

**KESTÄVYYDEN JA VOIMANTUOTON YHTEYDET
SUUNNISTUSJUOKSUUN MIEHILLÄ JA POJILLA
POHJOISMAISESSA MAASTOTYYPISÄ**

Marko Väisänen

Jyväskylän yliopisto
Liikuntabiologian laitos
Valmennus- ja testausopin
Pro Gradu -tutkielma
Kevät 2002
Työn ohjaaja: Keijo Häkkinen

TIIVISTELMÄ

Marko Väisänen (2002). Kestävyyden ja voimantuoton yhteydet suunnistusjuoksuun miehillä ja pojilla pohjoismaisessa maastotyypissä. Valmennus- ja testausopin Pro Gradu -tutkielma. Liikuntabiologian laitos. Jyväskylän yliopisto.

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää suunnistajien kestävyys- ja voimantuotto-ominaisuuksia ja niiden yhteyksiä suunnistusjuoksuun. Suunnistussuorituksen osalta mitattiin suunnistuksen reserviajan suuruutta (suunnistustoimintoihin kulunut aika). Lisäksi pyrittiin selvittämään miesten ja poikien välisiä eroja mitattujen muuttujien osalta.

Tutkimukseen osallistui 19 maajoukkuesuunnistajaa. Miehet (n=8) kuuluivat joko Suomen A- tai B-maajoukkueeseen ja pojat (n=11) edustivat Suomea pohjoismaisissa mestaruuskilpailuissa kesällä 2001. Koehenkilöiltä mitattiin voimantuotto-ominaisuuksia isometrisellä jalkadynamometrillä ennen väsytytkuormitusta, sen aikana ja lopuksi. Väsytytys suoritettiin jalkaprässissä, jossa tehtiin 5*10 toiston sarja 30 s palautuksella kuorman ollessa 60 % isometrisestä maksimivoimasta. Voimamittausten jälkeen suoritettiin maksimaalisen hapenoton testi juoksumatolla kuormitusmallilla, jossa nostettiin sekä juoksumaton vauhtia että kulmaa. Toisen päivän mittaukset tapahtuivat maastossa: aamupäivällä 5.0 km:n suunnistuskilpailu ja neljä tuntia myöhemmin saman radan maastojuoksu.

Voimantuotto-ominaisuuksissa miesten ja poikien välillä ei ollut ryhmätasolla merkitseviä eroja. Sen sijaan yksilölliset erot voimantuotossa olivat erittäin suuret. Kestävyysominaisuuksissa miehet olivat poikia parempia aerobisen ($p < 0.01$) ja anaerobisen ($p < 0.05$) kynnyksen arvoissa. Maksimaalisen kestävyuden osalta erot eivät olleet merkitseviä: miesten teoreettinen VO_{2max} oli $74 \pm 5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ja poikien $70 \pm 4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. Suunnistusradalla miehet olivat 13 % ($p < 0.01$) nopeampia kuin pojat. Miehet tekivät myös ajallisesti virheitä huomattavasti vähemmän kuin pojat (1.43 ± 0.56 vs 3.21 ± 2.03 min, $p < 0.05$). Suunnistustoimintoihin kulunut aika, 11-12 % kokonaisajasta, oli yhtäsuuri molemmilla ryhmillä. Maastojuoksussa miehet olivat 8 % ($p < 0.05$) nopeampia kuin pojat. Eroa syntyi tasaisesti kaikissa maastonosissa, mutta merkitsevimmät erot syntyivät ylämäki-, vaihteleva maasto- ja avokallio-osuuksilla. Voimantuotto-ominaisuuksista nopeusvoimaa kuvaavat muuttujat korreloivat maastojuoksun loppu-aikaan ja eri maastonosiin suuntaa antavasti. Kestävyysominaisuuksien yhteydet maastojuoksun loppu-aikaan ja eri maastonosiin olivat vahvemmat kuin voimantuotto-ominaisuuksien. Poikien kohdalla eri muuttujat (VO_{2max} -testin loppu-aika, teoreettinen VO_{2max} , AnaK ja AerK) korreloivat kaikki voimakkaasti ($r = .52-.75$) maastojuoksun loppuajan ja eri maastonosoiden kanssa lukuunottamatta avokallio-osuutta. Miesten kohdalla edellä mainitut muuttujat korreloivat voimakkaasti vain ylämäkiosuuden kanssa ja anaerobinen kynnys kohtuullisesti kaikkien maastonosoiden kanssa.

Tämän tutkimuksen perusteella voimantuotto-ominaisuudet ovat mies- ja poikas suunnistajien osalta hyvin samanlaisia. Kestävyysominaisuuksissa, etenkin aerobisen ja anaerobisen kynnyksen osalta miehet ovat poikia parempia. Suunnistusteknisesti miehet ovat parempia ja he tekevät huomattavasti vähemmän virheitä. Maastojuoksussa miesten ja poikien ero kasvaa verrattuna juoksumattojuoksuun. Erot syntyvät pääasiassa kestävyysominaisuuksien (anaerobinen- ja aerobinen kynnys) mukaan ja on mahdollista, että miehet pystyvät hyödyntämään voimaominaisuuksiaan paremmin maastojuoksussa kuin pojat.

ESIPUHE

Suunnistuksen valmennustehtävissä nuorten parissa toimineena on herännyt mielenkiinto tutkia nuoria innokkaita suunnistuslupauksia. Ajatus mies- ja poikasuunnistajien eri ominaisuuksien vertailusta oli jo kytynyt aikansa sisälläni ja totesin, että Pro Gradu-tutkielma saattaisi olla tilaisuus toteuttaa tutkimus. Kun kerroin valmentajakollegoilleni tutkimusajatuksestani, sain heiltä niin paljon rohkaisevaa palautetta kyseistä aihetta kohtaan, että päätin aloittaa suunnistustutkimuksen tekemisen.

Haluan kiittää erityisesti työnohjaaja Keijo Häkkistä asiantuntevasta ohjauksesta, Suomen Suunnistusliittoa tutkimuksen kustannusten maksamisesta ja muusta yhteistyöstä sekä Jari Ikäheimosta avustuksesta testien suunnittelussa ja hyvistä kommentteista työn eri vaiheissa. Kiitoksen ansaitsevat myös koehenkilöinä toimineet yhdeksäntoista huippusuunnistajaa, jotka tulivat vapaaehtoisesti nauttimaan kaksipäiväisestä testipatterista.

Jyväskylässä 15.4. 2002

Marko Väisänen

SISÄLTÖ

JOHDANTO	2
1 KESTÄVYYSSUORITUKSEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	3
1.1 Energiantuotto.....	3
1.1.1 Anaerobinen energiantuotto.....	3
1.1.2 Aerobinen energiantuotto	4
1.2 Maksimaalinen hapenotto	5
1.3 Aerobinen ja anaerobinen kynnyks	6
1.4 Taloudellisuus.....	9
1.5 Voimantuotto	10
2 HERMO-LIHASJÄRJESTELMÄN VOIMANTUOTTO	11
2.1 Lihaksen aktivointi ja voimantuotto	11
2.2 Lihaspituus ja voimantuotto	12
2.3 Voima-aika -riippuvuus	13
2.4 Voima-nopeus -riippuvuus	15
3 SUUNNISTUSSUORITUS JA SEN FYYSISET VAATIMUKSET	16
3.1 Suunnistuksen kilpailusuoritus	16
3.2 Suunnistussuorituksen osatekijät	16
3.3 Syke, veren laktaattipitoisuus ja hapenkulutus suunnistussuorituksessa.....	18
3.4 Kontaktiajat ja askelpituus sekä -tiheys suunnistusjuoksussa	19
3.5 Voiman yhteys suunnistusjuoksukykyyn	20
3.6 Laboratoriotestien yhteys suunnistusjuoksukykyyn	20
4 SUUNNISTUSTAITO	22
4.1 Suunnistustaidon määritelmä.....	22
4.1.1 Perustaidot	22
4.1.2 Toiminnan ohjaus	23
4.1.3 Suorituksen hallinta	24
4.2 Suunnistustoimintoihin kuluva aika ja sen mittaaminen	24

5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT	27
6 MENETELMÄT	28
6.1 Koehenkilöt.....	28
6.2 Tutkimusasetelma	28
6.3 Suoritetut mittaukset ja aineiston analysointi	29
6.3.1 Voimamittaukset.....	29
6.3.2 Kestävyyssmittaukset	30
6.3.3 Suunnistusmittaukset	31
6.4 Tilastolliset analyysit	32
7 TULOKSET	33
7.1 Voimantuotto-ominaisuudet	33
7.2 Kestävyyssominaisuudet	36
7.3 Suunnistus ja maastojuoksu	37
7.4 Voimantuotto-ominaisuuksien yhteys maastojuoksuun	39
7.5 Kestävyyssominaisuuksien yhteys maastojuoksuun	45
8 POHDINTA.....	48
8.1 Päälöydökset	48
8.2 Voimantuotto-ominaisuudet	48
8.3 Kestävyyssominaisuudet	49
8.4 Suunnistus.....	50
8.5 Maastojuoksu	51
8.6 Voimantuotto-ominaisuuksien yhteys suunnistusjuoksukykyyn.....	53
8.7 Kestävyyssominaisuuksien yhteys suunnistusjuoksukykyyn.....	54
8.8 Tutkimuksen kriittinen arviointi ja jatkonäkymät	54

LÄHTEET

LIITTEET

JOHDANTO

Fyysisten ja taitoon liittyvien ominaisuuksien yhdistäminen on suunnistuksessa menestymisen kannalta ratkaisevaa. Hyvät fyysiset ominaisuudet ovat tärkeitä, mutta yksistään ne eivät takaa hyvää lopputulosta. Psykkisten ominaisuuksien merkitys korostuu huipputasolla, koska psyykkisesti vahva urheilija hallitsee itsensä ja pystyy hyödyntämään omat fyysiset ja taito-ominaisuutensa parhaiten.

Suomalaisia huippusuunnistajia ei ole testattu laboratoriotesteillä viime vuosien aikana. Tästä johtuen ei tiedetä tarkasti millaiset huippusuunnistajan fyysiset ominaisuudet ovat. Myös miesten ja poikien fyysisten ja taito-ominaisuuksien erojen selvittäminen on mielenkiintoista, koska sarjanvaihto nuorista aikuisiin tuottaa usein ongelmia myös hyvin nuorten sarjassa menestyneille. Tarjoavatko uudet lyhyemmät kilpailumuodot (sprint ja pikamatka) nuorille mahdollisuuden menestyä aikuisten sarjassa aikaisemmin?

Fyysisten ominaisuuksien mittaus on painottunut lähinnä juoksumattotesteillä suoritettuihin mittauksiin. Voimantuotto-ominaisuuksia on tutkittu erittäin vähän ja voiman merkityksestä suunnistusjuoksuun on raportoitu vain suuntaa-antavia tuloksia. (Kärkkäinen 1986; Tammelin 1992 ja 1995.)

Taidon mittaaminen on todettu monessa yhteydessä vaikeaksi. Tämä koskee myös suunnistustaitoa, jossa olosuhteet muuttuvat jatkuvasti ja yksilölliset erot suunnistustekniikassa ovat suuria. Mielekkäin tapa tutkia suunnistustoimintoja ja niihin kuluva aikaa onkin tehdä se kokonaisuutena, jolloin käsite -suunnistuksen reserviaika-kuvaa ehkä parhaiten millä tasolla henkilön suunnistustaito on. (Gjerset ym. 1997; Kärkkäinen 1986; Moser ym. 1995.)

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää mies- ja poikasuunnistajien fyysiset ominaisuudet (kestävyys ja voimantuotto) sekä niiden yhteydet suunnistusjuoksuun. Lisäksi selvitettiin voidaanko mahdollisia eroja suunnistuksen kilpailusuorituksessa miesten ja poikien välillä selittää fyysisillä ominaisuuksilla tai suunnistusteknisen osaamisen tasolla.

1 KESTÄVYSSUORITUKSEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

1.1 Energiantuotto

Liikkeen aikaansaamiseksi lihaksen on supistuttava; tämä vaatii energiaa. Lihassolu ei pysty käyttämään ravintoaineista vapautuvaa energiaa sellaisenaan, vaan sen energialähteenä toimii ainoastaan adensiinitrifosfaatti (ATP). ATP:ssa energia on sitoutuneena korkeaenergiisiin sidoksiin, jotka hermoimpulssin ja kemiallisten reaktioiden vaikutuksesta aukeavat, jolloin ATP muuttuu adensiinidifosfaatiksi (ADP) ja samalla vapautuu energiaa lihassolun käyttöön. ATP:n määrä lihaksessa on kuitenkin vähäinen ja sitä riittää vain noin 1-3 s kestävään lihastyöhön. Jotta lihastyö voisi jatkua, täytyy käytettyjä ATP-varastoja täydentää koko ajan muista energialähteistä. Käytettävien energianlähteiden yhdistelmä määräytyy suorituksen keston ja intensiteetin mukaan (Kuva 1). Kuormituksen aikana energiaa voidaan muodostaa joko anaerobisesti alaktisesti, anaerobisen glykolyysin kautta tai hapen avulla aerobisesti. (Gastin 2001; Guyton 1996, 960-964)

1.1.1 Anaerobinen energiantuotto

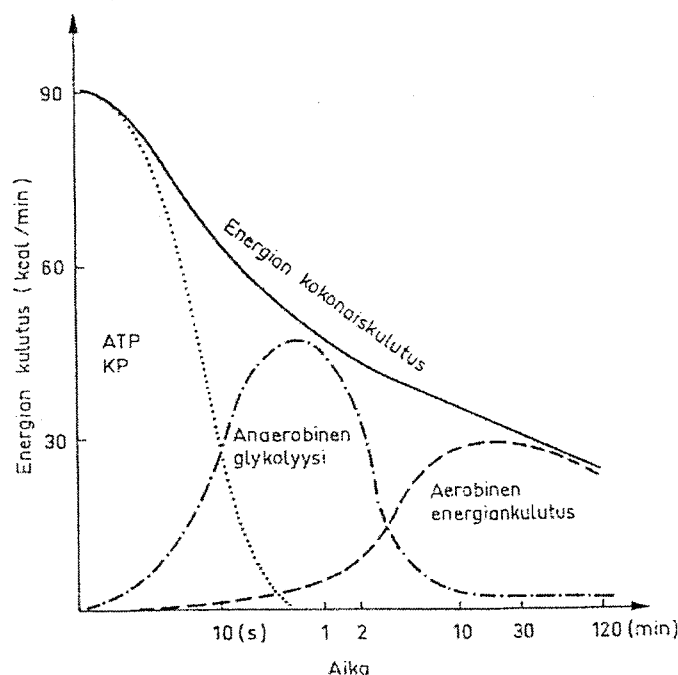
Anaerobinen energiantuotto tapahtuu joko alaktisesti eli ilman happea tai laktisesti, jolloin muodostuu maitohappoa, joka hajoaa nopeasti H^+ ja laktaatti ioneiksi. Nopeimmin ATP-varastot täyttyvät lihaksen toisen korkeaenergisestä yhdisteen kreatiinifosfaatin (KP) avulla. Lihaksen KP-varastot ovat hieman suuremmat kuin ATP-varastot, mutta maksimaalisessa lihastyössä ATP- ja KP-varastoista saadaan energiaa vain noin 10 sekunniksi. KP-varastojen pienentyessä ATP:n tuottonopeus hidastuu. Korkeaenergistien fosforyyhdisteiden hajoaminen on aina anaerobista, mutta alaktista eli maitohapon tuotto on vähäistä ja sen poistuminen on riittävän tehokasta, jolloin veren laktaattipitoisuus ei kasva suureksi. (Gastin 2001; Åstrand & Rodahl 1986, 534-537.)

Kuormituksen jatkuessa pitempään energiaa tuotetaan anaerobisen glykolyysin avulla. Tällöin lihasten glykogeenivarastoista ja veren glukoosista muodostetaan energiaa ilman happea eli laktisesti. Glykolyysissä lihaksen glykogeeni ja veren glukoosi pilkotaan palorypälehapoksi, joilloin saadaan energiaa ATP:n muodostukseen. Jos suoritus jatkuu korkealla intensiteetillä, eikä happea ole riittävästi, niin palorypälehapo muutetaan maitohapoksi ja samalla saadaan myös energiaa (ATP:a). Maitohappopitoisuuden nousu ja lihasten happamoituminen aiheuttaa lihasväsymystä ja hidastaa ATP:n muodostusta. Kun happea on riittävästi saatavilla muutetaan maitohappo sitruunahappokierrossa jälleen

palorypälehapoksi. Laktinen energiantuotto on suurimmillaan maksimaalissa lihastyössä noin 40-70 s kohdalla. Tämän jälkeen aerobiset energiantuottoprosessit alkavat hallita energiantuottoa. (Gastin 2001; Åstrand & Rodahl 1986, 534-537.)

1.1.2 Aerobinen energiantuotto

Aerobisesti energiaa muodostetaan kun suoritusteho on matala ja happea on riittävästi saatavilla. Energialähteinä toimivat lihasten ja maksan hiilihydraattivarastot sekä elimistön rasvat. (Åstrand & Rodahl 1986, 531.) Työn kesto ja intensiteetti määräävät käytetäänkö energianlähteinä pääasiassa rasvoja vai hiilihydraatteja. Suoritustehon ollessa noin 50-60 % maksimaalisesta hapenotosta käytetään energianlähteenä rasvoja yhtä paljon tai enemmän kuin hiilihydraatteja. Suoritustehon kasvaessa hiilihydraattien osuus kasvaa ja rasvojen osuus vähenee (Kantola & Rusko 1985, 19). Kovatehoisessa työssä hiilihydraattien käyttö on edullisempaa, koska niitä hapettamalla saadaan enemmän energiaa samalla happimäärällä. Suorituksen keston ollessa alle kaksi minuuttia energiantuotto tapahtuu pääasiassa hiilihydraateista. Kuormituksen jatkuessa pitempään, jopa useita tunteja, lisääntyy rasvojen käytön osuus kaiken aikaa. Samalla lihasten rajalliset glykogeenivarastot säästyvät mahdollista kovempitehoista suoritusta varten. Lihasten glykogeenivarastot riittävät maksimissaan noin kahden tunnin maksimaaliseen suoritukseen. (Gastin 2001; Guyton 1996, 960-964.)

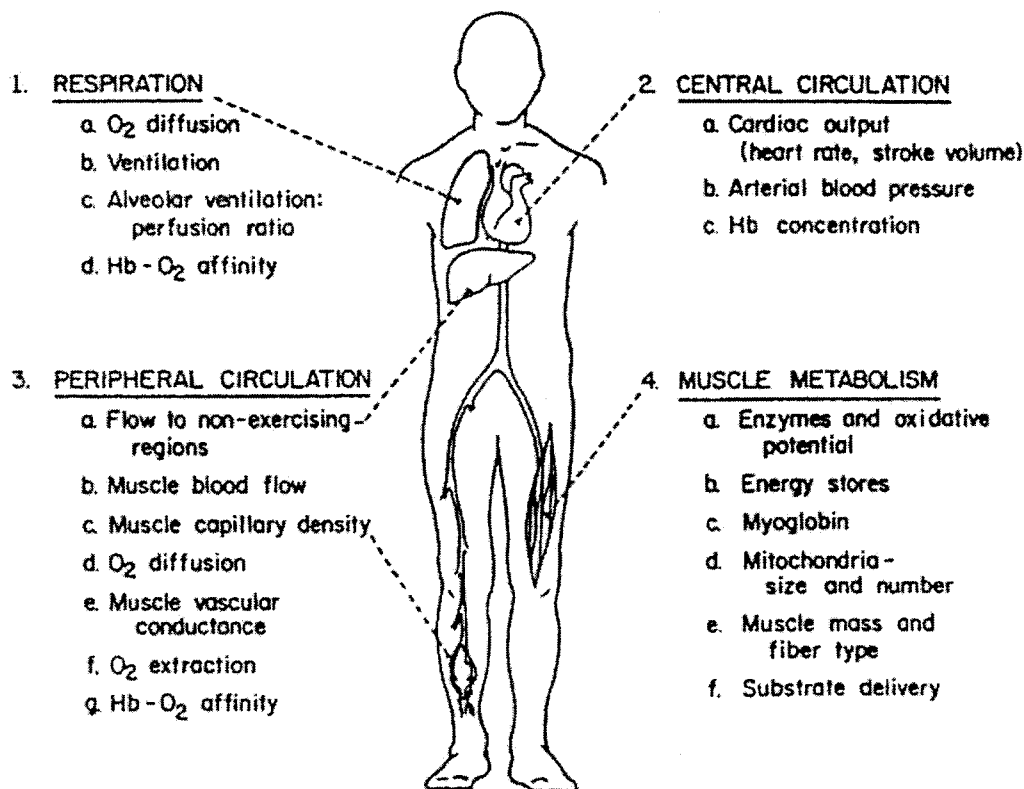


Kuva 1. Energianmuodostustavat intensiivisessä lihastyössä. (Keul 1972.)

1.2 Maksimaalinen hapenotto

Tehdyn työn intensiteetti vaikuttaa käytetyn hapen määrään. Hapenkulutuksen on todettu nousevan suorassa suhteessa tehdyn työn intensiteettiin, kunnes tietyssä vaiheessa hapenkulutus ei enää kasva. Asteittain nousevassa kuormituksessa maksimaalinen hapenottokyky on piste, jossa hapenkulutus ei enää nouse lineaarisesti työtehon suhteen, vaan se tasaantuu. Tämän jälkeen henkilö ei enää kykene tuottamaan ATP:a aerobisesti, vaan lisätyö tehdään anaerobisten energiantuottomekanismien avulla. Tämä aiheuttaa happamien aineenvaihduntatuotteiden nopean lisääntymisen elimistössä ja tuloksena on lihasuupuminen. (Basset & Howley 1997; McArdle ym. 1991, 130-131.)

Maksimaalinen hapenottokyky ilmaisee hengityselinten, verenkierron ja lihasten hapenkäytön tehoa. Sitä voidaan pitää tärkeimpänä kestävyysuorituskykyä ennustavana tekijänä. Mitä suurempi on maksimaalinen hapenottokyky, sitä suurempi on myös aerobinen energiantuotto. (McArdle ym. 1991, 130-131.) Maksimaaliseen hapenottokykyyn mahdollisesti vaikuttavia fysiologisia tekijöitä on esitetty kuvassa 2. (Rowell 1986.)



Kuva 2. Maksimaalista hapenottoa mahdollisesti rajoittavat tekijät. (Rowell 1986.)

Kuvan 2 mukaan seuraavat tekijät ovat keskeisiä tekijöitä, jotka saattavat rajoittaa maksimaalista hapenottoa:

- Hengityselimistön kapasiteetti: kyky ottaa happea ulkoilmasta ja hapettaa keuhkojen kautta kulkeva veri.
- Keskeisverenkierron kapasiteetti: sydämen pumppausteho kuljettaa happea elimistölle.
- Perifeerisen verenkierron tehokkuus.
- Lihastason aineenvaihdunnalliset tekijät ja työskentelevän lihasmassan suuruus.

Useimpien tutkimusten mukaan keuhkojen kapasiteetti ei rajoittaisi maksimaalista hapenottoa tavallisilla ihmisillä, vaan merkittävimmässä roolissa olisi keskeisverenkierron kapasiteetti (Basset & Howley 1997). Sen sijaan huippukestävyysurheilijoilla suuren sydämen minuuttitilavuuden takia hapen diffuusio keuhkorakkuloista vereen saattaa nousta myös maksimaalista hapenottoa rajoittavaksi tekijäksi, mikäli kaikki veren punasolut eivät ehdi hapettua kulkiessaan keuhkokapillaarien läpi (Powers ym. 1989).

Maksimaalisen hapenoton on todettu korreloivan voimakkaasti kestävyysuorituksen, kun tutkittava ryhmä on heterogeeninen sekä hapenottokyvyltään että kestävyysjuoksusuoritukseltaan (Foster 1983). Jos tutkittava ryhmä on ollut hapenotoltaan homogeeninen, korrelaatio juoksusuorituksen kanssa on jäänyt kohtalaiseksi tai matalaksi (Conley & Krahenbuhl 1980; Paavolainen ym. 1999).

Yksistään VO_{2max} ei kuitenkaan selitä hyvää kestävyysjuoksusuoritusta, vaikka se luokin hyvän pohjan sille. Monissa laboratorio-olosuhteissa suoritetuissa tutkimuksissa teoreettinen VO_{2max} (kuvaa tehtyä työtä) tai maksimaalinen nopeus mattotestin lopussa, ovat olleet enemmän yhteydessä hyvään kestävyysjuoksusuoritukseen kuin VO_{2max} yksistään. (Morgan ym. 1989; Noakes 1988.)

1.3 Aerobinen ja anaerobinen kynnys

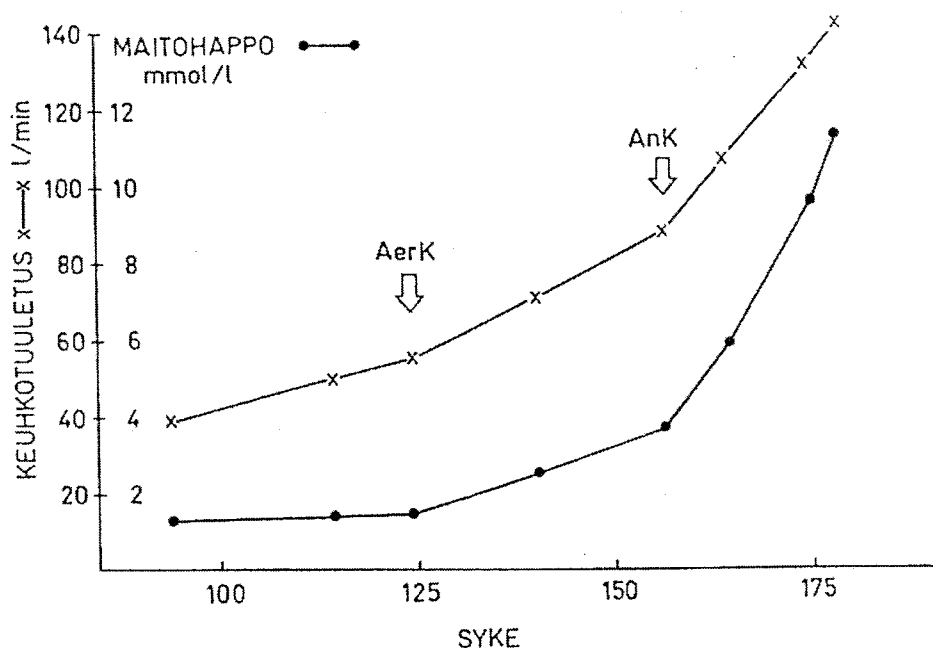
Aerobinen kynnys kuvaa lihaskudoksen kestävyysominaisuuksia ja se määräytyy pääasiassa lihasten hapenkäyttökyvystä (oksidatiivinen kapasiteetti). Kun aerobinen kynnys on hyvin kehittynyt lihakset pystyvät muodostamaan energiaa aerobisesti korkeillakin harjoitusvykeillä ilman laktaatin muodostumista.

Anaerobinen kynnyks kuvaava lihasten hapenkäyttökyvyn lisäksi koko elimistön kykyä poistaa laktaattia verestä ja kykyä neutralisoida (puskuroida) sitä happamuuden lisääntymisen estämiseksi. (Kantola & Rusko 1985, 197-200.) Aerobisen kynnyksen alapuolella tapahtuva työ on siis pääasiassa aerobista. Kynnysten välisellä alueella työskenneltäessä energiantuotto tapahtuu sekä aerobisesti että anaerobisesti. Laktaatin muodostus, sen puskuroida sekä hajoitus ovat kuitenkin vielä tasapainossa (steady state). Anaerobisen kynnyksen jälkeen laktaattipitoisuus lisääntyy voimakkaasti ja sen tuotto on suurempaa kuin sen eliminointi. (Rusko 1989, 151-152.)

Käsitteinä aerobinen ja anaerobinen kynnyks ovat vielä nykypäivänäkkin kiistanalaisia. Monet tutkijat asettavat kynnykset kokonaan kyseenalaisiksi. Nousevan kuormituksen aikana syke ja hapenkulutus kasvavat melko lineaarisesti tiettyyn pisteeseen asti, mutta veren laktaattipitoisuudessa ja ventilaatiossa tapahtuu epälineaarisia muutoksia kuormitustehon kasvaessa. Keskustelua onkin aiheuttanut se, miten kynnyksen määrittäminen tapahtuu: määrittääkö kynnykset laktaattipitoisuuden vai hengityskaasumuuttujien muutosten mukaan vai näiden molempien muutosten yhdistelmän avulla. (Loat & Rhodes 1993.)

Jotkut tutkijat ovat määrittäneet ns. laktaattikynnyksen 4 mmol/l kiinteälle tasolle. Tämä perustui siihen, että tutkimuksissa koehenkilöillä keskimääräinen veren laktaattipitoisuus pysyi suhteellisen vakaana vielä noin 4 mmol/l tasolla ja suoritusta pystyttiin jatkamaan suhteellisen pitkään. Jos kuormitusta lisättiin, niin laktaattipitoisuus lähti nousuun ja väsymys koitti huomattavasti nopeammin. (Heck ym. 1985; Sjodin & Jakobs 1981.) Stegmannin & Kindermannin (1981) mukaan kiinteää laktaattikynnystä ei voinut määrittää 4 mmol/l tasolle. Heidän mukaan jokaisella henkilöllä laktaattikynnyks määräytyy yksilölliselle tasolle. Yksilölliset laktaattitasot ovat vaihdelleet eri tutkijoiden mittauksissa 2.09 - 4.0 mmol/l välillä (Loat & Rhodes 1993).

Suomessa testausasemilla määritellään yleisesti sekä aerobinen että anaerobinen kynnyks, vaikka kansainvälisesti tunnetaan lähinnä vain anaerobinen kynnyks. Liikuntalääketieteen ja testaustoiminnan edistämistätiö (Liite ry 1998) on koonnut ohjeet miten kyseiset kynnykset tulisi määrittää laktaattipitoisuuden ja hengityskaasumuuttujien avulla. Kiinteitä laktaattitasoja ei kannateta kynnyksen määrittämisessä, koska useat aikaisemmat tutkimukset ovat osoittaneet, että laktaattitasot ovat yksilölliset. Tästä johtuen kynnykset tulisi määrittää useampien muuttujien avulla. Kuva 3 havainnollistaa laktaattipitoisuudessa ja ventilaatiossa tapahtuvia muutoksia nousevalla kuormituksella tehdyssä kuormitustestissä (Kantola & Rusko 1985, 31).



Kuva 3. Aerobisen kynnyksen (AerK) ja anaerobisen kynnyksen (AnaK) ilmeneminen kuormitustestissä, jossa työtehoa lisätään asteittain kevyestä maksimaaliseksi. (Kantola & Rusko 1985, 31.)

Liite ry:n kriteerien mukaan aerobinen kynnyks on yleensä noin 40 (30-60) lyöntiä alle maksimisykkeen ja veren laktaattipitoisuus keskimäärin 1.5 mmol/l (1-2). Aerobista kynnystä määrittäessä huomioidaan ensin laktaattipitoisuuden ensimmäinen nousukohta, sitten ventilaation eli keuhkotuuletuksen ensimmäinen poikkeama lineaarisuudesta suhteessa hapenkulutukseen ja kolmantena hengitysekvivalentin alin kohta. Suomessa aerobista kynnystä voidaankin kutsua laktaatin nousun ja ventilatorisen kynnyksen yhdistelmäksi.

Anaerobinen kynnyks taas on noin 20 (10-30) lyöntiä alle maksimisykkeen, laktaattipitoisuuden ollessa keskimäärin 3.5 mmol/l (2.5-4). Tärkein määrittämisskriteeri on laktaatin toinen, jyrkkä nousukohta. Muita määrittämisskriteereitä ovat ventilaation lineaarisuudesta poikkeava nousu suhteessa hiilidioksidin tuottoon ja hengitysekvivalentin jyrkkä muutoskohta. (Liite ry 1998.)

Anaerobisen kynnyksen ja kestävyysjuoksusuorituksen välillä on havaittu korkeita korrelaatioita useissa tutkimuksissa juoksumatkan vaihdellessa kahdesta mailista maratoniin. Matkan pidetessä korrelaatiot anaerobisen kynnyksen ja loppuajan suhteen kasvavat. Etenkin huipputasoin juoksijoilla, joilla maksimaalinen hapenotto on jo korkealla tasolla ja sen kehittyminen on enää vähäistä, juoksusuorituksen paraneminen näkyy usein myös anaerobisen kynnyksen paranemisena. (Londeree 1986; Tanaka ym. 1986.)

Kumagai ym. (1982) selvittivät anaerobisen ja maksimaalisen hapenoton yhteyksiä juoksusuorituskykyyn eri matkoilla 5 km:stä 10 mailiin. Koehenkilöinä oli nuoria 16-18 vuotiaita juoksijoita, joiden VO_{2max} oli keskimäärin $64 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. Anaerobisen kynnyksen hapenkulutus korreloi voimakkaasti kaikkien juoksumatkojen loppuaikoihin ($r = .95 - .84$) ja maksimaalisen hapenoton korrelaatiot loppuaikoihin olivat hieman pienemmät ($r = .65 - .57$).

1.4 Taloudellisuus

Mekaanisella hyötysuhteella tarkoitetaan yleisesti tehdyn työn ja kulutetun energian välistä suhdetta. Lihastyön hyötysuhteeseen vaikuttavat ainakin lihassupistustapa, elastisen energian hyödyntäminen, nivelten liikkuvuus ja liikeradat, henkilön anatomiset ominaisuudet sekä muut ulkoiset tekijät. (Cavanagh & Kram 1985.)

Kestävyyslajeissa hyötysuhteen sijasta käytetään termiä taloudellisuus. Taloudellisuus kestävyyslajeissa tarkoittaa mahdollisimman pientä hapen- tai energiankulutusta tietyllä submaksimaalisella kuormitusteholla. Taloudellisuus on yleensä parhaimmillaan kuormituksessa, joka on selvästi alle kilpailutehon. (Cavanagh & Kram 1985.)

Kestävyyslajeissa taloudellisuus eli energiankulutuksen suhde etenemisnopeuteen on tärkeä ominaisuus, koska energiansaanti on yleisin suoritusta rajoittava tekijä (Rusko 1989, 154-156.) Paavolaisen ym.(1999) tutkimuksessa ilmenee hyvin taloudellisuuden merkitys 5 km:n juoksun loppuaikaan kun vertaillaan juoksijoita, joiden maksimaalinen hapenotto on sama, mutta juoksun taloudellisuus submaksimaalisella kuormalla on erilainen. Erot 5 km:n loppuajoissa voivat olla jopa useita kymmeniä sekunteja. Vastaavasti Daniels (1985) totesi, että samanlaiseen lopputulokseen juoksukilpailuissa voidaan päästä hyvin erilaisilla maksimaalisen hapenoton ja taloudellisuuden yhdistelmillä. Conley & Krahenbuhl (1980) tutkivat eliittijuoksijoiden 10 kilometrin juoksukilpailun, juoksumatolla mitatun maksimaalisen hapenottokyvyn ja taloudellisuuden välisiä yhteyksiä ja totesivat, että

taloudellisuus korreloi voimakkaasti 10 kilometrin loppuaikaan usealla eri nopeudella. Juoksun loppuajan ja maksimaalisen hapenottokyvyn välinen korrelaatio jäi puolestaan alhaiseksi. Tutkijat korostivat, että korkea maksimaalinen hapenotto mahdollisti juoksijoiden kuulumisen kyseiseen eliittiryhmään, mutta ei erotellut heitä 10 kilometrin juoksusuorituksessa.

1.5 Voimantuotto

Perinteisesti on todettu, että energiantuotto-kapasiteetti ja maksimaalinen hapenottokyky ovat kestävyysuorituksen kannalta ratkaisevia (Morgan ym. 1989). Viimeaikaisten tutkimusten perusteella on myös havaittu selvää yhteyttä kestävyysuorituksen paranemisen ja hermo-lihasjärjestelmän harjoittamisen välillä. (Bell ym. 2000; McCarthy ym. 1995; Paavolainen 1999.)

Kestävyysjuoksussa kuten muissakin kestävyyslajeissa voimantuotto on hyvin alhaista verrattuna dynaamiseen tai isometriseen maksimivoimaan. Ponnistusvaiheen kesto kestävyysjuoksussa vaihtelee 200-250 ms välillä. Nämä tekijät huomioiden kestävyysuorituksen ongelmaksi muodostuukin, miten pystytään ylläpitämään mahdollisimman suuri voimataso koko suorituksen ajan ja tuottamaan voima samalla nopeasti. (Paavolainen ym. 1999.)

Paavolainen (1999) totesi kokeneille mieskestävyysurheilijoille tekemässään tutkimuksessa, että hermo-lihasjärjestelmän voimantuotto-ominaisuudet ovat tärkeitä kestävyysuoritusta selittäviä tekijöitä. Kestävyysurjoitteluun yhdistetyn nopeus- ja nopeusvoimatyypin harjoittelun todettiin parantavan kestävyysurheilijan voima-nopeusominaisuuksia, juoksun taloudellisuutta ja sitä kautta kestävyysuorituskykyä, vaikka maksimaalisessa hapenottokyvyssä ei tapahtunut muutoksia.

2 HERMO-LIHASJÄRJESTELMÄN VOIMANTUOTTO

2.1 Lihaksen aktivointi ja voimantuotto

Lihaksen supistumiskäskey saa alkunsa keskushermostosta, josta hermoimpulssi tulee motorista liikehermoa pitkin lihassoluun. Motorinen hermosolu jakautuu useisiin päätehaaroihin, jotka liittyvät hermo-lihas-liitoksena kukin yhteen lihassoluun. Yksi motorinen hermosolu, sen päätehaarat ja niiden hermottamat lihassolut muodostavat motorisen yksikön (MY) (Winter 1979, 108). Motorisen liikehermon ja lihaksen liittymäkohdasta aktiopotentiaali etenee pitkin lihassolun kalvoa ja samalla se leviää myös lihassolun sisään T-tubuluksia pitkin. Aktiopotentiaalın leviäminen lihassolun sisään saa aikaan kalsiumin vapautumisen sarkoplasmaattisesta kalvostosta. Kalsiumionit kulkeutuvat aktiini- ja myosiinifilamenttien läheisyyteen ja käynnistävät reaktion, jonka seurauksena myosiinifilamenttien pinnalla olevat välisillat tarrautuvat aktiinifilamentteihin vetäen sarkomeeriä kasaan ja lähentäen näin z-levyjä toisiinsa. Solun peräkkäisten sarkomeerien yhtäaikaisen supistumisen seurauksena koko lihassolu lyhenee. (Åstrand & Rodahl 1986, 19-33.)

Motorinen yksikkö on hermolihasjärjestelmän pienin voimaa tuottava yksikkö. Motoristen yksiköiden koko riippuu tarvittavan voiman suuruudesta. Mitä enemmän voimaa tarvitaan, sitä enemmän lihassoluja kuuluu yhden motorisen hermon piiriin eli sitä suurempia motorisia yksiköitä käytetään. Vähemmän voimaa vaativissa hienomotorisissa toiminnoissa yksi motorinen yksikkö saattaa hermottaa vain muutamaa lihassolua. Yhden motorisen yksikön solut supistuvat ”kaikki tai ei mitään” -periaatteella. Lihassupistuksessa keskushermostosta tulevat käskyt saattavat tulla niin nopeasti, että motorisen yksikön lihassolut eivät ennätä palautua edellisestä supistuksesta, jolloin seurauksena on jatkuva lihassupistus. (Heckman ym. 1996; Winter 1979, 109.)

Luurankolihasen motoriset yksiköt voidaan jakaa nopeisiin ja hitaisiin yksiköihin niiden syttymisnopeuden mukaan. Nopeat motoriset yksiköt tuottavat voimaa ja relaxoituvat nopeammin kuin hitaat motoriset yksiköt. Nopeat motoriset yksiköt myös väsyvät hitaita herkemmin. Näin ollen nopeat motoriset yksiköt ovat edullisia nopeaa voimantuottoa ja nopeutta vaativissa suorituksissa ja hitaat motoriset yksiköt puolestaan kestävyyttä vaativissa suorituksissa. (Häkkinen 1990, 13.)

Lihäsännityksen tasoa voidaan säädellä periaatteessa kahdella tavalla: syttymisfrekvenssiä lisäämällä tai rekrytoimalla uusia motorisia yksiköitä. Aluksi pienet eli hitaat motoriset yksiköt lisäävät syttymisfrekvenssiään, kunnes lihasännityksen lisäämiseksi syttymisfrekvenssiä ei voi enää lisätä. Tämän jälkeen rekrytoidaan suurempia, nopeita motorisia yksiköitä ja ne lisäävät syttymisfrekvenssiään lihasännityksen nostamiseksi, kunnes maksimaalinen ännitystaso on saavutettu. Lihaksen relaksoituessa sama ilmiö tapahtuu päinvastaisessa järjestyksessä. (Heckman ym. 1996; Winter 1979, 109-111.)

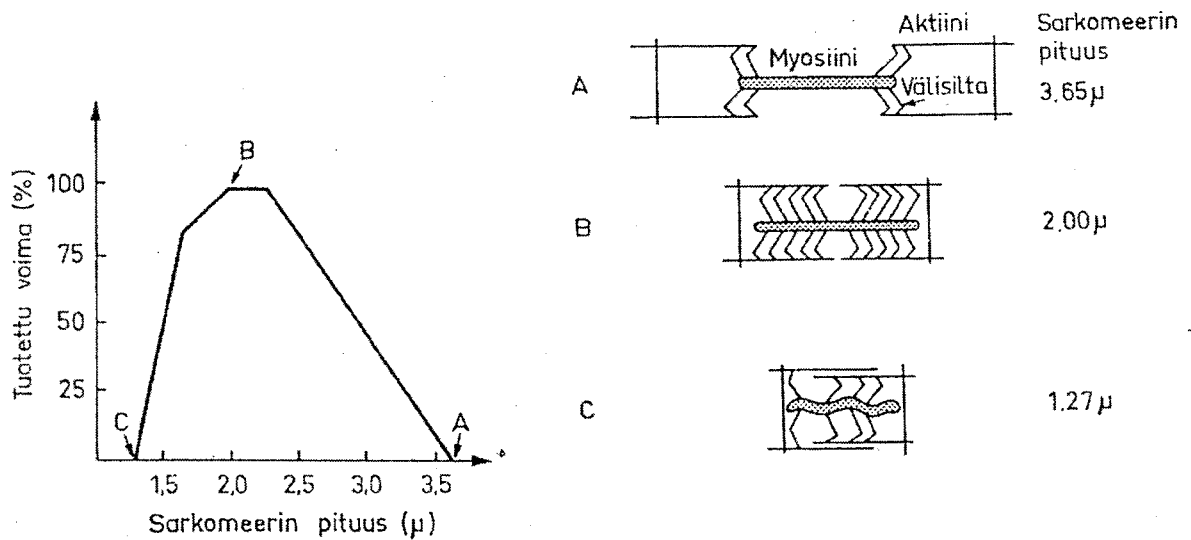
2.2 Lihaspituus ja voimantuotto

Lihaspituudessa tapahtuvien muutosten mukaan voidaan lihassupistustavat luokitella isometriseen ja dynaamiseen lihastyöhön. Isometrisessä lihassupistuksessa lihaksen pituus ei muutu. Tällöin ei tapahdu nivelliikettä, eikä ulkoinen kuorma liiku. Lihaksen sisällä supistuvat komponentit lyhenevät ja elastiset komponentit venyvät. Dynaaminen lihassupistus voidaan jakaa konsentriseen ja eksentriseen lihassupistukseen. Dynaamisessa lihassupistuksessa lihas joko lyhenee liikuttaessa ulkoista kuormaa (konsentrinen) tai pitenee ulkoisen kuorman venyttäessä aktiivista lihasta (eksentrinen). (Åstrand & Rodahl 1986, 40.)

Lihaksen tuottama maksimaalinen voima on suurin eksentrisessä supistuksessa, joilloin elastisia komponentteja voidaan käyttää hyväksi lihaksen venyessä. Pienin maksimaalinen voima saavutetaan konsentrisessä lihastyössä. Isometrisessä lihassupistuksessa tuotetun maksimivoiman suuruus on edellä mainittujen välissä. Normaalisissa liikuntasuorituksessa erilaiset lihassupistustavat esiintyvät harvoin yksittäisinä; konsentrinen, eksentrinen ja isometrinen lihastyötapaa vuorottelevat liikkeen edetessä. (Åstrand & Rodahl 1986, 40.)

Tuotetun voiman määrä riippuu lihassolun sarkomeerien aktiinin ja myosiinin muodostamien välisiltojen lukumäärästä: sarkomeerien keskipituuksilla on mahdollista syntyä enemmän välisiltoja kuin ääripituuksilla. Koska lihassolu on rakentunut lukuisista peräkkäisistä sarkomeereistä voidaan ajatella koko sarkomeerien pituuden edustavan lihassolun ja koko lihaksen voima-pituus -riippuvuutta. Näin ollen suurin voima saavutetaan lihaksen keskipituuksilla (anatominen lepopituus) ja pienin silloin, kun lihas on äärimmilleen venynyt (Kuva 4). Poikkeuksen muodostaa eksentrinen työ, jossa aktiivista lihasta venytetään ulkoisen kuorman vaikutuksesta ja lihaksen sidekudoksen tuottama voima vaikuttaa koko

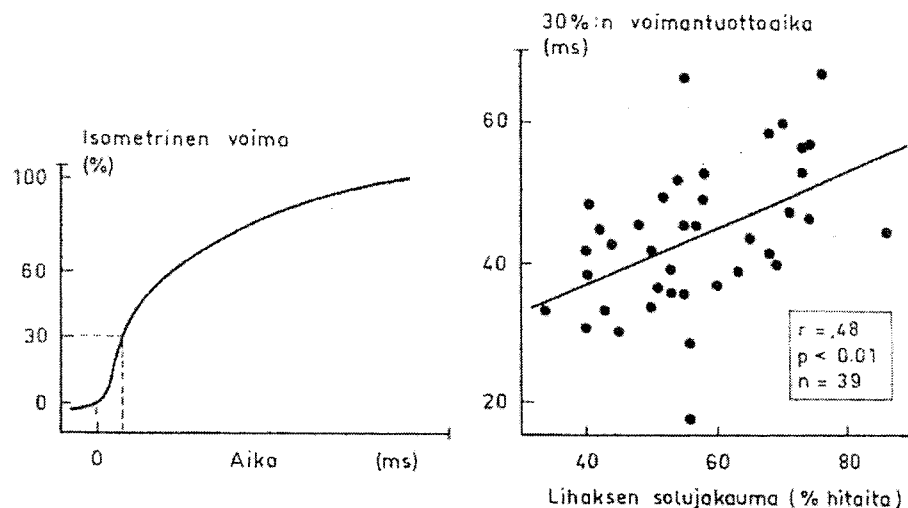
lihaksen tuottamaan voimaan. (Heckman ym. 1996; Häkkinen 1990, 23-24; Viitasalo ym. 1987, 49-50.)



Kuva 4. Sarkomeerin pituuden ja sen tuottaman voiman välinen riippuvuus (Viitasalo ym. 1987, 49.)

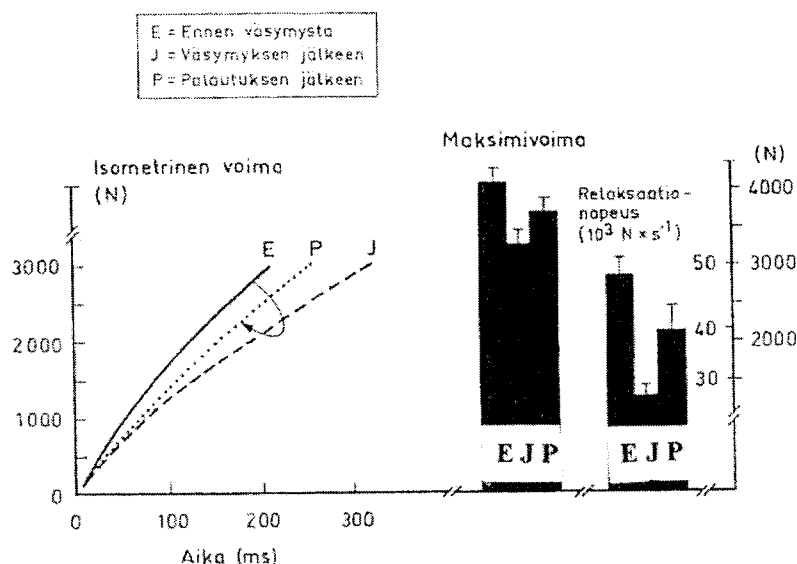
2.3 Voima-aika -riippuvuus

Lihaksen voima-aika -käyrä kuvaa hermolihaksjärjestelmän kykyä rekrytoida mahdollisimman suuri määrä motorisia yksiköitä toimimaan mahdollisimman nopeasti. Se, kuinka nopeasti henkilö kykenee tuottamaan maksimaalisen voimatason isometrisessä supistuksessa, riippuu hänen harjoittelutaustastaan ja nopeiden lihassolujen osuudesta toimivissa lihaksissa (Kuva 5). (Viitasalo & Komi 1978.)



Kuva 5. Alaraajojen ojentajalihasten 30 %:n isometrisen voimatason tuottamiseen kuluvan ajan ja lihaksen (ulompi reisilihas) hitaiden solujen prosenttijakauman välinen yhteys. (Viitasalo & Komi 1978.)

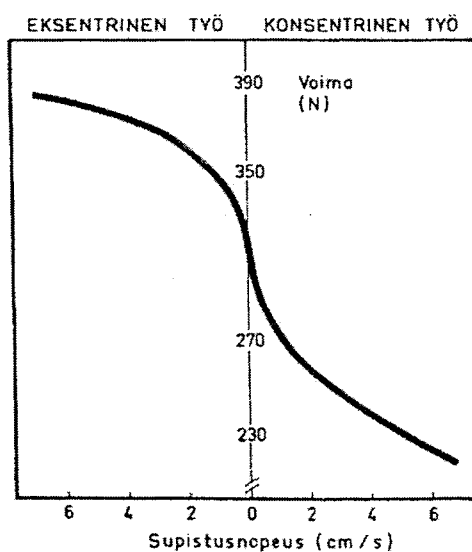
Lihäsväsymisen akuutit vaikutukset näkyvät voima-aika -käyrällä absoluuttisen maksimivoiman pienenemisenä ja koko voima-aika -käyrän loivenemisenä, jolloin voimantuottoajat tietyn submaksimaalisen voimatason tuottamiseen pienenevät. Väsyminen näkyy myös relaksaatioajan pitenemisenä ja relaksaationopeuden hidastumisena (Kuva 6). (Häkkinen & Komi 1986.)



Kuva 6. Alaraajojen ojentajalihasten isometrinen voima-aika -käyrä, maksimivoima ja maksimaalinen relaksaationopeus ennen väsymystä ja välittömästi (60 %:n isometrisen lihasjännityksen ylläpitämisellä aiheutuneen) uupumukseen saakka johtaneen väsymyksen jälkeen sekä 3 minuutin palautuksen jälkeen. (Häkkinen & Komi 1986.)

2.4 Voima-nopeus -riippuvuus

Hermo-lihasjärjestelmän hetkellistä toimintakykyä voidaan kuvata myös voima-nopeus -käyrällä (Kuva 7). Käyrä kuvaa lihaksen voimantuottoa erilaisilla liikenopeuksilla ja erisuuruisilla kuormilla. Voima-nopeus -riippuvuutta voidaan tarkastella sekä konsentrisessa että eksentrisessä lihastyössä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kevyttä kuormaa voidaan liikuttaa suuremmalla liikenopeudella kuin raskasta kuormaa, tai että konsentrisesti supistuessaan lihas tuottaa liikkuvaan kohteeseen sitä pienemmän voiman mitä suuremmalla liikenopeudella kuormaa liikutetaan. Sen sijaan jos lihaksisto pyrkii maksimaalisesti vastustamaan kuorman liikettä eli tekee eksentristä työtä, on tuotettu voima sitä suurempi mitä suuremmalla liikenopeudella kuorma liikkuu. Tämä pätee kuitenkin vain kohtuullisilla liikenopeuksilla. Jos venytys tapahtuu erittäin nopeasti, hermostolliset suojelumekanismit estävät ylisuurten, mahdollisesti jopa vammauttavien voimatasojen tuottamisen. (Häkkinen 1990, 35; Viitasalo ym. 1987, 62-63.)



Kuva 7. Kyynärvarren koukistajalihasten voima-nopeus -käyrä konsentrisessa ja eksentrisessä lihastyössä. (Komi 1973.)

3 SUUNNISTUSSUORITUS JA SEN FYYSISET VAATIMUKSET

3.1 Suunnistuksen kilpailusuoritus

Suunnistuksen ideana on kiertää maastoon laadittu rata mahdollisimman nopeasti. Ainoat apuvälineet suunnistajalle ovat kartta ja kompassi. Suunnistajan tehtävänä on löytää optimaalinen vauhti, jolla hän selviää nopeimmin radan fyysisistä ja suunnistustaidollisista vaatimuksista.

Suunnistuksen arvokilpailumuotoja ovat normaalimatka, pikamatka, sprintti ja viesti. Arvostetuin matkoista on klassinen eli normaalimatka, joka on kestoltaan miehillä noin 90 min ja naisilla 70 min. Pikamatkan pituus on noin 25 min ja sprintin 12-15 min, jonka arvokilpailumitalit jaettiin ensimmäisen kerran vuonna 2001. Viestisuunnistuksessa osuuspituudet vaihtelevat 35-60 min välillä. (Competition rules for IOF 2000.)

Vaikka suunnistuksen kilpailumuodot eroavat kestoltaan suuresti toisistaan, niin eri matkoja voidaan kuitenkin pitää lähes samanlaisina suunnistustaidon osalta. Sen sijaan fyysiset vaatimukset eroavat enemmän. Kyseessä on kuitenkin kestävyyslaji, jossa suoritusintensiiviteetti vaihtelee maaston ja radan taidollisten vaatimusten mukaan. (Gjerset ym. 1997; Moser ym. 1995.)

Suunnistuksen erityispiirteisiin kuuluu myös alati vaihtuva kilpailuympäristö. Suunnistusmaastot eri puolilla maailmaa ovat erilaisia ja tämä tekijä vaikuttaa sekä radan fyysisiin että taidollisiin vaatimuksiin. Karkeasti maastotyypit voidaan jakaa Pohjoismaiseen ja mannermaiseen maastotyyppiin. Pohjoismainen maastotyyppi sisältää enemmän maastonmuotoja ja kohteita, ja vaatii näin ollen taidollisesti enemmän. Mannermaisessa maastossa fyysiset ominaisuudet korostuvat enemmän, koska vauhti nousee usein kovemmaksi hyvän näkyvyyden, kulkukelpoisuuden ja vähempien maastonkohteiden ansiosta. (Nikulainen 1994.)

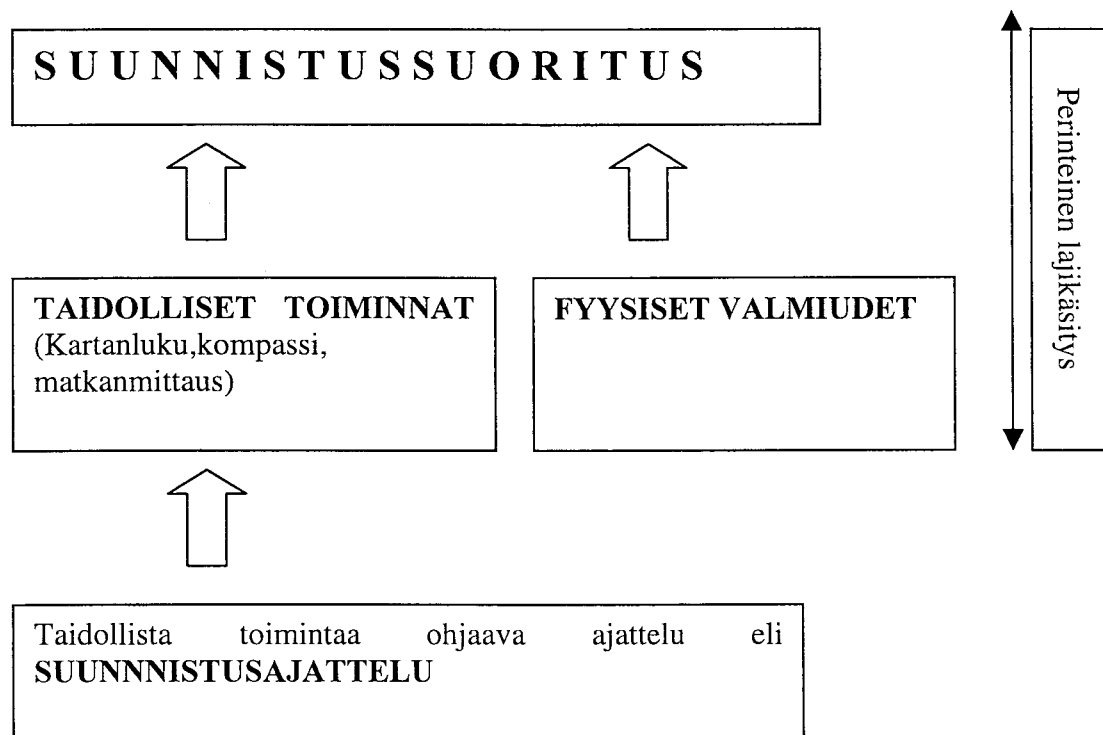
3.2 Suunnistussuorituksen osatekijät

Perinteisesti suunnistussuoritus on jaettu kolmeen osatekijään: suunnistusjuoksu, suunnistustekniikan osa-alue ja taktiset toiminnat (Kärkkäinen 1986). Nikulaisen (1988) mukaan suunnistussuoritukseen vaikuttaa myös taidollista toimintaa ohjaava

suunnistusajattelu. Hänen mukaan kokonaissuoritus muodostuu seuraavista osatekijöistä (Kuva 8):

- Taidolliset toiminnot, jotka sisältävät kartanluvun, kompassin käytön ja matkanmittaamisen.
- Fyysiset valmiudet.
- Taidollista toimintaa ohjaava suunnistusajattelu, joka sisältää malleja, joiden avulla suunnistajalle muodostuu suoritukseen automaatioita ja rutiineja.

Suunnistustoimintoihin kuuluu edellä mainittujen toimintojen lisäksi välinetekniikka, joka sisältää rastimääritteiden lukemisen ja kilpailukortin leimaamisen.



Kuva 8. Suunnistussuoritus. (Nikulainen 1988.)

3.3 Syke, veren laktaattipitoisuus ja hapenkulutus suunnistussuorituksessa

Sydämen syke pysyy melko vakiona suunnistussuorituksen aikana, mikäli suunnistustaito on riittävän korkealla tasolla. Kilpailun aikana sykkeen on todettu vaihtelevan maastonkohdan ja suunnistustehtävän vaativuuden mukaan 80-96 % maksimisykkeestä. (Andersson ym. 1993; Kärkkäinen 1986; Mero ym. 1984.)

Normaalimatalla sykkeen on todettu olevan keskimäärin hieman alle mitatun anaerobisen kynnyksen ja pikamatalla anaerobisen kynnyksen tasolla tai hieman sen yläpuolella. (Moser ym. 1995; Gjerset ym. 1997.) Sykkeen vaihtelun on todettu olevan yhteydessä suunnistuksen sujuvuuteen eli vauhdin tasaisuuteen ja suunnistuksen virheettömyyteen. Mitä sujuvampi suoritus on ollut suunnistuksellisesti sitä pienempi on sykkeen keskihajonta. (Karppinen & Laukkanen 1994.)

Veren laktaattipitoisuudet normaalimatkan suunnistuskilpailun aikana ovat anaerobisen kynnyksen tuntumassa ja sen yläpuolella, keskimäärin 3-6 mmol/l. Hetkellisesti voidaan mitata jopa yli 10 mmol/l arvoja raskaimpien maastokohtien jälkeen. Mitä lyhyempi suoritus, sen korkeammalle laktaattipitoisuuden on todettu nousevan. (Andersson ym. 1993; Gjerset ym. 1997; Mero ym. 1984; Moser ym. 1995.)

Dresel (1985) havaitsi saksalaisilla eliittisuunnistajilla huomattavia vaihteluja veren laktaattipitoisuuksissa radan eri vaiheissa seuraavasti:

- vaikeat välit 3.57 - 4.60 mmol/l
- helpot välit 4.41 - 6.72 mmol/l
- huonokulkuinen maasto 4.41 mmol/l
- jyrkän nousun jälkeen 7.28 mmol/l

Norjalaisilla maajoukkuesuunnistajilla normaalimatkan kilpailussa veren laktaattipitoisuus oli keskimäärin 3.0 mmol/l ja vastaavan radan suunnistusjuoksukilpailussa (viitoitettu reitti) 4.2 mmol/l. Parhaimmat ajat suunnistuksessa saavuttaneet pystyivät juoksemaan radan hieman alhaisemmilla laktaattipitoisuuksilla kuin enemmän aikaa käyttäneet. Toisaalta nopeimmilla veren laktaattipitoisuudet radan fyysisyyttä vaativissa kohdissa nousivat selvästi korkeammalle kuin hitaammilla. Pikamatkan suunnistuksessa saman norjalaisjoukkueen veren keskimääräinen laktaattipitoisuus oli 4.0 mmol/l ja suunnistusjuoksussa 4.8 mmol/l. Vastaavat vaihtelut radan ja maaston vaatimusten suhteen

olivat havaittavissa myös normaalimatkan suorituksissa. (Moser ym. 1995; Gjerset ym. 1997.)

Hapenkulutuksen mittauksia suunnistuskilpailun aikana on tehty vähän, johtuen mittaamisen vaikeudesta. Kannettavat hapenkulutusalaitteet mahdollistavat kuitenkin mittaamisen myös maastossa. Hapenkulutukset ovat olleet keskimäärin 75-88 % maksimaalisesta aerobisesta energiantuottotehosta. Pikamatkan ja sprintin osalta tutkimustuloksia ei ole, mutta muiden fysiologisten muuttujien pohjalta voidaan arvioida hapenkulutuksen olevan noin 90-95 % maksimista. (Jensen ym. 1994.) Tammelin (1995) mittasi hapenkulutusta maastojuoksun aikana ja totesi sen olevan kynnystasoilla hieman korkeampi maastossa kuin juoksumatolla suoritettussa juoksussa. Maksimaalinen hapenotto oli yhtä korkea sekä maastojuoksussa että juoksumatolla.

3.4 Kontaktiajat ja askelpituus sekä -tiheys suunnistusjuoksussa

Suunnistusjuoksun biomekaniikkaa on tutkittu vähän. Alati muuttuvat olosuhteet ja juoksualustat tekevät mittaamisesta erittäin vaikeaa. Kontaktiaikojen on havaittu olevan kilpailuvauhtisessa suunnistusjuoksussa 200-270 ms. Kontaktiajat vaihtelevat maastossa huomattavasti enemmän kuin tiellä. Yksilöiden välinen ja sisäinen vaihtelu on pientä tiellä, mutta kasvaa 1.5-2.5 -kertaiseksi maastossa. Poikkeuksen muodostaa alamäkijuoksu, jossa kontaktiajat ovat lyhyemmät kuin tiejuoksussa. (Havas 1989.)

Kestävyysjuoksussa nopeus kasvaa askelpituuden ja -tiheyden kasvamisen seurauksena. Suunnistusjuoksussa nopeus lisääntyy enemmän askelpituuden kasvamisen ansiosta, mutta siinäkin ilmenee suurta vaihtelua maaston mukaan. Askeltiheys säilyy puolestaan suhteellisen vakiona nopeuden muuttuessa. Suunnistusjuoksussa askelpituus on 5-15 cm pitempi kuin esimerkiksi juoksumatolla tai tiellä vastaavalla nopeudella, ja vastaavasti askeltiheys maastossa on pienempi. (Havas 1989; Kärkkäinen ym. 1984.) Tiellä juostessa nopeuden muutokset vaikuttivat enemmän askeltiheyteen kuin maastossa, jossa muutokset olivat pieniä ja epäsystemaattisia (Havas 1989.)

3.5 Voiman yhteys suunnistusjuoksukykyyn

Voimaominaisuuksien yhteyttä suunnistusjuoksukykyyn on tutkittu vähän. Tammelin (1992) havaitsi hyvien maksimivoimaominaisuuksien ja relaksaatiokyvyn ($r = .53-.56$) olevan yhteydessä hyvään alamäkijuoksuun ja nopeusvoimaominaisuuksien puolestaan hyvään ylämäkijuoksuun ($r = .48-.64$). Pienen koehenkilöjoukon takia tulokset olivat suuntaa antavia, mutta tutkija uskoi, että mäkisissä maastonosissa huonot voimaominaisuudet saattavat nousta jopa kilpailusuoritusta rajoittavaksi tekijäksi.

Systemaattisen voimaharjoittelun on havaittu parantavan suunnistusjuoksutestin aikaa, etenkin ylämäkiosuoksilla. (Gärderud ym. 1985; Lusa & Lonka 1986.) Ero kontrolliryhmään ei ollut kuitenkaan merkitsevä, joten tuloksia voi pitää vain suuntaa antavina (Lusa & Lonka 1986).

3.6 Laboratoriotestien yhteys suunnistusjuoksukykyyn

Kärkkäinen (1986) ei havainnut tilastollisesti merkitseviä yhteyksiä 70 minuutin suunnistusjuoksutestin ajan ja laboratoriossa mitattujen kestävyysmuuttujien välillä. Kun suunnistusjuoksun eri maastokohdat analysoitiin erikseen, havaittiin merkitseviä korrelaatioita ylämäkiosuuden ja maksimaalisen hapenottokyvyn välillä. Myös maantieosuuden ja anaerobisen sekä aerobisen kynnyksen suoritusten välillä oli merkitseviä korrelaatioita. (Kärkkäinen 1986.) Parhaiten maksimaalista suunnistusjuoksukykyä kuvasi laktaatin eliminaatiokyky ja anaerobisella kynnyksellä tehdyn työkuorman taso. Suuntaa antavasti korreloi myös portaittain nostetun juoksumattotestin suoritus aika. (Kärkkäinen ym. 1984.)

Tammelinin (1992) maajoukkuesuunnistajille tehdyissä mittauksissa aerobisen kynnyksen vauhti korreloi vahvimmin 40-50 minuutin suunnistusjuoksutestin aikaan. Lisäksi anaerobisen kynnyksen vauhti korreloi merkitsevästi miehillä, mutta ei naisilla. Maksimaalisen hapenoton ja suunnistusjuoksun välillä ei ollut merkitseviä yhteyksiä.

Moser ym. (1995) vertasivat laboratorio testimuuttujia normaalimatkan suunnistuskilpailun ja samalla radalla suoritettua suunnistusjuoksukilpailun tuloksiin. Maksimaalinen hapenotto, anaerobinen kynnysvauhti ja hapenkulutus anaerobisella kynnyksellä korreloivat vahvasti sekä suunnistuskilpailun että suunnistusjuoksun aikaan naisilla. Miehillä korrelaatiot suunnistuskilpailun aikaan olivat myös merkitseviä, mutta eivät yhtä vahvoja kuin naisilla.

Vastaavalla ryhmällä edellä mainitut muuttujat korreloivat vahvasti myös pikamatkan suunnistuskilpailuun ja suunnistusjuoksuun. Vahvin korrelaatio oli suunnistuksen loppuajalla ja anaerobisen kynnyksen vauhdilla ($r=-.87$) ja heikoin suunnistuksen loppuajalla ja hapenkulutuksella anaerobisella kynnyksellä ($r=-.76$). Myös suunnistuskilpailun aika ja suunnistusjuoksun aika korreloivat erittäin merkitsevästi ($r=.92$). (Gjerset ym. 1997.)

Sveitsiläisillä maajoukkuesuunnistajilla vertailtiin laboratorio testimuuttujien ja maastossa suoritettujen suunnistusjuoksu-testien aikaa keskenään. Suunnistusjuoksun loppuaika korreloi erittäin merkitsevästi juoksumattotestin maksimivauhtiin, anaerobiseen kynnukseen ja maksimaaliseen hapenottoon. (Held & Muller 1997.)

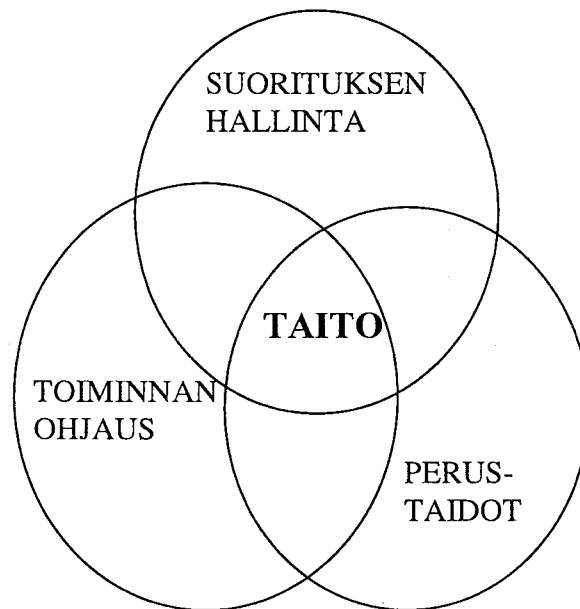
Juoksun taloudellisuus maastossa on todettu tärkeäksi ominaisuudeksi. Eliittisuunnistajilla on todettu olevan parempi taloudellisuus maastossa juoksussa kuin ns. subeliittitason juoksijoilla. (Jensen ym. 1994; Tammelin 1995.) Juoksun taloudellisuudessa on todettu olevan suuria yksilöllisiä eroja vertailtaessa henkilöiden taloudellisuutta juoksumatto- ja maastojuoksussa. (Tammelin 1995.)

Useimmat suunnistusjuoksua koskevat tutkimukset ovat osoittaneet, että suunnistusjuoksu poikkeaa paljon juoksumatolla juoksemisesta, ja että yksilöiden välillä on huomattavia eroja. Kun laboratoriomittauksissa (VO_{2max} , anaerobinen kynnys, suorituskyky työkuormana) vaihtelu oli koehenkilöillä vain 4 %, havaittiin samojen koehenkilöiden aikaerojen vaihtelevan maastossa suoritettussa juoksu-testissä 4.6-50 %:n välillä (Kärkkäinen ym. 1984). Tutkimusten mukaan parhaiten suunnistusjuoksu-kykyä voidaan mitata lajinomaisesti maastossa. Tutkijat ovat kuitenkin todenneet, että juoksumattojuoksu on riittävä kuvaamaan kestävyysominaisuuksia ja niissä tapahtuneita muutoksia etenkin yksilötasolla. Vauhteina maastossa jääetään luonnollisesti jälkeen, mutta kynnysvauhtien kehittyminen kuvastanee myös vauhdin kehittymistä maastossa. (Kärkkäinen 1986; Moser ym. 1995; Tammelin 1995; Gjerset ym. 1997.)

4 SUUNNISTUSTAITO

4.1 Suunnistustaidon määritelmä

Suunnistuksen taito määritellään perustaitojen, toiminnan ohjauksen ja suorituksen hallinnan yhdistelmäksi (Kuva 9). Suunnistussuoritus on riippuvainen sisäisten mallien eli opittujen toimintatapojen hyödyntämisestä. (Nikulainen 1988.) Suunnistusajattelun kehittyminen tapahtuu perustaitojen oppimisen ja automatisoinnin kautta omien toimintamallien rakentamiseen. Suorituksen hallinnan avulla puolestaan toteutetaan erilaisia toimintamalleja kilpailutilanteessa erilaisten häiriötekijöiden vaikutuksen alaisena. (Nikulainen ym. 1995.)

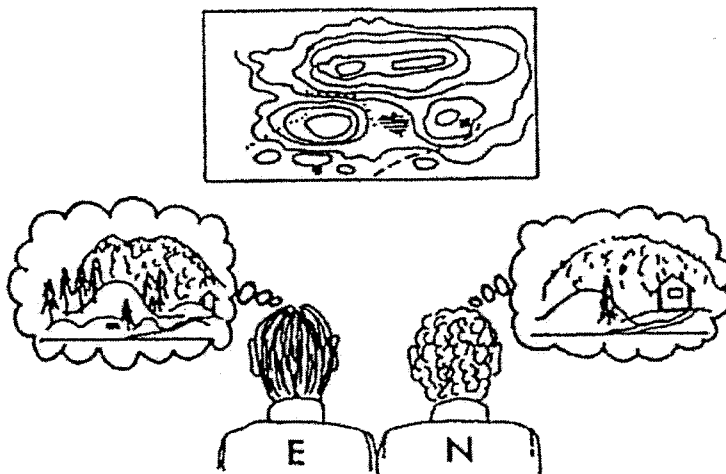


Kuva 9. Suunnistustaidon määritelmä (Nikulainen ym. 1995.)

4.1.1 Perustaidot

Suunnistajan perustaidoista tärkein on kartanluku ja -hahmotus. Kartan avulla suunnistaja ennakoi eli muodostaa odotuksia tulevan rastivälin maastonkohteista. Muodostuneesta mielikuvasta käytetään nimitystä karttakuva (Kuva 10). Kartalla on usein kuitenkin niin paljon informaatiota eli karttamerkkejä, että suunnistajan täytyy pelkistää karttakuvaansa eli ottaa huomioon vain rastivälin oleelliset asiat. Maastokuva puolestaan muodostuu maaston havainnoinnin avulla muodostetusta mielikuvasta. Suunnistustaidon harjaantumisen

myötä maastokuva-karttakuva -konversio toimii automaattisesti molempiin suuntiin. (Nikulainen 1988; Seiler 1996.)



Kuva 10. Kokenut (E) ja vähemmän kokenut suunnistaja (N) saattavat muodostaa samasta kartasta erilaisen karttakuvan mieleensä. (Seiler 1996.)

Kartan suunnastus ja suunnassakulku ovat tärkeimpiä kompassin käyttöön liittyviä perustaitoja. Myös matkan mittaaminen ja -arvionti erilaisissa muodoissaan ovat tärkeitä perustaitoja. Perustaitoihin voidaan laskea myös välinetekniikkaan liittyvät asiat, kuten rasteryöskentely (leimaaminen ja rastimääritteiden lukeminen), maaston havainnointitekniikka ja kartan sekä kompassin käsittely. Perustaitojen hallitseminen ja niiden yhdisteleminen on huippusuunnistajilla hioutunut automaation tasolle. (Nikulainen ym. 1995.)

4.1.2 Toiminnan ohjaus

Toiminnan ohjauksella käsitetään suunnistajan opittuja sisäisiä malleja erilaisiin tilanteisiin. Suunnistustehtävät ovat erilaisia ongelmia, jotka pitää ratkaista joko opittujen mallien avulla tai tilanteessa reagoiden. (Nikulainen ym. 1995.) Huippusuunnistajat ovat tietoisia siitä, mitä erilaiset maastokohteet tarjoavat eli miten ne erottuvat maastosta ja kuinka yksiselitteisiä ne ovat. Kokeneet suunnistajat jopa tietävät mitä kohteita maastosta milloinkin tulee etsiä ja miten etsintä kannattaa toteuttaa. (Johansen 1997.)

Rastivälin suunnittelu eli reitinvalinta ja rastinotto ovat keskeisiä toimintamalleja. Suunnistusajatuksen jatkuvuuden säätely ja odotusaikojen hyödyntäminen ovat myös erilaisia sisäisiä malleja. Myös erilaiset ongelmatilanteet, esimerkiksi muiden kilpailijoiden toiminta tai yllätyksiin reagoiminen, voidaan luokitella ratkaistavaksi toiminnan ohjauksen avulla. (Nikulainen ym. 1995.)

Suunnistaja joutuu sopeutumaan tuhansiin eri tilanteisiin ja suurin osa näistä tilanteista ratkaistaan opituilla sisäisillä malleilla. Sisäisten mallien kehittyminen on kokemusta aikaisemmista tilanteista. Huippusuunnistajilla uskotaan olevan heikompiin suunnistajiin verrattuna enemmän toimintamalleja varastossaan erilaisia tilanteita varten ja näin ollen suunnistamisesta tulee nopeampaa ja varmempaa. (Nikulainen ym.1995; Ottosson 1996; Seiler 1996.)

4.1.3 Suorituksen hallinta

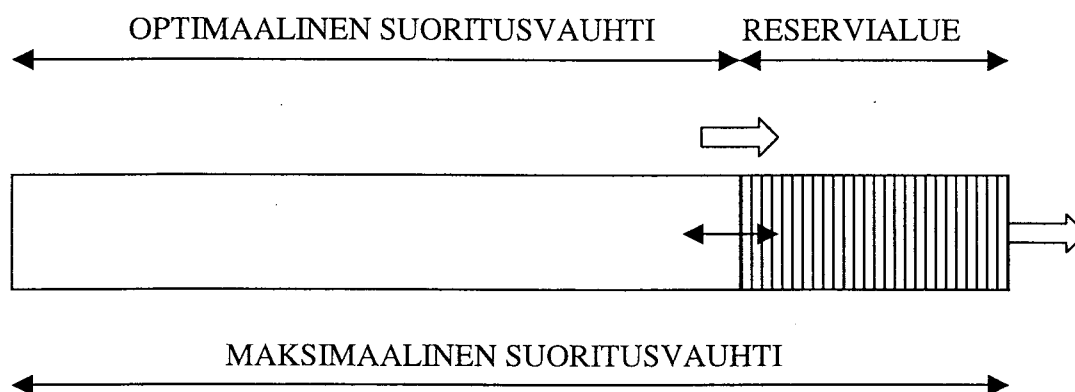
Suorituksen hallinta on suunnistusajattelun korkein taso. Oman ajattelun tunteminen, kontrollointi ja analysointi muodostavat yhdessä suorituksen hallinnan kokonaisuuden. Suorituksen hallinta on ratkaisevassa asemassa kilpailutilanteessa, kun erilaiset häiriötekijät ja kilpailupaineet astuvat kuvaan. Huippusuunnistajien virheiden uskotaankin johtuvan pääasiassa suorituksen hallinnallisista ongelmista. (Nikulainen ym. 1995.)

Päästäkseen optimaaliseen tunnetilaan ennen kilpailua ja säädelläkseen omaa vireystilaansa kilpailun aikana suunnistajan on hallittava itsensä. Myös itseluottamus ja motivaatio vaikuttavat paljon suorituksen hallinnan tasoon ja sitä kautta keskittymiseen. Huono suorituksen hallinta aiheuttaa toiminnan ohjauksen pettämisen ja voi vaikuttaa jopa perustaitoihin. (Nikulainen ym. 1995.)

4.2 Suunnistustoimintoihin kuluva aika ja sen mittaaminen

Suunnistustoimintoihin kuluva aika voidaan määrittellä maksimaalisen suoritusvauhdin ja optimaalisen suoritusvauhdin avulla. Maksimaalinen suoritusvauhti on vauhti, jolla suunnistaja kiertää viitoitetun suunnistusradan mahdollisimman nopeasti. Optimaalinen suoritusvauhti on täysin onnistuneen suunnistussuorituksen vauhti. Näiden erotusta voidaan kutsua suunnistuksen reservialueeksi, jonka pienentäminen mahdollisimman pieneksi on jokaisen suunnistajan tavoite. Suunnistustoimintoihin kuluvaan aikaan sisältyy siis kaikki

suunnistukseen liittyvä toiminta (kartanluku, maaston havainnointi, välinetekniikka) suorituksen aikana. Kuva 11 havainnollistaa suunnistuksen reservialue -käsitettä. (Kärkkäinen 1986.)



Kuva 11. Suunnistajan etenemisvauhtiin liittyviä käsitteitä havainnollistettuna. (Kärkkäinen 1986.)

Suunnistamalla rata ja juoksemalla sama rata uudelleen viitoitettuna suunnistustoimintoihin kuluvaksi ajaksi (suunnistuksen reservialueen suuruudeksi) on saatu noin 10-15 % suorituksen kokonaisajasta. Naisten on todettu käyttävän suhteessa miehiä enemmän aikaa suunnistustoimintoihin (Moser ym. 1995). Huomioitavaa on, että suunnistuskilpailussa syntyneiden virheiden vaikutusta juoksuajan paranemiseen on vaikea määrittellä tarkasti. (Kärkkäinen 1986; Moser ym. 1995.)

Kartanlukuun käytettävää aikaa on pyritty mittaamaan monin eri menetelmin. Perässä juokseva observoiija, joka puhuu nauhurille suunnistajan toiminnasta on ollut käytetyin menetelmä selvittäessä kartanlukuun käytettävää aikaa ja kartanluku frekvenssejä. Varsinais-Suomalaisessa avokalliomaastossa kartanlukuun on käytetty keskimäärin aikaa noin 10 s/min ja suunnistustoimintoja on tapahtunut 5-6 kertaa minuutissa. (Kalliokoski ym. 1983; Kärkkäinen 1986.) Erittäin pienipiirteisessä avokalliomaastossa suunnistustoimintoihin käytettiin hieman enemmän aikaa 11-12 s/min, mutta kartanlukufrekvensseissä ei tapahtunut muutoksia (Väisänen 1999). Myös kartan mittakaavalla on havaittu olevan merkitystä

kartanluku-aikaan: 1:15 000 -mittakaavainen kartta vaatii keskimäärin hieman yli 2 % enemmän aikaa kartanlukuun kuin 1:10 000 -mittakaavainen kartta. (Nord 1971; Väisänen 1999.)

Suorituksen aikaista ääneenajattelua on käytetty kuvaamaan suunnistustoimintoja ja suorituksen aikaista ajattelua. Suorituksen jälkeisellä nauhojen kuuntelulla on pyritty selvittämään suunnistussuorituksen aikaisia tapahtumia. (Johansen 1997.) Myös videokuvausta on käytetty suunnistussuorituksen kuvaajana ja jopa pientä suunnistajalle päähän asennettavaa kameraa on käytetty. Näiden avulla on pyritty parantamaan suorituksen jälkeistä muistamista ja sitä kautta suorituksen analysointia. (Omodey ym. 1998.)

5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää mies- ja poika suunnistajien kestävyys- ja voimantuotto-ominaisuuksia sekä niiden yhteyksiä suunnistusjuoksukykyyn. Suunnistussuorituksen osalta tarkastelun kohteena on suunnistuksen reserviajan suuruus. Lisäksi pyritään selvittämään ovatko mahdolliset erot suunnistuksen kilpailusuorituksessa miesten ja poikien välillä selitettävissä fyysisillä ominaisuuksilla tai suunnistusteknisellä osaamisella.

Tutkimuksen yhteydessä on mahdollista kartoittaa maajoukkuesuunnistajien kestävyys- ja voimantuotto-ominaisuuksia sekä maastajuoksukykyä kilpailukauden aikana.

Tutkimusongelmat olivat seuraavat:

1. Mitkä ovat huippusuunnistajien kestävyys- ja voimantuotto-ominaisuudet?
2. Ovatko kestävyysominaisuudet yhteydessä suunnistusjuoksukykyyn?
3. Ovatko voimantuotto-ominaisuudet yhteydessä suunnistusjuoksukykyyn?
4. Millä tasolla on huippusuunnistajien suunnistustekninen osaaminen eli mikä on ns. suunnistuksen reservialueen suuruus?
5. Löytyykö suunnistustesteissä menestyneiltä joitakin yhteisiä mittauksissa ilmenneitä tekijöitä / ominaisuuksia, joilla parempi kilpailusuoritus voidaan selittää?
6. Mitkä ovat miesten ja poikien väliset erot mitattujen muuttujien osalta?

6 MENETELMÄT

6.1 Koehenkilöt

Tutkimuksen osallistui kaikkiaan 19 koehenkilöä, joista yksitoista kuului Suomen poikien (ikä 19 ± 1 vuotta) suunnistusmaajoukkueeseen Pohjoismaisissa mestaruuskilpailuissa kesäkuussa 2001. Koehenkilöistä kahdeksan oli miehiä (ikä 27 ± 3 vuotta) ja he kuuluivat suunnistuksen A- tai B-maajoukkueisiin. Pojilla harjoitteluvuosia oli takana 4 ± 1 vuotta ja miehillä 12 ± 4 vuotta. Pojat harjoittelivat kuluvalle kaudella 465 ± 50 tuntia ja miehet 550 ± 90 tuntia. Koehenkilöiden taustatiedot ja fyysiset ominaisuudet ilmenevät taulukosta 1. Koehenkilöt kutsuttiin testiin kirjeitse ja suullisesti kauden 2001 tulosten perusteella, ja samalla heille selvitettiin mittausten kulku ja vaatimukset koehenkilöiltä.

Taulukko 1. Koehenkilöiden taustatiedot. Arvot esitetty ka \pm sd muodossa.

	Paino (kg)	Pituus (cm)	Rasva%	Harj.vuodet	Harj.määrä(h/v)	ikä (v)
Miehet (n=8)	69.9 ± 6.5	180 ± 6	8.5 ± 1.7	12 ± 4	550 ± 90	27 ± 3
Pojat (n=11)	67.4 ± 4.3	181 ± 6	8.7 ± 1.3	4 ± 1	465 ± 50	19 ± 1

6.2 Tutkimusasetelma

Mittaukset suoritettiin kilpailukaudella 6.-16.8. 2001 ja ne kestivät kunkin koehenkilön kohdalla kaksi päivää. Laboratoriomittaukset tehtiin Jyväskylän yliopiston liikunta- ja terveystieteiden laboratoriossa ja maastomittaukset Ilvesvuoressa Jyväskylässä. Ennen varsinaisia mittauksia koehenkilöt vastasivat taustatietokyselyyn ja allekirjoittivat suostumuslomakkeen. Samalla heille kerrottiin testin mahdollisista riskeistä ja korostettiin, että testin saa lopettaa mikäli tuntee siihen aiheita.

Ensimmäisen päivän mittausten ohjelmassa oli voimantuotto-ominaisuuksien mittaukset. Ennen mittauksia koehenkilöt verryttelivät omatoimisesti noin 15 min ja voimamittauksen jälkeen heillä oli vähintään 30 min palautus ennen kestävyystestiä. Voimamittausten yhteydessä mitattiin koehenkilön pituus, paino ja rasvaprosentti. Kestävyysominaisuudet

mitattiin juoksumatolla nousevalla kuormitusmallilla tehdyllä VO_{2max} -testillä, jossa nostettiin sekä maton vauhtia että kulmaa. Ensimmäisen päivän mittaukset kestivät noin kaksi tuntia kunkin koehenkilön kohdalla.

Toisen päivän mittaukset suoritettiin maasto-olosuhteissa. Koehenkilöt juoksivat aamupäivällä 5.0 km:n suunnistuskilpailun ja analysoivat sen jälkeen suorituksensa kirjallisesti. Iltapäivällä neljän tunnin tauon jälkeen koehenkilöt juoksivat saman radan merkittyä reittiä (ihannereitti) pitkin kilpailunomaisesti. Maastomittauksia suoritettiin kaikkiaan kolmena päivänä. Olosuhteet olivat kaikissa mittauksissa lähes samanlaiset: poutasää, aamupäivällä 17-18° C ja iltapäivällä 20-21° C. Kuva 12 havainnollistaa tutkimuksen kulkua.

1.päivä	Verryttely 15 min	Voimamittaukset	Lepo 30min	Kestävyysmittaukset
2.päivä	Verryttely 15 min	Suunnistuskilpailu 5.0 km	Lepo 4 h	Maastajuoksu 5.0 km (suun.kilp. rata)

Kuva 12. Koeasetelma.

6.3 Suoritetut mittaukset ja aineiston analysointi

6.3.1 Voimamittaukset

Voimamittauksissa tutkittiin maksimi- ja nopeusvoimaominaisuuksia sekä väsytyksen vaikutuksia jalkojen ojentajien isometriseen maksimivoimantuottoon ja voimantuottoaikoihin. Kaikki voimamittaukset tallennettiin nauhurille ja tietokoneelle CODAS-järjestelmällä.

Voimamittaukset alkoivat staattisella- ja kevennyshypyillä, jotka suoritettiin voimalevyanturilla. Ennen tallennusta varmistettiin, että koehenkilö osaa hypätä staattisen- ja kevennyshypyn. Tämän jälkeen koehenkilöt suorittivat kolme staattista- ja kolme kevennyshyppyä. Hyppysuorituksista analysoitiin painopisteen nousukorkeudet lentoajan perusteella.

Hyppysuoritusten jälkeen koehenkilö asettui istumaan isometriseen jalkadynamometriin, jossa polvikulmaksi säädettiin 107°. Tämän jälkeen koehenkilö teki kaksi puolitehoista harjoittelusuoritusta isometrisessä jalkadynamometrissä. Isometrisen maksimivoiman löytämiseksi koehenkilöt suorittivat kolme isometrasta maksimaalisista 2-4 sekunnin puristusta voimalevyä vasten (pre). Koehenkilölle annettiin ohjeeksi tehdä suoritus niin nopeasti kuin mahdollista. Palautus suoritusten välillä oli 2 min. Isometrisen maksimivoiman mittaamisen jälkeen koehenkilö asettui jalkaprässiin (David 210), jossa suoritettiin väsytyks (konsentris-eksentrinen työ). Kuormaksi valittiin 60 % maksimaalisesta isometrisestä voimasta, jolla koehenkilö teki 5x10 toiston sarjan 30 s palautuksella. Kolmannen sarjan jälkeen koehenkilö siirtyi 15 s:ssa isometriseen jalkadynamometriin, jossa hän suoritti yhden maksimaalisen isometrisen suorituksen (mid). Tämän jälkeen hän siirtyi takaisin jalkaprässiin 15 s:ssa ja suoritti vielä kaksi sarjaa lisää väsytystä, jonka jälkeen hän teki vielä yhden maksimaalisen isometrisen suorituksen (post) edellä kuvatulla tavalla. Väsytyksessä eri koehenkilöiden polvikulma vaihteli 58-75° välillä, johtuen laitteen rajallisista säätömahdollisuuksista. Polvikulman ollessa pieni, avustaja auttoi tarvittaessa painot liikkeelle pienellä vetoliikkeellä. Avustaja auttoi myös, jos väsymys olisi estänyt sarjan läpiviemisen.

Tarkasteltavina muuttujina voimamittauksissa olivat:

- isometrinen maksimaalinen voima ja maksimivoima suhteessa kehonpainoon
- isometriseen maksimivoimaan käytetty aika
- rfd (voimantuottonopeus)
- voimantuottoon käytetty aika (30%, 60% ja 90% tasolla suhteessa maksimivoimaan)
- tuotetun voiman suuruus aikaväleillä 0-100 ms, 200-300 ms, 400-500 ms ja 0-500 ms
- relaksaatiokyky

6.3.2 Kestävyysmittaukset

Kestävyysominaisuuksia kartoitettiin suoralla maksimaalisen hapenoton testillä juoksumatolla. Juoksumattotesti suoritettiin nousevan kuormituksen periaatteella uupumukseen asti. Juoksumaton nopeutta lisättiin alkuvaiheessa kolmen minuutin välein ja nopeuden 17 km/h jälkeen vauhtia ei enää lisätty, vaan juoksumaton kulmaa nostettiin. Lukuunottamatta viimeistä kolmen minuutin kuormaa (17 km/h /2°) ja sen jälkeisiä minuutin

kuormia juoksumatto pysäytettiin 20 sekunniksi sormenpää verinäytteen ottamiseksi. Testin rakenne kuormitusportaittain ilmenee taulukosta 2. (mukaeltu ACSM 1991.)

Taulukko 2. Juoksumattotestin rakenne kuormitusportaittain.

Kuorma/Aika (min)	Nopeus/kulma (km/h) (aste)	Kesto (min)	Nopeus (min/km)	Työ (ml*kg ⁻¹ *min ⁻¹)
1 0 - 3	10.0 / 1.0	3	6.00	39
2 3 - 6	12.0 / 1.0	3	5.00	47
3 6 - 9	13.0 / 1.0	3	4.37	50
4 9 - 12	14.0 / 1.0	3	4.17	54
5 12 - 15	15.0 / 1.0	3	4.00	57
6 15 - 18	16.0 / 1.0	3	3.45	61
7 18 - 21	17.0 / 1.0	3	3.31	65
8 21 - 24	17.0 / 2.0	3	3.31	69
9 24 - 25	17.0 / 2.5	1	3.31	71
10 25 - 26	17.0 / 3.0	1	3.31	74
11 26 - 27	17.0 / 3.5	1	3.31	76
12 27 - 28	17.0 / 4.0	1	3.31	78
13 28 - 29	17.0 / 4.5	1	3.31	81
14 29 - 30	17.0 / 5.0	1	3.31	83

Juoksumattotestin aikana hengityskaasuanalysaattori (Sensormedics Vmax229) mittasi sisään ja uloshengitetyn ilman happi- ja hiilidioksidipitoisuutta sekä uloshengitysilmamäärää. Sykettä mitattiin sykemittarilla (Polar Sport Tester) koko suorituksen ajalta ja veren laktaattipitoisuutta mitattiin sormenpäänäytteen avulla (Perkloorihappo menetelmä).

Juoksumattotestin muuttujien avulla koehenkilöille määriteltiin aerobinen- ja anaerobinen kynnys teoreettisina hapenkulutuksina, sykkeinä ja vauhteina. Lisäksi tarkastelun kohteina olivat testin suoritus aika, teoreettinen VO_{2max}, veren maksimimaalinen laktaattipitoisuus ja laktaatin poistokyky. (Liite ry 1998.)

6.3.3 Suunnistusmittaukset

Suunnistussuoritusta mitattiin 5.0 km:n, 13 rastin suunnistusradalla, jossa oli nousua yhteensä 190 m. Rata oli laadittu niin, että se sisälsi erilaisia maastonosia ja suunnistustehtäviä. Tarkempi kuvaus radasta on liitteessä 1. Saman radan maastujuoksulla (4 h myöhemmin) pyrittiin selvittämään suunnistuksen reservialueen suuruutta eli kuinka paljon suunnistustoiminnot vievät aikaa kilpailusuorituksesta. Tämän avulla oli mahdollista

arvioida suunnistajan taitotasoa. Ennen maastajuoksusuoritusta rata merkittiin maastoon nauhoilla. Molemmista suorituksista mitattiin rastiväliajat (EMIT) ja sykkeet (Polar Sport Tester ja Vantage NV). Suunnistussuorituksesta laskettiin lisäksi kullekin koehenkilölle jokaiselle rastivälille virheetön aika, jotta varsinaiseen suunnistustehtävään käytetty aika saataisiin selville. Virheetön aika laskettiin Inkerin (2001) kaavan mukaan: **aika -iaika * aikarad / iaikarad** , jossa

aika = kilpailijan aika rastivälillä

iaika = ihanneaika rastivälillä (5 parhaan aikojen keskiarvo)

aikarad = kilpailijan aika radalla

iaikarad = radan ihanneaika (5 parhaan aikojen keskiarvo)

Suunnistusradan rastivälit jaettiin viiteen ryhmään eri maastonosien mukaan ja tämän jälkeen samojen maastonosien rastiväliajat laskettiin yhteen. Tämän avulla oli mahdollista vertailla voimantuotto- ja kestävyysominaisuuksien yhteyksiä suunnistusjuoksukykyyn erilaisissa maastonosissa. Rata laadittiin niin, että muodostuneissa ryhmissä oli eri pituisia rastivälejä. Muodostuneet ryhmät ja osioiden pituudet olivat seuraavat (suluissa rastivälit):

- ylämäki 1120 m (1, 4, 11)
- alamäki 750 m (3, 10, 13)
- polku/ura 1460 m (2, 8, M)
- avokallio 770 m (6, 9)
- vaihteleva maasto 930 m (5, 7, 12)

6.4 Tilastolliset analyysit

Tilastolliset analyysit tehtiin SPSS 10.1 for Windows - ohjelmalla. Muuttujien välisten muutosten merkitsevyyksiä tutkittiin parillisten muuttujien t-testillä. Ryhmien välinen vertailu tehtiin riippumattomien muuttujien t-testillä ja eri muuttujien välisiä korrelaatioita tutkittiin Pearsonin korrelaatiokertoimella. Tulos katsottiin tilastollisesti merkitseväksi, kun $p < 0.05$.

7 TULOKSET

7.1 Voimantuotto-ominaisuudet

Voimantuotto-ominaisuudet ja niissä tapahtuneet muutokset väsytyksen vaikutuksesta on esitetty taulukossa 3. Erot miesten ja poikien välillä eri muuttujien osalta eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Väsytyks aiheutti kuitenkin ryhmien sisällä tilastollisesti merkitseviä muutoksia.

Miesten (n=8) isometrinen maksimivoima oli 2636 ± 415 N ja poikien (n=10) 2575 ± 509 N. Kun maksimivoima suhteutetaan omaan painoon, niin sekä miesten että poikien voimaindeksi on 3.9. Väsytyksen vaikutuksesta miesten maksimivoima pieneni tilastollisesti merkitsevästi sekä kolmannen (2331 ± 350 N; $p= .026$) että viidennen (2158 ± 270 N; $p= .008$) väsytyssarjan jälkeen. Pojilla maksimivoima oli kolmannen sarjan jälkeen (2473 ± 772 N; $p= .075$) ja se pieneni tilastollisesti merkitsevästi vasta viidennen sarjan jälkeen (2210 ± 710 N; $p= .025$).

Maksimivoiman saavuttamiseen kulunut aika ei muuttunut miehillä eikä pojilla merkitsevästi väsytyksen vaikutuksesta. Väsytyksen vaikutuksesta maksimivoiman saavuttamiseen kulunut aika nopeutui kolmannen sarjan jälkeen molemmilla ryhmillä. Viidennen väsytyssarjan jälkeen miehet saavuttivat maksimivoiman hitaammin ja pojat hieman nopeammin kuin alkutilanteessa.

Voimantuottonopeus (rfd) oli miehillä 13211 ± 2220 N/s ja pojilla 15504 ± 5205 N/s. Miehillä voimantuottonopeus pieneni merkitsevästi kolmannen ja viidennen sarjan välillä ($p=.026$) ja viidennen ($p= .008$) sarjan jälkeen verrattuna lähtötasoon. Pojilla voimantuottonopeuden pieneneminen ei ollut merkitsevää.

Miehillä voimantuottoaika 90 % voimatasolle piteni väsytyksen vaikutuksesta merkitsevästi kolmannen ja viidennen sarjan välillä ($p= .029$) ja pojilla 30 % voimatasolle viidennen sarjan jälkeen verrattuna lähtötasoon ($p= .026$). Muilla voimatasoilla väsytyksen aiheuttamat muutokset eivät olleet merkitseviä.

Miehillä 0-100 ms:ssa tuotetun voiman keskiarvo pieneni merkitsevästi kolmannen ja viidennen väsytyssarjan välillä ($p= .038$) ja pojilla merkitsevästi viidennen sarjan jälkeen ($p= .007$). Tilastollisesti merkitsevää voiman pienenemistä tapahtui 200-300 ms:ssa tuotetun

voiman suuruudessa molemmilla ryhmillä kolmannen ja viidennen väsytyssarjan välillä ($p = .015$ ja $p = .008$) sekä viidennen sarjan jälkeen ($p = .015$ ja $p = .019$). Miehillä 400-500 ms:ssa tuotetun voiman määrä pieneni merkitsevästi sekä kolmannen ($p = .013$) että viidennen sarjan jälkeen ($p = .002$) verrattuna lähtötasoon. Pojilla merkitsevää voiman pienenemistä tapahtui kolmannen ja viidennen sarjan välillä ($p = .005$) sekä viidennen sarjan jälkeen ($p = .008$) verrattuna lähtötasoon. Myös 0-500 ms:ssa tuotetun voiman keskiarvo pieneni merkitsevästi miehillä ($p = .007$) ja pojilla ($p = .003$) kolmannen ja viidennen sarjan välillä sekä viidennen sarjan jälkeen miehillä ($p = .009$) ja pojilla ($p = .010$).

Miesten staattisen hypyn painopisteen nousukorkeus oli keskimäärin 0.33 ± 0.02 m ja poikien 0.32 ± 0.02 m. Kevennyshypyn painopisteen nousukorkeus oli miehillä 0.37 ± 0.01 m se oli tilastollisesti merkitsevästi ($p = .017$) suurempi kuin poikien 0.35 ± 0.01 m.

Taulukko 3. Voimamittausten tulokset ennen väsytystä ja väsytyksen jälkeen sekä muutos % lähtötasoon verrattuna. * $p < 0.05$ ja ** $p < 0.01$ pre vs mid; # $p < 0.05$ ja ## $p < 0.01$ pre vs post; & $p < 0.05$ ja && $p < 0.01$ mid vs post.

	MIEHET (n=8)		POJAT (n=10)		
MUUTTUJA	KA ± SD	Muutos %	KA ± SD	Muutos %	Ero ryhmien välillä %
ENNEN VÄSYTYSTÄ (PRE)					
Isom max voima (N)	2636 ± 465		2575 ± 626		2.3
Aika max voimaan (ms)	1727 ± 1009		1580 ± 487		8.5
Rfd (N/s)	13211 ± 2220		15505 ± 5206		17.4
Aika 30% voimatasoon (ms)	124 ± 27		90 ± 19		27.4
Aika 60% voimatasoon (ms)	218 ± 34		180 ± 38		17.4
Aika 90% voimatasoon (ms)	455 ± 81		582 ± 275		27.9
0-100 ms voima (N)	214 ± 94		381 ± 206		78.0
200-300 ms voima (N)	1730 ± 247		1897 ± 565		9.7
400-500 ms voima (N)	2325 ± 367		2285 ± 631		1.7
0-500 ms voima (N)	1485 ± 212		1614 ± 481		8.7
3. VÄSYTYSSARJAN JÄLKEEN (MID)					
Isom max voima (N)	2331 ± 350 *	- 11.6	2473 ± 772	- 4.0	6.0
Aika max voimaan (ms)	1720 ± 757	- 0.4	1211 ± 622	- 23.4	29.6
Rfd (N/s)	13119 ± 3284	- 0.7	13887 ± 4586	- 10.4	5.9
Aika 30% voimatasoon (ms)	109 ± 33	- 12.0	98 ± 25	+ 8.9	10.0
Aika 60% voimatasoon (ms)	196 ± 59	- 10.0	197 ± 47	+ 9.4	0.5
Aika 90% voimatasoon (ms)	477 ± 286	+ 4.8	636 ± 445	+ 9.3	33.5
0-100 ms voima (N)	254 ± 125	+ 18.7	323 ± 183	- 15.2	27.2
200-300 ms voima (N)	1681 ± 330	- 2.8	1738 ± 565	- 8.4	3.4
400-500 ms voima (N)	2077 ± 313 *	- 10.7	2124 ± 676	- 7.0	2.3
0-500 ms voima (N)	1411 ± 247	- 5.0	1480 ± 480	- 8.3	4.9
5. VÄSYTYSSARJAN JÄLKEEN (POST)					
Isom max voima (N)	2158 ± 270 ##	- 18.1	2210 ± 710 #	- 14.2	2.4
Aika max voimaan (ms)	1835 ± 872	+ 6.3	1439 ± 707	- 8.9	21.6
Rfd (N/s)	10682 ± 1984 & ##	- 19.1	13523 ± 5054	- 12.8	26.6
Aika 30% voimatasoon (ms)	174 ± 110	+ 40.3	105 ± 27 #	+ 16.7	39.7
Aika 60% voimatasoon (ms)	380 ± 449	+ 74.3	272 ± 270	+ 51.1	28.4
Aika 90% voimatasoon (ms)	726 ± 490 &	+ 59.6	655 ± 610	+ 12.5	9.8
0-100 ms voima (N)	156 ± 86 &	- 27.1	276 ± 175 ##	- 27.6	76.9
200-300 ms voima (N)	1227 ± 462 & #	- 29.0	1574 ± 646 && #	- 17.0	28.3
400-500 ms voima (N)	1721 ± 456 ##	- 26.0	1865 ± 725 && ##	- 18.4	8.4
0-500 ms voima (N)	1082 ± 319 && ##	- 27.1	1319 ± 541 && #	- 18.3	21.9

7.2 Kestävyysominaisuudet

Maksimaalisen kestävyuden osalta erot miesten ja poikien välillä eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Miesten (n=8) suoritus aika juoksumatolla VO_{2max} -testissä oli keskimäärin 26.03 ± 2.00 min (23.30-28.30) ja poikien (n=10) 24.50 ± 1.26 min (23.00-28.00). Vastaavasti teoreettinen hapenkulutus (VO_{2max} teor) oli miehillä 74 ± 5 ml*kg⁻¹*min⁻¹ ja pojilla 70 ± 4 ml*kg⁻¹*min⁻¹. Maksimisyke ja maksimilaktaatti olivat miehillä hieman matalammat kuin pojilla (191 ± 7 l/min vs 195 ± 9 l/min ja 10.5 ± 3.2 mmol/l vs 11.5 ± 2.0 mmol/l). Erot laktaatin poistamiskyvyssä (miehet 0.62 vs pojat 0.65) eivät myöskään poikenneet tilastollisesti merkitsevästi toisistaan poikien ja miesten välillä. Laboratoriossa mitatut kestävyysmuuttujat on kuvattu taulukossa 4.

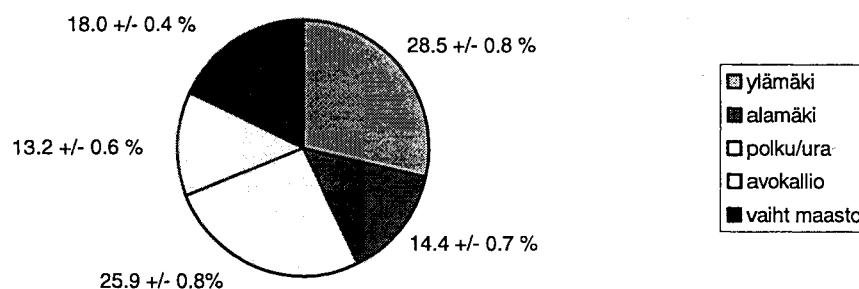
Anaerobisen kynnyksen työmäärä miehillä 63 ± 3 ml*kg⁻¹*min⁻¹ oli tilastollisesti merkitsevästi (p= .049) suurempi kuin poikien 60 ± 3 ml*kg⁻¹*min⁻¹. Anaerobisen kynnyksen vauhti oli miehillä 3.35 ± 0.11 min/km ja se erosi merkitsevästi (p= .028) poikien anaerobisen kynnyksen vauhdista 3.48 ± 0.11 min/km. Aerobisen kynnyksen työmäärä miehillä 55 ± 2 ml*kg⁻¹*min⁻¹ oli erittäin merkitsevästi (p= .001) suurempi kuin poikien 51 ± 3 ml*kg⁻¹*min⁻¹. Vastaavasti aerobisen kynnyksen vauhti miehillä 4.06 ± 0.8 min/km erosi tilastollisesti erittäin merkitsevästi (p= .001) poikien aerobisen kynnyksen vauhdista 4.30 ± 0.15 min/km.

Taulukko 4. Laboratoriossa mitatut kestävyysominaisuudet. Erot miesten ja poikien välillä * $p < 0.05$ ja ** $p < 0.01$.

	Miehet (n=8)	Pojat (n=10)	ero %
Maksimi kestävyys			
Suoritus aika (min:s)	26:03 ± 2:00	24:50 ± 1:26	4.7
MaxVO ₂ teor (ml*kg ⁻¹ *min ⁻¹)	74 ± 5	70 ± 4	5.4
Max syke (l/min)	191 ± 7	195 ± 9	
Max laktaatti (mmol/l)	10.5 ± 3.2	11.5 ± 2.0	
Anaerobinen kynnys			
Nopeus (min/km)	3:35 ± 0:11 *	3:48 ± 0:11	5.7
Työ (ml*kg ⁻¹ *min ⁻¹)	63 ± 3 *	60 ± 3	4.8
Syke (l/min)	175 ± 7	179 ± 7	
Laktaatti (mmol/l)	3.2 ± 0.5	3.7 ± 0.3	
Aerobinen kynnys			
Nopeus (min/km)	4:06 ± 0:08 **	4:30 ± 0:15	8.9
Työ (ml*kg ⁻¹ *min ⁻¹)	55 ± 2 **	51 ± 3	7.3
Syke (l/min)	155 ± 11	159 ± 6	
Laktaatti (mmol/l)	1.7 ± 0.4	1.8 ± 0.5	
Laktaatin poistokyky (mmol/l)	0.62 ± 0.1	0.65 ± 0.2	

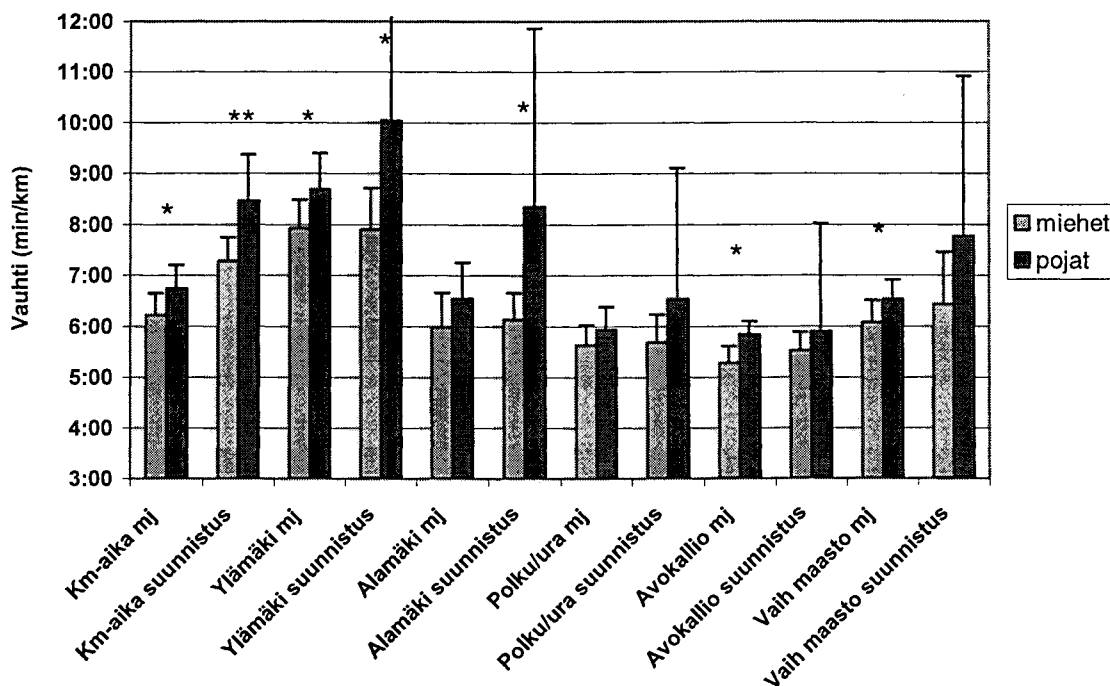
7.3 Suunnistus ja maastojuoksu

Miesten (n=7) aika 5.0 km:n suunnistuskilpailussa oli tilastollisesti merkitsevästi pienempi kuin poikien (n=12) (36.38 ± 2.25 vs 42.12 ± 4.19 min; $p = .007$). Saman radan maastojuoksussa viitoitettua reittiä pitkin miehet (n=8) olivat myös merkitsevästi nopeampia kuin pojat (n=11) (31.19 ± 2.12 vs 34.10 ± 2.27 min; $p = .019$). Miehet paransivat maastojuoksussa suunnistusaikaansa 14.5 % ja pojat 19.0 %. Sykkeet suunnistuksessa olivat keskimäärin miehillä 164 ± 10 l/min ja pojilla 168 ± 7 l/min. Vastaavasti maastojuoksu sykkeet olivat miehillä keskimäärin 173 ± 7 l/min ja pojilla 174 ± 7 l/min. Suunnistuskilpailun ajan ja maastojuoksuajan välinen korrelaatio pojilla oli voimakas ($r = .743$; $p < 0.01$), mutta miesten osalta merkitsevää korrelaatiota ei ollut havaittavissa. Maastojuoksuajan jakautuminen eri maastonosiin näkyy kuvasta 13. Loppuajoista laskettu suhteellinen ajankäyttö eri maastonosioihin ei poikennut merkitsevästi miesten ja poikien välillä.



Kuva 13. Maastajuoksuajan suhteellinen jakautuminen eri maastonosiin. Miehet ja pojat yhdistetty yhdeksi ryhmäksi (n=18).

Tarkasteltaessa suunnistussuoritusta eri maastonosissa havaitaan, että miehet olivat tilastollisesti merkittävästi nopeampia kuin pojat ylämäki- ($p=0.016$) ja alamäkisuunnistuksessa ($p=0.011$). Erot vauhdissa polulla/uralla, avokalliolla ja vaihtelevassa maastossa suunnistuksen osalta eivät olleet merkittäviä. Maastajuoksussa miehet olivat merkittävästi nopeampia ylämäessä ($p=0.025$), avokalliolla ($p=0.002$) ja vaihtelevassa maastossa ($p=0.036$). Polulla/uralla ja alamäessä erot eivät olleet tilastollisesti merkittäviä. Kuva 14 havainnollistaa kilometriajojen muutoksia.



Kuva 14. Kilometrivaahdit eri maastonosissa miehillä (n=8) ja pojilla (n=10) suunnistuksessa ja maastajuoksussa. Erot miesten ja poikien välillä * $p<0.05$ ja ** $p<0.01$.

Suunnistuskilpailussa miehet tekivät ajallisesti merkitsevästi vähemmän virheitä kuin pojat (1.43 ± 0.56 vs 3.21 ± 2.03 min; $p = .045$). Suunnistuskilpailun ajoista laskettu virheetön aika oli myös miehillä tilastollisesti merkitsevästi pienempi kuin pojilla (35.04 ± 1.46 vs 39.11 ± 3.17 min; $p = .009$). Suunnistustoimintoihin kulunut aika eli suunnistuksen reserviaika miesten ja poikien välillä ei poikennut tilastollisesti merkitsevästi (4.14 ± 1.56 vs 5.15 ± 1.50 min). Virheisiin kulunut aika korreloi merkitsevästi suunnistuskilpailun loppu-aikaan sekä miehillä ($r = .781$; $p < 0.05$) että pojilla ($r = .761$; $p < 0.05$). Suunnistustoimintoihin kulunut aika korreloi merkitsevästi suunnistuskilpailun loppu-aikaan miehillä ($r = .909$; $p < 0.05$), mutta pojilla korrelaatio ($r = .600$) ei ollut merkitsevä.

*Taulukko 5. Suunnistus ja maastojuoksuaikojen vertailu. Ajat min:s muodossa. Erot poikien ja miesten välillä * $p < 0.05$ ja ** $p < 0.01$.*

	Miehet (n=8)	Pojat (n=11)	ero %
Suunnistusaika	36:38 ± 2.25 **	42:12 ± 4:19	13.2
Maastojuoksuaika	31:19 ± 2:12 *	34:10 ± 2:27	8.3
Virheetön aika	35:04 ± 1:46 **	39:11 ± 3:17	9.9
Virheisiin kulunut aika	1:43 ± 0:56 *	3:21 ± 2:03	48.8
Suunnistustoimintojen aika	4:14 ± 1:56	5:17 ± 1:50	19.9
Suunnistustoiminnot % kok. ajasta	11 ± 4 %	12 ± 4 %	

7.4 Voimantuotto-ominaisuuksien yhteys maastojuoksuun

Voimantuotto-ominaisuuksien yhteyksiä maastojuoksuun tarkasteltiin viiden eri maasto-osuuden aikojen avulla. Tarkastelu tapahtui yhdistettynä ryhmänä (n=18) sekä miesten ja poikien osalta erikseen. Suuntaa antavimmat korrelaatiot löytyivät miehiltä kaikkien maasto-osuoiden osalta. Nopean voimantuoton ominaisuudet korreloivat voimakkaimmin kaikkien maasto-osuoiden suhteen. Taulukoissa 6 ja 7 on esitetty eri voimamuuttujat ja niiden väliset korrelaatiot eri maastonosiin miehillä ja pojilla väsytyksestä ennen ja sen jälkeen.

Ylämäkiosuuden kanssa suuntaa antavasti korreloi nopeusvoimaa kuvaavat muuttujat: voimantuottonopeus (rfd) ja alle 500 ms:ssa tuotetun voiman suuruudet.

Polku/ura osuuden kanssa suuntaa antavasti korreloi alle 500 ms:ssa tuotetun voiman suuruudet miehillä, sekä eri voimatasoille 30, 60 ja 90% maksimivoimasta kulunut aika pojilla.

Avokallio- ja vaihtelevan maastonosoiden kanssa suuntaa antavia korrelaatioita oli alle 500 ms:ssa tuotetun voiman suuruuksissa etenkin miehillä. Lisäksi ajoissa 30, 60 ja 90 % voimatasoille maksimivoimasta sekä voimantuottonopeuden (rfd) osalta oli havaittavissa suuntaa antavia korrelaatioita molempien ryhmien kohdalla.

Relaksaatiokykyä kuvaavat ominaisuudet vaikuttaisivat korreloivan suuntaa antavasti alamäessä ja hyväkulkuisten maastonosien kohdalla: avokalliolla ja polulla/uralla. Vahvimmat korrelaatiot ovat väsytyksen jälkeisten arvojen kohdalla.

Taulukko 6. Eri voimamuuttujien ja maastonosioiden (käytetty aika) väliset korrelaatiot miehillä (n=8) ennen väsytyä ja sen jälkeen. Suuntaa antavat ($p < 0.10$) ja tilastollisesti merkitsevät korrelaatiot ($p < 0.05$) on tummennettu.

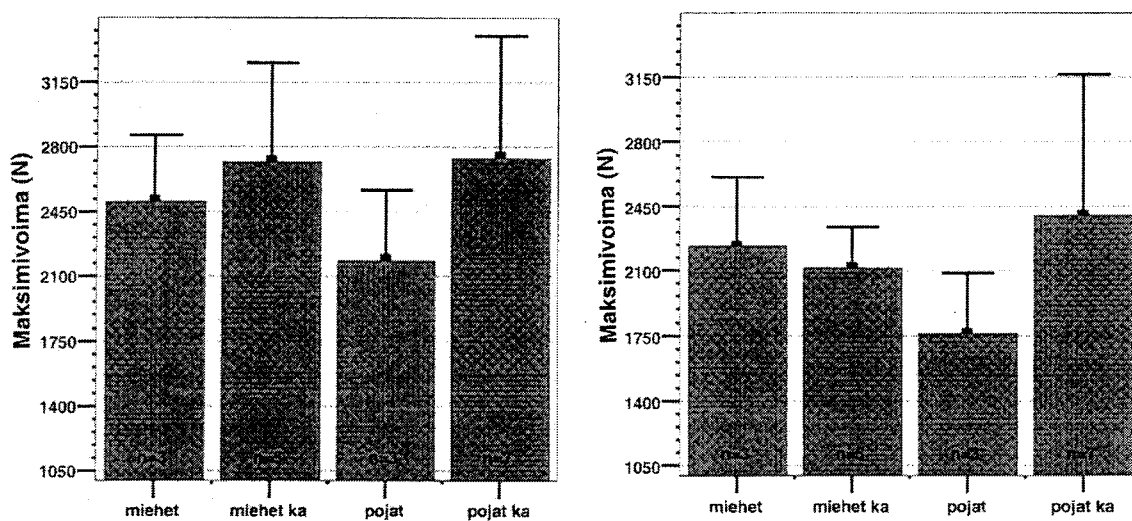
	AVOKALLIO		YLÄMÄKI		ALAMÄKI		POLKU/URA		VAIHTELEVA MAASTO	
	Miehet alku	Miehet loppu	Miehet alku	Miehet loppu	Miehet alku	Miehet loppu	Miehet alku	Miehet loppu	Miehet alku	Miehet loppu
Maksimivoima	.140	-.210	.511	-.171	.357	-.033	.416	-.002	.461	-.185
p	.742	.617	.195	.685	.386	.937	.305	.995	.250	.662
Aika maxvoima	-.021	-.343	-.181	-.403	.027	-.445	.061	-.489	-.194	-.552
	.960	.406	.668	.322	.950	.269	.886	.218	.645	.156
Rfd	-.602	-.290	-.488	-.095	-.359	-.022	.061	.242	-.204	.226
	.114	.485	.219	.823	.383	.959	.885	.563	.628	.591
Aika 30%	-.172	.661	-.224	.315	-.095	.520	-.286	.409	-.332	.388
Voimatasoon	.684	.074	.594	.448	.823	.186	.493	.314	.422	.343
Aika 60%	.327	.484	.290	.155	.302	.185	.002	.054	.098	.097
Voimatasoon	.429	.224	.486	.714	.468	.660	.996	.898	.818	.819
Aika 90%	.132	.318	.369	-.015	.324	.055	.366	-.133	.228	-.150
Voimatasoon	.756	.443	.368	.972	.434	.897	.372	.754	.588	.723
Relaksaatio 40%	-.016	.624	-.204	.254	-.062	.443	-.251	-.024	-.186	.103
	.970	.098	.627	.544	.885	.272	.548	.955	.659	.808
Relaksaatio 10%	.153	.636	-.058	.205	.101	.274	-.120	-.148	-.068	-.005
	.718	.090	.891	.626	.812	.512	.777	.727	.873	.990
0-100 ms voima	.521	-.501	.712	-.033	.494	-.517	.559	-.360	.752	-.260
	.186	.206	.047	.937	.214	.190	.150	.381	.032	.533
200-300 ms voima	-.163	-.777	.326	-.471	.145	-.726	.474	-.630	.427	-.599
	.699	.023	.430	.238	.731	.041	.235	.094	.292	.117
400-500 ms voima	.008	-.491	.388	-.184	.274	-.111	.358	.028	.392	-.091
	.985	.217	.342	.663	.511	.794	.384	.947	.337	.831
0-500 ms voima	.012	-.717	.466	-.356	.276	-.525	.495	-.388	.526	-.408
	.977	.045	.244	.387	.507	.181	.213	.342	.181	.315

Taulukko 7. Eri voimamuuttujien ja maastonosioiden (käytetty aika) väliset korrelaatiot pojilla (n=10) ennen väsytystä ja sen jälkeen. Suuntaa antavat ($p < 0.10$) ja tilastollisesti merkitsevät korrelaatiot ($p < 0.05$) on tummennettu.

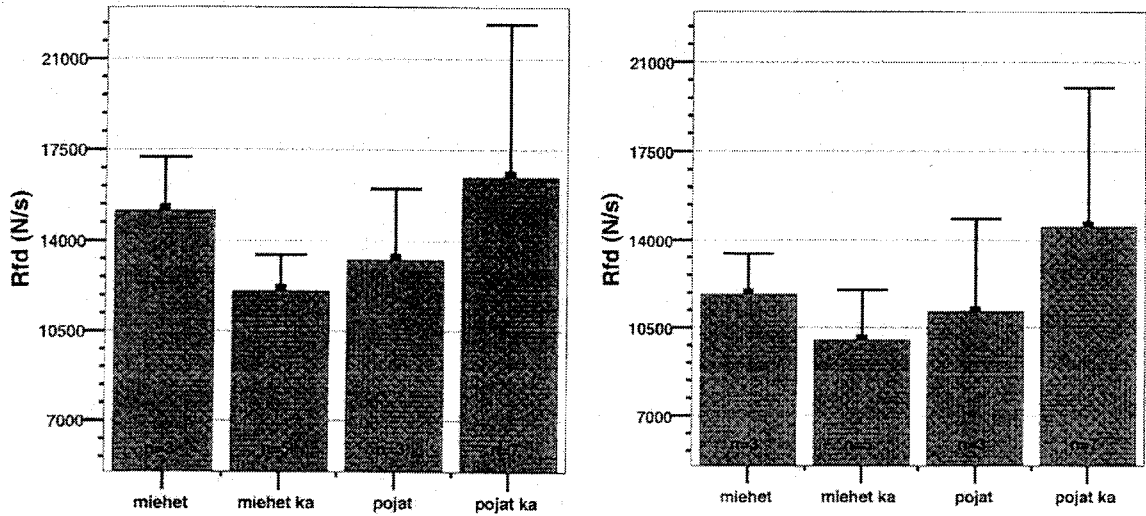
	AVOKALLIO		YLÄMÄKI		ALAMÄKI		POLKU/URA		VAIHTELEVA MAASTO	
	Pojat alku	Pojat loppu	Pojat alku	Pojat loppu	Pojat alku	Pojat loppu	Pojat alku	Pojat loppu	Pojat alku	Pojat loppu
Maksimivoima r	-.118	-.022	-.174	-.285	-.246	-.233	-.052	-.194	-.068	-.278
p	.746	.951	.631	.424	.494	.517	.886	.591	.851	.437
Aika maxvoima	-.176	-.245	-.133	-.627	.095	-.521	-.079	-.725	-.021	-.712
	.627	.495	.713	.052	.794	.123	.829	.018	.954	.021
Rfd	-.259	-.252	-.265	-.377	-.292	-.303	-.348	-.192	-.406	-.244
	.470	.482	.460	.282	.413	.395	.325	.596	.245	.498
Aika 30%	.420	.427	.399	.265	.393	.241	.545	.173	.598	.212
Voimatasoon	.226	.219	.254	.460	.262	.503	.104	.633	.068	.557
Aika 60%	.410	-.004	.307	-.406	.193	-.200	.445	-.433	.457	-.403
Voimatasoon	.240	.991	.388	.245	.593	.579	.198	.211	.185	.248
Aika 90%	.331	.004	.296	-.381	.582	-.195	.430	-.512	.513	-.512
Voimatasoon	.351	.992	.406	.277	.078	.589	.215	.131	.130	.130
Relaksaatio 40%	-.040	.412	-.139	.266	-.025	.542	.157	.493	.075	.398
	.913	.236	.701	.458	.945	.106	.666	.148	.837	.255
Relaksaatio 10%	-.128	.398	-.256	.241	-.119	.521	.031	.469	-.069	.370
	.725	.255	.475	.502	.744	.122	.932	.171	.849	.292
0-100 ms voima	-.281	-.312	-.162	-.286	-.148	-.238	-.275	-.256	-.334	-.334
	.431	.380	.654	.423	.683	.509	.442	.476	.346	.346
200-300 ms voima	-.261	-.091	-.231	-.182	-.267	-.185	-.163	.037	-.171	-.010
	.467	.802	.520	.614	.457	.608	.652	.919	.637	.978
400-500 ms	-.140	-.077	-.185	-.133	-.292	-.169	-.111	.083	-.131	.026
	.701	.832	.609	.713	.413	.640	.761	.819	.719	.943
0-500 ms voima	-.230	-.123	-.220	-.194	-.281	-.200	-.180	.013	-.201	-.041
	.522	.734	.542	.591	.432	.580	.619	.971	.578	.910

Kuvissa 15-18 on vertailtu keskeisimpiä voimamuuttujia maastajuoksun kolmen parhaan miehen ja pojan sekä ryhmien muiden jäsenten välillä. Isometrisessä maksimivoimassa parhaat maastajuoksijat sekä miehissä että pojissa tuottivat pienemmän voiman ryhmien muihin jäseniin nähden, mutta väsytyks ei heikentänyt heidän maksimivoimaa suhteessa niin paljoa kuin heikommilla maastajuoksijoilla (Kuva 15). Parhailta miesjuoksijoilla voimantuottonopeus (rfd) oli suurempi kuin heikoimmilla maastajuoksijoilla. Pojissa tilanne oli päinvastainen. Väsytyks vaikutti kaikkiin ryhmiin samalla tapaa (Kuva 16). Tuotetun

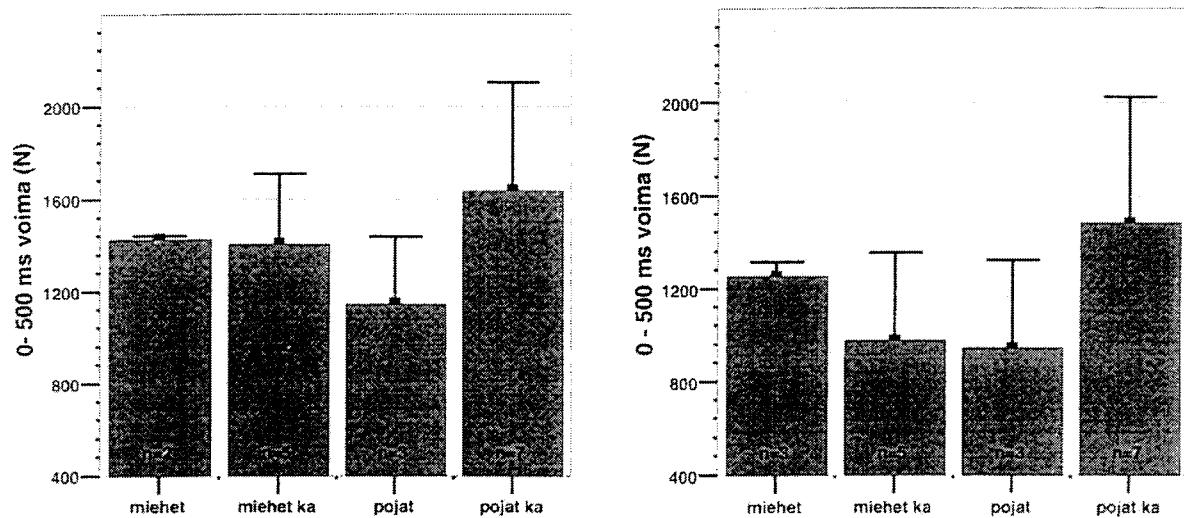
voiman keskiarvo aikavälillä 0-500 ms oli ennen väsytystä samalla tasolla eri ryhmillä. Väsytyksen jälkeen parhaat miesjuoksijat pystyivät tuottamaan lähes saman voimamäärän, mutta heikompien juoksijoiden voimataso laski voimakkaammin. Pojissa vastaavaa ei ollut havaittavissa (Kuva 17). Myös voimantuottoajoissa 30 % tasolle maksimivoimasta havaitaan parhaiden maastajuoksija miesten säilyttävän voimantuottonopeutensa paremmin väsytyksen jälkeen kuin heikompien maastajuoksijoiden (Kuva 18).



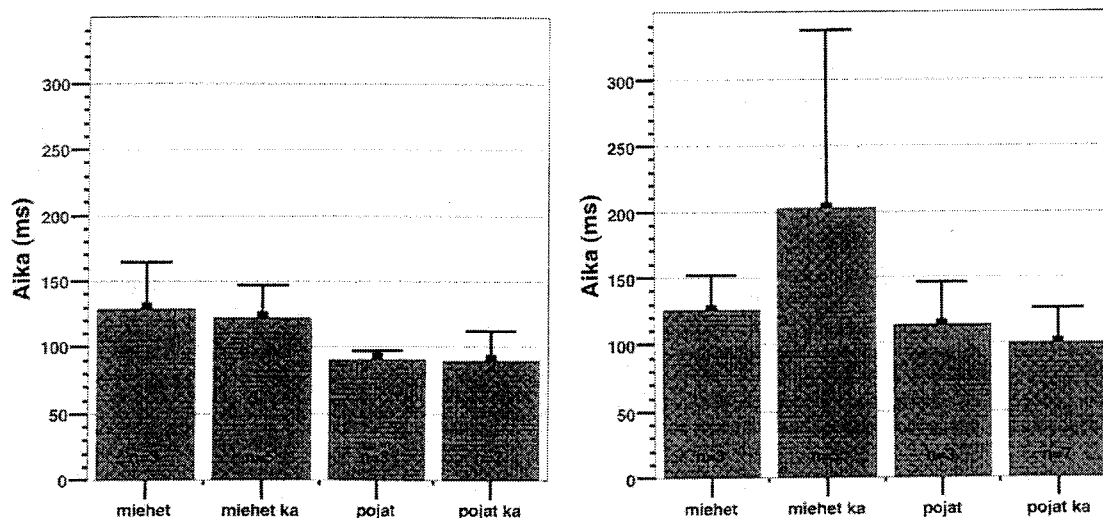
Kuva 15. Isometrinen maksimivoima kolmella parhaalla maastajuoksija miehellä ja pojalla verrattuna ryhmien muihin jäseniin ennen väsytystä ja sen jälkeen.



Kuva 16. Voimantuottonopeus (rfd) kolmella parhaalla maastajuoksija miehellä ja pojalla verrattuna ryhmien muihin jäseniin ennen väsytyä ja sen jälkeen.



Kuva 17. Tuotetun voiman keskiarvo aikavälillä 0-500 ms kolmella parhaalla maastajuoksija miehellä ja pojalla verrattuna ryhmien muihin jäseniin ennen väsytyä ja sen jälkeen.



Kuva 18. Voimantuottoaika 30 % tasolle maksimivoimasta kolmella parhaalla maastojuoksija miehellä ja pojalla verrattuna ryhmien muihin jäseniin ennen väsytystä ja sen jälkeen.

7.5 Kestävyysominaisuuksien yhteys maastojuoksuun

Kestävyysominaisuuksien korrelaatiot maastojuoksun loppuaikaan ja eri maastonosiin olivat pojilla voimakkaammat kuin miehillä. Miehillä kestävyysmuuttujat korreloivat tilastollisesti merkitsevästi ainoastaan ylämäkiosuuden kanssa, kun poikien kohdalla merkitseviä korrelaatioita löytyi kaikkien maastonosioiden ja maastojuoksun loppuajan osalta. Taulukossa 8 on esitetty keskeisimpien kestävyysmuuttujien, maastojuoksun loppuajan ja eri maastonosien aikojen väliset korrelaatiot.

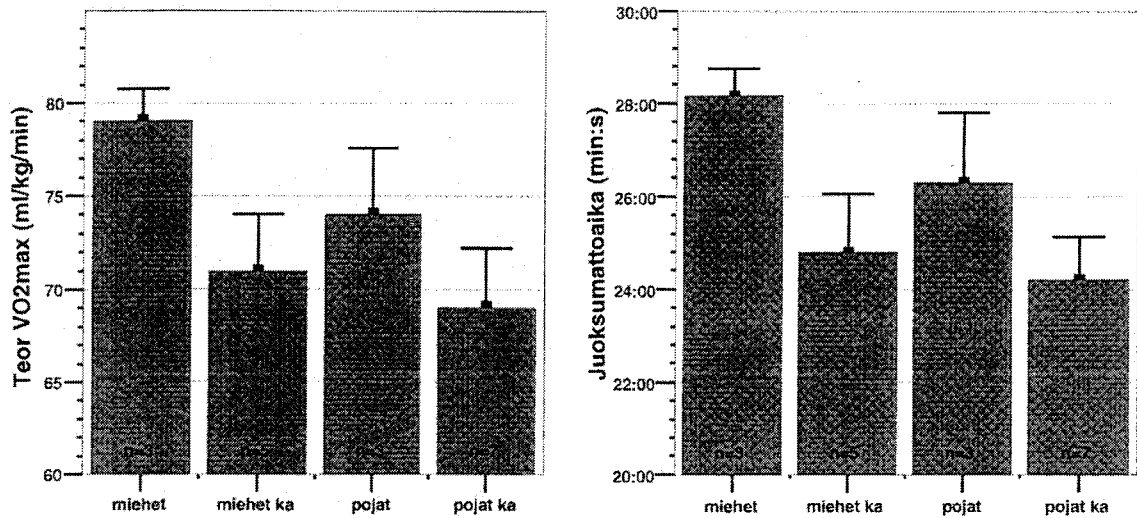
Maastojuoksumuutusta maastossa parhaiten kuvaavat juoksumattotestin muuttujat ovat testin suoritus aika, teoreettinen VO_{2max} ja anaerobinen kynnyks. Nämä muuttujat korreloivat poikien maastojuoksun loppuaikaan ja miesten ylämäen aikaan tilastollisesti merkitsevästi.

Juoksumattotestin suoritus aika ja teoreettinen VO_{2max} korreloivat pojilla myös alamäen ja vaihtelevan maaston osuuksien aikoihin tilastollisesti merkitsevästi. Edellä mainittujen muuttujien lisäksi polku/ura -osuuden ajan kanssa merkitsevästi korreloivat pojilla myös anaerobinen ja aerobinen kynnyks.

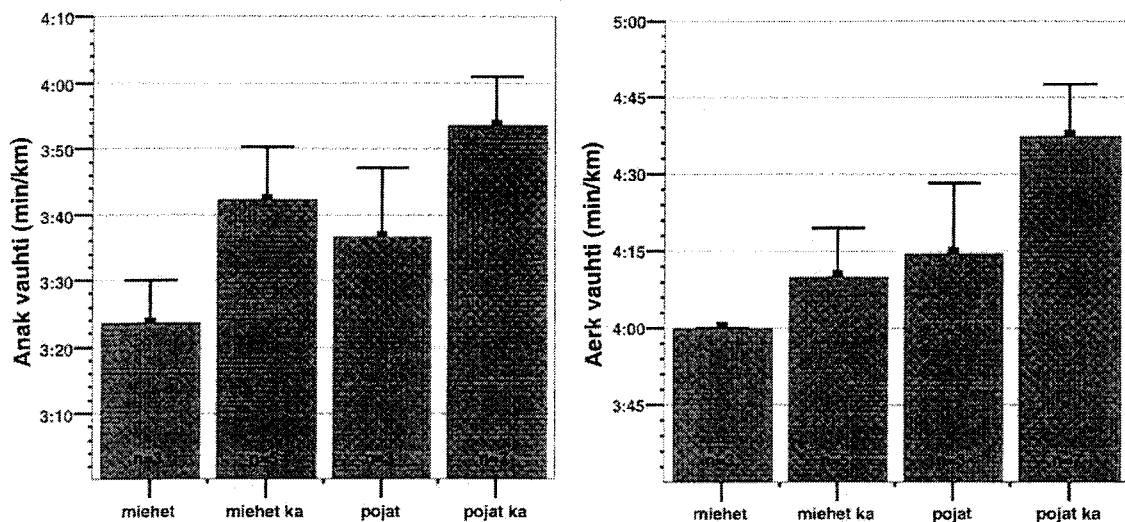
Taulukko 8. Keskeisimmät kestävyysmuuttujat, maastojuoksun loppuajan ja eri maastonosioiden aikojen väliset korrelaatiot miehillä (n=8) ja pojilla (n=10). Ylärivillä r-arvo ja alapuolella p-arvo. Tilastollisesti merkitsevät korrelaatiot tummennettu (p < 0.05).

	r	MAASTOJUOKSU		YLÄMÄKI		ALAMÄKI		POLKU/URA		AVOKALLIO		VAIHT MAASTO	
		Pojat	Miehet	Pojat	Miehet	Pojat	Miehet	Pojat	Miehet	Pojat	Miehet	Pojat	Miehet
Juoksumatto- aika		-.679 .031	-.457 .255	-.636 .048	-.761 .028	-.643 .045	-.286 .493	-.707 .022	-.114 .787	-.216 .550	-.523 .184	-.674 .033	-.415 .306
VO2max teor		-.724 .018	-.444 .270	-.627 .053	-.748 .033	-.744 .014	-.271 .516	-.748 .013	-.099 .815	-.292 .412	-.527 .179	-.723 .018	-.405 .319
AnaK työ		-.599 .067	-.526 .180	-.576 .081	-.790 .020	-.538 .109	-.325 .432	-.650 .042	-.202 .632	-.114 .753	-.589 .124	-.604 .065	-.528 .178
AnaK vauhti		.621 .056	.519 .187	.563 .090	.786 .021	.585 .076	.316 .445	.681 .030	.208 .622	.141 .697	.565 .145	.628 .052	.516 .191
AerK työ		-.605 .064	-.145 .732	-.517 .126	-.465 .245	-.568 .086	.061 .886	-.686 .028	.110 .795	-.170 .639	-.247 .555	-.626 .053	-.130 .760
AerK vauhti		.607 .063	.145 .732	.519 .124	.465 .245	.566 .088	-.061 .886	.688 .028	-.110 .795	.175 .628	.247 .555	.627 .052	.130 .760

Kuvissa 19 ja 20 on vertailtu kolmen parhaan maastojuoksija miehen ja pojan keskeisimpiä kestävyysmuuttujia ryhmien muihin jäseniin. Parhaat mies- ja poikamaastojuoksijat erottuivat selvästi teoreettisen VO_{2max} :n ja juoksumattotestin suoritusajoissa ryhmien muista jäsenistä. Lisäksi parhaat pojat maastojuoksussa olivat maksimikestävyyden (VO_{2max} ja suoritus aika juoksumatolla) osalta parempia kuin heikommat miehet (Kuva 19). Anaerobisen- ja aerobisen kynnyksen vauhdit olivat parhailla maastojuoksija miehillä selvästi muita kovempia. Heikoimpien maastojuoksija miesten anaerobinen kynnys oli lähes samalla tasolla parhaiden maastojuoksija poikien kanssa ja aerobinen kynnysvauhti oli keskimäärin hieman parempi (Kuva 20). Heikoimmat maastojuoksija pojat olivat kaikkien edellä mainittujen ominaisuuksien osalta huonoimpia.



Kuva 19. Teoreettinen VO_{2max} (vasen kuva) ja juoksumattotestin suoritus aika (oikea kuva) kolmella parhaalla maastojuoksija miehellä ja pojalla verrattuna ryhmien muihin jäseniin.



Kuva 20. Anaerobinen kynnyks (vasen kuva) ja aerobinen kynnyks (oikea kuva) kolmella parhaalla maastojuoksija miehellä ja pojalla verrattuna ryhmien muihin jäseniin.

8 POHDINTA

8.1 Päälöydökset

Kestävyyssominaisuuksiltaan miehet ovat poikia parempia erityisesti aerobisen ja anaerobisen kynnyksen arvoissa, jotka myös määräävät pääasiassa vauhdin maastossa. Voimantuotto-ominaisuuksissa miehet ja pojat eivät poikenneet toisistaan. Suunnistusteknisesti miehet ovat huomattavasti poikia parempia, joka näkyy ajallisesti pienempinä virheinä suunnistussuorituksessa. Maastajuoksussa miesten ja poikien välinen ero kasvaa verrattuna juoksumattojuoksuun. Erot syntyvät pääasiassa kestävyysominaisuuksien mukaan ja on mahdollista, että miehet pystyvät hyödyntämään voimantuotto-ominaisuuksiaan paremmin maastossa kuin pojat.

8.2 Voimantuotto-ominaisuudet

Voimantuotto-ominaisuuksissa miehet ja pojat eivät poikenneet toisistaan ryhmätasolla, ja yksilöiden välillä vaihtelu oli suurta, joka näkyy useassa muuttujassa suurena keskihajontana. Ennen väsytystä mitattujen voimaominaisuuksien perusteella miesten maksimivoima oli 2.3 % suurempi kuin pojilla. Pojat olivat puolestaan nopeusvoimaominaisuuksiltaan hieman miehiä parempia. Tämä näkyy poikien suurempana voimantuottonopeutena (rfd), eri voimatasoille 30, 60 ja 90 % maksimista kuluneena lyhyempänä aikana ja 0-500 ms:ssa tuotetun voiman suurempana määränä. Toisaalta kevennyshypyn osalta (dynaaminen suoritus) miehet olivat poikia merkitsevästi parempia, vaikka staattisen hypyn osalta vastaavaa eroa ei ollut havaittavissa. Tämä viittaisi siihen, että miehet saivat hyödynnettyä paremmin jalkojen elastisia ominaisuuksia kuin pojat.

Väsytyksen vaikutus näkyi miehissä selvemmin kuin pojissa ja muutokset olivat loogisia molemmissa ryhmissä. Voimantuottonopeus (rfd) heikkeni miehillä 19.1 % ja pojilla 12.8 % lähtötasoon nähden. Vastaavasti miehet saavuttivat hitaammin 30, 60 ja 90 %:n voimatasot kuin pojat ja 0-500 ms:ssa tuotetun voiman määrä jäi pienemmäksi kuin pojilla. Kestävyysurheilijoille tyypillisesti voimantuotto-ominaisuuksissa ei tapahtunut suuria muutoksia vielä kolmannen väsytyssarjan jälkeen: tilastollisesti merkitsevästi heikkenivät ainoastaan miesten isometrinen maksimivoima ja tuotetun voiman määrä aikavälillä 400-500 ms:a. Viidennen väsytyssarjan jälkeen lähes kaikissa voimamuuttujissa näkyi tilastollisesti

merkitsevää heikkenemistä sekä miehillä että pojilla. Poikkeuksen muodosti pojilla maksivoiman saavuttamiseen kulunut aika, joka nopeutui lähtötasoon verrattuna (1580 ± 487 vs 1439 ± 707 ms) ja oli kolmannen sarjan jälkeen parhaimmillaan 1211 ± 622 ms. Tämä selittynee sillä, että isometrinen maksimisuoritus oli outo liike useimmille ja ennen väsytystä ei välttämättä osattu tuottaa voimaa maksimaalisen nopeasti. Kestävyysurheilijoiden kohdalla ensimmäiset väsytyssarjat ovat saattaneet toimia myös hermo-lihasjärjestelmää "herättelevänä" ja vasta sen jälkeen on kyetty rekrytoimaan lihassoluja maksimaalisesti käyttöön (Häkkinen 1990).

Koska väsytyskuorma laskettiin isometrisestä maksimivoimasta 60 %, on myös mahdollista, että miehille väsytyksen muodostui suhteessa raskaammaksi, mikäli he saivat "paremmin irti" alkumittauksessa. Toisaalta voi olla myös niin, että pojat kestivät miehiä paremmin maksimivoimaan painottuneen väsytyksen. Väsytyksen aikana polvikulma vaihteli koehenkilöillä $58-75^\circ$ välillä. Tämä on saattanut vaikuttaa myös siten, että suuremmalla polvikulmalla väsytyksen suorittaneet ovat päässeet hieman pienemmällä rasituksella kuin pienellä polvikulmalla väsytyksen suorittaneet. Miehet ja pojat jakautuivat kuitenkin tasaisesti eri polvikulmille väsytystä suorittaessaan; $58-65^\circ$ kulmalla väsytyksen teki neljä miestä ja kuusi poikaa, ja $66-75^\circ$ polvikulmalla neljä miestä ja neljä poikaa.

Verrattaessa tuloksia Tammelinin (1992) suorittamiin mittauksiin, niin sekä maksimivoimaa (2959 ± 757 vs 2636 ± 1009 N) että nopeusvoimaa (rfd) (18711 ± 4816 vs miesten 13211 ± 2220 ja poikien 15505 ± 5206 N) kuvaavissa muuttujissa tulokset jäivät tässä tutkimuksessa hieman heikommiksi. Tammelinin (1992) tutkimuksessa väsytyksen oli enemmän kestävyystyyppinen (40 % maksimista 60 toistoa jalkaprässissä), joten väsytyksen jälkeiset tulokset eivät ole vertailukelpoisia.

Yleisesti todeten erot voimamuuttujissa miesten ja poikien välillä ryhmätasolla olivat erittäin pienet, mutta yksilölliset erot suuria. Näinollen tarkastelu valmennuksellisesta näkökulmasta olisi järkevintä suorittaa yksilötasolla.

8.3 Kestävyysominaisuudet

Kestävyysominaisuuksissa miehet erottuivat tilastollisesti merkitsevästi anaerobisen- ja aerobisen kynnyksen osalta. Miesten vauhti anaerobisella kynnyksellä oli 5.7 % kovempaa kuin poikien ja vastaavasti teoreettisena työnä 4.8 % suurempi. Aerobisen kynnyksen osalta

erot olivat vielä suurempia miesten hyväksi sekä vauhdeissa 8.9 % että teoreettisena työnä 7.3 %. Tälle paremmuudelle yksinkertainen selitys on varmasti harjoitteluvuosien ja harjoitustuntien määrä, joka miehillä on keskimäärin yli kolminkertainen verrattuna poikiin (taulukko 1). Tammelin (1992) suorittamissa mittauksissa maajoukkueen poika- ja miessuunnistajille saatiin edellä mainittujen muuttujien osalta vastaavia tuloksia kuin tässä tutkimuksessa.

Suoritus aika juoksumatolla oli miehillä keskimäärin 1.13 min pitempi kuin pojilla, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Tarkasteltaessa tuloksia havaitaan, että miesten osalta erot suoritusajoissa olivat suuret ja koehenkilöt jakautuivat selvästi kolmeen ryhmään: 1. MM-kilpailussa mukana olleet urheilijat 2. miesten keskimääräiseen aikaan tai hieman sen yli juosseet 3. huonoimpien poikien tasolla jääneet.

Huonoimmilla miehillä oli ollut oireita ylikunnosta kevään aikana, mutta nyt tilanteen piti olla jo parempi. Juoksumattosuorituksessa se ei kuitenkaan vielä näkynyt, vaikka suunnistuskilpailuissa kyseiset henkilöt olivatkin jo menestyneet. Poikien puolella ryhmä oli tasaisempi. Huomattavaa on kuitenkin, että nuorten arvokilpailuissa (MM ja PM) mitalin saaneet (n=2) juoksivat juoksumatolla pitempään (25.10 ja 28.00 min) kuin ryhmän keskiarvoajan 24.50 min.

Maksimaalista hapenottoa on käsitelty tässä tutkimuksessa vain teoreettisena arvona. Sen on todettu kuvaavan hyvin urheilijan suorituskykyisyyttä, samoin kuin juoksumattotestin loppuaika. (Morgan ym. 1989; Noakes 1988; Paavolainen 1999.) Ns. "puhallettua" arvoa ei ole huomioitu, koska hengityskaasuanalysaattori ei toiminut moitteettomasti suurilla ventilaatioilla. Tämän takia tässä tutkimuksessa on tarkasteltu vain teoreettisia arvoja. Teoreettiset maksimaaliset hapenkulutuksen arvot tässä tutkimuksessa (miehet 74 ja pojat 70 ml*kg⁻¹*min⁻¹) vastasivat arvoja, joita on mitattu eri maiden maajoukkueilta (73 - 77.5 ml*kg⁻¹*min⁻¹). (Gjerset ym. 1997; Held ym. 1997; Jensen ym. 1994; Tammelin 1992.)

8.4 Suunnistus

Miesten suunnistustaito on erittäin merkitsevästi parempi kuin poikien. Miehet kuluttivat suunnistusrataan keskimäärin 13.2 % (5.34min) vähemmän aikaa kuin pojat. Osa nopeammasta suorituksesta selittyy miesten vähemmällä virheillä (1.43 ± 0.56 vs 3.21 ± 2.03

min) ja osa suunnistustoimintoihin käytetyllä ajalla, joka oli miehillä lähes minuutin lyhyempi. Loppuero on selitettävissä fyysisillä ominaisuuksilla tai paremmalla maastossajuoksu kyvyllä/-taidolla. Suunnistustoimintoihin käytetty aika 11-12 % kokonaisajasta vastaa aikaisemmissa tutkimuksissa saatuja arvoja (Kalliokoski ym. 1983; Kärkkäinen 1986; Moser ym. 1995). Koska pojat eivät käyttäneet merkitsevästi enempää aikaa kartanlukuun kuin miehet, voidaan todeta, että heidän kartanluku on riittävän nopeaa. Kartanluvun hyötysuhde ei ole kuitenkaan niin hyvä kuin miehillä. Tämä ilmeni poikien huomattavasti suurempana virheiden määränä. Merkitsevimmät aikaerot suunnistuksessa miehillä ja pojilla tulivat ylämäki- ja alamäkiosuudella. Tämä viittaisi siihen, että ylä- ja alamäki ovat vaikeita alueita suunnistaa.

Suunnistuksessa sykkeet jäivät kymmenen lyöntiä/min alle anaerobisen kynnyksen. Tämä poikkeaa aikaisemmista tutkimuksista, joissa suunnistuskilpailun sykkeet etenkin pikamatkan kilpailussa ovat olleet anaerobisella kynnyksellä tai jopa sen yläpuolella (Gjerset ym. 1997). Tähän saattoi vaikuttaa maastopohja, joka oli paikoitellen juoksu teknisesti vaativaa ja ei näinollen mahdollistanut koko fyysisen kapasiteetin käyttöä. Rata sisälsi myös hieman normaalia enemmän ylämäkiosuuksia, noususumma 190 m. Suunnistuksen kilometriajat viittaisivat myös edellä mainittuihin selityksiin, sillä nyt nopeimman miehen kilometriaika koko radalla oli 6.52 min/km ja yleensä pohjoismaisissa maastoissa miesten voittaja kykenee etenemään selvästi alle 6.00 min/km. Suunnistusajasta laskettiin myös virheetön aika. Virheettömällä ajallakaan ei päästä vielä alle 6.30 min/km vauhtiin. Suunnistustehtävien osalta rata ei poikennut normaalista suunnistuskilpailun radasta.

Poikien kohdalla maastajuoksun loppuajan ja suunnistussuorituksen välinen voimakas korrelaatio voidaan tulkita niin, että pojilla kestävyysominaisuudet selittävät enemmän suunnistussuoritusta kuin miehillä. Miehillä puolestaan suunnistustaitoon liittyvät tekijät, lähinnä virheiden määrä selittävät suunnistussuorituksen tulosta.

8.5 Maastajuoksu

Miehet maastajuoksivat radan 8.3 % poikia nopeammin. Maastajuoksussa miehet paransivat aikaansa suunnistukseen nähden 14.5 % ja pojat 19.0 %. Virheettömistä ajoista laskettuna miesten parannus oli 11 % ja poikien 13 %. Ero miesten ja poikien välillä vaikuttaisi kasvavan kun siirrytään juoksumatolta maastoon. Juoksumatolla erot olivat prosentuaalisesti

pienempiä kuin maastajuoksussa: maksimisuorituskyky erosi 4.7 % ja anaerobinen kynnys 5.7 %.

Sykkeet nousivat maastajuoksussa miehillä 173 ± 7 ja pojilla 174 ± 7 lähelle anaerobista kynnystä. (miehet 174 ja pojat 179). Miesten juoksutekniikka maastossa on todennäköisesti selvästi parempi kuin poikien, sillä he pystyivät juoksemaan maastajuoksun anaerobisella kynnyksellä, kun pojat jäivät siitä sykkeinä 5 l/min. Toinen tekijä, joka saattoi vaikuttaa miesten selvästi parempaan maastajuoksutulokseen on parempi aerobinen kestävyys. Maastajuoksu suoritettiin vain neljä tuntia suunnistuskilpailun jälkeen ja edellisenä päivänä oli tehty voimamittaukset ja juoksumattotesti. Näiden tekijöiden yhteisvaikutus saattoi näkyä pojilla väsymyksenä ja sitä kautta huonompana maastajuoksusuorituksena. Toisaalta myös huonoimmat miehet juoksumatolla, jotka jäivät heikoimpien poikien kanssa samalle tasolle, pystyivät selvästi parempaan maastajuoksutulokseen kuin pojat. Tämä viittaisi siihen, että maastajuoksutekniikka on vaativampi kuin tie-/juoksumatto juoksutekniikka ja se kehittyy vain toistojen ja harjoitusvuosien myötä. Tämä tukisi Kärkkäisen ym. (1984) havaintoja, jonka mukaan tehostetulla lajiharjoittelulla maastossa saatiin aikaan laktaattipitoisuuksien laskua ja sykkeen alenemista vakiokuormilla, joka näkyi myös maastajuoksusuorituskyvyssä.

Maastajuoksussa miehet etenivät poikia nopeammin kaikissa maastonosissa, mutta tilastollisesti merkitsevästi he olivat nopeampia ylämäessä, vaihtelevassa maastossa ja avokalliolla. Ylämäen nopeampi eteneminen miesten osalta selittynee paremmilla kestävyysominaisuuksilla. Myös korkean maksimaalisen hapenoton on todettu olevan yhteydessä hyvään ylämäen juoksusuorituskykyyn (Paavolainen 1999). Tämän tutkimuksen havainnot viittaisivat siihen, että helposti ja nopeasti edettävissä maastonosissa miesten ja poikien erot etenemisvauhdissa olisivat pienimmillään.

Tulososiossa on vertailtu kolmen parhaan maastajuoksija miehen ja pojan voimantuotto- ja kestävyysominaisuuksia muihin ryhmäläisiin. Ryhmät muodostettiin siten, että paras kolmannes maastajuoksuajan perusteella muodosti "parhaat"-ryhmän sekä pojissa että miehissä. Miesten "parhaat"-ryhmä erottui muista selvästi maastajuoksun loppuajan osalta (keskimäärin 2.08 min nopeampia kuin muut-ryhmä). Ryhmäläisistä kaksi kuului MM-joukkueeseen ja kolmas jäsen oli koko maastajuoksun nopein. Poikien puolella "parhaat"-ryhmään maastajuoksuajan perusteella kuuluivat nuorten arvokilpailumitalistit (n=2), jotka

olivat lähes kaksi minuuttia muut-ryhmää nopeampia. Ryhmän kolmas jäsen oli vielä 48 s nopeampi kuin neljänneksi paras, joka kuului muut-ryhmään.

8.6 Voimantuotto-ominaisuuksien yhteys suunnistusjuoksukykyyn

Paavolainen (1999) on todennut hyvien nopeusvoimaominaisuuksien yhteyden hyvään juoksusuorituskykyyn radalla. Vaikuttaisi sille, että myös suunnistusjuoksussa hyvistä nopeusvoimaominaisuuksista saattaisi olla hyötyä. Etenkin väsyneenä nopea voimantuotto vaikuttaisi korreloivan melko vahvasti usean maastonosion kanssa. Tähän viittaa myös parhaiden maastajuoksijoiden voimaominaisuuksien tarkastelu: väsytyksen vaikutuksesta heidän nopeusvoimantuotto ei heikentynyt niin paljoa kuin muilla ja lähtötaso oli muuta ryhmää hieman parempi. Tammelin (1992) totesi nopeusvoimaominaisuuksien olevan yhteydessä hyvään ylämäen juoksukykyyn. Tässä tutkimuksessa nopeusvoimaominaisuudet eivät erityisesti olleet yhteydessä ylämäkijuoksuun, vaan tasaisesti kaikkiin maasto-osioihin.

Maksimivoimaominaisuudet korreloivat heikommin eri maastajuoksuosioiden aikojen kanssa. Vertailtaessa parhaita maastajuoksijoita muihin, havaitaan että maksimivoima parhailta juoksijoilla oli hieman heikompi kuin muilla. Väsytyksen ei kuitenkaan heikentänyt parhaiden maastajuoksijoiden maksimi- ja nopeusvoimaominaisuuksia yhtä paljon kuin muiden. Miehistä parhaat juoksijat tuottivat jopa suuremman maksimivoiman kuin muu ryhmä väsytyksen jälkeen. Tämä viittaisi siihen, että parhaat maastajuoksijat olivat voimakestävyydeltään parempia kuin muu ryhmä.

Hyvä relaksaatiokyky tuli esille väsytyksen jälkeisissä arvoissa etenkin alamäki-, avokallio- ja polku/ura -osuuden jälkeen. Nämä maastonosat ovat nopeimmin edettäviä ja on luonnollista, että hyvä lihasten relaksaatiokyky mahdollistaa nopeamman askeltamisen epätasaisessa maastossa.

Miesten kohdalla korrelaatiot eri voimamuuttujien ja maastonosioiden välillä olivat voimakkaampia kuin pojilla. Vaikuttaisi sille, että pojat eivät saa voimaominaisuuksiaan käyttöön maastossa yhtä hyvin kuin miehet. Tämä saattaisi johtua miesten mahdollisesti paremmasta maastajuoksu-tekniikasta.

8.7 Kestävyysominaisuuksien yhteys suunnistusjuoksukykyyn

Laboratoriossa mitatuista kestävyysominaisuuksista voimakkaimmin maastojuoksun loppuaikaan korreloivat pojilla suoritus aika juoksumattotestissä ja teoreettinen VO_{2max} . Miesten kohdalla voimakkaimmat korrelaatiot löytyivät anaerobisen kynnyksen suorituskyvystä. Anaerobisen kynnyksen merkitys suunnistusjuoksukykyyn kuvaajana tukisi aikaisempien tutkimusten tuloksia (Gjerset ym. 1997; Moser ym. 1995). Tammelinin (1992) mittauksissa vastaavat muuttujat kuvasivat parhaiten maastojuoksukykyä seuraavassa järjestyksessä: aerobinen kynnyks, anaerobinen kynnyks ja maksimaalinen hapenotto.

Poikien kohdalla eri kestävyysmuuttujat (juoksumattotestin suoritus aika, teoreettinen VO_{2max} , anaerobinen- ja aerobinen kynnyks) korreloivat avokallio-osuutta lukuunottamatta lähes kaikkien maasto-osioiden kanssa voimakkaasti. Miesten kohdalla ainoastaan ylämäkiosuus korreloi merkitsevästi edellä mainittujen muuttujien kanssa. Vaikuttaisi sille, että pojilla juoksumattolla mitatut kestävyysominaisuudet kuvaavat suorituskykyä maastojuoksussa paremmin kuin miehillä. Tästä huolimatta miesten parhaat juoksijat juoksumattolla olivat myös nopeimpia maastojuoksussa.

Miesten kohdalla juoksumattotulokset maksimisuorituksen osalta eivät tuoneet esiin kaikkien kohdalla todellista maastojuoksukykyä, vaan ne aliarvioivat sitä. Toisaalta kukaan hyvin juoksumattolla juossut mies ei juossut huonosti maastossa. Nämä tulokset vastaavat Tammelin (1995) johtopäätöksiä, joiden mukaan juoksumattotesti kuvaa riittävän luotettavasti suunnistajan maksimaalista hapenottokykyä sekä anaerobista ja aerobista kynnystä. Sen sijaan maksimisuoritusta maastossa ei tulisi arvioida juoksumattosuorituksen perusteella.

8.8 Tutkimuksen kriittinen arviointi ja jatkonäkymät

Voimamittausten osalta täytyy suhtautua kriittisesti voiman mittaustapaan. Isometrinen voimasuoritus ei ole lajinomainen suunnistajalle ja monelle se oli outo suoritus. Toisaalta isometrinen maksimivoimamittaus on helposti toistettava ja suorituksesta saadaan voima-aika -käyrän avulla tarkasteltua myös nopeusvoimaominaisuuksia. Lisäksi väsytyks suoritettiin maksimivoima painotteisesti (5x10 toistoa / 30 s palautus, 60 % isometrisestä maksimivoimasta). Väsytyksen olisi voinut tehdä myös pienemmillä painoilla ja pitempiä

sarjoja, jolloin se olisi vaikuttanut enemmän aineenvaihduntapuoleen ja kuvannut enemmän kestovoimaominaisuuksia. Tämän takia voidaan spekuloida, onko tässä tutkimuksessa käytetty menetelmä hyvä suunnistajalle. Voimamittauksia on tehty yleisesti suunnistajille vähän, eikä mitään vakiomenetelmiä ole käytössä.

Kestävyysmittausten osalta suunnistajille muokattu maksimaalisen hapenoton testiprotokolla (mäkimalli) toimi hyvin. Parhaimpien miesten osalta juoksumaton kovin vauhti (17 km/h) olisi voinut olla aavistuksen kovempi, jolloin kaikki olisivat saavuttaneet anaerobinen kynnyksen ennen juoksumaton kulmannostoa. Tässä tutkimuksessa haluttiin kuitenkin juoksuttaa kaikkia samoilla kuormilla vertailun helpottamiseksi ja suurimmalle osalle koehenkilöistä tämä vauhti oli riittävä.

Suunnistusmittaukset sujuivat ongelmitta ja suunnistuksen reservi-aika saatiin selvitettyä. Suunnistustekniikassa yksilölliset erot ovat suuria, joten reservi-ajan suuruus on hyvä vertailemaan taitoa ryhmätasolla. Mikäli yksilön suunnistustaitoa haluttaisiin selvittää, täytyisi mittausten olla tarkempia ja sisältää suorituksen ulkoista seurantaa ja tarkkaa suorituksen jälkeistä analysointia.

Miesten maastajuoksusuoritus verrattuna poikiin oli parempi mitä muiden mitattujen muuttujien osalta olisi voinut odottaa. Maastossajuokсутekniikan tutkiminen saattaisi antaa lisäselvitystä miesten ja poikien suurille eroille. Lisäksi vastaavien maastomittausten tekeminen mannermaisessa maastotyypissä antaisi lisäselvitystä kyseisen maastotyypin erityisvaatimuksista ja edesauttaisi kansainvälisessä vauhdissa mukana pysymisen.

Tämän tutkimuksen pojat kuuluivat kaikki Suomen nuorten maajoukkueeseen pohjoismaisissa mestaruuskilpailuissa kesällä 2001. Seuraavien viiden vuoden aikana olisi mielenkiintoista tehdä seurantatutkimuksia poikien kehittymisestä ja menestyksestä suunnistuksessa esimerkiksi tässä tutkimuksessa käytetyillä menetelmillä.

LÄHTEET

- Andersson G, Johansson C, Aulin K & Saltin B (1993). Orienteering en fysiologisk mardöm *Skogsport* 5: 21–23.
- Bassett DR & Howley ET (1997). Maximal oxygen uptake: classical versus contemporary viewpoints. *Med Sci Sports Exerc* 29: 591-603.
- Bell GJ, Syrotuik D, Martin TP, Burnham R & Quinney HA (2000). Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. *Eur J Appl Physiol* 81: 418-427.
- Cavanagh PR & Kram R (1985). The efficiency of human movement a statement of the problem. *Med Sci Sports Exerc* 17: 304-308.
- Competition rules foot orienteering events (2000). International Orienteering Federation (IOF). www.orienteering.org/rules
- Conley DL & Krahenbuhl GS (1980). Running economy and distance running performance a highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc* 5: 357-360.
- Daniels JT (1985). A physiologist`s view of running economy. *Med Sci Sports Exerc* 17: 332-338.
- Dresel U (1985). Lactate acidosis with different stages in the course of a competitive orienteering performance. *Sci J Orienteering* 1: 4–13.
- Foster C (1983). VO_{2max} and training incides as determinants of competitive running performance. *J Sports Sci* 1: 13-22.
- Gastin PB (2001). Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sport Med* 2001 31 (10): 725-741.
- Gjerset A, Johansen E & Moser T (1997). Aerobic and anaerobic demands in short distance orienteering. *Sci J Orienteering* 13: 4–25.
- Guyton AC & Hall JE (1996). *Textbook of medical physiology*. 9. painos, Philadelphia, Saunders Company.
- Gärderud I, Hammarberg J & Larsson Å (1985). The effects of a branch-specific strenght training for orienteers. *Sci J Orienteering* 1: 51-52.
- Havas E (1989). Kontaktiajat suunnistusjuoksussa. *Liikuntabiologian laitoksen seminaarityö*. Jyväskylän yliopisto.

- Heck H, Mader A, Hess G, Mucke S & Muller R (1985). Justification of the 4.0 mmol/l lactate threshold. *In J Sports Med* 6: 117-130.
- Heckman CJ & Sandercock TG (1996). From motor unit to whole muscle properties during locomotor movements. *Exerc and Sport Sci Rev* 24: 109-130.
- Held T & Muller I (1997). Endurance capacity in orienteering - new field test vs laboratory test. *Sci J Orienteering* 13: 26-37.
- Häkkinen K (1990). *Voimaharjoittelun perusteet*. Gummerrus Kirjapaino, Jyväskylä.
- Häkkinen K & Komi P (1986). Effect of fatigue and recovery on electromyographic and isometric force- and relaxation time characteristics of human skeletal muscle. *Eur J Appl Physiol* 55: 588-596.
- Inkeri J (2001). [www.http://tulos.kalevanrasti.fi/rvanalyysi/rvatulkinta.htm](http://tulos.kalevanrasti.fi/rvanalyysi/rvatulkinta.htm)
- Jensen K, Franch J, Kärkkäinen O & Madsen K (1994). Field measurements of oxygen uptake in elite orienteers during cross-country running using telemetry. *Scand J Med Sports* 4: 234-238.
- Johansen BJ (1997). Thinking in orienteering. *Sci J Orienteering* 13: 38 - 46.
- Kalliokoski J, Kujala U & Kottonen H (1983). Suunnistustoiminnot kilpailuvauhtisessa suunnistuksessa. *Suunnistaja* 38 (18): 12 - 13.
- Kantola H & Rusko H (1985). *Sykettä ladulle*. Valmennuskirjat Oy. Gummerrus, Jyväskylä.
- Karppinen T & Laukkanen R (1994). Heart rate analysis in orienteering training and competitions before and during WOC 1993. *Sci J Orienteering* 10: 63-77.
- Keul J, Doll E & Keppler D (1972). *Energy metabolism of human muscle*. S. Karger AG. Basel.
- Komi P (1973). Relationship between muscle tension, EMG and velocity of contraction under concentric and eccentric work. Teoksessa: Desmedt J (toim) *New Developments in electromyography and clinical neurophysiology*: 596-606.
- Kumagai S, Tanaka K, Matsuura Y, Matsuzaka A, Hirakoba K & Asano K (1982). Relationships of anaerobic threshold with the 5 km, 10 km and 10 mile races. *Eur J Appl Physiol* 49: 13-23.
- Kärkkäinen O-P (1986). Suunnistuksen kilpailusuoritus. *Liikuntafysiologian Pro gradu-tutkielma*. Jyväskylän yliopisto.

- Kärkkäinen O-P, Vähäsöyrinki P & Viitasalo J (1984). Suunnistusjuoksun mitattavuus laboratorio-olosuhteissa sekä lajiharjoittelukauteen siirtymisen vaikutukset suunnistusjuoksusuorituskykyyn. Teoksessa Mero, Rusko ja Kallio. *Suunnistuksen lajiansalyysi: 73-124*. Suomen Suunnistusliitto. Helsinki.
- Liite ry (1998). *Kuntotestauksen perusteet*. Liikuntalääketieteen ja testauksen edistämissäätiö.
- Lusa S & Lonka H (1986). Systemaattisen voimaharjoittelun vaikutukset suunnistajien fyysisiin suorituskykyymuuttujiin. *Liikuntabiologian laitoksen seminaarityö*. Jyväskylän yliopisto.
- Londeree BR (1986). The use of laboratory test results eight long distance runners. *Sports Med* 3: 201-213.
- Loat CER & Rhodes EC (1993). Relationship between the lactate and ventilatory threshold during prolonged exercise -a review. *Sports Med* 15: 104-115.
- McArdle WO, Katch FI & Katch VL (1991). *Exercise physiology. Energy, nutrition and human performance*. 3. painos, Baltimore, Williams & Wilkins.
- McCarthy JP, Agre JC, Graf BK, Pozniak MA, Vailas AC (1995). Compatibility of adaptive responses with combining strength and endurance training. *Med Sci Sports Exerc* 3: 429-436.
- Mero A, Rusko H & Vähäsöyrinki P (1984). Sykkeen, veren maitohapon ja suorituskyvyn muutokset suunnistuksessa kilpailuvauhtiin verrattuna alle normaalin, normaalilla ja yli normaalin olevalla juoksunopeudella. Teoksessa *Suunnistuksen lajiansalyysi: 5-16*. Suomen Suunnistusliitto. Helsinki..
- Morgan DW, Martin PE & Krahenbuhl GS (1989). Factors affecting running economy. *Sports Med* 7: 78 - 83.
- Moser T, Gjerset A, Johansen E & Vadder L (1995). Aerobic and anaerobic demand in orienteering. *Sci J Orienteering* 11: 3 - 33.
- Nikulainen P (1988). Suunnistusajattelun teoria. *Pro gradu-tutkielma. Opettajankoululaitos*, Turun yliopisto.
- Nikulainen P (1994). *Suunnistus ja ajattelu*. SASApaino, Salo.
- Nikulainen P, Vartiainen B, Salmi J, Minkkinen J, Laaksonen P & Inkeri J (1995). *Suunnistustaito*. ER-Paino, Lievestuore.

- Noakes TD (1988). Implications of exercise testing for prediction of athletic performance: a contemporary perspective. *Med Sci Sports Exerc* 20: 35-45.
- Nord L (1971). *Betydelsen av olika kartskala för orienterings momentet*. Gymnastik- och Idrottshögskolan, Stockholm.
- Omodei M, McLennan J & Whitford P (1998). Using head-mounted video camera and two-stage reply to enhance orienteering performance. *Int J Sport Psychol* 29: 115–131.
- Ottosson T (1996). Cognition in orienteering: theoretical perspectives and methods of study. *Sci J Orienteering* 12: 66–72.
- Paavolainen L, Häkkinen K, Hämmäläinen I, Nummela A & Rusko H (1999). Explosive strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *J Appl Physiol* 86: 1527-1533.
- Paavolainen L (1999). *Neuromuscular characteristics and muscle power as determinants of running performance in endurance athletes*. University Printing House, Jyväskylä and ER-Paino Ky, Lievestuore.
- Powers SK, Lawler J, Dempsey JA, Dodd S & Laundry G (1989). Effects of incomplete pulmonary gas exchange on VO_{2max} . *J Appl Physiol* 66: 2491-2495.
- Rowell LB (1986). *Human circulation: Regulation during physical stress*. New York: Oxford University Press.
- Rusko H (1989). Kestävyys ja sen harjoittaminen. Teoksessa *Suomalainen valmennusoppi II*: 151-156. Toim. Kantola. Suomen Olympiakomitea.
- Sjödén B & Jakobs I (1981). Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *In J Sports Med* 2: 23-26.
- Seiler R (1996). Cognitive processes in orienteering – a review. *Sci J Orienteering* 12: 50–65.
- Stegmann H & Kinderman W (1981). Comparison of prolonged exercise tests at the individual anaerobic threshold and fixed anaerobic threshold of 4 mmol/l lactate. *In J Sports Med* 3: 105-110.
- Tammelin T (1992). Kestävyys- ja voima ominaisuuksien yhteydet suunnistajan maastossajuksukykyyn. *Liikuntafysiologian tutkielma*. Jyväskylän yliopisto.

- Tammelin T (1995). Kestävyyssominaisuudet ja juoksun taloudellisuus juoksumatolla ja maastossa suomalaisilla miessuunnistajilla. *Liikuntafysiologian Pro gradu -tutkielma*. Jyväskylän yliopisto.
- Tanaka K, Watanabe H & Konitshi Y (1986). Longitudinal associations between anaerobic threshold and distance running performance. *Eur J Appl Physiol* 55: 248-252.
- Viitasalo J, Raninen & Liitsola S (1987). *Voimaharjoittelu -perusteet ja käytännön toteutus*. Finntrainer Oy. Gummerus Oy. Jyväskylä.
- Viitasalo J & Komi P (1978). Force-time characteristics and fiber composition in human leg extensor muscles. *Eur J Appl Physiol* 40: 7-15.
- Väisänen M (1999). Kartan mittakaavan vaikutus suunnistustoimintoihin ja yhteys suoritus aikaan mieshuippusuunnistajilla. *Valmennus- ja testausopin tutkielma*. Jyväskylän yliopisto.
- Winter (1979). *Biomechanics and motor control of human movement*.
- Åstrand & Rodahl (1986). *Textbook of work physiology*. Singapore.

LIITE 1

Suunnistusradan kuvaus rastiväleittäin:

Rv	Matka	Korkeusero	Tarkennus (kesto noin min suluisissa)
L-1:	650 m	+65 m	Pitkä ylämäki, alku hakkuuta, loppu metsämaastoa (4)
1-2:	220 m	-5 m	Polku (1)
2-3:	400 m	-55 m	Pitkä alamäki, helposti juostava (2.30)
3-4:	250 m	+60 m	Jyrkkä/lyhyt ylämäki (2.30)
4-5:	250 m	+10 m	Tiheä metsä (1.30)
5-6:	580 m	0 m	Avokallio, hyväkulkuinen maasto (4)
6-7:	300 m	-20 m	Vaihteleva maasto (2.30)
7-8:	1120m	+10 m	Pitkä helposti edettävä rv, osin polkua ja linjaa pitkin (7)
8-9:	190 m	-10 m	Hyväkulkuinen avokallio (lyhyt rv) (1)
9-10:	170 m	-30 m	Tiheikköä, vaikeasti alas mentävä lyhyt alamäki (<1)
10-11:	220 m	+30 m	Suo/varvikko, raskas juoksualusta (2)
11-12:	380m	+10 m	Rinne juoksua, hyvä kulkukelpoisuus (2)
12-13:	180m	-55 m	Jyrkkä/lyhyt alamäki (1)
13-M:	120m	+5 m	Polku (0.30)
YHT	5030 m,	nousua 190 m	

