksi. (Gjerset ym. 1997, Moser ym. 1995). Suunnistusteknisesti helpossa maastossa syke on selvästi korkeampi kuin vaikeissa maastoissa, ja keskisyke voikin nousta kilpailusuorituksessa jopa 93 %:iin laskennallisesta tai kilpailun aikaisesta maksimisykkeestä. Laboratoriotest-

tiin verrattuna keskisyke on hieman alle 90 % mattotestin maksimisykkeestä (Bird ym. 1993; 2003a; b.)

Suorituksen intensiteetti pelkästään sykettä mittaamalla on korkeampi tie- ja maastajuoksussa kuin suunnistuksessa ja mäkijuoksussa. Tosin myös sykevaihtelu suorituksen aikana on suurempi suunnistuksessa ja mäkijuoksussa. Suunnistuksen aikainen sykevaihtelu johtuu osittain muun muassa rasteilla tapahtuvasta juoksuvauhdin hiljentämisestä ja jopa pysähtymisestä leimausta varten. Tie- ja maastajuoksijoilla syke nousee suorituksen edetessä, kun taas suunnistajilla syke säilyy ennallaan tai jopa laskee hieman suorituksen loppua kohden. Tämä kertoo siitä, että suoritus aloitetaan heti kovalla intensiteetillä suunnistuksessa, ja että suunnistusajattelu vaikuttaa suorituksen intensiteettiin. (Creagh ym. 1998.)

Suunnistussuorituksen aikainen fyysinen rasitus on kova (Dresel 1985), jolloin on olemassa riski lihasten glykogeenivarastojen tyhjenemiseen suorituksen aikana. Varastojen tyhjeneminen on mahdollista varsinkin pitkällä matkalla suorituksen keston ollessa 60 - 120 minuuttia. (Nikulainen & Eriksson 2008, 16 - 17.) Tätä tukee myös se, että pitkän matkan kilpailun aikana suunnistajan paino saattaa laskea jopa 3 kiloa ja lihaksen glykogeenivarastot pienetä alle puoleen alkuperäisestä. Siksi oikeanlainen valmistautuminen kilpailuun ja välittömästi alkava palautuminen kilpailun jälkeen ovat tärkeitä suorituskyvyn ylläpitämiseksi. (Johansson ym. 1990)

### **2.1.3 Suunnistusjuoksun taloudellisuus**

Eliittitasolla liikuttaessa maksimaalinen hapenkulutus ei välttämättä ole paras kuvaaja suunnistussuoritukselle, vaan juoksun taloudellisuus näyttää korreloivan paremmin suorituskyvyn kanssa (Rolf ym. 1997). Suunnistuksen aikainen juoksu tapahtuu pääasiassa metsässä, joka vaatii lihaskestävyyttä. Maasto on vaihtelevaa, osin pehmeä, epätasaista ja yleensä mäkiä (Nikulainen & Eriksson 2008, 16; Jensen ym. 1999, Smekal ym. 2003b). Tämä lisää hapenkulutusta 25 - 70 % verrattuna tiejuoksuun riippuen maastopohjasta ja nousukulmasta (Creagh & Reilly 1997). Energiankulutus nousee suunnistusjuoksun aikana jopa 60-95 % korkeammaksi kuin tiejuoksussa (Smekal ym. 2003b). Juoksun taloudellisuus heikkenee metsäjuoksussa verrattuna tiejuoksuun mutta heikkeneminen on pienempää suunnistajilla kuin ratajuoksijoilla. Metsässä juoksun taloudelli-

suuteen vaikuttaa harjoittelu raskaalla alustalla ja nimenomaan metsässä. (Jensen ym. 1999.) Myös laktaatti on korkeampi suunnistussuorituksen aikana niillä, jotka harjoittelevat ja kilpailevat pääasiassa radalla (Dresel 1985).

Energiankulutukseen ja juoksun taloudellisuuteen suunnistussuorituksen aikana vaikuttaa sekä maastotyyppi että suunnistusmatka. Lyhyemmällä matkalla on mahdollista ylläpitää suurempaa intensiteettiä suorituksen lyhyemmän keston ansiosta (Gjerset ym. 1997) Maksimaalinen hapenkulutus sekä nopeus anaerobisella kynnyksellä ja  $VO_{2max}$ :lla ennustavat suorituskykyä raskaassa maastossa juostessa. Ero huippujen ja hieman heikompien suunnistajien välillä juoksun taloudellisuudessa näkyy nimenomaan raskaassa maastossa, ei välttämättä poluilla juostessa. (Jensen ym. 1994). Suunnistajan nopeus anaerobisella kynnyksellä laboratoriotestissä on noin 19 km/h miehillä ja 15 km/h naisilla (Jensen ym. 1994), mitkä vastaavat nopeuksia 3.10 ja 4.00 minuuttia kilometrillä.

## **2.2 Suunnistuksen voimantuotannolliset vaatimukset**

### **2.2.1 Voima ja nopeus**

Väisänen (2002) tutki opinnäytetyössään miesten ja poikien voimantuottoa ja kestävyysominaisuuksia, sekä vertasi suunnistussuoritusta mitattuihin ominaisuuksiin. Miesten maksimaalinen voimantuotto isometrisessä jalkaprässissä oli  $2636 \pm 415$  N, mikä vastasi 3,9 kertaa koehenkilöiden omaa painoa. Voimantuotonopeus (rate of force development, RFD) oli  $13211 \pm 2220$  N/s. Staattisen hypyn nousukorkeus oli  $0.33 \pm 0.02$  m ja kevennyshypyn  $0.37 \pm 0.01$  m. Suunnistuksen ylämäkiosuuden juoksun kanssa korreloivatkin nimenomaan nopeusvoimaa kuvaavat muuttujat: voimantuotonopeus ja alle 500 ms:ssa tuotetun voiman suuruudet. Samoin 500 ms:ssa tuotettu voima korreloi suuntaa antavasti polku/ura osuuden kanssa. (Väisänen 2002.)

Suunnistajilla on selvästi enemmän hitaita lihassoluja kuin nopeita. Eliittitason naisilla hitaita lihassoluja on lähes 80 % lihassoluista nelipäisessä reisilihaksessa, ja hieman

vajaa 70 % kaksoiskantalihaksessa. Loput lihassolut ovat nopeita, lähinnä tyypin 2a lihassoluja. Eliittitason miehillä hitaita lihassoluja on hieman yli 70 % kaikista lihassoluista. (Rolf ym. 1997.)

Keskivartalo on tärkeässä osassa pystyasennossa tapahtuvassa kestävyysurheilussa, kuten juoksussa, suunnistuksessa ja triathlonissa. Hetkellinen maksimivoima isometrisessä vartalon koukistuksessa vastaa suunnilleen oman kehon painoa, kun taas vartalon ojennuksessa saavutetaan jopa 140 % oman kehon painosta. Vartalon koukistuksen maksimivoima on juoksijalla keskimäärin 70 % vartalon maksimaalisesta ojennusvoimasta. (Nummela ym. 2007a)

Varsinaisen pikajuoksunopeuden merkitys suunnistajalle on vähäinen, joskin suunnistajan tulee pystyä hetkellisiin asentoa korjaaviin liikkeisiin nopeasti (Kärkkäinen & Pääkönen 1986). Maksimaalinen juoksunopeus suunnistajilla on noin 7,7 – 7,9 m/s (Tervo 2009, Nummela ym. 2007a). Maksimaalista juoksunopeutta voidaan kasvattaa muun muassa juokсутekniikkaharjoittelulla. Samalla voidaan myös parantaa juoksulihasten hermotusta sekä juoksuasentoa ja tasapainoa. Kaikki nämä tekijät vaikuttavat positiivisesti juoksun nopeuteen ja taloudellisuuteen. (Tervo 2009.) Juokсутekniikkaharjoittelusta saattaa olla hyötyä nimenomaan sprinttisuunnistusta ajatellen (Nikulainen & Eriksson 2008, 16).

## **2.2.2 Suunnistusjuoksun askelmuuttajat**

Suunnistuksen biomekaanisia vaatimuksia on tutkittu varsin vähän. Kontaktiaika näyttäisi pitenevän juostessa hyvin pehmeällä ja joustavalla alustalla, ja askelkontaktin keston olevan suunnistusjuoksussa noin 200 - 270 ms. (Ikonen 2006). Kontaktiaika radalla juostessa on suunnistajilla keskimäärin 120 – 130 ms (Tervo 2009). Kontaktiajan vaihtelu voi kasvaa maastossa jopa 2,5 –kertaiseksi tiejuoksuun verrattuna (Ikonen 2006). 10 kilometrin ratajuoksussa juoksun keskimääräinen kontaktiaika korreloi juoksuajan kanssa siten, että mitä lyhyempi on keskimääräinen kontaktiaika, sitä suurempi on nopeus juoksun aikana (Paavolainen ym. 1999c).

Askelpituus on suurempi maasto- kuin tiejuoksussa. Tosin joidenkin tutkimusten mukaan askelpituus lyhenee raskaassa maastossa varsinkin nais suunnistajilla. (Greagh &

Reilly 1997.) Toisin kuin radalla tai tiellä juostessa, maastossa maksimaalisen juoksu-nopeuden lisääminen tapahtuu askelpituutta kasvattavalla. Tietyllä submaksimaalisella nopeudella juostessa, askelen pituus on 5-15 cm pidempi metsässä kuin tiellä. Vastaa-vasti askeltiheys on pienempi. (Ikonen 2006). Ratajuoksussa maksimaalisella juoksu-nopeudella askelpituus on suunnistajalla 1,9 – 2,0 metriä, ja askeltiheys 3,9 – 4,0 Hz (Tervo 2009). Juoksijoilla sekä askelpituus että – tiheys ovat hieman suurempia kuin suunnistajilla (Nummela ym. 2007a).

## **3 PERINTEISEN METSÄ- JA SPRINTTISUUNNISTUKSEN EROAVAISUUDET**

### **3.1 Sprinttisuunnistuksen määritelmä**

Sprinttisuunnistus tuli arvokisojen ohjelmaan vuonna 2001 Tampereella. Sen tavoitteena on olla lyhyt ja täysivauhtinen suunnistuskilpailu, jossa suunnistuksen vaatimus pyritään sijoittamaan rastiväleille, ei rastipisteisiin. Sprintti ei ole pikamatkan puolikas eikä sen tule sisältää suunnistustehtäviä, joita ei voi ratkaista täydessä juoksuvauhdissa. Rastipaikkojen tulee olla sellaisia, että suunnistaja voi edetä rastilipulle saakka juoksuvauhdissa tapahtuvan kartanluvun avulla. Rastipaikkojen on oltava selkeitä ja yksiselitteisiä. Täydessä vauhdissa vaarallisia alueita, kuten jyrkänteitä, kivikkoja ja sateella liukkaita alueita, tulee välttää. (Suomen suunnistusliitto, sprinttisuunnistuksen määritelmä 2011.)

Sprinttisuunnistuksessa reitinvalintojen tulee olla haastavia ja vaatia täydellistä keskittymistä koko suorituksen ajan. Maasto on hyvin juostavaa, jotta kova juoksuvauhti on mahdollista säilyttää läpi kilpailun. Sprinttisuunnistuksessa suunnistustehtävien ratkaisut on tehtävä nopeasti ja kyettävä suoriutumaan myös paineen alaisena katsojien silmien alla. (International Orienteering Federation, Foot Orienteering Competition Rules 2011, Appendix 6.)

Sprinttisuunnistus eroaa esimerkiksi keskimatkasta paitsi tavoiteaikansa, myös maastonsa ja suunnistustehtäviensä kautta. Keskimatkalla suorituksen tavoitteellinen kesto on 30 - 35 minuuttia. Reitinvalinnat ovat pieniä tai keskisuuria, ja taidolliset vaatimukset keskittyvät suunnitellun reitin toteuttamiseen. Maasto on suunnistusteknisesti haastavaa. Pitkällä matkalla sen sijaan suorituksen kesto on miehillä 90 – 100 minuuttia ja naisilla 70 – 80 minuuttia. Suunnistustehtävät ovat vaihtelevia, ja vaativat sekä kykyä tehdä reitinvalintoja että toteuttaa ne sujuvasti. Fyysiseltä suorituskyvyltä pitkä matka vaatii paljon usein raskaan maastopohjan ja pitkän keston takia. (International Orienteering Federation, Foot Orienteering Competition Rules 2011, Appendix 6.)



Sprinttisuunnistuksessa käytetään erityiskuvauksin tehtyä karttaa, joka mahdollistaa kartanluvun ja suunnistustehtävien ratkaisun kovassa vauhdissa. Sprinttikartan mitta-kaava on 1:4000 tai 1:5000, kun se perinteisessä suunnistuksessa on 1:10 000. Sprintissä siis 1 cm kartalla vastaa 40 tai 50 metriä maastossa, kun taas perinteisemmässä metsäsuunnistuksessa 1 senttimetri kartalla tarkoittaa 100 metriä maastossa. (International Orienteering Federation, Foot Orienteering Competition Rules 2011, Appendix 6.) Sprinttisuunnistuksessa on myös kiellettyjä kohteita, esimerkiksi vaarallisia alueita, jotka on merkitty karttaan tietyin symbolein. Karttaan merkittyä kulkuestettä tai kiellettyä aluetta ei saa käyttää kulkureittinään, ei ylittää, alittaa eikä mennä lävitse (Suomen suunnistusliitto, Suunnistuksen lajisäännöt 3.631, 2011.) Lista sprinttisuunnistuksessa kielletyistä kohteista löytyy liitteestä 1.

### 3.2 Fyysisen suorituskyvyn tekijät

*Kestävyys.* Sprinttisuunnistusta ei juuri ole tutkittu mutta muissa saman kestoisissa kestävyysurheilulajeissa suorituksen intensiteetti on noin 90 - 95 %  $VO_{2max}$ :sta (Nikulainen & Eriksson 2008, 13). Truhponen (2010) tarkasteli kilpailuvauhtisen sprinttisuunnistuksen fysiologisia vaatimuksia. Keskisyke suorituksen aikana oli hieman anaerobista kynnystä matalampi koko suorituksen ajalta mitattuna, kun taas laktaatti oli merkitsevästi yli kynnyksen (7,0 mmol/l). Nämä tulokset tukivat aiempia tutkimuksia siitä, että helposti juostavassa maastossa laktaatti voi nousta hyvinkin korkealle (Bird ym. 2002).

Hapenkulutus kilpailuvauhtisen metsäsuunnistussuorituksen aikana suhteessa matalampi kuin ratajuoksumatkoilla 1500 metristä 5000 metriin. Kyseisillä ratamatkoilla hapenkulutus on hyvin lähellä  $VO_{2max}$ :ia tai jopa yli. (Moser ym. 1995.) Kuitenkin erityisesti kaupunkiympäristössä juostavaa sprinttisuunnistusta voidaan verrata joiltain osin 5000 metrin juoksuun (Nikulainen & Eriksson 2008, 14). Puolimaratonin tai pidempien matkojen juoksijoilla hapenkulutus 5000 metrin ratatestin aikana on noin 90 % maksimiha-penotosta tai hieman alle. Testin lopussa hapenotto nousee selvästi yli 90 %  $VO_{2max}$ :sta. Syke viiden kilometrin testijuoksussa on hieman alle 190 miehillä ja naisilla jopa sen yli, mikä tarkoittaa jopa 100 % maksimisykkeestä. Laktaatti nousee yli 10 mmol/l juoksun loppuvaiheessa. Laktaatin nouseminen loppua kohden johtuu anaerobisen energiantuotannon lisääntymisestä. (Ramsbottom ym. 1992.) Kovavauhtisessa ja suunnistustek-

nisesti helpossa maastossa syke on korkeampi kuin hidaskävellessä ja suunnistuksellisesti vaikeammassa maastossa (Bird ym. 1993).

Hyväkuntoisilla miessuunnistajilla maksimaalinen hapenotto 10 kilometrin ratajuoksun aikana nousee korkeammaksi verrattuna mattotestiin (64,2 ml/kg/min vs. 68,5 ml/kg/min). Ero on pienempi kovempitasoisilla juoksijoilla. Laktaatti nousee yli 10 mmol/l. Hapenkulutus anaerobisella kynnyksellä on noin 56 ml/kg/min. Maksimaalinen sekä aerobinen ja anaerobinen kynnyshapenottokyky korreloivat vahvasti 10 kilometrin ratajuoksun suorituskyvyn kanssa. (Paavolainen ym. 1999a.) 5000 metrillä sekä laktaatti että  $VO_{2max}$  nousevat samaan kuin 10 kilometrin matkalla (Paavolainen ym. 1999b).

*Voimantuotto.* Sprinttisuunnistuksessa voimantuotannollisena haasteena ovat voimakkaat jarrutuksen ja kiihdytyksen rastille tultaessa ja sieltä lähdettäessä. Tästä syystä sprinttisuunnistuksessa tarvittaneen enemmän räjähtävää voimantuottoa ja tyypin 2 nopeita lihassoluja kuin muilla suunnistusmatkoilla. Voimakkaammat urheilijat, jotka joutuvat käyttämään suhteessa vähemmän voimaa kiihdytyksiin ja jarrutuksiin rasteilla, pystyvät toimimaan tehokkaammin koko kilpailun ajan. (Nikulainen & Eriksson 2008, 16.)

Maksimaalinen juostunopeus maksimaalisessa anaerobisessa juoksumattotestissä (MART) on 6,57 m/s miessuunnistajilla, ja laktaatti hieman yli 12 mmol/l. 20 metrin juoksumattotestissä maksimaalinen nopeus on 8,15 m/s. 5000 metrin ratajuoksussa keskimääräinen kontaktiaika on 203 ms, kun se 20 metrin testissä samoilla urheilijoilla on 128 ms, askeltiheyden ollessa noin 4 Hz. Viiden kilometrin ratatestin keskimääräinen nopeus korreloi MART:n loppunopeuden, 5000 metrin kontaktiajan sekä 20 metrin juoksumattotestien nopeuden, kontaktiajan, askeltiheyden sekä jarrutusvaiheen keston kanssa. (Paavolainen ym. 1999b.)

### **3.3. Psyykkiset tekijät**

Suunnistuksessa fyysisesti kovan rasituksen alaisena pitää pystyä havainnoimaan ympäristöä ja karttaa, sovellettava niitä toisiinsa ja kyettävä erottamaan oleellinen epäoleellisesta. Saavuttaakseen hyvän lopputuloksen pitää suunnistajan pystyä keskittymään, ren-

toutumaan, luomaan mielikuvia sekä hallitsemaan pelkojaan ja odotuksiaan koko suorituksen ajan. Hänen on myös luotettava itseensä ja taitoihinsa menestyäkseen. Suorituksen maksimoimiseksi urheilijan on kyettävä hallitsemaan paitsi keskittymistään lähdöstä maaliin, osattava säädellä etenemisvauhtiaan ja kyettävä tarvittaessa myös pysähtymään. (Kärkkäinen & Pääkkönen 1986, 55, 63, 77.)

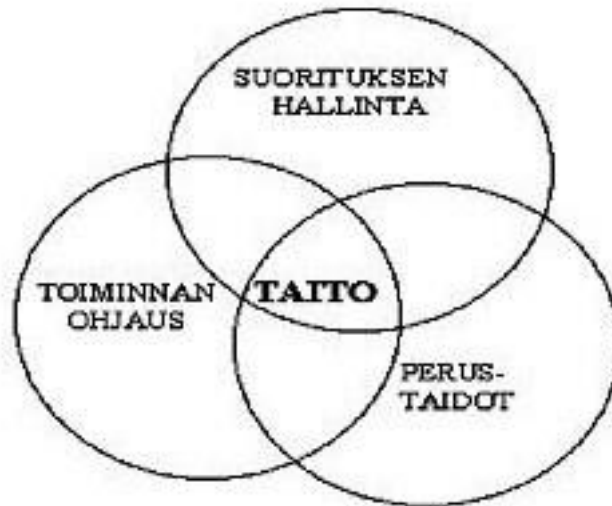
Juoksu metsämaastossa on vaikeaa ja vaatii huomiointikykyä. Kartan ja maaston seurannan lisäksi se on yksi suunnistukseen vaikuttava psyykkinen tekijä. Liukastuminen voi aiheuttaa ajan menetystä tai jopa loukkaantumisen. Urheilijan täytyy kiinnittää koko ajan huomiota tasapainoon ja askelen sovittamiseen maastossa. Maaston ennakointi, suunnitelman tekeminen ja yksinkertaistaminen eli oleellisten kohteiden oivaltaminen ovat tekijöitä, joiden avulla suunnistaja voi maksimoida suunnistussuorituksensa onnistumisen ja voi muistaa mahdollisimman paljon asioita kerralla. (Eccles ym. 2002.)

Sprintissä suunnistustehtävät on pystyttävä ratkaisemaan täydessä juoksuvauhdissa (International Orienteering federation, Foot Orienteering Competition Rules 2011, Appendix 6). Sprinttisuunnistuksessa suunnistajan on kyettävä nopeisiin päätöksiin, ja kyettävä toimimaan myös paineen alla, sillä sprinttisuunnistuksen tapahtuessa puistoissa ja kortteleissa lähellä asutusta, yleisöä ja muita ihmisiä saattaa kilpailualueella liikkua runsaastikin. Suunnistus ei varsinaisesti ole mikään yleisölaji, eikä yleisöön ole metsäsuunnistuksessa ole totuttu. Sprintti tuo lajin asutuksen keskelle ja näin ollen myös ihmisiä on suorituksen varrella enemmän. Yleisö luo urheilijalle myös psyykkistä stressiä, jota on kyettävä käsittelemään. (Nikulainen & Eriksson 2008, 23, 27.)

### **3.4 Taidolliset tekijät**

Suunnistustaidot ovat keinoja, jotka suunnistajalla on suorituksen aikana käytössään. Näitä taitoja ovat mm. kartanluku, kompassin käyttö, vauhdin säätely ja matkan arviointi. (Kärkkäinen & Pääkkönen 1986, 11.) Suunnistustaito koostuu kolmesta päätekijästä: perustaidoista, toiminnan ohjauksesta ja suorituksen hallinnasta (kuva 2). Perustaidot ovat suunnistustaidon perusta ja niistä alkaa suunnistuksen opettelu. Perustaitoja ovat muun muassa kartanluku ja kompassin käyttö. Toiminnan ohjausta ovat sisäiset ajatusmallit, jotka ohjaavat toimintaa. Tämä tapahtuu perustaitojen oppimisen myötä eli toisin

sanoen perustoimintamallit automatisoituvat. Suorituksen hallintaa taas ovat oman ajattelun tunteminen, kontrollointi ja analysointi. Suorituksen hallintaan kuuluvat muun muassa suunnistajan itseluottamus, persoonallisuus, keskittyminen ja motiivit. Yhdessä perustaidot, toiminnan ohjaus ja suorituksen hallinta luovat suunnistustaidon. (Nikulainen ym. 1995, 1-1, 3-40, 4-32, 5-1.)



KUVA 2. Suunnistustaidon määritelmä (Nikulainen ym. 1995, 1-2)

Sprinttisuunnistuksessa taidolliset vaatimukset yhdistyvät kovaan nopeuteen. Taidollisia ominaispiirteitä ovat vaatimus nopeisiin päätöksiin, reitinvalinnat, yksikertaiset rastipisteet, kovavauhtinen maasto, pienet korkeuserot, suuret rastimäärät ja yleisöstä aiheutuva paine. (Nikulainen & Eriksson 2008, 23). Sprinttisuunnistuksen tavoitteena on yhdistää puisto- ja metsäsuunnistuksen erityispiirteitä, siten että reitinvalinnoista ja niiden toteuttamisesta saadaan kuitenkin riittävän haastavia ja yksityiskohtaisia. (Suomen suunnistusliitto, Suunnistuksen lajisäännöt 2011, 7.32). Sprinttisuunnistusradan tulee olla sellainen, että kilpailijan on mahdollista sekä ratkaista suunnistustehtävät että edetä rastille saakka täydellä vauhdilla. Suunnistus perustuu pääasiassa reitinvalintojen tekoon, ja suunnistustehtävät pyritäänkin sijoittamaan enemmän rastiväleille kuin rastipaikkoihin (kuva 3). Sprinttikartan on tärkeä olla laadittu oikeilla kuvausohjeilla, jotta sen lukeminen kovassa vauhdissa on mahdollista. (Suomen suunnistusliitto, Sprinttisuunnistuksen määritelmä 2011.)

Keskimatalla, toisin kuin sprintissä suunnistustehtävät sijoittuvat paitsi rastivälien toteutukseen niin myös rastin ympäristöön. Rastipisteet usein ovat haastavia, eikä isoja



KUVA 3. Lyhyellä rastivälillä 7-8 on jopa kolme reitinvalintavaihtoehtoa (yhteinäinen, katkoja ja pisteviiva). Kartta on Ruotsin mestaruuskilpailujen sprintin finaalista huhtikuulta 2011. (Mukaeltu, Österbö 2011).

virheitä rastityöskentelyssä sallita. Maasto on suunnistusteknisesti vaihtelevaa, ja suunnistajan onkin osattava sopeuttaa vauhtinsa sopivaksi maastonkohan mukaan. Pitkällä matkalla suunnistustehtävät ovat vaihtelevia ja sijoittuvat sekä rastiväleille että rastipisteisiin. Reitinvalintoja on yleensä useita ja rastipisteet voivat olla vaikeita. Lisäksi keskimatkaa pienempi kartan mittakaava luo oman haasteensa suunnistukselle. Matkan ollessa pitkä, on kyettävä keskittymään suunnistukseen väsyneenä, sekä ylläpitämään etenemisvauhtia raskaassakin maastossa. (International Orienteering Federation, Foot Orienteering Competition Rules 2011, Appendix 6.)

Sprinttisuunnistuksessa suunnistustehtävien sijoituessa rastiväleille on kyky valita ja toteuttaa parhaat reitit nousevat oleellisimmaksi osaksi suorituksen onnistumisen kannalta. (International Orienteering Federation, Foot Orienteering Competition Rules 2011, Appendix 6.) Oikean reitin valinta korostuu erityisesti pitkillä rastiväleillä (Kärkkäinen & Pääkkönen 1986, 52). Sprinttisuunnistuksessa on usein reitinvalintavaihtoehtoja myös lyhyillä rastiväleillä (kuva 3). Nämä valinnat ovat yleensä lähes yhtä nopeita, jolloin nopea päätöksenteko nousee merkittävimpään asemaan. Koska sprinttisuunnistuksessa erot ovat pieniä, jo muutaman sekunnin ero reitinvalinnassa voi ratkaista kilpailun. (Truhponen & Tervo 2010.)

Suunnistustoimintoihin käytettävä aika on noin 11 - 13 % kokonaissuoritukseen käytettävästä ajasta maastomatkoilla, kuten pika- ja normaalimatalla (Moser ym. 1995, Väisänen 2002). Suunnistustehtäviin kuluvaan aikaan voidaan arvioida, kun juostaan suunnistuskilpailun jälkeen sama rata uudestaan merkattua reittiä pitkin ja lasketaan matkaan käytettyjen aikojen erotus. Kun otetaan huomioon suunnistuksen virheet ja verrataan sen jälkeen maastojuoksun ja virheettömän suunnistuksen välistä suoritusta, suunnistustehtäviin käytetään aikaa noin 13 % kokonaisajasta normaalimatalla ja 15 % pikamatalla. Miehet tarvitsevat aikaa suunnistustehtäviin hieman vähemmän kuin naiset. (Moser ym. 1995, Gjerset ym. 1997.)

Kokeneemmat suunnistajat käyttävät kokonaisuudessaan lähes puolet vähemmän aikaa kartanlukuun suorituksen aikana kuin kokemattomat. Suhteellinen osuus suorituksen kokonaiskestosta on lähes sama. 73 % ajasta, jonka kokeneemmat suunnistajat käyttävät kartanlukuun, he ovat myös liikkeessä. Kokemattomammilla suunnistajilla osuus on vain 38 %. Kokeneemmat lukevat karttaa useammin, mutta vähemmän aikaa kerrallaan. He pystyvät yhdellä vilkaisulla sisäistämään enemmän asioita kartasta suuremman kokemuksensa ja automaattiseksi käyneiden ajatusmallien ansiosta. Kokeneemmat suunnistajat ovat myös pysähdyksissä suorituksen aikana vähemmän kuin kokemattomimmat suunnistajat. (Eccles ym. 2006.)

Kognitiivinen ajattelu vaatii aikaa, ja tämän vuoksi jatkuva kartanluku ja päätöstenteko pakottavat hidastamaan vauhtia. Pikamatalla rastien välinen matka on lyhyempi kuin pitkällä matkalla, suunnanmuutoksia on enemmän, niin sanottua helppoa suunnistusta vähemmän ja rastipisteet vaikeampia. Tämän vuoksi pikamatalla tarvitaan enemmän aikaa suunnistustehtäviin kuin pitkällä matkalla. Ajatteluprosessi muuttuu automaattisemmaksi harjoittelun myötä ja paremmat suunnistajat käyttävätkin vähemmän aikaa suunnistustehtäviin. (Gjerset ym. 1997.) Pelkässä suunnistusjuoksussa intensiteetti on korkeampi kuin suunnistuksessa ja esimerkiksi laktaatti voi nousta yli 30 % korkeammaksi suunnistusjuoksussa kun suunnistuksessa samalla radalla (mm. Nivukoski 2006). Myös virheiden määrä ja kesto suunnistuksen aikana kasvaa intensiteetin noustessa yli anaerobisen kynnyksen. Tämä johtuu siitä, että korkean kognitiivisen ajattelun tason ylläpitäminen ei ole mahdollista suurella intensiteetillä urheiltaessa. (Gjerset ym. 1997.)

## 4 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGEMAT

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, mitä fysiologisia ja voimantuotannollisia vaatimuksia sprinttisuunnistus asettaa urheilijalle, ja mitkä tekijät erottavat naiset ja miehet toisistaan. Samalla tarkastellaan, korreloivatko joku tai jotkin laboratoriotesteissä mitatuista fyysisen suorituskyvyn ominaisuuksista sprinttisuunnistus suorituksen kanssa.

Tutkimusongelmat ja hypoteesit:

1. Mitkä tekijät erottavat naiset ja miehet toisistaan sprinttisuunnistuksessa?

Hypoteesi: Naisilla maksimihapenotto on matalampi, anaerobinen kynnysvauhti heikompi sekä maksimi- ja nopeusvoimaominaisuudet huonommat kuin miehillä.

2. Kuinka paljon suunnistaja käyttää aikaa suunnistustehtäviin sprinttisuunnistus suorituksen aikana?

Hypoteesi: Suunnistaja käyttää aikaa suunnistustehtäviin noin 10 % suunnistuksen kokonaisajasta.

3. Eroavatko kilpailuvauhtisen sprinttisuunnistussuorituksen aikaiset akuutit syke- ja laktaattivasteet anaerobisen kynnyksen syke- ja laktaatiarvoista?

Hypoteesi: Laktaatiarvot sprinttisuunnistussuorituksen aikana ovat merkitsevästi korkeammat kuin anaerobisen kynnyksen arvot mutta sykearvoissa ei ole merkitsevää eroa anaerobiseen kynnysyyskkeeseen nähden.

4. Korreloivat seuraavat muuttujat suunnistussuorituksen ajan kanssa?

- i) Nopeusvoimaominaisuudet (kevennys- ja pudotushypyn nousukorkeus, 5-loikan pituus)?
- ii) Alaraajojen maksimivoima (staattinen + dynaaminen)?
- iii) Juoksun anaerobinen kynnysvauhti?

Hypoteesi: Nopeusvoimaominaisuudet ja juoksun anaerobinen kynnysvauhti korreloivat suunnistussuorituksen ajan kanssa.

## 5 MENETELMÄT

### 5.1 Koehenkilöt

Tutkimukseen osallistui yhteensä 16 koehenkilöä, joista kahdeksan oli naisia ja kahdeksan miehiä. Heidän keski-ikänsä oli  $22,9 \pm 4,7$  vuotta (naiset  $21,8 \pm 3,3$ , miehet  $24,0 \pm 5,8$ ). Koehenkilöiden taustatiedot löytyvät taulukosta 3. Tutkimukseen osallistuneista urheilijoista naiset kuuluivat Suomessa parhaan 50 urheilijan joukkoon, yhden kuulussa vielä ikäkausiryhmiin ja ollessa viiden parhaan joukossa ikäluokassaan. Miesten taso vaihteli enemmän kaikkien kuulussa kuitenkin Suomen tasolla parhaimpaan kolmannekseseen.

TAULUKKO 3. Laboratoriotesteihin osallistuneiden koehenkilöiden taustatiedot.

	Kaikki (N=12)	Naiset (N=6)	Miehet (N=6)
Pituus cm	169,2 ( $\pm 6,0$ )	164,2 ( $\pm 4,0$ )	174,2 ( $\pm 1,9$ )
Paino kg	59,6 ( $\pm 7,1$ )	55,1 ( $\pm 5,6$ )	64,1 ( $\pm 5,7$ )
Rasva-%	11,6 ( $\pm 5,0$ )	15,0 ( $\pm 4,9$ )	8,2 ( $\pm 1,9$ )

Kaikki testit tehneitä naisia oli kuusi ja miehiä viisi. Loukkaantumisista ja aikataulu-  
päällekkäisyyksistä johtuen kahdeksasta nais- ja mieskoehenkilöstä laboratoriotesteihin osallistui molemmista sukupuolista kuusi. Yhtä miestä lukuun ottamatta kaikki osallistuivat sprinttisuunnistustestiin.

Koehenkilöille lähetettiin ennen testiajankohtaa kirjallinen tiedote tutkimuksesta (liite 2). Tiedotteesta kävi ilmi tutkimuksen tarkoitus, tehtävät testit sekä testien mahdolliset hyödyt ja haitat. Lisäksi koehenkilöille lähetettiin valmistautumisohjeet testeihin (liite 3). Testeihin tullessaan he täyttivät esitieto- ja suostumuslomakkeen, jolla he vakuuttivat olevansa terveitä ja antoivat luvan käyttää testituloksiaan tieteellisessä tutkimuksessa. Jyväskylän yliopiston eettinen toimikunta antoi puoltavan lausunnon tutkimukselle keväällä 2012.



## 5.2 Testausasetelma

Kaikki testit tehtiin Jyväskylässä kesällä 2012. Valtaosa testeistä sijoittuu touko-kesäkuuhun. Koehenkilöt tekivät kaksi erillistä testikokonaisuutta. Ensimmäiseen kuuluivat sprinttisuunnistus- ja reserviaikatesti, joilla tarkasteltiin sprinttisuunnistussuorituksen akuutteja vasteita sykkeeseen, laktaattiin ja nopeusvoimaominaisuuksiin, ja toiseen laborioritestit, joilla mitattiin sprinttisuunnistajan voima-, nopeus- ja kestävyysominaisuuksia. Laborioritestit tehtiin liikuntabiologian laitoksella ja Hipposhalissa, ja kenttätестit suoritettiin Mattilanniemen ja Ylistönrinteen kampus-alueilla. Tutkimusajanjakso sisälsi suunnistuksen Euroopan mestaruuskilpailut, kaksi Suomenmestaruuskilpailua sekä Jukolan ja Venlojen viestin. Kaikille koehenkilöille nämä kilpailut olivat kevään ja alkukesän tärkeimpiä kilpailuita. Tämä tarkoittaa, että koehenkilöt olivat testijakson aikana hyvin lähellä mahdollista huippusuorituskykyään.

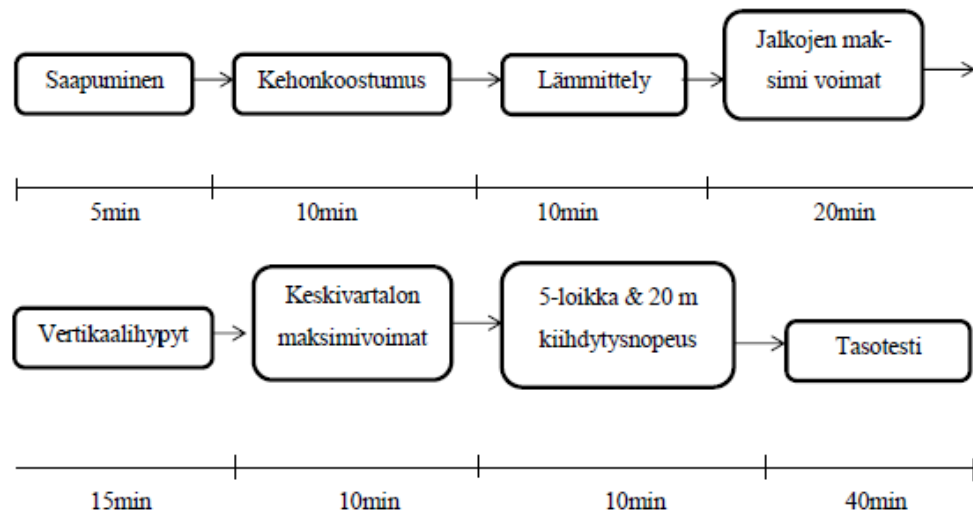
Laboratorio- ja kenttätестit tehtiin kahtena erillisenä päivänä. Sprinttisuunnistustestillä oli kolme mahdollista suoritusajankohtaa, joista kukin koehenkilö valitsi itselleen parhaiten sopivan. Kaikki kenttätестipäivämäärät sijoittuivat puolentoista viikon (11 päivää) sisälle. Laborioritestit sovitettiin koehenkilöille sopiviin aikoihin. Laboratorio- ja kenttätестin välissä oli koehenkilöstä riippuen pääasiassa yhdestä päivästä kahteen viikkoon. Yhdellä koehenkilöllä testien välinen aika oli 3,5 kuukautta, jolloin testien aikainen kuntotilanne määritettiin kyselemällä. Kaksi kolmasosaa ( $n=7$ ) koehenkilöistä teki laborioritestit ensin ja yksi kolmasosa ( $n=4$ ) kenttätестit ennen laborioritestejä.

## 5.3 Laborioritestit

Laborioritesteissä mitattiin kehonkoostumusta, alaraajojen isometristä ja dynaamista (1RM) maksimivoimaa (LeBrasseur ym. 2008), keskivartalon ojennuksen ja koukistuksen isometristä maksimivoimaa, alaraajojen nopeusvoimaominaisuuksia erilaisilla hyppyillä (Komi & Bosco 1978), kiihdytysnopeutta sekä maksimaalista hapenottoa ja aerobista ja anaerobista kynnysvauhtia  $VO_{2max}$  testissä. Koehenkilöitä ohjeistettiin tekemään alkuverryttelyt ennen testiajankohtaa, mutta myös testiaikatauluun varattiin hetki aikaa lämmittelylle. Laborioritesti-protokollan aikataulutusta selviää kuvasta 4.

### 5.3.1 Voima

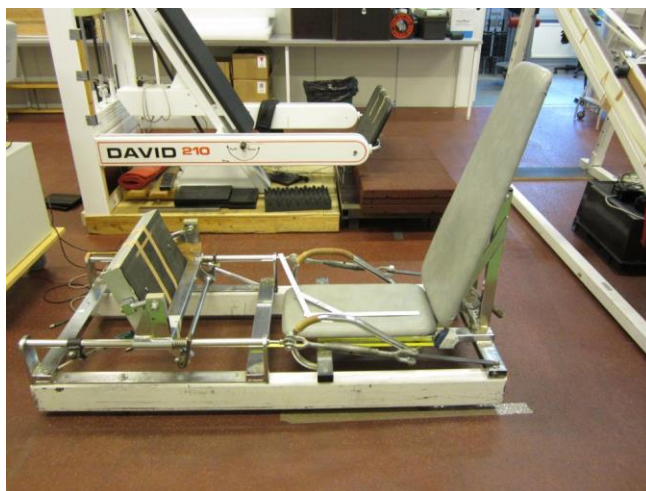
*Maksimivoimat.* Alaraajojen isometrinen maksimivoima mitattiin jalkadynamometrillä (kuva 5). Polvikulma suorituksen aikana oli 107 astetta. Jokainen koehenkilö teki kolme (3) yritystä. Neljäs suoritus tehtiin, mikäli maksimivoima vielä kolmannessa suorituksessa kasvoi merkittävästi (yli 5 %) edelliseen parhaaseen suoritukseen verrattuna. Paras tulos otettiin tarkasteluun ja siitä määriteltiin myös voimantuottonopeuksia (RFD). Suoritusten välissä pidettiin yhden (1) minuutin palautus. Urheilijoita ohjeistettiin siihen, että he pyrkisivät tuottamaan maksimivoiman mahdollisimman nopeasti ja pitämään sitä yllä 2 – 3 sekunnin ajan.



KUVA 4. Laboratoriotestiprotokolla.

Alaraajojen dynaamista maksimivoimaa mitattiin David 210 –jalkaprässillä (kuva 5). Testin alussa tehtiin kaksi lämmittelysarjaa. Isometrisen maksimivoiman tuloksia käytettiin hyödyksi arvioimaan mahdollista dynaamista maksimivoimaa ja sen avulla määrittämään lämmittelysarjojen kuormat. Ensimmäisellä kuormalla, joka oli noin 60 % oletetusta maksimivoimasta, tehtiin viisi (5) toistoa, ja toisella, n. 80 % oletetusta maksimivoimasta, kolme (3) toistoa. Tämän jälkeen painoa lisättiin niin kauan, kunnes maksimivoima saavutettiin. Tavoitteena oli saavuttaa maksimivoima 3 - 5 toiston aikana. Maksimivoima määritettiin viiden (5) kilon tarkkuudella. Suoritusten välissä pidettiin kahden minuutin palautus.

Keskivartalon isometristä maksimivoimaa mitattiin keskivartalodynamometrillä. Maksimaalisessa ojennuksessa koehenkilö seiso kasvat kohti laitetta, jolloin mittausanturi asetettiin hänen rintalastansa kohdalle, yläreuna hieman alle solisluun. Alempi tuki oli



KUVA 5. Edessä jalkadynamometri maksimaalisen isometrisen voimamittaamiseen, takana jalkaprässi maksimaalisen dynaamisen voiman mittaamiseen.

lantion kohdalla (kuva 6). Ohjeistus testiin oli samalla tavoin kuin alaraajojen isometrisessä maksimivoimatestissä. Maksimaalisessa vartalon koukistuksessa koehenkilö pyrki työntämään mittausanturia mahdollisimman maksimaalisesti eteenpäin käden vartalon sivuilla. Vartalon ojennuksessa koehenkilö seiso selin mittauslaitteeseen ja pyrki työntämään mittausanturia mahdollisimman maksimaalisesti taaksepäin. Asetukset ojennustestissä olivat samat kuin koukistuksessa. Lantio tuettiin molemmissa testeissä liikkumattomaksi vyön avulla.

*Nopeusvoima.* Alaraajojen nopeusvoimaominaisuuksia testattiin neljällä eri vertikaalisella, ja yhdellä horisontaalisella hypyllä. Vertikaalihyppyjä olivat staattinen hyppy, kevennyshyppy ja pudotushyppy 40 ja 60 senttimetrin korkeudelta. Horisontaalisena hyppynä suoritettiin vauhditon 5-loikka.

Vertikaalihyppy suoritettiin voimalevyllä, jonka päällä oli kontaktimatto (kuva 7). Lentoaika mitattiin sekä voimalevyn että kontaktimaton avulla. Kenttätestiolosuhteissa vertikaalihyppy tehtiin kontaktimatolla, jonka takia jo tässä vaiheessa tarkasteltiin, että kontaktimatto antoi vastaavia lentoaikoja kuin voimalevy. Kaikissa vertikaalihyppyissä oli

ohjeistuksena pitää käden lanteilla ja jalat lantion levyisessä haara-asennossa. Staattisessa hypyssä mentiin kyykkyyyn, polvet 90 asteen kulmaan, jossa pysyttiin 2-3 sekuntia ja



KUVA 6. Koehenkilö valmiina keskivartalodynamometrissä vartalon koukistusta varten.

ponnistettiin sen jälkeen suoraan ylös. Kevennyshypyn alkuasennossa seisottiin suorana, ja suorituksessa tehtiin terävä kevennys (polven noin 90 asteen polvikulmaan) ja ponnistettiin kyykystä välittömästi ylös. Pudotushypyt tehtiin kahdelta eri portaalta, joiden korkeudet olivat 40 ja 60 senttimetriä. Portaalta astuttiin alas ja pyrittiin tekemään mahdollisimman terävä ja nopea ponnistus ylös. Pudotushypyissä polvet pyrittiin pitämään mahdollisimman suorana, jolloin ponnistustyö tehtiin pääasiassa pohkeilla. Hypyistä mitattiin lentoaikaa, jonka avulla määritettiin hypyn nousukorkeus kaavalla:

$$h = gt^2 * 8^{-1} \text{ (m)},$$

jossa h on hypyn nousukorkeus, g putoamiskiihtyvyys ( $9,81\text{m*s}^{-2}$ ) ja t hypyn lentoaika (s).



KUVA 7. Kevennyshypyn lentovaihe. Koehenkilön edessä näkyy portaat, joita käytettiin pudotushypyissä. Pudotushyppyt tehtiin ensimmäiseltä ja toiselta portaalta.

Vauhdittomalla 5-loikalla mitattiin nopeusvoimaa horisontaalisesti. Testissä koehenkilö ponnisti tasajalkaa, otti viisi loikkaa, joista tasajalkaponnistus laskettiin ensimmäiseksi, ja laskeutui kahdelle jalalle. Testissä mitattiin eteenpäin edetty matka.

### 5.3.2 Kestävyys

Aerobista kestävyyttä mitattiin maksimaalisella hapenoton ( $VO_{2max}$ ) testillä Hipposhalissa kannettavan hengityskaasuanalysointilaitteen avulla (VIASYS Healthcare GmbH, Germany) (kuva 8). Testi juostiin 200 metrin radalla. Koehenkilöt juoksivat testissä 5-8 kertaa 1000 metriä kiihtyvällä vauhdilla, joista viimeinen oli maksimi. Nopeutta testissä ohjattiin valojäniksen avulla viimeistä kuormaa lukuun ottamatta. Maksimi juostiin ilman valojänisohjausta omalla vauhdinjaolla.

Hapenottoa mitattiin Oxygen Pro –ohjelman avulla. Koko testin ajan mitattiin hengityskaasumuuttujia, kuten ventilaatiota, hapenottoa ja hiilidioksidin tuottoa. Sykettä mitattiin myös koko testin ajan sykemittarilla. Koehenkilöä ohjeistettiin katsomaan sykettä

jokaisen kuorman viimeisen kierroksen aikana, ja raportoimaan keskiarvosyke kuorman jälkeen. Käytössä olleet mittarit olivat Polar RS400 (Suomi) ja Garmin Forerunner (USA) -sykemittarit. Jokaisen kuorman jälkeen koehenkilöltä otettiin verinäyte sormenpäästä laktaattiarvon määrittämiseksi. Testin jälkeen jokaiselta koehenkilöltä määritettiin heidän aerobinen ja anaerobinen kynnysvauhtinsa, -sykkeensä, ja -hapenottonsa.



KUVA 8. Laktaatinotto kuormien välissä  $VO_{2max}$ -testissä.

### 5.3.3 Muut laboratoriotestit

Tutkimuksessa mitattiin koehenkilöiden kehonkoostumusta Inbody 720 -laitteella. Pituus mitattiin ennen Inbody- mittausta seinän vieressä mittanauhalla. Koehenkilö seiso suorana kantapäät kiinni seinässä ja jalat yhdessä. Inbodylla mitattiin kehon massa, rasva- ja lihasmassat, sekä kehon rasvaprosentti. Koehenkilö seiso rauhallisesti paikoillaan koko mittauksen ajan, jalat ja kädet vartalosta irrallaan. Kehonkoostumus mitattiin laboratoriotestiprotokollan aluksi.

Laboratoriotesteihin kuului myös 20 metrin kiihdytystesti Hipposhallissa. Matkaan kulunut aika mitattiin valokennoilla (Yeadon ym. 1999). Kohenkilö oli lähtöasennossa

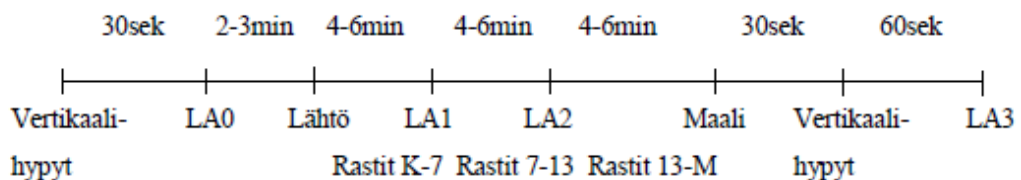
noin 70 senttimetrin päässä ensimmäisestä valokennosta, josta hän kiihdytti mahdollisimman nopeasti maksimivauhtiinsa. Toinen valokenno oli 20 metrin päässä ensimmäisestä. Kiihdytystesti juostiin maksimi- ja nopeusvoimatestien jälkeen ennen maksimihaipenotontestiä. Testi juostiin lämmittelyn jälkeen 1 – 2 kertaa.

## 5.4 Kenttätестit

Kenttätестejä olivat sprinttisuunnistustesti ja reserviaikatesti. Sprinttisuunnistustesti oli simuloitu kilpailunomainen suoritus. Reserviaikatestissä juostiin sama rata uudestaan muutaman tunnin palautuksen jälkeen. Testin tavoitteena oli määrittää aikaa, jonka urheilija käyttää suunnistustehtäviin sprinttisuorituksen aikana. Testit juostiin Jyväskylän yliopiston kampusalueilla Mattilanniemessä ja Ylistönrinteellä. Lähtö- ja maalipaikkana toimi Agora-rakennus Mattilanniemessä. Testimahdollisuuksia oli kaiken kaikkiaan kolme, joista jokainen koehenkilö valitsi itselleen yhden parhaiten sopivan.

### 5.4.1 Sprinttisuunnistustesti

Kenttätестien testausasetelmaa selventää kuva 9. Ennen testin alkua hypättiin 2-3 kertaa staattisen ja kevennyshypyn kontaktimatolla. Vertikaalihyppyjen tavoitteena oli selvittää, miten kyseisen maksimaalinen sprinttisuunnistussuoritus vaikuttaa hermolihasjärjestelmän toimintakykyyn. Paras lentoaika muunnettiin hyppykorkeudeksi kaavalla  $gt^2 * 8^{-1}$ . Hyppyjen jälkeen otettiin lepolaktaattinäyte, jonka jälkeen koehenkilö sai luvan siirtyä lähtöpaikalle.



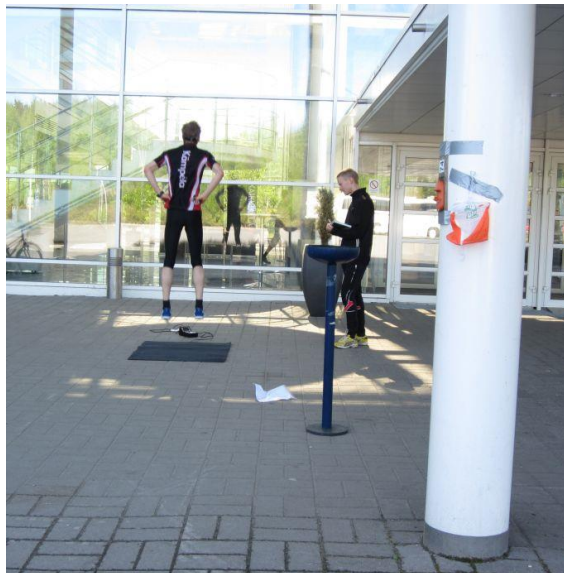
KUVA 9. Sprinttisuunnistustestiprotokolla.

Testissä suoritusaikaa mitattiin EMIT – leimausjärjestelmällä (elektroninen leimausjärjestelmä). Testi lähti käyntiin kun testaaja antoi tähän luvan ja koehenkilö nollasi EMIT

– korttinsa. Kartan koehenkilö sai lähtöhetkellä EMIT – nollauksen tapahduttua. Lähtöväli reitille oli kolme (3) minuuttia.

Koehenkilö teki suorituksensa kilpailunomaisesti mahdollisimman maksimaalisesti. Suoritus keskeytettiin kahdesti matkan aikana (rastit 7 ja 13) laktaatin ottoa varten. Tullessaan rastille 7, koehenkilö leimasi normaalisti rastilla, oli kartan osoittamassa paikassa. Tämän jälkeen testaja ohjasi hänet laktaatinotto paikalle ja otti näytteen. Laktaatinoton aikana karttaa ei saanut katsoa. Näytteenoton jälkeen koehenkilö leimasi toisella leimasimella ja jatkoi suoritustaan. Sama toistui rastilla 13.

Maaliin tultuaan koehenkilö siirtyi välittömästi kontaktimatolle, jossa hyppäsi kaksi onnistunutta staattista ja kaksi kevennyshyppyä (kuva 10). Hyppyt aloitettiin 20 – 30 sekuntia maalintulon jälkeen ja tehtiin 5-10 sekunnin välein. Suorituksen jälkeinen laktaatti otettiin heti hyppyjen jälkeen, 1,5 – 2 minuuttia suunnistussuorituksen päättymisestä. Suorituksen jälkeen koehenkilöiden EMIT – kortit purettiin tietokoneelle EResults Lite –ohjelmaan väliaikojen tarkastelua varten.



KUVA 10. Suunnistussuorituksen maalileimasin näkyy pylväässä kuvan oikeassa laidassa, josta siirryttiin suoraan kontaktimatolle.

Testin aikana koehenkilö käytti sykemittaria ja GPS-tallenninta (Garmin Forerunner), joiden avulla saatiin tietoa sykkeestä ja kuljetusta reitistä. Sykemittari tallensi sykettä 1



tai 5 sekunnin tallennusvälillä. Syke- ja GPS-keräyksen koehenkilö aloitti lähtökellä tai hieman ennen sitä. Lähtökellä oli määriteltävissä GPS-käyrästä.

Käytössä ollut kartta (liite 4) oli virallinen sprinttisuunnistuskartta mittakaavassa 1:4000 ja 2 metrin käyrävälillä. Kartta oli Tuomas Karin ja Juha Sorviston tekemä syksyllä 2011. Mittausten alla tutkija kävi tarkastamassa ratasuunnittelun kannalta oleelliset paikat läpi ja muokkasi hieman kiellettyjä alueita. Radan pituus 2,5 km linnuntietä pitkin, ja rasteja sillä oli 19. Rata oli sama sekä naisille että miehille.

#### **5.4.2 Reserviaikatesti**

Kolme tuntia sprinttisuunnistustestin jälkeen juostiin aiemmin juostu sprinttisuunnistusradan uudestaan reserviaikatestinä. Reserviaikatesti suoritettiin täysin samoin kuin sprinttisuunnistustesti. Ennen suoritusta hypättiin staattinen ja kevennyshyppy ja otettiin lepolaktaatti, suorituksen aikana mitattiin laktaattia kahdesti, ja maalissa hypättiin jälkeä staattiset ja kevennyshyppy sekä otettiin suorituksen jälkeinen laktaatti. EMIT – kortit purettiin jälleä tietokoneelle.

Kenttätestin jälkeä koehenkilöt lähettivät sekä sprintti- että reserviaikatestin aikaiset syke- ja GPS-data tiedostonsa tutkijalle tarkastelua varten. Samalla he kertoivat arvionsa siitä, kuinka paljon he olivat tehneet virheitä suorituksiensa aikana, ja miten paljon niihin kului aikaa. Mukaan laskettiin vain selvät virheet, esimerkiksi rastista ohijuoksut. Hiljentelemisten ja pysähtymisten katsottiin kuuluvan suunnistussuoritukseen. Virheetöntä suunnistussuoritusaikaa käytettiin tarkasteltaessa mahdollisia korrelaatioita laboratoriotesteihin.

### **5.5. Analyysit**

Voimatestimuuttajat (maksimivoimat, RFD, hyppyjen lentoajat) analysoitiin manuaalisesti Signal 2.16-ohjelmalla. Kehonkoostumusmittauksen tulokset analysoitiin Lookin' Body (version LB03.1.3.2.55) ohjelmalla.

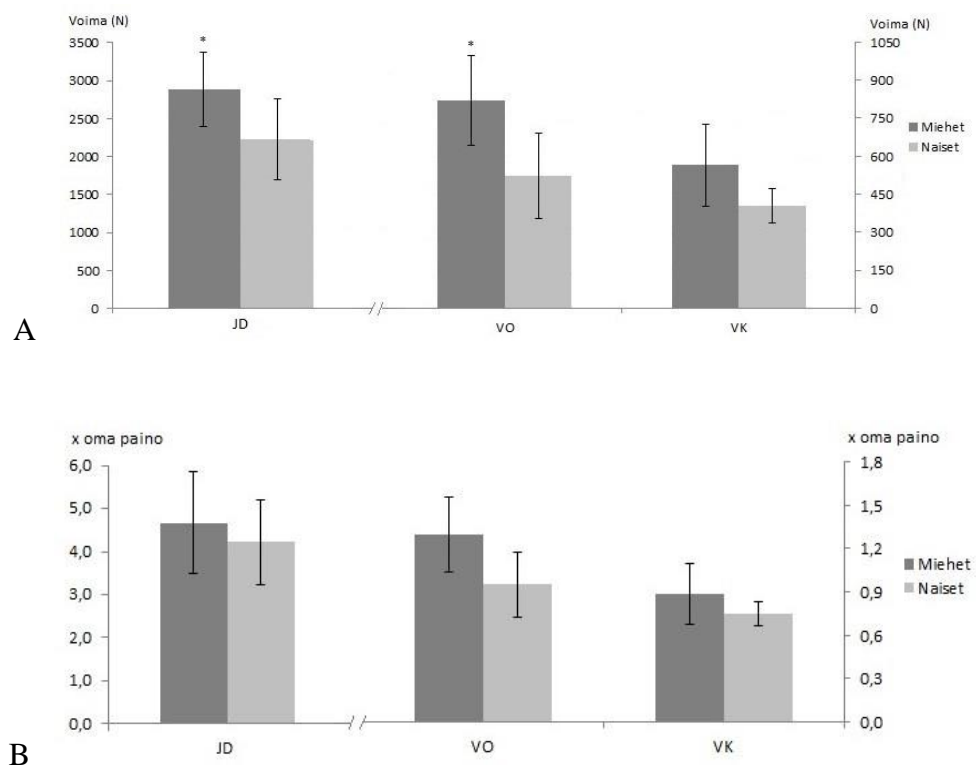
Syketiedostot luettiin sykemittareiden omilla ohjelmilla (Polar Pro Trainer ja Garmin ANT Agent). GPS-datat analysoitiin Quick Route – analysointiohjelmalla, jonne saatiin ladattua kartta taustakuvaksi ja GPS - käyrä kartan päälle. Sykedatan analysointiin käytettiin Microsoft Excel 2010 ja Polar ProTrainer –ohjelmia.

Tulosten tilastolliset analyysit tehtiin SPSS 20.0 (Statistical Package for the Social Sciences, SPSS Inc. Yhdysvallat) tietokoneohjelmalla. Analysoitujen muuttujien normaali-jakautuneisuutta tarkasteltiin Shapiro-Wilk-testillä. Myös jakauman symmetrisyyttä tarkisteltiin. Tilastollisissa analyyseissa käytettiin keskiarvoistuksia, toistomittausten t-testiä, Pearsonin korrelaatiota sekä toisistaan riippuvien ja riippumattomien ryhmien parametrittomia testejä. Tilastollisen merkitsevyyden raja tässä tutkimuksessa oli  $p < 0.05$ .

## 6 TULOKSET

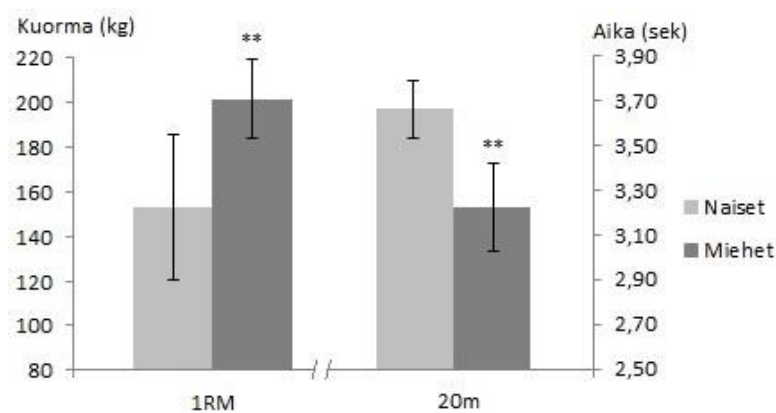
### 6.1 Laboratoriotestit

*Voimatestit.* Maksimivoimatesteissa havaittiin useita eroja naisten ja miesten välillä. Alaraajojen isometrinen maksimivoima erosi tilastollisesti merkitsevästi naisilla ja miehillä ( $p=0.025$ ) (kuva 11). Kun voimat suhteutettiin painoon, ei merkitsevää eroa enää havaittu ( $p=0.262$ ). Naiset pystyivät tuottamaan voiman, joka vastasi  $4,2 \pm 0,98$  kertaa heidän omaa painoaan, miesten vastaavan tuloksen ollessa  $4,7 \pm 1,2$  kertaa oma paino. Keskivartalon maksimaalinen isometrisessä ojennuksessa miehet pystyivät tuottamaan naisia merkitsevästi suuremman voiman ( $p=0.010$ ). Oman kehon painoon suhteutetussa voimassa ei sen sijaan havaittu tilastollista merkitsevyyttä. Koukistuksessa eroja ei havaittu. Myös 1RM:ssä havaittiin merkitsevä ero naisten ja miesten välillä ( $p=0.008$ ) (kuva 12)

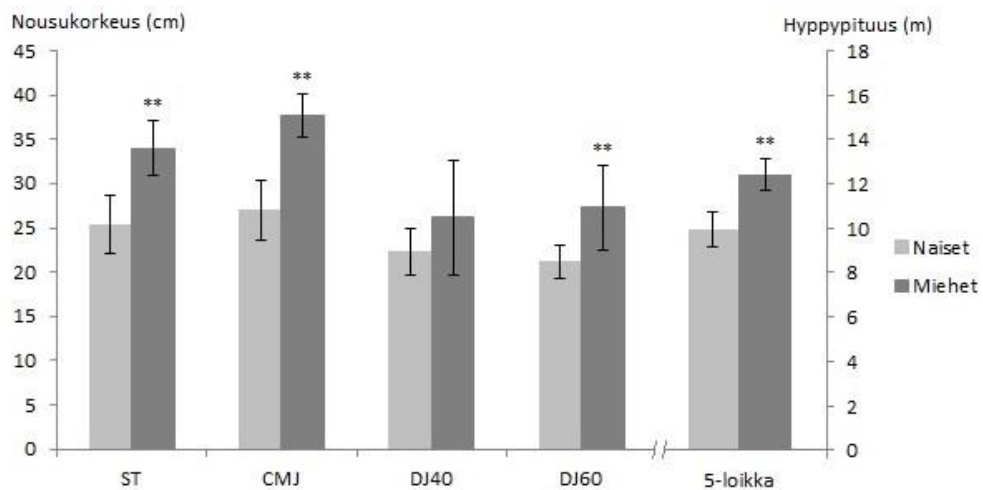


KUVA 11. Alaraajojen ja keskivartalon isometriset absoluuttiset (A) ja oma kehon painoon suhteutetut (B) maksimivoimat. Merkitsevät erot naisten ja miesten välillä. JD = jalkadynamometri, VK = vartalon koukistus, VO = vartalon ojennus. \*\* =  $p<0.01$ .

Nopeus- ja nopeusvoimatesteissä merkitsevä ero testituloksissa löydettiin naisilta ja miehiltä sekä staattisen ( $p=0.004$ ) ja kevennyshypyn ( $p=0.004$ ) että 60 senttimetrin korkeudelta tehdyn pudotushypyn ( $p=0.006$ ) väliltä (kuva 13). Horisontaalisena hyppynä suoritettussa vauhdittomassa 5-loikassa miesten hyppypituus  $12,43 \pm 0,71$  m on merkitsevästi naisten hyppypituutta  $9,98 \pm 0,79$  m suurempi ( $p=0.004$ ) (kuva 13). Lentävän 20 metrin keskimääräinen aika oli naisilla  $3,66 \pm 0,13$  sekuntia ja miehillä  $3,22 \pm 0,19$  sekuntia koko ryhmän keskiarvon ollessa  $3,44 \pm 0,28$  sekuntia. Ero naisten ja miesten välillä oli merkitsevä ( $p=0.004$ ) (kuva 12).

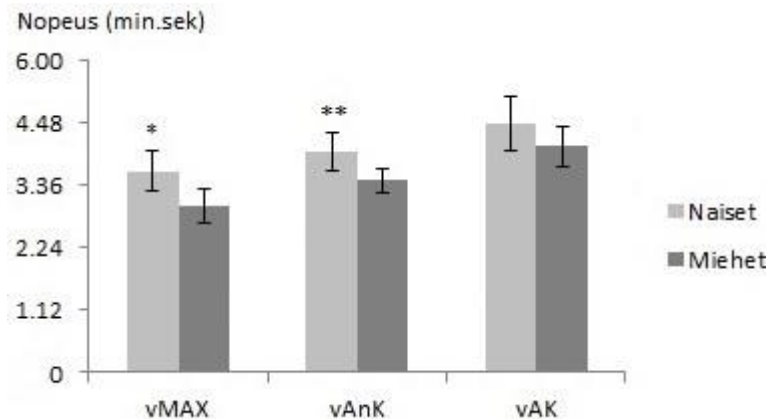


KUVA 12. Maksimaalinen jalkaprässitulos ja 20 metrin kiihdytyksen aika miehillä ja naisilla. Tilastollisesti merkitsevä ero sukupuolten välillä \*\* =  $p<0.01$ .



KUVA 13. Vertikaalihyppyjen nousukorkeudet ja vauhdittoman viisiloikan hyppypituus. ST = staattinen hyppy, CMJ = kevennyshyppy, DJ40 = pudotushyppy 40 cm:n korkeudelta, DJ60 = pudotushyppy 60 cm:n korkeudelta. Tilastollisesti merkitsevä ero naisten ja miesten välillä \*\* =  $p<0.01$ .

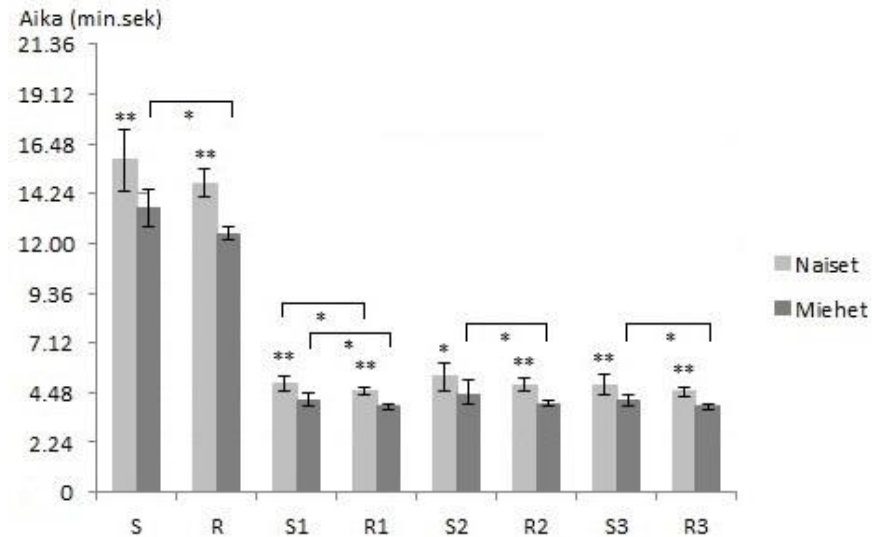
Maksimihapenoton testin ja sen avulla määritetyn aerobisen ja anaerobisen kynnyksen testiarvoja tarkastellessa tilastollisesti merkitsevä ero naisten ja miesten välillä havaittiin maksimaalisessa ( $p < 0.05$ ) ja anaerobisen kynnyksen juoksunopeudessa ( $p < 0.01$ ) (kuva 14). Aerobisen kynnyksen juoksunopeudessa, tai muissa testimuuttujissa ei havaittu merkitseviä eroja.



KUVA 14. Juoksunopeudet naisilla ja miehillä maksimihapenoton testissä. Tilastollisesti merkitsevä ero maksimaalisessa ja anaerobisessa kynnysnopeudessa sukupuolten välillä \* =  $p < 0.05$ , \*\* =  $p < 0.01$ . vMAX = maksimijuoksunopeus, vAnK = juoksunopeus anaerobisella kynnyksellä, vAK = juoksunopeus aerobisella kynnyksellä.

## 6.2 Kenttätetit

Miehet käyttivät tilastollisesti merkitsevästi vähemmän aikaa sekä sprintti- ( $p = 0.005$ ) että reserviaikatestiin ( $p = 0.004$ ) kuin naiset (kuva 15). Miehet käyttivät myös molemmissa testeissä vähemmän ( $p < 0.05$ ) aikaa kaikkiin kolmeen suorituksen osaan: lähdöstä ensimmäiseen laktaatinottopisteeseen (1), ensimmäisestä laktaatinottopisteestä toiseen (2) sekä toisesta laktaatinottopisteestä maaliin (3) (kuva 15). Lisäksi miehet käyttivät vähemmän aikaa kaikkiin vaiheisiin reserviaikatestissä kuin sprinttisuunnistustestissä. Naisilla havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero vain suorituksen ensimmäisellä kolmanneksella. Virheettömien sprintti- ja reserviaikatestisuoritusten välinen aikaero koko ryhmällä oli  $40 \pm 15$  sekuntia, kokonaisajan ollessa  $14.55 \pm 1.42$  min. Suhteutettuna koko suoritusaikaan, käytettiin suunnistustehtäviin aikaa  $4,6 \pm 1,4$  % koko suorituksen kestosta.



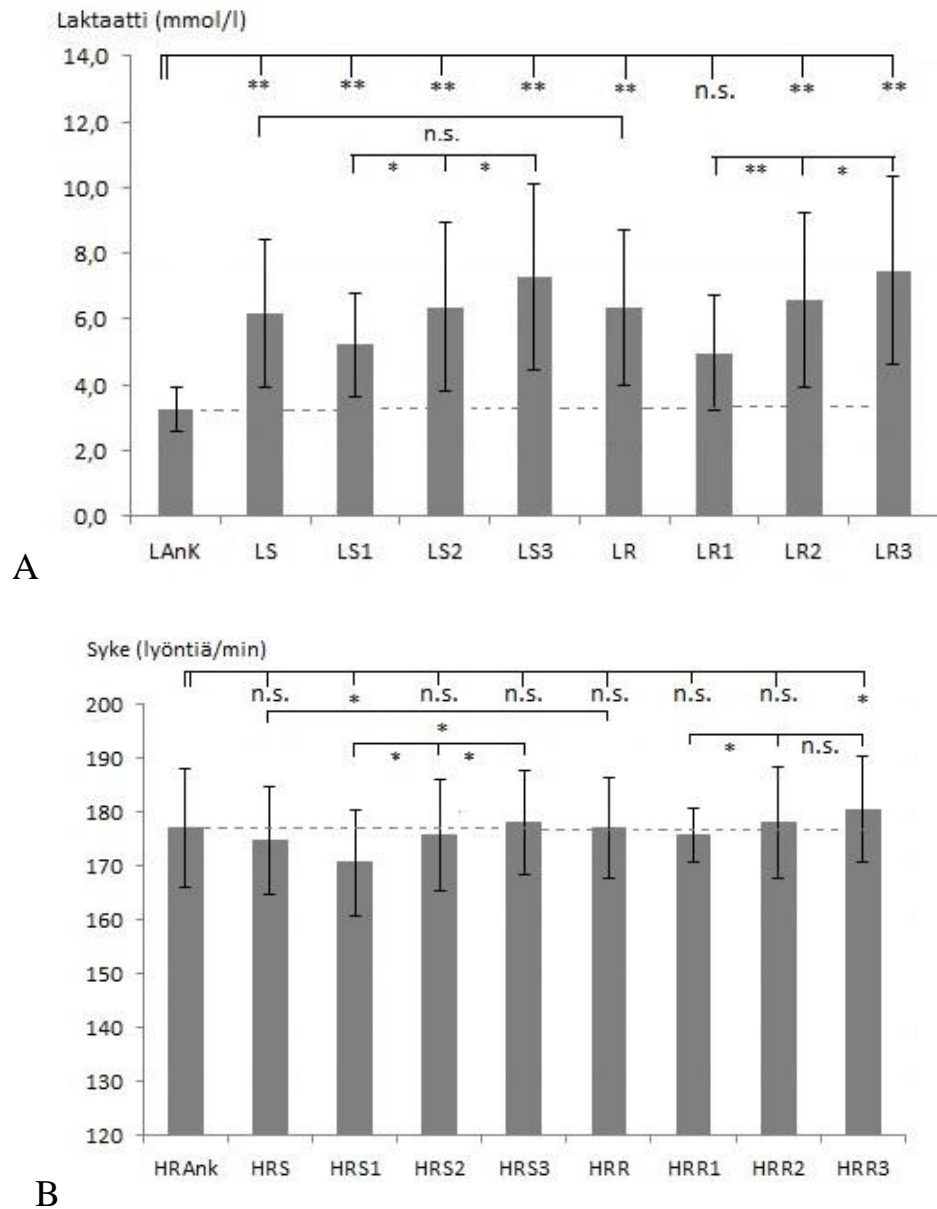
KUVA 15. Sprinttisuunnistus- (S) ja reserviaikatestin (R) kokonais- sekä radan eri vaiheiden (1, 2 ja 3) ajat miehillä (n=7 (S), n=5 (R)) ja naisilla (n=8 (S), n=7 (R)). Tilastollisesti merkitsevät ajat miesten ja naisten välillä, sekä testien eri osioissa eri sukupuolilla \* = p<0.05, \*\* = p<0.01.

Keskimääräinen laktaatti ei eronnut tilastollisesti merkitsevästi testien välillä miehillä eikä naisilla, mutta reserviaikatestissä oli miesten keskimääräinen laktaatti sekä suorituksen toisella ja kolmannella osalla mitattu laktaatti merkitsevästi korkeampi kuin naisilla (p<0.05). Muissa vaiheissa eroa ei havaittu. Laktaatti nousi koko suorituksen ajan sekä sprinttisuunnistus- että reserviaikatestissä, ja ero oli merkitsevä suorituksen eri vaiheiden välillä (kuva 16A).

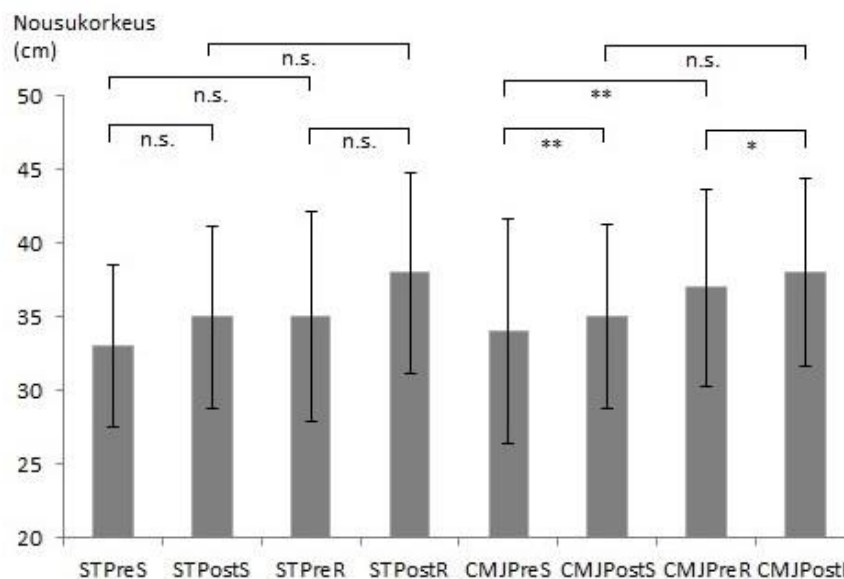
Sykkeissä oli havaittavissa eroa siten, että syke oli naisilla korkeampi kuin miehillä, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Sprinttisuorituksen keskisyke oli 97 % suorituksessa mitatusta maksimisykkeestä. Sykekeräyksen alkaessa suorituksen alusta asti oli keskisyke  $172 \pm 10$  lyöntiä minuutissa, joka vastaa 95 prosenttia suorituksen aikaisesta maksimisykkeestä. Reserviaikatestissä keskisyke oli  $177 \pm 9,4$  lyöntiä minuutissa, eli 96 % testissä mitatusta maksimisykkeestä. Sprinttisuunnistuksessa syke nousi suorituksen aikana merkitsevästi alusta loppuun saakka, kun taas reserviaikatestissä tilastollisesti merkitsevä nousu havaittiin vain ensimmäisen ja toisen kolmanneksen välillä (kuva 16B)

Ennen ja jälkeen kenttätestien suoritetuissa vertikaalihypyissä havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero kevennyshypyssä sekä sprintti- että reserviaikatestissä (kuva 17). Staat-

tisten hyppyjen nousukorkeus ei muuttunut merkitsevästi testien aikana. Ennen testiä suoritettun kevennyshypyn korkeus erosi merkitsevästi sprinttisuunnistus- ja reserviaikatestin välillä ( $p=0.004$ ) (kuva 17). Testin jälkeen suoritetuissa hyppyissä tilastollisesti merkitsevää eroa ei havaittu.



Kuva 16. Anaerobisen kynnyksen laktaatti (LAnK) (A) ( $n=12$ ) ja syke (HRAnK) (B) ( $n=7$ ) verrattuna sprinttisuunnistus- (S) ja reserviaikatestin (R) aikaisiin laktaatteihin ja sykkeisiin, keskimääräisen laktaatin ja sykkeen ero testien välillä sekä testin eri vaiheissa (1, 2 ja 3) mitattujen laktaattien ja sykkeiden ero toisiinsa. Katkoviivalla anaerobinen kynnystaso. n.s. = ei tilastollisesti merkitsevää eroa, \* =  $p<0.05$ , \*\* =  $p<0.01$ .



KUVA 17. Staattisen (ST) ja kevennyshypyn (CMJ) nousukorkeudet ennen (Pre) ja jälkeen (Post) sprinttisuunnistus- (S) ja reserviaikatestin (R). Tilastollisesti merkitsevä ero hyppyjen välillä \* =  $p < 0.05$ , \*\* =  $p < 0.01$ , n.s. = ei tilastollisesti merkitsevää eroa.

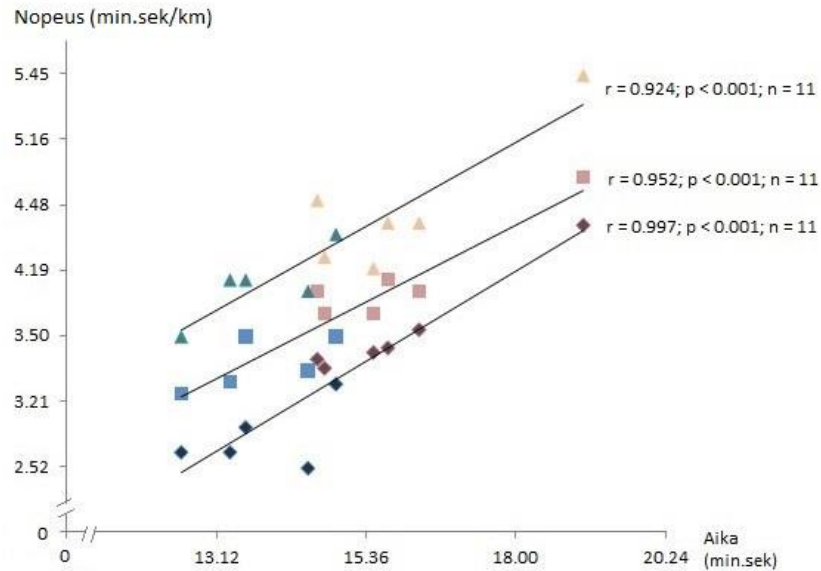
*Laboratoriotestit vs. kenttätestit.* Laboratoriotesteissä mitatun staattisen ja kevennyshypyn nousukorkeus oli tilastollisesti merkitsevästi matalampi kuin kenttätesteissä mitattujen staattisen ja kevennyshypyn korkeudet ( $p < 0.05$ ). Laboratoriotesteissä mitattujen hyppyjen lentoajoissa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa voimalevyn ja kontaktimaton välillä. Myös  $VO_{2max}$ -testissä määritetyn anaerobisen kynnyksen laktaatti erosi kenttätesteissä mitatuista laktaateista (kuva 16A) ollen tilastollisesti merkitsevästi korkeampi (sprintti  $p = 0.004$ , reserviaika  $p = 0.007$ ). Kenttätestien keskiarvolaktaatit olivat hieman matalampia kuin  $VO_{2max}$ -testissä mitattu maksimilaktaatti ( $8,5 \pm 3,1$  mmol/l vs  $6,2 \pm 2,3$  mmol/l (S)  $6,3 \pm 2,3$  mmol/l (R)), mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä ( $p = 0.314$  (S),  $p = 0.114$  (R)). Sykkeissä havaittiin merkitsevä ero  $VO_{2max}$  - testissä ja sprinttisuunnistustestissä saavutetun maksimisykkeen välillä ( $p = 0.046$ ).

### 6.3. Korrelaatiot

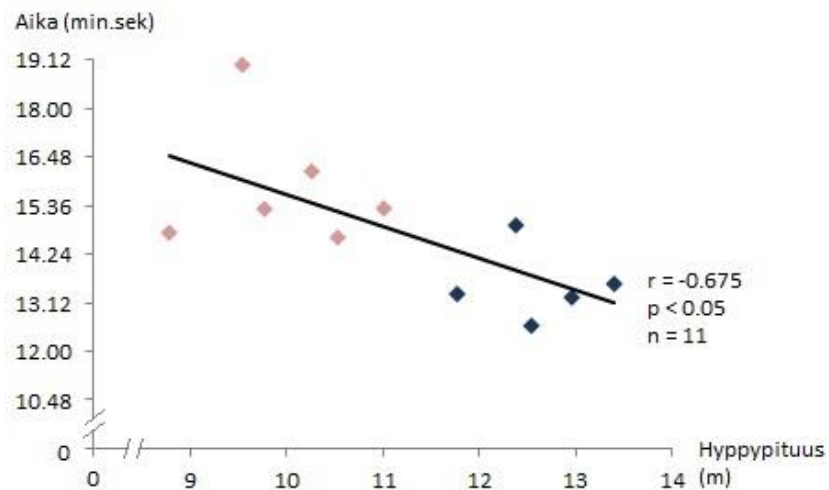
Koko tutkimusjoukkoa tarkastellessa suunnistussuorituksen ajan kanssa korreloivat  $VO_{2max}$  - testin maksimaalinen, anaerobisen ja aerobisen kynnyksen juoksunopeudet (kuva 18) (kaikissa  $p = 0.000$ ), teoreettinen  $VO_2$  ( $p = 0.000$ ), vauhdittoman 5-loikan pituus ( $p = 0.023$ ) (kuva 19) sekä alaraajojen dynaaminen ( $p = 0.000$ ) että isometrinen ( $p = 0.007$ ) maksimivoima (kuva 20), RFD-käyrän 50 ja 75 % voimantuottonopeudet ( $p = 0.024$  ja



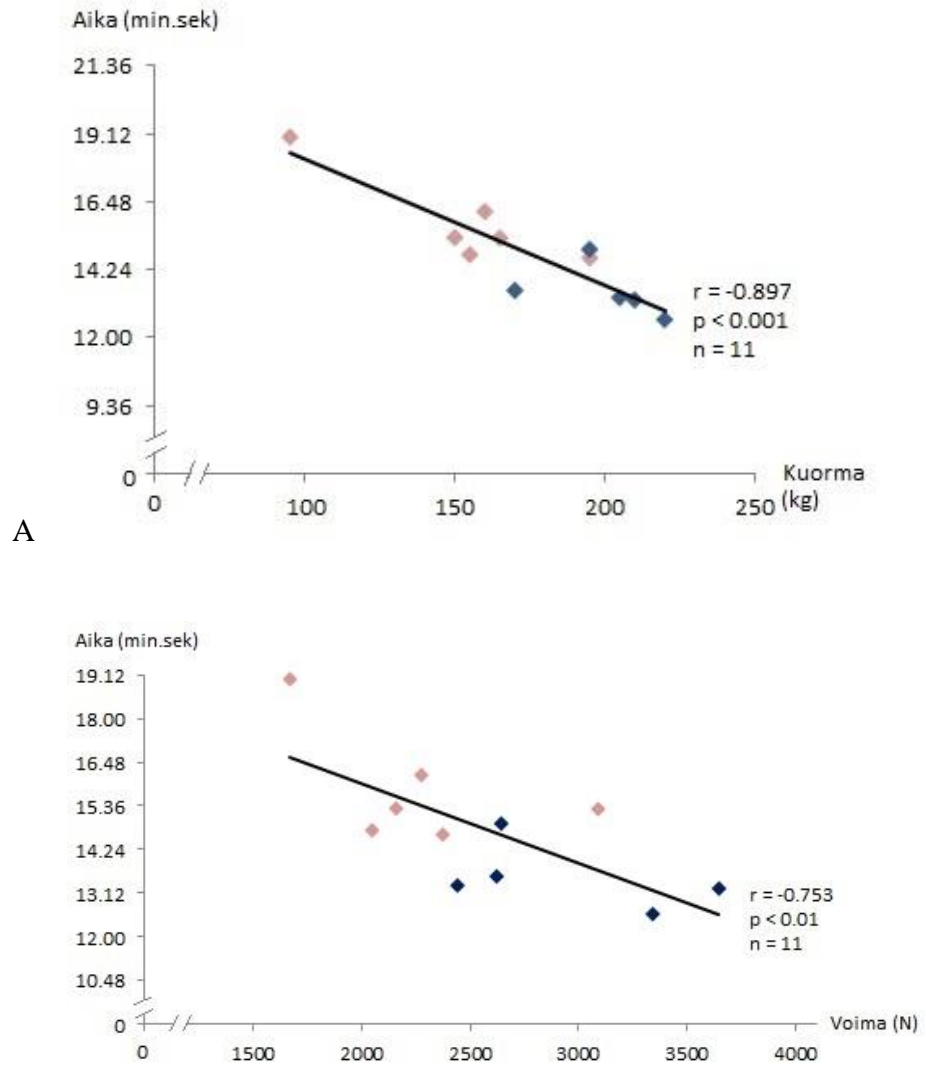
$p=0.014$ ) sekä 500 millisekunnin aikainen keskimääräinen voimantuotto ( $p=0.003$ ). Muiden laboratoriotestien tuloksista ei löytynyt korrelaatiota. Kaikki korrelaatiot ovat nähtävissä taulukossa 4.



KUVA 18. Suunnistussuorituksen virheetön aika (x-akseli) vs. laboratoriotesteissä mitattu maksimaalinen juoksunopeus (vMAX) (vino neliö) sekä juoksunopeus anaerobisella (vANK) (neliö) ja aerobisella (vAK) (kolmio) kynnyksellä.  $r$  = korrelaatiokerroin. Nainen = punainen/oranssi, mies = sininen/turkoosi.



KUVA 19. Sprinttisuunnistussuorituksen virheetön ajan ja vauhdittoman viisiloikan hyppytuuden välinen korrelaatio.  $r$  = korrelaatiokerroin. Punainen = nainen, sininen = mies.



KUVA 20. Korrelaatio suunnistussuorituksen ajan ja 1RM:n (A) sekä alaraajojen isometrisen maksimivoiman (B) välillä. Punainen = nainen, sininen = mies.

Naisilla virheettömän suunnistussuorituksen kanssa korreloivat RFD -käyrän 25 %:n, 50 %:n ja 75 %:n voimantuottoajat, 500 ms:n aikainen keskimääräinen voimantuotto, 1RM,  $VO_2$  -testin maksimi-, anaerobinen ja aerobinen kynnyssuoksunopeus sekä teoreettinen  $VO_{2max}$ . Miehillä tilastollisesti merkitsevä korrelaatio löytyi maksimi- ja aerobisesta kynnyssuoksunopeudesta (taulukko 4).

TAULUKKO 4. Sprinttisuunnistussuorituksen ajan ja laboratoriotestien väliset korrelaatiot. r=korrelaatiokerroin, Sig=merkitsevyys, n=henkilömäärä. \*\*\* = p<0.001, \*\* = p<0.01, \* = p<0.05.

	JDmax	RFD T25%	RFD T50%	RFD 75%	RFD 100%	Slope max	RFD100	RFD200	RFD500	1 RM	ST	CMJ	DJ40	DJ60	5-loikka
Naiset	r	-0.653	0.896	0.846	0.563	-0.655	-0.581	-0.712	-0.863	-0.892	0.412	0.598	-0.321	0.048	-0.156
(n = 6)	Sig	0.160	0.003	0.034	0.244	0.158	0.227	0.113	0.027	0.017	0.417	0.210	0.535	0.938	0.768
Miehet	r	-0.499	-0.206	-0.108	-0.284	0.082	0.046	0.081	-0.232	-0.467	0.621	0.476	-0.041	-0.352	-0.075
(n = 5)	Sig	0.392	0.740	0.863	0.644	0.896	0.941	0.897	0.708	0.428	0.263	0.418	0.948	0.561	0.905
Kaikki	r	-0.753	0.527	0.671	0.494	-0.598	-0.428	-0.538	-0.808	-0.897	-0.380	-0.438	-0.490	-0.584	-0.675
(n = 11)	Sig	0.007	0.095	0.024	0.123	0.052	0.189	0.088	0.003	0.000	0.250	0.177	0.126	0.077	0.023

	VK	VK%M	VO	VO%M	20m	vMAX	vAnK	vAK	TeorVO2	VO2max	VO2AnK	VO2AK	HRmax	HRAnK	HRAK
Naiset	r	-0.282	-0.066	-0.363	-0.298	0.988	0.925	0.870	-0.962	-0.667	-0.506	-0.195	0.728	0.521	0.578
(n = 6)	Sig	0.588	0.902	0.480	0.567	0.000	0.008	0.024	0.002	0.147	0.306	0.753	0.101	0.289	0.229
Miehet	r	0.088	0.136	0.169	0.184	0.888	0.804	0.958	-0.889	0.299	0.559	-0.273	0.579	0.779	0.739
(n = 5)	Sig	0.888	0.828	0.786	0.766	0.044	0.101	0.010	0.111	0.701	0.441	0.727	0.306	0.120	0.153
Kaikki	r	-0.432	-0.308	-0.555	-0.488	0.977	0.952	0.924	-0.941	-0.554	-0.449	-0.557	0.443	0.453	0.115
(n = 11)	Sig	0.184	0.357	0.076	0.128	0.000	0.000	0.000	0.000	0.097	0.193	0.119	0.172	0.162	0.736

## 7 POHDINTA

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, mitä fysiologisia ja voimantuotannollisia vaatimuksia kilpailuvauhtinen sprinttisuunnistussuoritus asettaa urheilijoille, mitkä tekijät fyysisessä suorituskyvyssä erottavat naiset ja miehet toisistaan ja korreloivatko jotkin fyysisen suorituskyvyn testitulokset sprinttisuunnistussuorituksen kanssa. Lisäksi tarkasteltiin sprinttisuunnistussuorituksen akuutteja vasteita laktaattiin, sykkeeseen ja nopeusvoimaominaisuuksiin sekä vertailtiin tuloksia laboratoriotesteissä mitattuihin kyseisiin arvoihin.

Merkittävimmät erot naisten ja miesten välillä eri ominaisuuksissa löydettiin alaraajojen ja keskivartalon maksimi- ja nopeusvoimaominaisuuksissa sekä  $VO_{2max}$  -testin maksimi- ja anaerobisesta kynnsjuoksunopeudesta. Keskivartalon voimat ovat tärkeitä sprinttisuunnistussuorituksessa, sillä tässä tutkimuksessa todettiin myös vartalon maksimaalisen ojennusvoiman korreloivan merkitsevästi sprinttisuunnistussuorituksen kanssa. Tässä tutkimuksessa maksimaalisen isometrisen vartalonkoukistusvoiman todettiin olevan keskimäärin 82 % oman kehon painosta. Maksimaalisen vartalonojennusvoiman sijaan oli 132 % oman kehon painosta. Kestävyysjuoksijoiden maksimaalisen koukistusvoiman on todettu olevan noin 70 % oman kehon painosta, maksimaalisen ojennusvoiman ollessa jopa 140 % oman kehon painosta (Nummela ym. 2007a) Tämä tutkimus osoittaa, että suunnistajat kykenevät tuottamaan hieman suuremman keskivartalon koukistusvoiman kuin juoksijat ojennusvoimien muistuttaessa toisiaan. Sprinttisuunnistus näyttää siis vaativan samankaltaisia voimia keskivartalolta kuin kestävyysjuoksu.

Hypoteesin mukaisesti miesten maksimivoimaominaisuudet ovat paremmat kuin naisilla. Tämä johtunee siitä, että miehet ovat hieman painavampia, mutta heidän rasvaprosenttinsa on kuitenkin matalampi kuin naisilla. Näin ollen miehillä lihasmassaa on enemmän kuin naisilla kuten muun muassa Kyle ym. (2006) ovat aiemmin havainneet. Kun maksimivoimatestien tulokset suhteutettiin kehon massaan, tilastollisesti merkitseviä eroja naisiin verrattuna ei enää havaittu. Tämä vahvistaa Wilmoren (1979) tuloksia

siitä, että nimenomaan alaraajojen suhteellinen voimataso ei juuri eroa naisten ja miesten välillä (Wilmore 1979). Toisaalta Mero & Laine (2012) totesivat, että samanpainoisten naisten ja miesten välinen suorituskykyero painonnostossa on 22 %, kun taas tässä tutkimuksessa kehon massaan suhteutetut erot alaraajojen maksimivoimissa olivat 11-14 %. Toki on huomioitava, että painonnostossa joudutaan käyttämään myös kehon muuta lihaksistoa eikä vain alaraajoja. Verrattaessa miesten isometristä maksimivoimaa Väisänen (2002) saamiin tuloksiin voidaan todeta, että tässä tutkimuksessa mitatut arvot olivat hieman suurempia ( $2636 \pm 415$  N vs.  $2882 \pm 490$ N). Myös voimantuottonopeus oli tässä tutkimuksessa hieman suurempi ( $13211 \pm 2220$  N/s vs.  $15188 \pm 4643$  N/s). (Väisänen 2002.)

Staattisen hypyn nousukorkeus tässä testissä oli  $30 \pm 6$  cm ja kevennyshypyn  $32 \pm 6$  cm. Miehillä mitatut tulokset (staattinen hyppy  $34 \pm 3$  cm, kevennyshyppy  $38 \pm 2$  cm) vahvistavat jälleen Väisänen (2002) tuloksia suunnistajan nopeusvoimaominaisuuksista (ST  $33 \pm 2$  cm, CMJ  $37 \pm 1$  cm). Vuorimaa ym. (1996) tutkivat eri matkojen juoksijoita ja totesivat maratoonareiden keskimääräisen kevennyshyppykorkeuden olevan  $31 \pm 3$  cm, kun taas keskimatkojen juoksijoiden hypyn nousukorkeus oli  $44 \pm 4$  cm. Verrattuna tämän tutkimuksen tuloksia Vuorimaan ym.:n (1996) saamiin tuloksiin voidaan todeta, että sprinttisuunnistajalta vaadittaneen enemmän nopeusvoimaominaisuuksia kuin maratoonarilta, mutta vastaavasti hieman vähemmän kuin keskimatkan juoksijalta. Miehillä vertikaalihypyn nousukorkeus oli 40 senttimetrin korkeudelta suoritettua pudotushyppyä lukuun ottamatta merkitsevästi naisia korkeampi. Ero sukupuolten välillä hypyn nousukorkeuksissa oli 18 - 41 % miesten hyväksi. Nämä tulokset vahvistavat hypoteesin, että miesten nopeusvoimaominaisuudet ovat parempia kuin naisilla kuten myös Mero & Laine (2012) totesivat.

Alaraajojen isometrisen maksimivoimatestin RFD – käyrästä mitatuissa voimantuottoajoissa ja –nopeuksissa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa naisten ja miesten välillä, vaikka kokonaisuudessaan tulokset näyttävät siltä, että miehet pystyvät tuottamaan hieman suuremman voiman hieman lyhyemmässä ajassa. Voimantuottonopeuksien keskihajonnat ovat suuret, mikä voi johtua osittain pienestä koehenkilömäärästä naisten ja miesten ryhmissä erikseen. Pienessä tutkimusjoukossa yhdenkin urheilijan selvästi muista eroava tulos suurentaa keskihajontaa paljon ja vaikuttaa tuloksen tilastollisuuteen. Mittaus ei myöskään ollut kovin tuttu kaikille koehenkilöille, joten on mahdollista,

että kaikki eivät osanneet tuottaa maksimivoimaa todellisella maksiminopeudella, vaan joutuivat keskittymään enemmän itse suorituksen tekemiseen kuin sen tekemiseen mahdollisimman nopeasti.

Tutkimus osoitti, että maksimaalinen lyhytaikainen kestävyysuoritus vaikuttaa positiivisesti hermolihaskäytön voimantuottoon kestävyysurheilijoilla. Sekä staattisen että kevennyshypyn nousukorkeudet nousivat sprinttisuunnistus- ja reserviaikatestisuoritusten ennen mitatuista arvoista testien jälkeen mitattuihin arvoihin nähden. Nousu oli tilastollisesti merkitsevä kevennyshypyssä. Vuorimaa ym. (1996) havaitsivat samankaltaisia tuloksia maksimaalisen mattotestisuorituksen jälkeen kestävyysjuoksijoilla. Myös nopeuskestävyystyypissä kuormituksessa kestävyysjuoksijan kevennyshyppytuloksen on todettu parantuvan merkitsevästi, kun taas keskimatkojen juoksijoilla sprintteillä hyppyjen nousukorkeudet jopa laskevat (Vuorimaa ym. 1996). Nämä tulokset saattavat johtua siitä, että kestävyysurheilijoilla suurin osa lihassoluista on hitaita tyypin 1 lihassoluja (Harber ym. 2008), ja maksimaalisen kestävyysuorituksen jälkeen he ehkä pystyvät aktivoimaan myös tyypin 2 nopeita lihassoluja paremmin. Näin ollen he pystyisivät tuottamaan suuremman voiman nopeammin, ja tämän ansiosta hyppäisivät korkeammalle. Sprintin aikana tulee urheilijalle paljon jarrutuksia ja kiihdytyksiä rasteilla käynnin takia, mikä siis saattaa stimuloida nopeita lihassoluja. Toisaalta lukuisat nopeat suunnanmuutokset väsyttävät lihaksistoa, jotka saattavat aiheuttaa väsymystä ja vaikuttaa voimantuottoon päinvastaisesti.

Tutkimuksessa mitattu sprinttisuunnistuksen keskimääräinen laktaatti  $6,2 \pm 2,3$  mmol/l tukee Truhposen (2010) tekemää tutkimusta, jonka mukaan sprinttisuunnistussuorituksen aikaisen laktaatti on tilastollisesti merkitsevästi yli anaerobisen kynnyslaktaatin. Kenttätesteissä mitatut laktaatit olivat myös tilastollisesti merkitsevästi korkeampia kuin anaerobinen kynnyslaktaatti reserviaikatestin ensimmäistä laktaattia lukuun ottamatta. Sprinttisuunnistustestissä keskimääräinen laktaatti oli 85 % ja reserviaikatestissä 92 % korkeampi kuin  $VO_{2max}$ -testissä määritetty anaerobinen kynnyslaktaatti. Aiemmat tutkimukset ovat todenneet laktaatin olevan kilpailuvauhtisessa normaalimatkan suunnistuksessa noin 5 - 20 % ja pikamatkalla 40 - 70 % korkeampi kuin anaerobinen kynnyslaktaatti (Smekal ym. 2003a, Moser ym. 1995). Sprinttisuunnistuksen aikainen laktaatti on siis selvästi korkeampi kuin muilla suunnistusmatkoilla. Tämä vahvistaa aiempien tutkimusten oletusta siitä, että kilpailuvauhtisessa suunnistussuorituksessa tarvittava

anaerobinen energiantuoton osuus kasvaa kilpailumatkan lyhentyessä (Rolf ym. 1997; Gjerset ym. 1997).

Syke nousi tässä tutkimuksessa 97 %:iin maksimisykkeestä. Syketaso on korkeampi kuin Birdin ym. (1993; 2003a; b) tutkimuksissa suunnistusteknisesti helppoa maastossa, jossa he totesivat sykkeen olevan jopa 93 %:iin kilpailun aikaisesta maksimisykkeestä. On otettava huomioon, että tässä tutkimuksessa keskisykkeen mittaaminen aloitettiin vasta kun syke oli saavuttanut steady state – tason suorituksessa, kun taas Bird ym. aloittivat syketallennuksen välittömästi lähdöstä. Mikäli tämän tutkimuksen keskisykettä tarkastellaan vastaavasti suorituksen alusta alkaen, nousee se 95 prosenttiin suorituksen aikaisesta maksimisykkeestä. Vaikka tilastollisesti merkitsevää eroa ei havaittu, keskisyke on hieman laboratoriotestissä mitattua anaerobista kynnysykyä korkeampi. Tämä vahvistaa sitä, että kilpailuvauhtinen sprinttisuunnistussuoritus vaatii lähes maksimaalista kestävyysuorituskykyä.

Sprinttisuunnistus- ja reserviaikatesteissä mitattujen laktaatti- ja sykearvojen perusteella voidaan sanoa, että sprinttisuunnistus vaatii pitkälti samoja fysiologisia ominaisuuksia kuin maastojuoksu. Jensen ym:n (1994) testasivat suunnistajia maastojuoksussa, joka oli viitoitettu reitti polulla, kevyessä maastossa ja raskaassa maastossa. Heidän tutkimuksessaan koehenkilöiden keskisyke maksimaalisessa suorituksessa 3,8 kilometrin maastojuoksuradalla oli  $98 \pm 4$  % maksimisykkeestä, laktaatin ollessa  $6,9 \pm 2,0$  mmol/l, eli hyvin samankaltaisia kuin tässä tutkimuksessa saadut arvot.

Terminä sprinttisuunnistus on mielenkiintoinen, sillä usein sprinttimatkoiksi mielletään lyhyet, korkeintaan muutaman minuutin pituiset suoritukset. Juoksussa sprinttimatkoina pidetään alle minuutin suorituksia. Vaikka laktaatti sprinttisuunnistuksessa on muita suunnistusmatkoja korkeampi, jää se kuitenkin selvästi matalammaksi kuin esimerkiksi sprinttijuoksussa. 400 metrin juoksussa laktaatti nousee 10 mmol/l:iin tai jopa sen yli (Faulkner ym. 2013). Myös viiden ja kymmenen kilometrin ratajuoksussa laktaatti on yli 10mmol/l (Paavolainen 1999 a,b). Mikäli tarkastellaan tässä tutkimuksessa mitattuja loppulaktaatteja, arvot nousevat miehillä yli 9 mmol/l:iin ja naisilla noin 6 mmol/l :iin, mutta jäävät silti matalammiksi kuin ratajuoksussa. Kestävyysurheilijoilla perinteisesti aerobinen suorituskyky on hyvin vahva, kun taas anaerobinen suorituskyky jää matalammaksi kuin ratajuoksussa jopa vastaavan pituisilla matkoilla. Koska sprinttisuunnis-

tus nykyisin käydään pääasiassa kovapohjaisilla alustoilla, on mahdollista, että kehittämässä anaerobista energiantuottoa urheilija pystyy juoksemaan kovempaa ja näin ollen menestymään paremmin myös sprinttisuunnistuksessa.

Tässä tutkimuksessa maksimihapenoton testillä määritetty anaerobinen kynnyisjuoksunopeus oli naisilla noin  $4.16 \pm 0.22$  min/km, ja miehillä  $3.42 \pm 0.14$  min/km. Aiemmin Jensen ym. (1994) totesivat laboratoriotesteillä että suunnistajan nopeus anaerobisella kynnyksellä laboratoriotestissä on noin 19 km/h miehillä ja 15 km/h naisilla, mitkä vastaavat nopeuksia 3.10 ja 4.00 minuuttia kilometrillä. Tässä tutkimuksessa nopeudet siis jäivät Jensen ym:n (1994) mittaamista arvoista, varsinkin miehillä. Eniten vaikuttava tekijä oli varmasti se, että miesten taso tässä tutkimuksessa oli hyvin laaja, kun taas Jensen ym. testasivat urheilijoita, jotka kaikki kuuluivat maailman eliittiin. Samoin myös  $VO_{2max}$ -testin alla olleet voimamittaukset vaikuttivat varmasti tuloksiin.

Maksimaalinen hapenkulutus, anaerobinen kynnyisjuoksunopeus ja nopeus  $VO_{2max}$ :lla ennustavat suorituskykyä raskaassa maastossa juostessa (Jensen ym. 1994). Tässä tutkimuksessa mitatut hapenoton arvot eivät teoreettista hapenottoa lukuun ottamatta korreloineet sprinttisuunnistussuorituksen kanssa. Tutkimuksen  $VO_{2max}$ -testissä testauslaitteiden toiminnassa esiintyi häiriötä, ja tulokset kaikilla urheilijoilla eivät ole valideja. Tästä syystä mitään tarkempia johtopäätöksiä tämän tutkimuksen hapenoton arvoista ja niiden yhteydestä sprinttisuunnistussuorituskykyyn ei voida tehdä.

Sprinttisuorituksen ja reserviaikatestin välinen ero ajassa oli  $4,6 \pm 1,4$  %. Aiemmin metsäsuunnistuksessa pika- ja normaalimatalla on todettu käytettävän aikaa suunnistukseen 13 - 15 % (Moser ym. 1995, Gjerset ym. 1997.), joten sprinttisuunnistuksessa tämä aika on pienempi. Se johtunee siitä, että suunnistustehtävät ovat kohtuulliset helpot, eli juoksuvauhti on mahdollista pitää kovempaa koko suorituksen ajan. Tutkimustulos kumoaa nollahypoteesin, että suunnistustehtäviin käytettävä aika sprinttisuunnistussuorituksen aikana olisi noin 10 % kokonaisajasta. Tulos kuitenkin osoittaa, että myös suunnistustehtävät vaativat oman aikansa sprinttisuunnistussuorituksen aikana. Reserviaikatesti juostiin melko pian sprinttisuunnistustestin jälkeen, jolloin palautuminen ei vielä ollut täydellistä. On siis mahdollista, että todellisuudessa urheilija käyttää vielä hieman suuremman osan ajasta suunnistustehtäviin.



Tässä tutkimuksessa sprinttisuorituksen aikana juostu matkaa mitattiin GPS-laitteella. GPS ei ole kovin tarkka tiuhaan rakennetulla alueella, joten mitattu suunnistusmatka oli hyvin suuntaa antava. Matka oli noin 3,5 kilometriä eli 40 prosenttia pidempi kuin radan pituus linnuntietä pitkin. Tähän vaikuttaa varsinkin rakennusten ja vesialueiden kiertäminen. Kaupunkisprintissä tämä korostuu mutta metsäsprintissä saattaa olla mahdollista juosta suurempaa reittiä useita eri välejä, vaikkakin myös metsäsprinteissä käytetään pääasiassa hyväpohjaisia teitä ja ulkoilureittejä enemmän kuin umpimetsää.

Koko ryhmää tarkasteltaessa suunnistussuorituksen ajan kanssa korreloivat nopeusvoimaominaisuuksista vauhditon 5-loikka sekä alaraajojen maksimaalisen isometrisen voiman voima-aikakäyrän 50 %:n ja 75 %:n voimantuottoajat sekä 500 millisekunnin aikainen keskimääräinen voimantuottonopeus. Tulokset vahvistavat osittain 0-hypoteesin, että nopeusvoimaominaisuudet korreloivat suunnistussuorituksen ajan kanssa, sillä vertikaalisten hyppyjen nousukorkeuksien ja suunnistussuorituksen ajan väliltä ei löytynyt korrelaatiota. Tämä kertoo ainakin siitä, että ylöspäin suuntautuvat hyppyt eivät ole yhtä lajinomaisia kuin eteenpäin suuntautuvat loikat. Myös Väisänen (2002) havaitsi suunnistuksessa ylämäkijuoksuosuuden korreloivan nimenomaan RFD-käyrän nopeusvoimamuuttujien, voimantuottonopeuden ja 500ms:n aikana tuotetun voiman kanssa. Samoin Väisänen (2002) havaitsi korrelaatiota puolen sekunnin aikana tuotetun voiman suuruuden ja suunnistuksen polkujuoksuosuuden kanssa. Nämä tulokset vahvistavat olettamusta, että jalkojen pitää pystyä tuottamaan voimaa suhteellisen nopeasti suunnistusjuoksun aikana, mutta vertikaalisten hyppyjen sijaan nopeusvoiman kehitystä kannattanee seurata mieluummin horisontaalisilla hyppyillä.

Sprinttisuunnistussuorituksen ja laboratoriotestien välillä löydettiin tilastollisesti merkitsevää korrelaatiota monista fyysisistä ominaisuuksista. Ehkä jopa hieman yllättäen nimenomaan alaraajojen maksimivoimat korreloivat merkitsevästi sprinttisuunnistuksen kanssa. Tämä kertoo, että suunnistaja tarvitsee myös riittävät jalkojen voimatasot pystyäkseen menestymään sprinttisuunnistuksessa. Pelkästään tämän tutkimuksen perusteella selviä johtopäätöksiä harjoittelusta on vaikea tehdä, ja lisätutkimuksia tarvitaan, mutta on mahdollista, että maksimivoimaharjoittelun rooli sprinttisuunnistuksessa saattaa olla suurempi kuin perinteisessä metsäsuunnistuksessa.

Kun tarkastellaan sukupuolesta riippuvia korrelaatioita, joitakin eroavaisuuksia löytyy. Naisilla korrelaatiota virheettömän suunnistussuorituksen ja fyysisten ominaisuuksien välillä löytyi pääasiassa samoista ominaisuuksista kuin koko ryhmälläkin, mutta miehillä vain maksimaalisesta ja anaerobisen kynnyksen juoksunopeudesta. Mielenkiintoista tämä on siksi, että juuri naisten ryhmä oli selvästi homogeenisempi kuin miesten. Tämä johtunee siitä, että erot naisilla ovat suurempia juuri fysiologisessa suorituskäytössä. Suunnistaja, joka pystyy juoksemaan kovempaa ja pystyy tuottamaan voimaa nopeammin, pystyy myös suunnistamaan paremmin. Miessuunnistajilla erot fysiologisessa suorituskäytössä ovat varsin pienet, joten suunnistustaidot ja päivän fyysinen ja henkinen vire ratkaisevat. Miesten ryhmän ollessa homogeenisempi voisivat erot olla vielä pienempiä ja merkitsevyyksiä voisi löytyä vielä vähemmän. Toki myös ryhmien pieni koko saattaa vaikuttaa tuloksiin. Sen sijaan tämä tutkimus ei vielä tuonut esille, eroavatko jotkin ominaisuudet sprinttisuunnistukseen panostavilla urheilijoilla niistä, jotka keskittyvät enemmän pidemmille metsäsuunnistusmatkoille.

Tutkimustuloksiin vaikuttavia virhelähteitä on useita. Tutkimus suoritettiin kilpailukauden aikana, jolloin kaikilla urheilijoilla oli tärkeitä kilpailuita lähellä testejä, joten urheilijoiden olisi ainakin pitänyt olla lähellä huippukuntoaan. Kuitenkin on mahdollista, että tiiviillä kilpailukaudella palautuminen ei ole ollut täydellistä kilpailuiden ja testien välillä. Lisäksi on vaikea sanoa, tekivätkö urheilijat kaikki testit tosissaan ja vastaavanlaisella valmistautumisella kuin kisaa varten. Mittausvälineiden ohella myös mittaajat luovat oman virhelähteensä tutkimustuloksiin varsinkin, jos heitä on useita.

Tulevaisuuden kannalta olisi mielenkiintoista tutkia, löytyykö eri matkoille (pitkä matka vs. sprintti) erikoistuneilta miehiltä eroja fysiologiassa tai voimantuotossa. Kuten kirjallisuuskatsauksessa aiheeseen jo viitattiin, erikoistumista ei vielä ole kovin paljoa tapahtunut, mutta osa urheilijoista keskittyy jo selvästi enemmän sprinttiin kuin metsäsuunnistukseen. Tutkimuksen avulla olisi ehkä mahdollista saada enemmän tietoa, onko erikoistuminen edes mahdollista, ja minkä ominaisuuksien harjoittelusta voisi olla hyötyä, jos haluaa menestyä nimenomaan sprinttisuunnistuksessa. Tämä tutkimus antaa suuntaa, mutta lisätutkimuksia tarvitaan, jos jatkossa halutaan sprinttisuunnistuksen eriytyvän selvästi omaksi lajiksi. Tutkimuksen taustalla voisi käyttää myös harjoittelun määrää ja sisältöjä esimerkiksi viimeisen vuoden ajalta (=onko harjoittelussa eroja, jotka voisivat johtaa kyseisiin eroihin).

Myös sprinttisuunnistuksen akuutteja vasteita hormonitoimintaan voisi tutkia. Paitsi syke ja laktaatti, myös veren hormonipitoisuudet kertovat suunnistuksen fyysisestä kuormittavuudesta. Johansson ym. (1990) totesivat, että kilpailuvauhtisen suunnistus-suorituksen aikana veren kortisoli-, adrenaliini- ja noradrenaliinipitoisuuksien on todettu kasvavan merkitsevästi. Testoterolin pitoisuuksissa ei löydetty tilastollisesti merkitseviä muutoksia suorituksen aikana. Vaikka suunnistussuorituksen fyysinen kuormittavuus on suurta, ei yksittäinen suunnistuskilpailu näyttäisi vaikuttavan suuresti anabolisten ja katabolisten hormonien tasapainoon. Useat kilpailut peräkkäin sen sijaan voivat vaikuttaa tasapainoon negatiivisesti. (Johansson ym. 1990.) Sprintille ominaista on nimenomaan se, että päivän aikana juostaan useampi kilpailu vain lyhyellä palautumisajalla.

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin, mitä fysiologia ja voimantuotannollisia vaatimuksia sprinttisuunnistusuoritus elimistölle asettaa, mitkä tekijät erottavat naiset ja miehet toisistaan sekä korreloivatko jotkin fyysisen suorituskyvyn ominaisuudet sprinttisuunnistussuorituksen kanssa. Oletettuja eroja naisten ja miesten välillä havaittiin niin maksimi- ja nopeusvoima- kuin kestävyysominaisuuksissakin. Sprinttisuorituksen aikainen laktaatti nousi merkitsevästi yli anaerobisen kynnyksen, sykkeen ollessa lähellä anaerobista kynnyssyykettä koko suorituksen ajan. Merkitseviä korrelaatioita sprinttisuunnistussuoritukseen havaittiin sekä maksimi- että nopeusvoima- kuin myös juoksuvauhdeissa.

## Kiitokset

Kiitos Suomen Suunnistusliiton valmentajille avusta tutkimuksen suunnittelussa ja toteuttamisessa, tutkimukseen osallistuneille urheilijoille, kartan tekijöille, Liikuntabiologian laitoksen laboratoriohenkilökunnalle ja tutkimuksessa muuten avustaneille henkilöille.

## LÄHTEET

### Kirjalliset lähteet:

- Bergh, U., Thorstensson, A., Sjödin, B., Hulten, B., Piehl, K. & Karlsson, J. 1978. Maximal oxygen uptake and muscle fiber types in trained and untrained humans. *Medicine and Science in Sports* 10(3):151-154.
- Bird, S., Bailey, R. & Lewis, J. 1993. Heart rates during competitive orienteering. *British Journal of Sports Medicine* 27(1): 53-57.
- Bird, S., George, M., Balmer, J. & Davison, R. 2003a. Heart rate responses of women aged 23-67 years during competitive orienteering. *British Journal of Sport Medicine* 37, 254-257.
- Bird, S., Balmer, J., Olds, T. & Davison, R. 2001. Differences between the sexes and age-related changes in orienteering speed. *Journal of Sports Sciences* 19: 243-252.
- Bird, S., George, M., Theakston, S, Balmer, J. & Davison, R.C.R. 2003b. Heart rate responses of male orienteers aged 21-67 years during competition. *Journal of Sport Sciences* 21, 221-228.
- Bird, S., George, M., Theakston, S., Smith, M., Burrows, M., Balmer, J. & Davidson, R. 2002. Age as a poor predictor of blood-lactate and heart-rate responses during club-level orienteering. *Journal of Aging and Physical Activity* 10, 119-131.
- Creagh, U. & Reilly, T. 1997. Physiological and biomechanical aspects of orienteering. *Sports Medicine* 24(6): 409-418. Review article.
- Creagh, U., Reilly, T. & Nevill, A. 1998. Heart rate response to “off-road” running events in female athletes. *British Journal of Sport Medicine* 32, 34-38.
- Dresel, U. 1985. Lactate asidosis with different stages in the cours of a competitive orienteering performance. *Scientific Journal of Orienteering* 1, 4-13.
- Eccles, D., Walsh, S. & Ingledew, D. 2002. A grounded theory of expert cognition in orienteering. *Journal of Sports and Exercise Psychology* 24, 68-88.
- Eccles, D., Walsh, S. & Ingledew, D. 2006. Visual attention in orienteers at different levels of experience. *Journal of Sports Sciences* 24 (1) 77.87.

- Farrel, P., Wilmore, J., Coyle, E., Billing, J. & Costill, D. 1979. Plasma lactate accumulation and distance running performance. *Medicine and Science in Sports* 11(4): 338-344.
- Faulkner, J., Gleadow, D., McLaren, J. & Jakeman, J. 2013. Effect of lower-limb compression clothing on 400-m sprint performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* 27(3): 669-676.
- Gjerset, A., Johansen, E. & Moser, T. 1997. Aerobic and aerobic demands in short distance Orienteering. *Scientific Journal of Orienteering* 13: 4-25.
- Harber, M. & Trappe, S. 2008. Single muscle fiber contractile properties of young competitive distance runners. *Journal of Applied Physiology* 105: 629-636.
- Ikonen, P. 2006. Suunnistuksen lajianalyysi ja nuorten miessuunnistajien harjoittelun ohjelmointi. Seminaarityö. Jyväskylän yliopisto, Liikuntabiologian laitos.
- Jensen, K., Franch, J., Kärkkäinen, O. & Madsen, K. 1994. Field measurements of oxygen uptake in elite orienteers during cross-country running using telemetry. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 4:234-238.
- Jensen, K., Johansen, L. & Kärkkäinen O-P. 1999. Economy in track runners and orienteers during path and terrain running. *Journal of Sports Sciences* 17, 945-950.
- Johansson, C., Tsai, L., Hultman, E., Tegelman, R. & Pousette, Å. 1990. Restoration of anabolic deficit and muscle glycogen consumption in competitive orienteering. *International Journal of Sports Medicine* 11; 204-207.
- Komi, P. & Bosco, C. 1978. Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles in men and women. *Medicine and Sciences in Sports* 10(4): 261-265.
- Kyle, U., Melzer, K., Kayser, B., Picard-Kossofsky, M., Gremion, G. & Pichard, C. 2006. Eight-year longitudinal changes in body composition in healthy Swiss adults. *Journal of American College of Nutrition* 25(6): 493-501.
- Kärkkäinen, O-P. & Pääkkönen, O. 1986. Suunnistusvalmennus. Saarijärvi. Saarijärven Offset Ky.
- LeBrasseur, N., Bhasin, S., Miciek, R. & Stoner, T. 2008. Tests of muscle strength and physical function: reliability and discrimination of performance in younger and older men and older men with mobility limitations. *Journal of the American Geriatrics Society* 56(11): 2118-2123.

- Mero, A. & Laine, T. 2012. Nais- ja miesurheilijan suorituskykyero. Teoksessa Mero, A., Uusitalo, A., Hiilloskorpi, H., Nummela, A. & Häkkinen, K. (toim). Nais-ten ja tyttöjen urheiluvalmennus. VK-kustannus Oy, Saarijärvi.
- Moser, T., Gjerset, A., Johansen, E. & Vadder, L. 1995. Aerobic and anaerobic demands in orienteering. *Scientific Journal of Orienteering* 11: 3-30.
- Nikulainen, P. & Eriksson, S. 2008. Elitplanen. Svenska Orienteringsförbundet. Sähköinen versio löytyy osoitteesta: <http://www.orientering.se/Ledare/Elitplanen/>
- Nikulainen, P., Vartiainen, B., Salmi, J., Minkkinen, J., Laaksonen, P. & Inkeri, J. 1995. Suunnistustaito. Lievestuore: ER-Paino.
- Nivukoski, J. Ettenemisnopeudet ja sykkeet eritasoisilla suunnistajilla käyttäen satelliittipaikannusta. Pro gradu – tutkielma. Jyväskylän yliopisto. Liikuntabiologian laitos.
- Nummela, A. 2007. Energia-aineenvaihdunta ja kuormitus. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K. & Häkkinen K. Urheiluvalmennus. 2. painos. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä.
- Nummela, A., Keränen, T., Tummavuori, M., Soanjärvi, M., Mikkelsen, L., Kähäri, P., Ekblom, T., Linja, T., Väisänen, K., Haverinen, M., Vanttinen, S., Salonen, M., Ojanen, T. & Russo, E. 2007a. Kolmen eri kestävyyslajin urheilijoiden kestävyys suorituskyky ja sen kehittyminen. Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskuksen KIHU:n julkaisusarja nro 10.
- Nummela, A., Keskinen, K. & Vuorimaa, T. 2007b. Kestävyys. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K. & Häkkinen K. Urheiluvalmennus. 2. painos. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä.
- Pollock, M. 1977. Submaximal and maximal working capacity of elite distance runners. Part I: Cardiorespiratory aspects. *Annals of the New York Academy of Sciences* 301: 310-322.
- Paavolainen, L., Häkkinen, K., Nummela, A. & Rusko, H. 1999a. Treadmill and track running physiological responses as determinants of 10 km running performance. *Julkaisematon aineisto*.
- Paavolainen, L., Nummela, A. & Rusko, H. 1999b. Neuromuscular characteristics and muscle power as determinants of 5-km running performance. *Medicine and Spcience Sports and Exercise* 31: 124-130.

- Paavolainen, L., Nummela, A., Rusko, H. & Häkkinen, K. 1999c. Neuromuscular characteristics and fatigue during 10-km running. *International Journal of Sports Medicine* 20: 1-6.
- Ramsbottom, R., Williams, C., Kerwin, D.G. & Nute, M.L.G. 1992. Physiological and metabolic responses of men and women to a 5-km treadmill time trial. *Journal of Sports Sciences* 10: 119-129.
- Ranucci, M., Grassi, G. & Miserocchi, G. 1986. Anaerobic threshold in orienteers as an index of the aerobic-anaerobic relative contributions to the total power output – a comparison with other – endurance sports. *Scientific Journal of Orienteering* 1986, 2, 124-133.
- Rolf, C., Andersson, G., Westblad, P. & Saltin, B. 1997. Aerobic and anaerobic work capacities and leg muscle characteristics in elite orienteers. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 7: 20-24.
- Smekal, G., von Duvillard, S.P., Pokan, R., Lang, K., Baron, R., Tschan, H., Hoffman, P. & Bachl, N. 2003a. Respiratory gas exchange and lactate measures during competitive orienteering. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 35(4): 682-689.
- Smekal, G., von Duvillard, S. P., Pokan, R., Tschan, H., Baron R., Hofman, P., Wonish, M. & Bachl, N. 2003b. Changes in blood lactate and respiratory gas exchange measures in sports with discontinuous load profiles. *European Journal of Applied Physiology* 89(5): 489-495.
- Tervo, T. 2009. Intensiivisen juoksutekniikkaharjoittelun vaikutus juoksunopeuteen ja askelmuuttujiin suunnistajilla. Kandidaatin tutkielma. Jyväskylän yliopisto, Liikuntabiologian laitos.
- Truhponen, M. 2010. Laktaatti- ja sykevaste kilpailuvauhtisessa sprinttisuunnistussuorituksessa. Kandidaatin tutkielma. Jyväskylän yliopisto, Liikuntabiologian laitos.
- Truhponen, M. & Tervo, T. 2010. Sprinttisuunnistuksen lajiansalyysi ja valmennuksen ohjelmointi. Seminaarityö. Jyväskylän yliopisto, Liikuntabiologian laitos.
- Tzvetkov, S. 2009. The reproducibility of the ventilatory anaerobic threshold determination methods among two maximal treadmill exercise protocols in elite orienteers. *Physical Education and Sport* 7(1): 45-53.
- Vuorimaa, T., Häkkinen, K., Vähäsöyrinki, P. & Rusko, H. 1996. Comparison of three maximal anaerobic running test protocols in marathon runners, middle-distance



runners and sprinters. *International Journal of Sports Medicine* 17 (suppl. 2): S109-S113.

Vuorimaa, T., Vilander, R., Kurkilahti, P., Vasankari, T. & Häkkinen, K. 2006. Acute changes in muscle activation and leg extension performance after different running exercises in elite long distance runners. *European Journal of Applied Physiology* 96: 282-291.

Väisänen, M. 2002. Kestävyyden ja voimantuoton yhteydet suunnistusjuoksuun miehillä ja pojilla pohjoismaisessa maastotyypissä. Pro Gradu –tutkielma, Jyväskylän yliopisto, Liikuntabiologian laitos.

Williams, C. 1990. Metabolic aspects of exercise. Teoksessa Reilly, T., Secher, N., Snell, P. & Williams, C. (toim). *Physiology of Sport*. E. & F.N. Spon. London.

Wilmore, J. 1979. The application of science to sport: physiological profiles of male and female athletes. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences* 4(2): 103-115.

Yeadon, M., Kato, T. & Kerwin, D. 1999. Measuring running speed using photocells. *Journal of Sports Sciences* 17: 249-257.

Sähköiset lähteet:

International Orienteering Federation, Foot orienteering. 2011.

<http://orienteering.org/foot-orienteering/>. Viitattu 24.3.2011

International Orienteering Federation, Foot Orienteering Competition Rules. 2011.

<http://orienteering.org/wp-content/uploads/2010/12/IOF-Foot-Orienteering-Rules-2011.pdf>. Viitattu 15.4.2011.

Suomen suunnistusliitto, Sprinttisuunnistuksen määritelmä. 2011.

<http://www.ssl.fi/SSL/sslwww.nsf/sp?open&cid=content76A7CE&treecomponent2nf=2010\Navi\Kartta\content74947C\content76A7CE&treecomponent2nfa=o>. Viitattu 15.4.2011.

Suomen suunnistusliitto, suunnistuksen lajisäännöt. 2011.

[http://www.ssl.fi/SSL/sslwww.nsf/0/ADC5B228D8A0F2E2C22576900059FFA2/\\$FILE/Lajis%E4%E4nn%F6t%202011%2001012011%20alkaen.pdf](http://www.ssl.fi/SSL/sslwww.nsf/0/ADC5B228D8A0F2E2C22576900059FFA2/$FILE/Lajis%E4%E4nn%F6t%202011%2001012011%20alkaen.pdf). Viitattu 15.4.2011.

Österbö 2011. Öysten Kvaal Österbö:n kotisivut. <http://okvaal.com/maps/>

[show\\_map.php?user=oystein&map=34](http://okvaal.com/maps/show_map.php?user=oystein&map=34). Viitattu 24.4.2011.

## LIITTEET

### LIITE 1. SPRINTTISUUNNISTUKSEN KIELLETYT KOHTEET

#### Karttamerkeillä varustettu lista

	Ylipääsemätön jyrkänne
	Ylipääsemätön vesialue
	Ylipääsemätön suo
	Viljelty maa
	Läpipääsemätön kasvillisuus
	Ylipääsemätön muuri tai seinä
	Ylipääsemätön aita tai kaide
	Rakennus
	Kielletty alue
	Ylipääsemätön putkilinja
	Ylityskielto
	Väliaikaisesti kielletty alue
	Vaarallinen alue
	Väliaikainen rakenne tai suljettu alue

Lähde: Suomen suunnistusliitto, Sprinttisuunnistuksen kielletyt kohteet. 2011.

<http://www.ssl.fi/SSL/sslwww.nsf/sp3?open&cid=content1F1BF8&pagenavigationnf=>

KILPAI-

LU\S\C3%A4\C3%A4nn\C3%B6t%20ja%20ohjeet\Sprinttisuunnistuksen%20kielletyt%20kohteet&pagenavigationnfa=o. Viitattu 15.4.2011.

## LIITE 2. TIEDOTE TUTKITTAVILLE JA SUOSTUMUS TUTKIMUKSEEN OSALLISTUMISESTA

### 1. Tutkijoiden yhteystiedot

#### Vastuullinen tutkija

Keijo Häkkinen, LitT  
Jyväskylän yliopisto  
Liikuntabiologian laitos  
Rautpohjankatu 8, 40700 Jyväskylä  
Puh: 050 4285289  
[keijo.hakkinen@jyu.fi](mailto:keijo.hakkinen@jyu.fi)

### 2. Muut tutkijat

Minna Truhponen, LitK  
VTE-maisteriopiskelija  
Vellamonkatu 8 C18, 40700 Jyväskylä  
040 7747816  
[minna.m.truhponen@student.jyu.fi](mailto:minna.m.truhponen@student.jyu.fi)

Risto Puurtinen  
Erikoislaboratoriomestari  
040 8053736

### 3. Tutkimuksen taustatiedot

Tämä tutkimus on Jyväskylän yliopiston Liikuntabiologian laitoksen Pro Gradu –työ, ja se toteutetaan yhteistyössä Suomen Suunnistusliiton kanssa. Tutkimus toteutetaan keväällä 2012.

### 4. Tutkimusaineiston säilyttäminen

Projektin vastuullinen tutkija vastaa tutkimusaineiston säilyttämisestä. Tutkimusaineistoa ovat kaikki tutkimuksen aikana mitatut tulokset. Tutkimusaineisto käsitellään ja säilytetään ilman tutkittavan henkilön tunnistetietoja. Tutkimusaineisto säilytetään tutkimuksen ajan tutkijan henkilökohtaisella tietokoneella, johon pääsy vaatii salasanan tuntemisen. Manuaalisen aineisto säilytetään vastaavan tutkijan hallussa.

### 5. Tutkimuksen tarkoitus, tavoite ja merkitys

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää sprinttisuunnistuksessa tarvittavia fysiologisia ja voimantuotannollisia vaatimuksia, ja tarkastella mistä johtuvat erot naisten ja miesten, sekä hyvien ja hieman heikompien sprinttereiden välillä.

Sprinttisuunnistus on vielä melko uusi suunnistuksen alalaji, eikä sitä ole juurikaan tutkittu. Suunnistuksen näkyvyys esimerkiksi televisiossa on kuitenkin noussut viime vuosina pitkälti juuri sprinttisuunnistuksen ansiosta. Sprinttisuunnistuksen vaatimuksista tiedetään vielä melko vähän, eikä siihen erikoistuneita urheilijoita juuri ole. Mikäli lajin vaatimuksista tiedettäisiin enemmän, myös erikoistumista sprinttiin voisi tapahtua enemmän, mikä jatkossa mahdollistaisi myös menestymisen arvokilpailuissa.

## 6. Tutkimukseen liittyvät testit ja toimenpiteet

Jokaiselle tutkimukseen osallistuvalla urheilijalla tehdään testejä kahtena erillisenä päivänä. Toisena päivänä testataan fysiologisia ja voimantuotannollisia muuttujia laboratorioolosuhteissa, ja toisena päivänä juostaan lajinomaiset sprinttisuunnistus- ja maastotestit. Maastotesti juostaan samalla radalla kuin sprinttisuunnistustesti on juostu.

Suoritettavat testit ja mitä niistä mitataan:

### 1. Antropometria

Mitataan pituutta, painoa ja kehon koostumusta. Käytössä Inbody 720.

### 2. Maksimivoima

Mitataan alaraajojen staattista maksimivoimaa jalkadynamometrillä, josta määritetään maksimivoiman lisäksi myös voima-aikakäyrä (RFD). Alaraajojen dynaamista maksimivoimaa mitataan jalkaprässissä 1RM:llä. Lisäksi mitataan keskivartalon maksimaalista ojennus- ja koukistusvoimaa dynamometrin avulla.

### 3. Alaraajojen nopeusvoima

Mitataan hyppykorkeutta staattisella, kevennys- ja pudotushypyllä. Pudotushyppy testataan kahdelta eri korkeudelta. Lisäksi mitataan kimmoisuutta vauhdittomalla 5-loikalla.

### 4. Nopeustesti

Tehdään 20 metrin kiihdytys, johon kulunutta aikaa mitataan valokennoilla.

### 5. Maksimihapenoton testi

Juostaan 6-8 kertaa 1000 metriä nousevalla vauhdilla. Vauhdit määritetään valojäniksen avulla. Testin avulla määritetään myös aerobinen ja anaerobinen kynnyks. Kerätään hengityskaasuja kannettavalla hengityskaasuanalysaattorilla koko suorituksen ajalta, samoin sykettä. Jokaisen kuorman lopussa otetaan sormenpästä verinäyte laktaatin määrittämiseksi. Lisäksi mitataan vetoihin kulunutta aikaa.

### 6. Sprinttisuunnistustesti

Lajinomainen sprinttisuunnistustesti juostaan kaupunkiolosuhteissa. Ennen ja jälkeen sprinttisuunnistus- ja maastotestin tehdään staattinen ja kevennyshyppy sen arvioimiseksi, mitä nopeusvoimaominaisuuksille tapahtuu suorituksen aikana. Ennen ja jälkeen suorituksen, sekä

kahdessa kohtaa rataa, otetaan laktaattinäyte sormenpäädästä. Syke- ja GPS-dataa kerätään koko suorituksen ajalta. GPS:n avulla tarkastellaan juostua reittiä, nopeuksia eri paikoissa ja kokonaisjuoksumatkaa. Suorituksen jälkeen jokaisen datat ladataan tietokoneelle. Lisäksi jokaiselta osallistujaa pyydetään suorituksen jälkeen arvioimaan virheisiin kulunutta aikaa.

## 7. Maastotesti

Juostaan sama rata kuin suunnistuksessa. Mitataan suoritukseen kulunutta aikaa, sykettä koko suorituksen ajalta, laktaattia samoissa kohdissa kuin sprinttisuunnistustestissä, sekä GPS-dataa reitin, nopeuksien ja kokonaisjuoksumatkan määrittämiseksi. Ennen ja jälkeen maastotestin tehdään staattisen ja kevennyshyppyä.

## 8. Tutkimuksen hyödyt ja haitat

Tutkimuksen avulla saadaan selville sprinttisuunnistuksen vaatimuksia, joita sprinttiin panostavat suunnistajat voivat käyttää hyödyksi tulevaisuuden harjoittelussaan. Monipuolisten testien avulla tutkimukseen osallistuvat urheilijat saavat tietoa vahvuuksistaan ja heikkouksistaan. Lisäksi heille määritetään aerobinen ja anaerobinen kynnys, joita voidaan suoraan käyttää hyödyksi harjoittelussa. Tutkimuksen tuloksia esitellään Pro Gradu –tutkielmassa, sekä mahdollisesti Suomen Suunnistusliiton seminaari- ja valmennusmateriaalina ja tieteellisissä aikakausjulkaisuissa.

Maksimaalisiin testeihin liittyy aina pieniä terveydellisiä riskejä. Ammattitaitoinen tutkimushenkilöstö suorittaa testit, ja laitteet ja menetelmät ovat yleisesti käytössä olevia, joten riskit ovat hyvin pieniä.

## 9. Tutkimustiedon käyttö

Tutkimuksissa kerättävä tieto on luottamuksellista, eikä sitä luovuteta tutkimusryhmän ulkopuolelle. Tutkimuksesta tehtävät julkaisut laaditaan siten, ettei niissä mainittavia tietoja ole mahdollista yhdistää tutkittavaan henkilöön.

## 10. Tutkittavien oikeudet

Osallistuminen tutkimukseen on täysin vapaaehtoista. Tutkittavilla on tutkimuksen aikana oikeus kieltäytyä mittauksista ja keskeyttää testit ilman, että siitä aiheutuu mitään seuraamuksia. Tutkimuksen järjestelyt ja tulosten raportointi ovat luottamuksellisia. Tutkittavilla on oikeus saada lisätietoa tutkimuksesta tutkijaryhmän jäseniltä missä vaiheessa tahansa.

## 11. Vakuutukset

Jyväskylän yliopiston henkilökunta ja toiminta on vakuutettu. Vakuutus sisältää potilasvakuutuksen, toiminnanvastuuvakuutuksen ja vapaaehtoisen tapaturmavakuutuksen. Tutkimuksissa tutkittavat (koehenkilöt) on vakuutettu tutkimuksen ajan ulkoisen syyn aiheuttamien

tapaturmien, vahinkojen ja vammojen varalta. Tapaturmavakuutus on voimassa mittauksissa ja niihin välittömästi liittyvillä matkoilla. Vakuutusyhtiöt eivät kuitenkaan korvaa äkillisen ponnistuksen aiheuttamaa lihas- tai jännerevähdyttä, ellei siihen liity ulkoista syytä. Tapaturmien ja sairastapausten välittömään ensiapuun mittauksissa on varauduttu tutkimusyksikössä. Laboratoriossa on ensiapuvälineet ja varusteet, joiden käyttöön henkilökunta on perehtynyt. Tutkittavalla olisi hyvä olla oma henkilökohtainen tapaturma/sairaus- ja henkivakuutus, koska tutkimusprojekteja varten vakuutusyhtiöt eivät myönnä täysin kattavaa vakuutusturvaa esim. sairauskohtauksien varalta.

## 12. Tutkittavien suostumus tutkimukseen osallistumisesta

Olen perehtynyt tämän tutkimuksen tarkoitukseen ja sisältöön, tutkittaville aiheutuviin mahdollisiin haittoihin sekä tutkittavien oikeuksiin ja vakuutusturvaan. Suostun osallistumaan mittauksiin ja toimenpiteisiin annettujen ohjeiden mukaisesti. En osallistu mittauksiin flunssaisena, kuumeisena, toipilaana tai muuten huonovointisena. Voin halutessani peruuttaa tai keskeyttää osallistumiseni tai kieltäytyä mittauksista missä vaiheessa tahansa. Tutkimustuloksiani saa käyttää tieteelliseen raportointiin (esim. kotimaisiin ja kansainvälisiin julkaisuihin) sellaisessa muodossa, jossa yksittäistä tutkittavaa ei voi tunnistaa.

	Kyllä	Ei
Suostun yllämainitun projektin mittauksiin annettujen ohjeiden mukaisesti		
Annan luvan tulosteni käyttöön tutkimuksen raportoinnissa		
Annan luvan tulosteni käyttöön tuotekehitystoiminnassa		
Annan luvan tulosteni säilyttämiseen liikuntabiologian laitoksen tutkimusrekisterissä		
Annan luvan mittausten yhteydessä otetun video/valokuvani käyttöön liikuntabiologian laitoksen ei-kaupallisessa kirjallisessa ja suullisessa raportoinnissa		
Annan luvan seuraavien tulosteni antamisesta suunnistusliiton käyttöön:		
• Fyysisen suorituskyvyn mittaukset (voima-, nopeus- & kestävyystestit)		
• Lajinomaiset mittaukset (sprintti- & maastotesti)		
• GPS-data		
Yhteystietoni saa sisällyttää liikuntabiologian laitoksen henkilörekisteriin ja minuun saa olla myöhemmin yhteydessä haettaessa tutkittavia liikuntabiologian laitoksen tutkimuksiin		
Olen tutustunut suoritettaviin testeihin ja mittauksiin, ja olen ymmärtänyt mittausten tarkoituksen ja niihin liittyvät riski- ja hyötynäkökohdat		

\_\_\_\_\_

Paikka

\_\_\_\_\_

Päiväys

\_\_\_\_\_

Tutkittavan allekirjoitus

\_\_\_\_\_

Nimenselvennys

\_\_\_\_\_

Paikka

\_\_\_\_\_

Päiväys

\_\_\_\_\_

Tutkijan allekirjoitus

\_\_\_\_\_

Nimenselvennys

### LIITE 3. VALMISTAUTUMISOHJEET TESTEIHIN

Laboratoriotestien mittaukset pidetään Hippoksella Viveca –rakennuksessa (Rautpohjankatu 8, jäähallin ja hipposhallin välissä). Kokoonnumispaikkana Vivecan pääaula, josta urheilijaa tullaan noutamaan. Testin alkuaika on aika, jolloin testi alkaa, tätä ennen olisi hyvä olla omatoimiset verryttelyt tehtynä.

#### **Valmistautumisohteet testeihin**

- Testeihin tulisi saapua levänneenä. Kahtena edellisenä päivänä on hyvä välttää voimakasta fyysistä rasitusta. (Huom, erityisajat kuten sprinttileiri ja jukola)
- Edellisestä rasvapitoisesta aterista olisi hyvä olla kulunut vähintään 4h
- Ei alkoholia 24h ennen testiä
- Kofeiinipitoisia juomia pitäisi välttää testipäivänä. Muusta nesteen nauttimisesta muistettava pitää huoli.
- EI SAIRAANA TESTEIHIN! Mikäli sairastumisia esiintyy, sovitaan uusi testiaika mahdollisimman pian.
- Varusteet
  - Laboratoriotestit: Sisäliikuntavarustus, (maksimihapenotontesti juostaan halliolo-suhteissa), juoksukengät, sykemittari (lainattavissa tarvittaessa testaajalta)

#### **Testin sisältö:**

- Laboratoriotesteissä mitataan kehonkoostumusta, jalkojen ja keskivartalon maksimi- ja nopeusvoimaa, kiihdytysnopeutta sekä kestävyysominaisuuksia maksimihapenotontestillä. Kehonkoostumusmittauksessa johdetaan kehoon pientä sähkövirtaa, jonka avulla kehonkoostumusta arvioidaan. Maksimihapenotontestissä mitataan hengityskaasuja, sykettä ja laktaattia sormenpästä.

Lisätietoja: Minna Truhponen, minna.m.truhponen@student.jyu.fi, 040-7747816



## LIITE 4. SPRINTTITESTISUUNNISTUSRATA &amp; -KARTTA

