

**YHDISTETYN KESTÄVYYS- JA NOPEUSVOIMAHARJOITTELUN  
VAIKUTUKSET KESTÄVYSSUORITUSKYKYYN SEKÄ VOIMA- JA  
NOPEUSOMINAISUUKSIIN KESTÄVYYSURHEILIJOILLA**

**Eija Salonen**

Liikuntafysiologian Pro Gradu –tutkielma

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän yliopisto

Kevät 2001

Työn ohjaajat: Keijo Häkkinen, Leena Paavolainen

## TIIVISTELMÄ

*Eija Salonen. Yhdistetyn kestävyys- ja nopeusvoimaharjoittelun vaikutukset kestävyysuorituskykyyn sekä voima- ja nopeusominaisuuksiin kestävyysurheilijoilla.*

Voima- ja kestävyysurjoittelun yhdistämistä on pidetty ongelmallisena, sillä vaikutusmekanismeiltaan nämä harjoitusmenetelmät poikkeavat selvästi toisistaan. Kestävyysurheilijoilla nopeusvoimatyyppisen harjoittelun on todettu kehittävän nopeusvoimaa, kuitenkin heikentämättä kestävyysominaisuuksia. Hiihdossa ja ampumahiihdossa tarvitaan erittäin hyvää aerobista kapasiteettia sekä kilpailuvauhtien kasvaessa hyvää hermo-lihasjärjestelmän toimintakykyisyyttä. Nopeusvoiman harjoittaminen saattaa jopa parantaa kestävyysuoritusta, koska lihasten voimantuotto tehostuu tai nopeutuu kunkin yksittäisen työvaiheen, esimerkiksi hiihdon potkun aikana. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää yhdistetyn kestävyys- ja nopeusvoimaharjoittelun vaikutuksia hiihtäjien ja ampumahiihtäjien kestävyysuorituskykyyn sekä voima- ja nopeusominaisuuksiin.

Kaksitoista vapaaehtoista kansallisen tason ( $VO_{2max}$  keskimäärin 66 ml/kg/min) mieshiihtäjää ja ampumahiihtäjää muodostivat koe- ja kontrolliryhmän. Koeryhmän keski-ikä oli  $24 \pm 4$  vuotta, ja kontrolliryhmän  $23 \pm 6$  vuotta. Koeryhmä teki kahdeksan viikkoa kestävyysurjoittelua (68,7 %) ja erillistä nopeusvoimaharjoittelua (25,9 %) sekä lisäksi kesto-voimaa 5,4 % kokonaistuntimäärästä. Kontrolliryhmä harjoitteli pääasiassa kestävyyttä (87,9 %), kesto-voimaa (10,5 %) ja nopeusvoimaa ainoastaan 1,6 %. Nopeusvoimaharjoitteet olivat pääosin lajinomaisia kuten sauvaloikkia, tasatyöntöjä, loikkia ja juoksuvetoja. Tutkimukseen osallistuvat koehenkilöt testattiin harjoitusjakson alussa, neljän viikon ja kahdeksan viikon kuluttua. Heiltä mitattiin antropometriset muuttujat, maksimaalinen hapenotto ja ala- ja yläraajojen maksimi- sekä nopeusvoima. Lisäksi mitattiin ylävartalon lihaskestävyysominaisuudet submaksimaalisella ja maksimaalisella teholla tehdyssä tasatyöntötestissä sekä anaerobinen suorituskyky MART-testissä.

Tutkimuksen päätuloksena oli, että ylävartalon suorituskyky kehittyi huomattavasti koeryhmällä. Kahden kilometrin maksimaaliseen tasatyöntöön kulunut aika parani koeryhmällä keskimäärin 23 sekuntia. Taloudellisuus submaksimaalisella tasolla kehittyi myös, mikä voitiin havaita alentuneena hapenottona (-4,3 %), sykkeenä (-1,1 %) ja laktaattina (-10,5 %). Kestävyysuoritus anaerobisella ja aerobisella kynnyksellä oli parantunut merkitsevästi ( $4,03 \pm 0,3$  ja  $4,22 \pm 0,3$  l/min,  $p < 0,05$  sekä  $3,4 \pm 0,3$  ja  $3,6 \pm 0,4$  l/min,  $p < 0,05$ ). Käsien ojentajien nopeusvoima parani myös merkitsevästi. Lisäksi voima- ja nopeusominaisuuksissa havaittiin kehittymistä yksilötasolla. Varsinkin jalkalihasten ja selkä- ja vatsalihasten maksimaalinen voima kehittyi hieman, muttei tilastollisesti merkitsevästi. Valmennukselliselta kannalta tulokset olivat hyvin rohkaisevia ja suuntaa-antavia. Johtopäätöksenä oli, että yhdistetyllä kestävyys- ja nopeusvoimaharjoittelulla voidaan kehittää urheilijan taloudellisuutta ja hermo-lihasjärjestelmän toimintaa ja sitä kautta kestävyysuoritusta ilman että kestävyysominaisuudet heikkenevät.

# SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	3
2 HIIHDON JA AMPUMAHIIHDON FYYSISET VAATIMUKSET	5
2.1 Hiihdon fyysiset vaatimukset	5
2.2 Ampumahiihdon fyysiset vaatimukset	6
3 KESTÄVYYSHARJOITTELUN FYSIOLOGISET VAIKUTUKSET	7
3.1 Pitkäaikaisen kestävyysharjoittelun aineenvaihdunnalliset adaptaatiot	7
3.2 Kestävyysharjoittelun vaikutukset aerobiseen ja anaerobiseen kynnykseen	7
3.3 Kestävyysharjoittelun vaikutukset sydämeen ja verimuuttujiin	9
3.4 Hapenoton kehittyminen	9
3.5 Kestävyysharjoittelun vaikutukset taloudellisuuteen	10
4 VOIMAHARJOITTELUN AKUUTIT JA KROONISET VAIKUTUKSET	13
4.1 Nopeusvoimaharjoittelun vaikutukset	13
4.2 Maksimivoimaharjoittelun vaikutukset	14
5 YHDISTETTY KESTÄVYYS- JA VOIMA- JA NOPEUSHARJOITTELU	16
5.1 Vaikutukset voimaominaisuuksiin	16
5.2 Vaikutukset kestävyysominaisuuksiin	19
5.3 Vaikutukset taloudellisuuteen ja suorituskykyyn	20
5.4 Rytmittäminen	22
5.5 Ominaisuuksien säilyminen	23
5.6 Yhteenveto yhdistetyistä voima- ja kestävyysharjoittelun tutkimuksista	24
6 TUTKIMUSONGELMAT JA TUTKIMUKSEN TARKOITUS	26
7 TUTKIMUSMENETELMÄT	27
7.1 Koehenkilöt	27
7.2 Koeasetelma	27
7.3 Mittaukset ja tutkimuksen muuttujat	28
7.3.1 Alkumittaukset	28
7.3.2 Voima- ja nopeusominaisuuksien mittaaminen	28

7.3.3 Kestävyyssominaisuuden mittaaminen	28
7.3.4 Anaerobisen suorituskyvyn mittaaminen	29
7.3.5 Ylävartalon lihaskestävyyden sekä nopeusominaisuuden mittaaminen	29
7.4 Tilastollinen analyysi	30
8 TULOKSET	31
8.1 Harjoittelu	31
8.2 Antropometriset muutokset	31
8.3 Voima- ja nopeusominaisuudet	32
8.4 Kestävyyssominaisuus	35
8.5 Anaerobinen suorituskyky	37
8.6 Ylävartalon lihaskestävyys	37
8.7 Korrelaatioanalyysi muuttujien kesken	39
9 POHDINTA	40
LÄHTEET	45
LIITE	

## 1 JOHDANTO

Kestävyyslajeissa ollaan saavutettu hyvin pitkälle maksimaalisen suorituskyvyn rajat kestävyysominaisuuksien osalta. Kilpailusuoritukseen olennaisena osana vaikuttavan hermo-lihasjärjestelmän merkitystä suorituskykyä rajoittavana tekijänä on kuitenkin kestävyyslajeissa tutkittu vähän. Epäselvää on myös, mitkä kaikki tekijät selittävät kestävyysurheilijan kilpailu- ja suorituskykyisyyttä, miten sitä pystytään mittaamaan ja miten hermo-lihasjärjestelmän toimintaa parantava nopeusvoimatyypinen harjoittelu vaikuttaa suorituskykyyn. Urheilijat, jotka ovat kestävyysominaisuuksiltaan samalla tasolla, voivat silti erota suorituskyvyssä toisistaan. Syy tähän saattaa olla eroavaisuudet hermo-lihasjärjestelmän toiminnassa, voimantuotossa sekä anaerobisissa ominaisuuksissa. (Paavolainen 1999.)

Hiihdon ja ampumahiihdon kilpailusuoritukseen vaikuttavia fysiologisia tekijöitä ovat muun muassa maksimaalinen aerobinen hapenottokyky ( $VO_{2max}$ ), riittävät energiavarastot, lihasten oksidatiivinen kapasiteetti sekä aerobinen ja anaerobinen kynnyks. Näiden kestävyysuorituskykyä mittaavien ominaisuuksien lisäksi urheilijalta vaaditaan kilpailuvauhtien ja -vaatimusten kasvaessa myös muita ominaisuuksia. Työskenteleviltä lihaksilta vaaditaan kykyä tehdä tehokasta ja nopearytmistä lihastyötä. Lihaksissa tuotettu energia täytyy muuttua liikuntasuoritukseksi. Tätä hermo-lihasjärjestelmän suorituskykyisyydestä ja suoritustekniikasta riippuvaa tekijää kutsutaan suorituksen taloudellisuudeksi. Jotta hermo-lihasjärjestelmän suorituskykyisyys kehittyä, voidaan voima- ja nopeusharjoittelulla pyrkiä kehittämään voima- ja nopeusreserviä. Tämä mahdollistaa entistä suurempien voima- ja nopeustasojen hyödyntämisen lajisuorituksessa.

Yhdistetystä voima- ja kestävyysurjoittelusta on tehty useitakin tutkimuksia. Yleisesti on uskottu, että samanaikainen harjoittelu rajoittaa voiman kehittymistä, varsinkin pitkällä harjoitusjaksoilla. Tällainen harjoittelu voi kuitenkin kehittää kestävyysuorituskykyä heikentämättä maksimaalista hapenottoa (Hickson ym. 1988, Marcinik ym. 1991, McCarthy ym. 1995). Tutkimukset on kuitenkin pääasiallisesti suoritettu maksimivoimaperiaatteella ja koehenkilöinä on ollut harjoittelemattomia ihmisiä, joilla melkein mikä tahansa intensiivinen harjoittelu aikaansaa kehittymistä. Selvästi vähemmän on tutkittu, miten nopeusvoimatyypinen harjoittelu vaikuttaa harjoittelevien henkilöiden, esimerkiksi kestävyysurheilijoiden suorituskykyyn ja voimaominaisuuksiin. Paavolainen (1999) on todennut, että yhdistetty nopeusvoima- ja kestävyysurjoittelu parantaa juoksijoiden

kestävyysuorituskykyä ilman että maksimaalinen hapenotto- ja voima- ja nopeusominaisuudet heikkenevät.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena onkin selvittää, miten yhdistetty kestävyys- ja nopeusvoimaharjoittelu vaikuttaa hiihtäjien ja ampumahiihtäjien kestävyysuorituskykyyn. Edelleen tarkoituksena on selvittää pystytäänkö nopeusvoimatyypillisellä harjoittelulla parantamaan voima- ja nopeusominaisuuksia ilman että kestävyysominaisuudet heikkenevät.

## 2 HIIHDON JA AMPUMAHIIHDON FYYSISET VAATIMUKSET

### 2.1 Hiihdon fyysiset vaatimukset

Hiihdon fyysisiä vaatimuksia on käsitelty monissa eri tutkimuksissa sekä kirjoissa. Hoffman & Clifford (1992) esittävät laajassa yhteenvetoraportissaan hiihdossa vaadittavia ominaisuuksia. Yhtenä tärkeimpänä tekijänä hiihtäjän menestymisessä on maksimaalinen hapenottokyky. Suorituksen keston vaihdellessa reilusta kymmenestä minuutista useisiin tunteihin, tapahtuu energiankulutus 85 - 100 prosenttisesti aerobisesti. Koska hiihto vaatii korkeaa aerobista kapasiteettia, on tyypillistä, että hiihtäjillä on korkeaa oksidatiivista kapasiteettia omaavat lihakset. Kansainvälisellä huipputasolla hiihtävillä miehillä on mitattu jopa 95 ml/kg/min maksimihapenottoarvoja. Normaalisti arvot ovat noin 85 - 90 ml/kg/min, naisilla noin 10 ml/kg/min vähemmän. Hiihtäjien anaerobinen kynnys on myös huomattavan korkealla, noin 80 - 92 % maksimaalisesta hapenottokyvystä. Noin 20 minuuttia kestävässä kilpailussa on hapenoton todettu pysyvän tasolla 90 %  $VO_{2max}$ :sta, ja 2,5 tuntia kestävässä kilpailussa 82 % tasolla. Tärkeää on siten myös se, kuinka korkealla tasolla maksimihapenotosta urheilija pystyy kilpailun suorittamaan. Kilpailusykkeen on todettu myös liikkuvan anaerobisen kynnyksen tasolla. (Hoffman & Clifford 1992.)

Kilpahiihtäjien prosentuaalisesti suuri, vähintään 60 %, tyyppi I eli hitaiden lihassolujen määrä mahdollistaa aerobisen kapasiteetin tehokkaan hyödyntämisen. Toisaalta myös nopeista lihassoluista olisi hyötyä, koska hiihtolajien vaatimukset ovat ajan kuluessa muuttuneet. Kilpailuvauhdit ovat kasvaneet, jolloin hermo-lihasjärjestelmän toiminta voi nousta rajoittavaksi tekijäksi. (Hoffman & Clifford 1992.) Lajivalikoimaan on tullut myös sprintti-matkoja, joissa korostuvat nopeusominaisuudet.

Hiihdon voimavaatimukset kohdistuvat lähinnä kestovoimaan ja nopeusvoimaan. Kilpahiihdossa toistuvat tuhannet toistot, joissa voimantuottoajat ovat alle 0,2 sekuntia. Perinteisen hiihdossa tuotetut voimatasot ovat noin  $2,5 \times$  kehon massa. Luisteluhiihdossa vastaavasti voimantuottoajat ovat hieman pidempiä, ja voimatasot ovat alhaisemmat. (Ekström 1981, Pierce ym. 1987.)

## 2.2 Ampumahiihdon fyysiset vaatimukset

Ampumahiihdon fysiologiset vaatimukset ovat hyvin samankaltaiset kuin hiihdon. Rasittavuutta lisää vähintään 3,5 kilon painoinen ase, jota kannetaan kilpailun aikana selässä. Ampumahiihto on lisäksi luonteeltaan enemmän intervallityyppinen, koska hiihtokierroksien (pituudeltaan 2.5 - 5 km) välissä on sekä makuu- että pystyammunta, joka pysäyttää hiihdon. (Hoffman & Street 1992.)

Aseen painon vaikutusta on tutkinut mm. Rundell & Szmedra (1998). He selvittivät, kuinka aseiden kantaminen vaikuttaa sykkeisiin, hapenottoon, ventilaatioon sekä laktaatteihin. Naisilla muutokset olivat huomattavasti suuremmat verrattuna miehiin, eli sykkeet, hapenotto, laktaatit sekä ventilaatio olivat korkeammalla aseiden kanssa hiihdettäessä. Suhteellinen energiankulutus oli naisilla suurempaa verrattuna miehiin, eli aseiden prosentuaalinen osuus kehon painosta vaikuttaa energiankulutukseen. Yksilöiden välillä on kuitenkin eroja johtuen mm. aseiden kantamisen taloudellisuudesta. Aseen tulisi sijaita mahdollisimman lähellä kehon massakeskipistettä, lisäksi aseiden vertikaalisen liikkeen tulisi olla vähäistä hiihdon aikana. Näin pystyttäisiin edesauttamaan taloudellisuutta. (Rundell & Szmedra 1998.)

Hoffman & Street (1992) tutkimuksessa mitattiin kilpailunaikaisia sykkeitä. Kilpailijoiden keskisyke oli noin 90 % maksimisykkeestä. Ennen ammuntaa (noin 50 - 60 sekuntia) syke laski noin 10 - 12 lyöntiä ollen 85 - 87 % maksimista. Ammunnan aikana syke laski 61 - 73 %:iin maksimista. Ammunnat kestivät 45 - 57 sekuntia. (Hoffman & Street 1992.) Tänä päivänä ammunnat ovat kuitenkin nopeutuneet jopa puoleen vuoden 1992 tuloksista. Ammunnat kestävät nopeimmilla noin 24 sekuntia, joten luultavasti myös sykkeetkin ovat huomattavasti korkeammalla ammunnan aikana. Myöskään ennen ammuntaa ei juurikaan enää hiljennetä vauhtia, joten syke on hyvin korkealla aloitettaessa ammuntaa. (International biathlon union 2001.)



### 3 KESTÄVYYSHARJOITTELUN FYSIOLOGISET VAIKUTUKSET

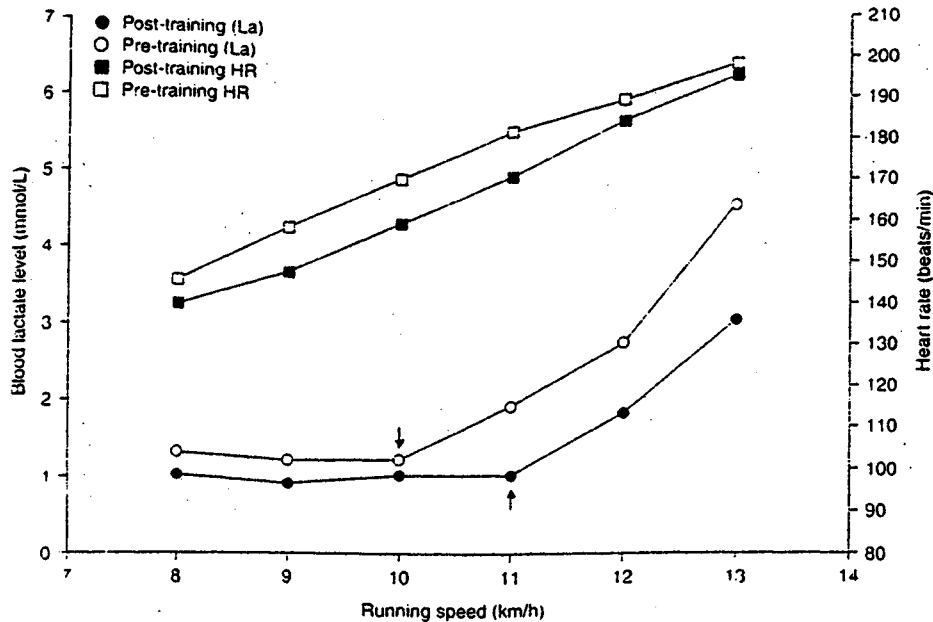
#### 3.1 Pitkäaikaisen kestävyysharjoittelun aineenvaihdunnalliset adaptaatiot

Kestävyysharjoittelu kehittää hengitys- ja verenkiertoelimistöä sekä lihasten oksidatiivista kapasiteettia. Harjoittelu vaikuttaa lihassolutyyppeihin, kapillaarien ja myoglobiinin määrään, mitokondrioiden toimintaan sekä oksidatiivisiin entsyymeihin. (Wilmore & Costill 1999, 186 - 190.) Kestävyysharjoittelun on todettu aiheuttavan tyyppi I (hitaat, punaiset) lihassolujen hypertrofiaa sekä tyyppi I<sub>b</sub> (nopeat, glykolyttiset) muuttumista tyyppi II<sub>a</sub>:ksi (nopeat, oksidatiiviset) ja jopa tyyppi II<sub>a</sub>:n muuttumista tyyppi I:ksi. (Spina ym. 1996, Simoneau ym. 1985).

Lihassoluja ympäröivien kapillaarien määrän on todettu lisääntyvän kestävyysharjoittelun seurauksena, täten parantaen lihasten verenvirtausta. Happea sitovan myoglobiinin sekä mitokondrioiden määrä on myös lisääntynyt harjoittelun myötä. Aerobiseen energiantuottoon vaikuttavien oksidatiivisten entsyymien (mm. sukkiinaatti dehydrogenaasi ja sitraattisyntaasi) aktiivisuus kasvaa kestävyysharjoittelussa, minkä vuoksi kestävyysurheilija kykenee ylläpitämään lähellä  $VO_{2max}$  tehoa pitkäkestoisessakin suorituksessa ilman merkittävää laktaatin tuottoa ja happamuuden kasautumista. Peruskestävyysharjoittelu parantaa urheilijan kykyä käyttää rasvoja energiantuotossa, mikä säästää lihasten glykogeenivarastoja pitkäkestoisessa suorituksessa. Kestävyysharjoitukset, joissa glykogeenivarastot käytetään lähes loppuun, lisäävät palautumisen aikana lihasten glykogeenipitoisuutta. (Wilmore & Costill 1999, 186 - 192.)

#### 3.2 Kestävyysharjoittelun vaikutukset aerobiseen ja anaerobiseen kynnykseen

Kestävyysharjoittelu nostaa aerobista ja anaerobista kynnystä, joita kutsutaan myös laktaatti- ja ventilaatiokynnyksiksi. Tämän seurauksena pystytään harjoittelemaan suuremmalla nopeudella tai teholla ilman, että lihaksiin alkaa kerääntyä laktaattia tai ventilaatio kiihtyy. Kuvassa 1. nähdään harjoittelun aikaansaamat muutokset harjoitusvauheissa. (Carter ym. 1999.)



Kuva 1. Kuuden viikon kestävyysharjoittelun vaikutukset veren laktaattipitoisuuksiin (La) ja sykkeisiin (HR). Nuolet osoittavat aerobisen kynnyksen (laktaattikynnys) ennen ja jälkeen harjoittelujakson. (Carter ym. 1999.)

Aerobinen kynnys tarkoittaa harjoitusintensiiteettiä, jolloin veren laktaattipitoisuus alkaa kiihtyvästi lisääntyä ja lihasten glykogeeni vähetä. Anaerobinen kynnys vastaavasti määritetään kohtaan, jolloin hiilidioksidin tuotto suhteessa hapenkulutukseen lisääntyy poikkeavasti. Toisin sanoen hiilidioksidia aletaan poistaa lisääntyneen ventilaation kautta, jolloin anaerobiseksi kynnykseksi voidaan määrittää kohta, jossa ventilaatio kiihtyy huomattavasti verrattuna hapenottoon (Wilmore & Costill 1999, 136, 264). Kynnykset ilmaantuvat pääsääntöisesti noin 50 - 80 %  $VO_{2max}$ :sta. (Katch ym. 1978, Simon ym. 1983.)

Lähellä aerobista kynnystä tapahtuva harjoitteleminen on tutkijoiden mukaan optimaalisin intensiteetti, jolla kestävyys suoritus kehittyy. Kynnyksiä voidaan kaikkein tehokkaimmin kehittää juuri kynnystasoilla tapahtuvalla harjoittelulla. (Weltman ym. 1990, Mader 1991.) Kestävyysharjoittelun vaikutukset huomataan muun muassa siinä, että veressä oleva laktaatin määrä samalla absoluuttisella kuormalla vähenee. Tämä johtuu mahdollisesti siitä, että happea on enemmän saatavilla oksidatiivisen kapasiteetin kehittymisen seurauksena tai lihasglykogeenin käyttö on vähentynyt tai sitten kyky poistaa laktaattia verestä on kehittynyt. (Favier ym. 1986, MacRae ym. 1992, Freund ym. 1992, Bonen ym. 1997.)

### 3.3 Kestävyysharjoittelun vaikutukset sydämeen ja verimuuttujiin

Kestävyyslajeissa menestyminen vaatii hyvää maksimaalista hapenottokykyä. Hapenotto riippuu sydämen maksimaalisesta minuuttitulavuudesta ja valtimoiden happipitoisuudesta. Urheilijoilla on havaittu sekä korkeita maksimihapenottoarvoja että minuuttitulavuuslukuja. Sydämen minuuttitulavuus koostuu iskuilavuudesta (vasemmasta kammioista pumpattu veren määrä supistuksen aikana) sekä sykkeestä. Iskuilavuuden on todettu olevan hyvinkin korkea urheilijoilla, johtuen sydämen vasemman kammion ja sen seinämien läpimitan kasvusta sekä sydänlihaksen supistumiskyvystä. Kestävyysharjoittelun aikaansaama muutos on muun muassa se, että työskentelevät lihakset tarvitsevat vähemmän verta samalla submaksimaalisella harjoittelukuormalla. Tämä johtuu lisääntyneestä valtimon ja laskimon happipitoisuuden erosta (a-v O<sub>2</sub> -ero). Happi siirtyy tehokkaammin verenkierrosta lihakseen. (Paterson ym. 1979, Spina ym. 1992.)

Kestävyysharjoittelu lisää sydämen kokoa ja volyymia. Iskuilavuus lisääntyy sekä sydämen leposyke laskee. Submaksimaalinen syke sekä maksimisyke laskevat harjoittelun myötä, johtuen luultavasti lisääntyneestä parasympaattisen hermoston aktiivisuudesta. Veren volyymi kasvaa plasman määrään lisääntyessä. Muita kestävyysharjoittelun aikaansaamia muutoksia ovat mm. punaisten verisolujen lisääntyminen sekä veren viskositeetin väheneminen, jolloin verenvirtaus kasvaa ja hapenkuljetus lihaksiin tehostuu. Koska plasman määrä lisääntyy, lisääntyy myös iskuilavuus, joka taas johtaa maksimihapenoton kasvuun. Täten plasman määrän kasvu on yksi tärkeimmistä kestävyysharjoittelun aikaansaamista muutoksista. (Åstrand & Rodahl 1986, Willmore & Costill 1999, 278 - 291.)

### 3.4 Hapenoton kehittyminen

Kuinka paljon maksimihapenotto voi harjoittelun myötä kasvaa riippuu henkilön aloituskunnosta, harjoitusohjelman kestosta ja intensiteetistä sekä yksittäisen harjoituksen kestosta ja frekvenssistä. On todettu, että hapenottoa kehittävän harjoituksen on oltava teholtaan vähintään 80 - 100 % maksimihapenotosta, jotta kehittymistä voi tapahtua. Lisäksi harjoituksen kannattaa olla intervallityyppinen, jolloin harjoitusvaikutus kohdistuu hengitys- ja verenkiertoelimistöön, jolloin anaerobinen energiantuotto korostuu suorituksen alussa syntyvän happivajeen takia, tällöin VO<sub>2max</sub> kehittyy. Suorituksen kehittyminen on alkuun huomattavaa johtuen lisääntyneestä plasman määrästä ja täten suurentuneesta iskuilavuudesta, mutta kehittyminen tasaantuu ajan kuluessa. Tämän jälkeen suorituksen

kehittyminen johtuu mm. parantuneesta taloudellisuudesta sekä harjoituskynnyksissä tapahtuvista muutoksista. (Wenger & Bell 1986, Pierce ym. 1990.) Lajispesifisyys vaikuttaa myös hapenoton kehittymiseen. Strömme ym. (1977) on osoittanut, että hiihtäjät pystyvät yli 12 % korkeampaan hapenottoon hiihtäessä verrattuna juoksuun.

Harjoittelemattomilla henkilöillä on hapenoton raportoitu kasvavan jopa 23 % yhdeksän viikon harjoittelujakson jälkeen, tästä kuitenkin suurin osa tapahtui ensimmäisten kolmen viikon aikana (Hickson ym. 1981). Normaalisti  $VO_{2max}$  kehittyy noin 5 - 10 % kestävyysharjoittelujakson jälkeen, varsinkin kuntoilijoilla (Carter ym. 1999). Nuorilla ja aloittelevilla kestävyysurheilijoilla perus- ja vauhtikestävyysharjoituksetkin kehittävät  $VO_{2max}$ :a, mutta suurin parannus saadaan aikaan, kun harjoitukset tehdään lähellä anaerobista kynnystä. Aikuisilla kestävyyslajien urheilijoilla muutokset maksimaalisessa hapenotossa ovat hyvin pieniä. Suuremmasta sekä absoluuttisesta että suhteellisesta harjoitustehosta huolimatta huippukestävyysurheilija ei voi enää kehittyä kuin 1 - 2 % vuodessa, kun taas nuorilla urheilijoilla kehittyminen voi olla vuodessa yli 10 %. Harjoitusvuosien karttuessa ja kestävyysominaisuuksien kehittyessä tarvitaan yhä kovempitehoisia harjoituksia järkyttämään elimistön tasapainotilaa eli homeostaasia. Harjoituksen tehon on oltava jopa yli 90 %  $VO_{2max}$ :stä, jotta kehittymistä tapahtuu. Maksimikestävyysharjoittelussa saatetaan kuitenkin tehdä virhe siinä, että teho on liian suuri, jolloin kuormitetaan liikaa anaerobista energiantuottoa ja hapenkulutus jää jopa alle maksimin. Hapenkulutus saavuttaa  $VO_{2max}$ :n yleensä noin 90 - 95 % teholla maksimista 3 - 5 minuuttia kestävässä suorituksessa, jolloin loput 100 %:n tehosta tuotetaan anaerobisen energiantuoton avulla. (Nummela 1997, 188-189.)

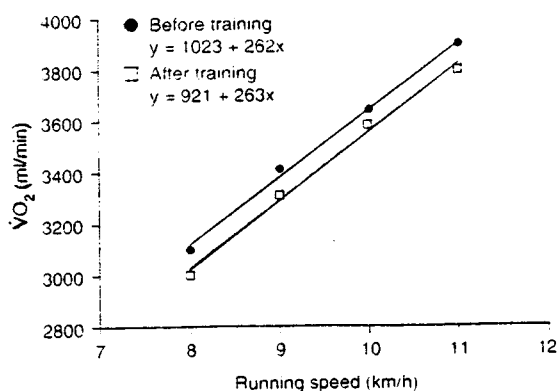
### 3.5 Kestävyysharjoittelun vaikutukset taloudellisuuteen

Miten harjoittelu sitten vaikuttaa submaksimaaliseen hapenottoon? Tutkimuksien tulokset ovat olleet osin ristiriitaisia, sillä mm. Morgan & Daniels (1994), Norris & Petersen (1998) ja Xu & Rhodesin (1999) mukaan hapenoton on raportoitu olevan korkeampi submaksimaalisella kuormalla, kun taas Barbeau ym. (1993) mukaan hapenotto on ollut alempi sekä Green ym. (1991) mukaan hapenotto on säilynyt muuttumattomana. Huolimatta näistä ristiriitaisista tuloksista, on selvää, että alentunut hapenotto samalla submaksimaalisella kuormalla kertoo kehittyneestä taloudellisuudesta (Coyle ym. 1988, Anderson 1996).

Suorituksen taloudellisuus käsitetään käytetyksi hapenkulutukseksi tietyllä absoluuttisella kuormalla. Yksilöiden välillä on huomattaviakin eroja taloudellisuudessa. Horowitz ym.

(1994) tutkimuksessa huippu-pyöräilijöiden polkiessa samalla teholla, heillä oli eroja juuri hapenkulutuksessa. Eroa pyrittiin selittämään sillä, että taloudellisimmilla pyöräilijöillä oli suurempi prosentuaalinen määrä tyyppi I lihassoluja reisilihaksesta mitattuna. Juuri nämä hitaat lihassolut pystyvät säilyttämään varastoitunutta, elastista energiaa pidempään ilman, että solujen filamenttien poikkisillat irtoavat, jolloin myös energiantarve vähenee. (Horowitz ym. 1994.)

Kestävyysurheilussa taloudellisuus on eduksi, koska silloin pystytään liikkumaan pienemmällä prosentuaalisella osuudella maksimihapenotosta. Tietyillä huippu-urheilijoilla on mitattu alhaisia maksimaalisia hapenottoarvoja, mutta tämä on kompensoitunut erittäin hyvällä taloudellisuudella. Kestävyysurheilun vaikutuksista taloudellisuuteen on saatu hieman ristiriitaisiakin tuloksia, johtuen luultavasti siitä, että harjoittelujaksot ovat olleet liian lyhyitä (6 – 12 viikkoa) aiheuttamaan mittavia parannuksia taloudellisuudessa, varsinkin harjoitelleilla henkilöillä. (Conley ym. 1984, Wilcox ym. 1984, Overend ym. 1992, Morgan ym. 1995, Lake & Cavanagh 1996.) Toisaalta Jones ym. (1999) tutkimuksessa jo kuuden viikon kestävyysurjoittelun jälkeen saatiin huomattava parannus taloudellisuudessa (kuva 2.) Submaksimaalinen hapenotto, juoksunopeudella 12 km/h, laski keskimäärin arvosta 39 ml/kg/min arvoon 36 ml/kg/min. (Jones ym. 1999.)



Kuva 2. Kuuden viikon kestävyysurjoittelun vaikutukset juoksun taloudellisuuteen, ilmaistuna submaksimaalisena hapenottona (Jones ym. 1999).

Lihasten oksidatiivisen kapasiteetin kehittyminen, muutokset motoristen yksiköiden järjestymisessä sekä kehittynyt suoritustekniikka parantavat taloudellisuutta. Vähentynyt ventilaatio ja alentunut syke samalla harjoitusintensiteetillä kertovat myös kehittyneestä taloudellisuudesta. (Coyle ym. 1992, Franch ym. 1998.)

## 4 VOIMAHARJOITTELUN AKUUTIT JA KROONISET VAIKUTUKSET

Voimaharjoituksen välitön vaikutus aiheuttaa elimistössä hetkellisen väsymyksen, mikäli harjoitus on yleisesti ollut sekä intensiteetiltään että kestoaltaan riittävä. Yksittäinen tyypillinen voimaharjoitus aiheuttaa aina hermo-lihasjärjestelmän kuormittumista hermostollisten ja hormonaalisten vasteiden myötä. Harjoituksen aiheuttama väsymys johtaa näin ollen hermo-lihasjärjestelmän voimantuotto-ominaisuuksien tilapäiseen heikkenemiseen. Nämä yhden harjoituskerran akuutit vaikutukset ovat yhteydessä mm. kulloisenkin harjoituksen määrään, intensiteettiin ja kokonaiskestoon, kuormitussarjojen ja -harjoitteiden välillä pidettävien palautusten keston sekä kuntoilijan, urheilijan tai kuntoutettavan sen hetkiseen suoritustasoon. (Häkkinen 1990, 43.)

Aloitettaessa voimaharjoittelu on voiman kehittyminen alussa huomattavaa, kuitenkin lihasten poikkipinta-alassa ei tapahdu muutosta. Alun kehittyminen johtuu parantuneesta neuraalisesta aktivaatiosta. Motorisia yksiköitä aktivoidaan lisää ja/tai tehokkaammin. Lihaksia pystytään täten aktivoimaan enemmän, synergisti- ja agonistilihaksia aletaan käyttää enemmän ja/tai antagonistilihaksia vähemmän. Vähitellen tapahtuu myös lihasten hypertrofiaa, jolloin lihassolut kasvavat, mutta niiden lukumäärässä ei tapahdu muutosta. (Åstrand & Rodahl 1986.) Suuret lihassolut saattavat kuitenkin jakautua keskeltä kahtia ja muodostaa tällöin uuden lihassolun, jolloin myös lukumäärä lisääntyy. Lihassolun sisällä tapahtuu myofibrillien sekä entsyymien määrän lisääntymistä, metabolisten systeemien (muun muassa ATP ja fosfokreatiini) sekä varastoglykokeenin ja -triglyseridin lisääntymistä (Guyton & Hall 1996, 1064). Tutkittaessa lihassoluja ollaan voimaharjoittelun todettu myös muuttavan tyyppi IIb soluja tyyppi IIa:ksi (Kraemer ym. 1995).

### 4.1 Nopeusvoimaharjoittelun vaikutukset

Nopeusvoimaharjoittelu johtaa pidemmällä aikavälillä sekä rakenteellisiin että toiminnallisiin muutoksiin hermo-lihasjärjestelmässä. Nämä adaptaatiot poikkeavat spesifisesti tyypillisen hermostollisen ja/tai hypertrofisen maksimivoimaharjoittelun aiheuttamista adaptaatioista. Nopeusvoimaharjoittelu kehittää sekä tahdonalaista että todennäköisesti myös reflektorista säätelyjärjestelmää siten, että hermo-lihasjärjestelmän motoristen yksiköiden maksimaalinen

aktivointi varsinkin nopeaan ja lyhytaikaiseen kertasuoritukseen lisääntyy. Spesifit vaikutukset hermo-lihasjärjestelmän voimantuottoon voidaan havaita voima-nopeus -käyrän ohella myös isometrisellä voima-aika -käyrällä. Harjoittelun vaikutukset kohdistuvat pääasiassa voima-aika -käyrän alkuosiin, jolloin harjoittelun vaikutuksesta pystytään tuottamaan tietyssä lyhyessä ajassa enemmän voimaa kuin ennen harjoittelua. Lisäksi pystytään tuottamaan esimerkiksi 30 % voimataso aiempaa lyhyemmässä ajassa. (Häkkinen 1990, 127 - 134.)

Nopeusvoimatyypinen harjoittelu voi johtaa spesifeihin neuraalisiin adaptaatioihin lisäämällä motoristen yksiköiden aktivaatiota, kun taas lihasten hypertrofiaa ei tapahdu siinä määrin kuin tyypillisen maksimivoimaharjoittelun seurauksena (Häkkinen ym. 1985, Bell & Wenger 1992). Nopeusvoimatyypisen voimaharjoittelun on kuitenkin Bell ym. (1992) mukaan todettu lisäävän lihaksen poikkipinta-alaa sekä ATPaasin aktiivisuutta myofibrilleissa. ATPaasin aktiivisuus määrää lihaksen supistusnopeuden. Täten muutos aktiivisuudessa johtaa voimantuottonopeuden kehittymiseen. Komi ym. (1982) mukaan poikkipinta-alan kasvu tapahtuu kuitenkin vain nopeissa lihassoluissa.

Dawson ym. (1998) tutkimuksessa havaittiin nopeustyyppisen harjoittelun lisäävän tyyppi II lihassolujen suhteellista osuutta, sekä samalla kehittävän myös maksimaalista hapenottoa. Anaerobinen kapasiteetti kehittyi myös, johtuen luultavasti siitä, että lihasten puskurointikapasiteetti oli kehittynyt sekä ATP:tä pystyttiin tuottamaan enemmän glykolyysin kautta. (Dawson ym. 1998.)

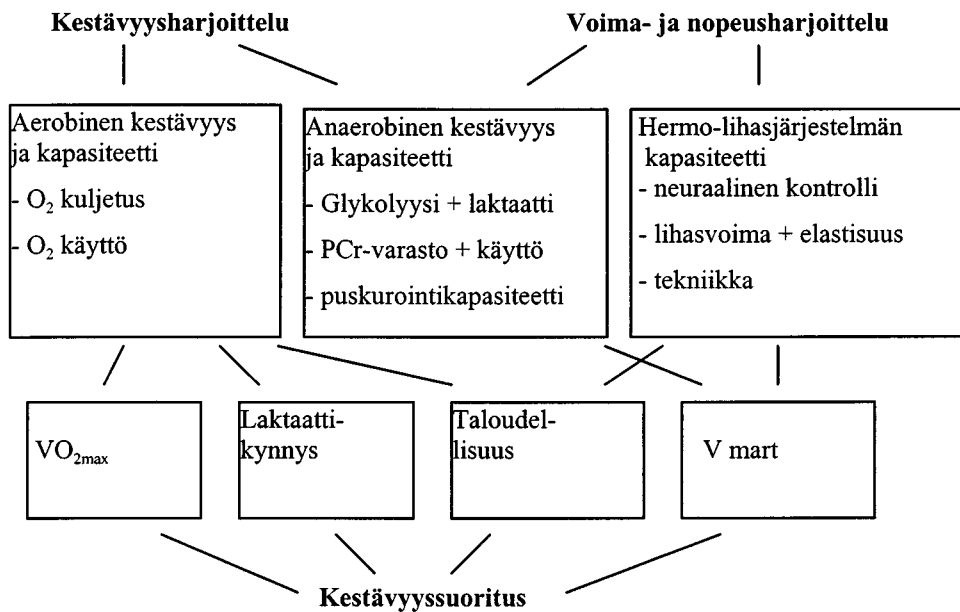
## 4.2 Maksimivoimaharjoittelun vaikutukset

Maksimivoiman kehittymiseen tähtäävän harjoittelun ei ole todettu Bishop ym. (1999) mukaan muuttavan lihassolujakaumaa, eikä entsyymien aktiivisuutta. Myöskään kestävyysuomituskyky ei ole parantunut tällaisen harjoittelun jälkeen. Tutkijat päättelivät että, koska tutkimus suoritettiin kestävyysurheilijanaissilla, joilla ei ollut juuri entuudestaan tyyppi IIb lihassoluja, ei myöskään muutosta tyyppi IIb soluista tyyppi I:ksi voinut tapahtua. Lisäksi harjoittelu oli tapahtunut vähäisillä toistoilla ja hitaasti, jolloin sillä ei ollut myöskään vaikutusta kestävyysuomitukseen. Maksimivoima oli kuitenkin luonnollisesti kehittynyt. Tutkijat päättelivät, että nopeusvoima- sekä kestovoimatyypisellä harjoittelulla voidaan kehittää myös kestävyysuomituskykyä, kun taas maksimivoimaharjoittelulla ei. Kestävyysuomitus voi kehittyä kestovoimaharjoittelun jälkeen, koska suurilla toistoilla tehdyt



harjoitukset saattavat lisätä lihasten glykogeenivarastoja sekä oksidatiivisten entsyymien aktiivisuutta. (Bishop ym. 1999.) Marcinik ym. (1991) tutkimuksessa todettiin kuitenkin 12 viikon maksimivoimaharjoittelun kehittävän kestävyysuorituskykyä sekä laktaattikynnystä, ilman muutosta maksimihapenottokyvyssä. Tutkimus suoritettiin harjoittelemattomilla henkilöillä.

Lähtötasolla on suuri merkitys maksimivoiman kehittymiseen. Kuntoilijat, joiden lähtötaso on melko alhainen, pystyvät lisäämään maksimivoimaansa huomattavasti enemmän kuin voimaurheilijat. Aloittelijoiden maksimivoiman kehittyminen alkuvaiheessa johtuu pääasiassa hermostollisten tekijöiden kehittämisestä. (Häkkinen 1990, 102.) Jatkossa harjoittelu johtaa hypertrofisiin muutoksiin, jolloin lihaksen poikkipinta-ala kasvaa, joka johtuu supistuvien proteiinien lisääntymisestä. Myofibrillien koko ja määrä ovat täten lisääntyneet (MacDougall 1992). Kuvassa 3. on esitetty yhteenvedona hypoteettinen malli kestävyys- ja voimanopeusharjoittelun vaikutuksista kestävyysuoritukseen.



Kuva 3. Kestävyysuoritukseen vaikuttavat tekijät. O<sub>2</sub>, happi; PCr, fosfokreatiini; VO<sub>2max</sub>, maksimaalinen hapenottokyky; V mart, maksiminopeus Mart-testissä. (Mukailtu Paavolainen ym. 1999).

## **5 YHDISTETTY KESTÄVYYS- JA VOIMA- JA NOPEUSHARJOITTELU**

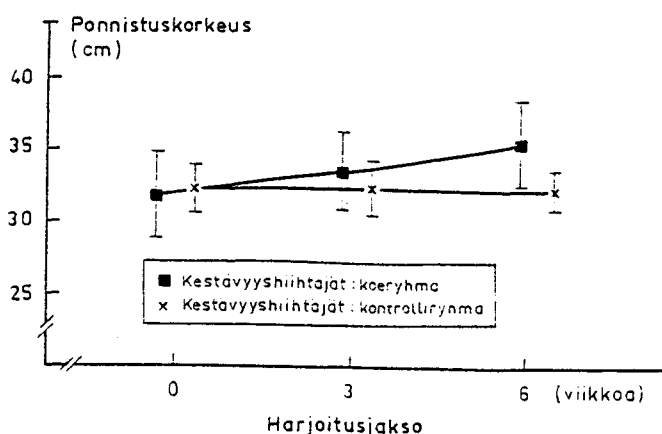
Voimaharjoittelu johtaa rakenteellisiin muutoksiin hermo-lihasjärjestelmässä, jolloin urheilijan voimantuotto-ominaisuudet kehittyvät. Hengitys- ja verenkiertoelimistöä kuormittava kestävyysharjoittelu johtaa puolestaan pääasiassa kestävyysominaisuuksien kuten maksimaalisen hapenottokyvyn paranemiseen ilman, että lihasmassa tai -voima kehittyisivät oleellisesti. (Gollnick 1981.) Murtomaahiihto, kuten myös ampumahiihto, ovat tyypillisiä lajeja, jotka vaativat korkeaa aerobista tehoa, mutta myös suuria nopeuksia kilpailuvauhtien kasvamisen myötä. Kestävyysuorituksen vaikuttavat siis fysiologiset hapen kuljetukseen ja käyttöön liittyvät tekijät sekä hermo-lihasjärjestelmän voimantuottoon sekä anaerobiseen tehoon ja kapasiteettiin liittyvät tekijät (Paavolainen 1999). Voimaharjoittelun ja kestävyysharjoittelun yhdistämistä on kuitenkin pidetty ongelmallisena. Yleisesti ajatellaan kestävyysharjoittelun haittaavan voiman kehittymistä. Kestävyys- ja voimaharjoittelun yhdistämisestä on kuitenkin saatu osittain ristiriitaisia tuloksia. Kappaleessa 5.6 on yhteenveto yhdistetyistä harjoittelututkimuksista.

### **5.1 Vaikutukset voimaominaisuuksiin**

Samanaikaisen kestävyys- ja voimaharjoittelun uskotaan heikentävän voiman kehittymistä varsinkin voimalajien urheilijoilla. Hickson (1980) tutkimuksessa harjoiteltiin samanaikaisesti voimaa ja kestävyyttä. Yhdistetyn ryhmän maksimivoima kehittyi ensimmäisten seitsemän viikon aikana samanlailla kuin pelkkää voimaa harjoittavien ryhmällä. Yhdeksän viikon harjoittelun jälkeen yhdistetyn ryhmän maksimivoiman kehittyminen taantui, jopa heikkeni. Tutkimuksen harjoittelu kuitenkin toteutettiin siten, että erilliset voima- ja kestävyysharjoitukset suoritettiin samana päivänä, jolloin on mahdollista, että henkilöt yllirasittuivat, jolloin myös voiman kehittyminen pysähtyi. (Hickson 1980.) Myös Dudley & Djamil (1985) tutkimuksessa havaittiin, että voimantuotto-ominaisuudet kärsivät yhdistetyllä harjoittelulla, mutta vain suurilla nopeuksilla tehdyissä harjoituksissa. Molemmissa tutkimuksissa koehenkilöinä oli harjoittelemattomia ihmisiä ja voiman harjoittaminen tapahtui maksimivoima periaatteella. Myös Abernethy (1993) tutkimuksessa havaittiin voiman heikentymistä, mutta harjoittelu oli toteutettu siten, että voimaharjoitusta edelsi kestävyysharjoitus, jolloin henkilöt olivat jo valmiiksi väsyneitä.

Syitä miksi yhdistetty voima- ja kestävyys harjoittelu ehkä heikentää voiman kehittymistä ovat todennäköisyys yliharjoitella, erot hermo-lihasjärjestelmän toiminnassa, muutokset eri hormonien pitoisuuksissa tai erot anabolisen/katabolisen prosessin aktivoinnissa lihastasolla (Chromiak & Mulvaney 1990). Lisäksi edellä mainituissa tutkimuksissa voimaa harjoitettiin alhaisilla toistoilla ja suurella intensiteetillä ja kestävyyttä suurella intensiteetillä ja määrällä. Tällainen harjoittelu aktivoi nopeita lihassoluja, jotka myös vaativat pidemmän palautumisajan. Tällöin jos voima- ja kestävyys harjoitus suoritetaan peräkkäin, nopeat lihasolut eivät ehdi palautua, täten voiman kehittyminen näissä soluissa estyy. (Arnett 1993.)

Urheilijanaisilla toteutetussa tutkimuksessa yhdistetty harjoittelu ei kehittänyt maksimivoimaa. Tämä erosi miehillä tehdyssä tutkimuksessa. Naisilla mitattiin kohonneita kortisoliarvoja, mikä viittaa lisääntyneeseen kataboliaan, jolloin voiman kehittyminen on heikentynyt. Katabolinen tila saattoi johtua siitä, että naisille kolmesti viikossa tapahtuva kestävyys- ja voimaharjoittelu oli liian rasittavaa. (Bell ym. 1997.) Toisaalta hiihtäjänaisilla tehdyssä yhdistetyssä harjoittelututkimuksessa maksimivoiman harjoittaminen johti sen kehittymiseen sekä voimantuottoajan paranemiseen. Lisäksi tasatyönnössä käytetty voima (ilmaistuna prosentteina maksimista) väheni merkitsevästi. (Hoff ym. 1999.) Yhdistetyllä kestävyys- ja nopeusvoimatyyppisellä harjoittelulla voidaan myös parantaa voimaominaisuuksia. Hiihtäjämiehillä toteutetussa tutkimuksessa maksimivoima ei kehittynyt harjoittelujakson jälkeen, mutta submaksimaalisen voiman tuottamiseen käytetty aika parani huomattavasti. Lisäksi hyppykorkeus kontaktimatolla suoritettussa kevyenyshypyssä parani huomattavasti. Nämä muutokset johtuivat luultavasti parantuneesta neuraalisesta aktivaatiosta, eli motorisia yksiköitä pystyttiin aktivoimaan tehokkaammin. (Paavolainen ym. 1991.) (kuva 4.)



Kuva 4. Kestävyys harjoittelun yhteydessä samanaikaisesti toteutetun nopeusvoimaharjoittelujakson vaikutukset maksimaaliseen vertikaaliseen ponnistus korkeuteen kestävyys hiihtäjillä. (Mukai Ito Häkkinen 1990 kirjasta)

Myös Hunter ym. (1987) tutkimuksessa havaittiin voiman kehittymistä harjoitelluilla henkilöillä. Sekä maksimivoima että hyppykorkeus kehittyivät huomattavasti 10 viikon yhdistetyn harjoittelun jälkeen. (Hunter ym. 1987.) Juoksijoilla suoritettussa tutkimuksessa harjoiteltiin normaaliin tapaan kestävyyttä, mutta lisättiin maksimivoimaharjoittelua kolmesti viikkoon, tällöin tapahtui noin 30 % kehittyminen maksimivoimassa. Kuitenkaan lihaksen eikä lihassolujen poikkipinta-alassa tapahtunut muutosta. Täten voidaan todeta, että kehittyminen johtui todennäköisesti neuraalisen aktivaation kehittymisestä. (Hickson ym. 1988.) Bell ym. (1993) tutki, miten kestävyys harjoittelun lisääminen vaikutti jo 10 viikkoa voimaa harjoittelevien henkilöiden voimaominaisuuksiin. Tulokset osoittivat, että saavutetut voimaominaisuudet pystytään säilyttämään, vaikka harjoitteluun lisätään kestävyyttä. (Bell ym. 1993.)

Naisilla tehdyssä yhdistetyssä harjoittelututkimuksessa havaittiin, että vaikka voimaharjoitusta edelsi kestävyys harjoitus, niin jalkojen maksimivoima kehittyi yli 60 %. Pelkästään voimaa harjoittavilla kehitys oli noin 50 %. Voimaharjoitusta edeltävän kestävyys harjoituksen ei uskottu haittaavan voiman kehittymistä, koska kestävyys harjoituksen intensiteetti oli ollut alle 75 % maksimista. Tällöin pääasiallisena energialähteenä oli ollut rasva, jolloin glykogeenivarastot eivät ole päässeet vähenemään, mikä taas olisi estänyt voiman kehittymisen. (Volpe ym. 1993.) Myös McCarthy ym. (1995) ja Lee ym. (1990) havaitsivat, että samana päivänä suoritettut kestävyys- ja voimaharjoitukset eivät häirinneet kummankaan kehittymistä, päinvastoin kolmesti viikossa, kymmenen viikon ajan suoritettu harjoittelujakso kehitti sekä maksimivoimaa että nopeusvoimaa (hyppykorkeutta). (McCarthy ym. 1995, Lee ym. 1990.)

Soutajilla tehdyssä tutkimuksessa, jossa kestävyys- ja voimaharjoitukset suoritettiin eri päivinä, havaittiin samanlainen voiman kehitys kuin pelkkää voimaa harjoittaneilla. Myös kokonaistyömäärä ja lihaksen poikkipinta-ala olivat lisääntyneet. (Bell ym. 1991b.) Sekä Sale ym. (1990b), Kraemer ym. (1995), Johnson ym. (1997), Ferketich ym. (1998) että Bishop ym. (1999) havaitsivat myös, että yhdistetty harjoittelu kehittää voimaominaisuuksia. Vastaavasti Hennessy & Watson (1994) totesivat, että yhdistetty harjoittelu ei kehittä alavartalon voimaa, mutta ylävartalon voimaa kehittää. Tämä johtunee siitä, että harjoitettaessa samoja lihaksia (sekä kestävyys- että voimaharjoituksessa) saattaa vaarana olla liiallinen väsyminen. Hormonaaliset ja lihasolu adaptaatiot ovat erilaisia eri harjoitusohjelmissa. Voidaan olettaa, että nämä erilaiset adaptaatiot solutasolla selittävät myös suorituserot. (Kraemer ym. 1995.)

## 5.2 Vaikutukset kestävyysominaisuuksiin

Harjoitelleilla henkilöillä suoritetuissa tutkimuksissa ollaan havaittu, ettei maksimivoiman (Hunter ym. 1987, Hickson ym. 1988, Bishop ym. 1999) eikä nopeusvoiman (Paavolainen ym. 1991) kehittäminen yhdessä kestävyysharjoittelun kanssa ole vaikuttanut maksimaaliseen hapenottoon. Toisaalta harjoittelemattomilla henkilöillä suoritetuissa tutkimuksissa ollaan havaittu, että maksimihapenotto on jopa lisääntynyt maksimivoimaharjoittelun jälkeen (Hickson 1980, Dudley & Djamil 1985, Lee ym. 1990, Sale ym. 1990b ja McCarthy ym. 1995.)

On myös tutkimuksia, joissa maksimihapenotto on lisääntynyt myös harjoitelleilla henkilöillä (Bell ym. 1991b ja 1993, Hennessy & Watson 1994). Bell ym. (1997) tutkimuksessa harjoiteltiin 16 viikkoa kolmesti viikossa maksimivoimaa ja kestävyyttä. Maksimihapenotto oli lisääntynyt sekä miehillä että naisilla. Kraemer ym. (1995) havaitsi myös  $VO_{2max}$ :n kehittyneen. Lisäksi lihasbiopsioista huomattiin, että yhdistetty harjoittelu oli vähentänyt nopeiden tyyppi IIB glykolyyttisten lihasolujen prosentuaalista osuutta sekä lisännyt vastaavasti nopeiden oksidatiivisten tyyppi IIA osuutta. (Kraemer ym. 1995.)

Osa tutkimuksista on koskenut voimaharjoittelua, joka on tapahtunut kestovoimaperiaatteella (circuit-weight-training). On ajateltu, että voimaharjoittelu, jossa käytetään pieniä painoja ja tehdään useita toistoja, kehittäisi voiman lisäksi myös hengitys- ja verenkiertoelimistön toimintaa ja siten kestävyyttä ( $VO_{2max}$ ) (Gettman ym. 1978.) Tulokset ovat olleet osin ristiriitaisia. Hurley ym. (1984) totesi 16 viikon korkeaintensiteettisen voimaharjoittelun (syke 80 % maksimista) kehittäneen voimaa, mutta ei hapenottoa. Myös Turcotte ym. (1984) havaitsi, että 10 viikon harjoittelu ei lisännyt maksimihapenottoa. Toisaalta Gettman ym. (1979) totesi kahdeksan viikon voimaharjoittelun, joka oli sykkeeltään 85 % maksimista, lisäävän maksimihapenottoa noin 3 %. Myös Messier & Dill (1985) havaitsivat maksimaalisen hapenoton kehittyneen noin 11 %, kun voimaharjoittelu oli ollut 60 – 90 % tasolla maksimisykkeestä. Lisäksi Gettman ym. (1982) totesi 12 viikon harjoittelun lisäävän maksimihapenottoa noin 20 %.

### 5.3 Vaikutukset taloudellisuuteen ja suorituskykyyn

Kestävyysuorituksen on todettu kehittyneen yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelu jakson jälkeen. Hickson ym. (1988) tutkimuksessa kestävyysuorituksen lisäksi aloitettiin maksimivoiman harjoittaminen kolme kertaa viikossa, kymmenen viikon ajan. Maksimaalinen hapenotto säilyi muuttumattomana, mutta lyhytaikainen kestävyys (4 – 8 min) lisääntyi noin 10 % ja pitkäaikainen kestävyysuoritus, rasitukseltaan 80 %  $VO_{2max}$ :sta, lisääntyi myös merkittävästi. Jalkojen maksimaalinen voima kehittyi noin 30 %. Lihaksien poikkipinta-alassa tai solujakaumassa ei tapahtunut kuitenkaan muutosta. Tutkijat uskoivat, että lyhytaikaisen suorituksen paraneminen johtui siitä, että voimaharjoittelu oli kehittänyt energiantuottokapasiteettia; lisännyt ATP-, kreatiinfosfaatti- ja glykogeenivarastoja. Lisäksi voimaharjoittelu oli lisännyt entsyymikapasiteettia muodostaa uudelleen nopeasti ATP:ta. (Hickson ym. 1988.) Maksimaalinen kestävyysuorituksen aika, teholtaan 75 %  $VO_{2max}$ :sta, lisääntyi noin 33 % Marcinik ym. (1991) tutkimuksessa, jossa tutkittiin 12 viikon voimaharjoittelujakson vaikutuksia harjoittelemattomilla henkilöillä. Aerobinen kynnys (laktiikkikynnys) nousi myös noin 12 %, eli samalla kuormalla tuotettiin harjoittelujakson jälkeen vähemmän laktiikkia. Sekä Hickson ym. (1988) että Marcinik ym. (1991) arvelivat kehittyneen suorituskyvyn johtuvan muutoksissa lihasolutyypin käytössä. He arvelivat, että hitaita lihassoluja käytetään enemmän ja nopeita lihassoluja vähemmän tietyllä nopeudella tai teholla tehdyssä suorituksessa. Tämä johtaa pienempään ATP:n kulutukseen ja glykogeenin säästämiseen. Näin väsymys viivästyy ja suoritus paranee.

Hortobagyi ym. (1991) totesi yhdistetyn harjoittelun kehittävä juoksun suorituskykyä merkittävästi. Kahden mailin aika parani keskimäärin 15 % harjoittelemattomilla henkilöillä 13 viikon harjoittelujakson jälkeen. Lisäksi nopeusvoimatyypin harjoittelu paransi suorituskykyä enemmän kuin maksimivoimatyypin harjoittelu. Myös Ferketich ym. (1998) ja Hickson ym. (1980) totesivat suorituskyvyn, sekä juoksun että pyöräilyn, kehittyneen huomattavasti sekä voima- että yhdistetyn harjoittelujakson jälkeen. Bell ym. (1997) tutki soutajilla yhdistetyn harjoittelun vaikutuksia mm. aerobiseen kestävyysuuteen. Ventilaatiokynnys eli anaerobinen kynnys oli noussut merkittävästi, mutta myös  $VO_{2max}$  oli kehittynyt. Myös Hoff ym. (1999) totesi tutkimuksessaan, että hiihtäjien yhdistetty maksimivoima- ja kestävyysuorittelu oli myös kehittänyt anaerobista kynnystä, varsinkin tasatyöntäen tehtyä, mutta ei juoksumatolla tehtyä. Lisäksi uupumukseen asti tehty maksimaalinen tasatyöntötesti parantui huomattavasti. Hiihtäjien taloudellisuuden todettiin kehittyneen merkittävästi harjoittelujakson jälkeen. Tämä havaittiin mm. vähentyneenä

energiankulutuksena tasatyöntötestissä. (Hoff ym. 1999.)

Taloudellisuuden kehittyminen johtaa vähentyneeseen energiantarpeeseen tietyllä absoluuttisella kuormalla. Täten vähentynyt hapenotto submaksimaalisella kuormalla mahdollistaa esimerkiksi juosta pidempään samalla nopeudella tai kovempaa samalla suhteellisella työllä. Johnston ym. (1997) tutki, miten 10 viikon voimaharjoittelun lisääminen normaaliin kestävyysharjoitteluun vaikutti juoksijanaisten taloudellisuuteen. Tulokset osoittivat, että maksimaalinen hapenotto, kehon paino tai koostumus eivät muuttuneet, mutta taloudellisuus oli kehittynyt huomattavasti samoin ylä- ja alavartalon maksimivoima. Syitä taloudellisuuden kehittymiseen voi olla mm. jalkojen lisääntynyt voima, joka johtaa muutoksiin motoristen yksiköiden rekrytoinnissa. Tarvitaan vähemmän motorisia yksiköitä aktivoitumaan tietyn voiman tuottamisessa. Toisena selityksenä voi olla lihassolutyypin muutokset. Muun muassa Staron ym. (1989) huomasi voimaharjoittelun muuttaneen lihassolutyypin prosentuaalisia osuuksia; tyyppi IIb osuus vähentyi ja tyyppi IIa vastaavasti lisääntyi. Tyyppi IIa lihassolut ovat enemmän oksidatiivisia, joten lihasten oksidatiivinen kapasiteetti paranee, ja täten kestävyys suoritus paranee mm. kehittyneen taloudellisuuden johdosta. Kolmantena selityksenä taloudellisuuden parantumiseen voidaan pitää voimaharjoittelun aikaansaamaa juoksutyylin mekaniikan muutosta. (Johnston ym. 1997.)

Paavolainen ym. (1999a) totesi myös yhdistetyn harjoittelun kehittävän sekä suorituskykyä että taloudellisuutta. Tutkijat teettivät suunnistajilla yhdeksän viikon harjoittelujakson, jossa 32 % kokonaistuntimäärästä oli lajinomaista nopeusvoimaharjoittelua. Viiden kilometrin testijuoksun aika parani merkittävästi, taloudellisuus tietyllä submaksimaalisella juoksuvauhdilla parani myös, mutta maksimihapenotossa ei tapahtunut muutosta. Suorituskyvyn paranemisen uskotaan johtuvan parantuneesta hermo-lihasjärjestelmän toiminnasta, joka taas johtaa parantuneeseen ”muscle power:iin” ja taloudellisuuteen. Termillä muscle power tarkoitetaan hermo-lihasjärjestelmän suorituskykyisyyttä maksimaalisessa suorituksessa, jossa glykolyttinen ja/tai oksidatiivinen energiantuotto on voimakasta ja lihasten supistumisominaisuudet ovat heikentyneet, esimerkiksi viiden kilometrin juoksu tai hiihdossa ylämäki. Näissä suorituksissa energiankulutus voi ylittää maksimaalisen aerobisen tehon ja urheilijan on pystyttävä ylläpitämään suhteellisen suurta nopeutta koko suorituksen ajan, vaikkakin heidän lihasten ja veren laktaattipitoisuudet ovat korkeat. (Paavolainen ym. 1999a.)

## 5.4 Rytmittäminen

Kestävyys- ja voima-nopeusharjoittelun ohjelmoinnissa on käytetty monenlaisia vaihtoehtoja. Abernethy (1993) toteaa tutkimuksen tuloksiensa perusteella, että voima- ja kestävyysharjoittelut kannattaa jaksottaa tiettyihin makrosykleihin. Kun harjoitetaan voimaa, niin kestävyyttä ainoastaan ylläpidetään ja toisinpäin. Lisäksi harjoitusten välissä tulisi olla vähintään 24 tuntia. Useissa tutkimuksissa harjoitukset on suoritettu peräkkäin. Muun muassa Bell ym. (1988) tutki, millaisia vaikutuksia oli sillä, että välittömästi nopeusvoimaharjoituksen jälkeen suoritettiin kestävyysharjoitus sekä toisinpäin. Tuloksista selvisi, että kestävyysominaisuuksien kehittymisen kannalta ei ole merkitystä, missä järjestyksessä harjoitukset tehdään, mutta voimaominaisuuksien kannalta on; ensin kannattaa tehdä nopeusvoimaharjoitus ja sen jälkeen kestävyysharjoitus. (Bell ym. 1988.) Toisaalta Collins & Snow (1993) ei huomannut järjestyksessä eroa myöskään voimaominaisuuksien kehittymisen osalta. Sale ym. (1990a) mukaan harjoitukset kannattaa mieluiten tehdä eri päivinä kuin samana päivänä peräkkäin, ainakin harjoittelemattomilla henkilöillä. Gravelle & Blessing (2000) toteaa kuitenkin harjoittelemattomille naisille tehdyssä tutkimuksessa, että samana päivänä tehdyt harjoitukset eivät häiritse voiman kehittymistä, mutta aerobisen kapasiteetin kehittymistä kylläkin häiritsee.

Harjoittelun rytmittämisessä on käytetty myös sellaista jaksotusta, jossa toinen ryhmä harjoittelee ensin viisi viikkoa voimaa ja sen jälkeen viisi viikkoa kestävyyttä. Toinen ryhmä on harjoitellut toisinpäin, eli ensin kestävyyttä ja sitten voimaa. Tulokset osoittivat kymmenen viikon jakson jälkeen, että maksimihapenoton sekä voiman lisääntyminen oli ollut samanlaista molemmilla ryhmillä. (Bell ym. 1991a.) Lisäksi on toteutettu tutkimuksia, joissa harjoitelluille henkilöille on lisätty joko kestävyysharjoittelua tai voimaharjoittelua. Tulokset ovat osoittaneet, että kestävyysurheilijoilla nopeusvoimaominaisuudet ovat kehittyneet voimaharjoittelun myötä enemmän kuin harjoittelemattomilla tai voimalajien urheilijoilla. Syynä saattaa olla se, että palautuminen lyhyistä intensiivisistä harjoituksista on kestävyysurheilijoilla nopeampaa, jolloin myös kehittymistäkin tapahtuu enemmän. Henkilöillä, jotka ovat harjoitelleet ennestään voimaa, ja joille lisätään kestävyysharjoittelua, ei kestävyysharjoittelu ole vaikuttanut voimaominaisuuksiin. Maksimaalinen hapenotto on lisäksi kehittynyt. (Hunter ym. 1987, Bell ym. 1993.)



Yhdistetystä harjoitusjaksosta ei saisi kuitenkaan muodostua liian pitkää, sillä silloin ylikuormittumisen riski saattaa kasvaa ja kehittyminen pysähtyy. Esimerkiksi Nelson ym. (1990) tutkimuksessa yli kymmenen viikon menevä yhdistetty harjoittelu ei enää kehittänyt kestävyysominaisuuksia. Harjoittelua kannattaa tehdä lajinomaisesti ja nopeusvoimatyypisesti, koska tällainen harjoittelu ei kasvata lihaksen paksuutta, vaan kehittää neuraalista aktivaatiota. (Paavolainen ym. 1991.)

## 5.5 Ominaisuuksien säilyminen

Voimaharjoittelun aikaansaama kehittyminen pysähtyy ja ominaisuus alkaa jopa heiketä, kun harjoittelu lopetetaan. Varsinkin maksimivoima heikkenee lihasatrofian seurauksena. Nopeusvoiman heikkenemisen ei ole todettu olevan yhtä voimakasta verrattuna maksimivoiman heikkenemiseen, jopa pientä kehittymistä ollaan voitu havaita voima-aika – käyrästä. (Häkkinen ym. 1985.) EMG:ssä havaittavat muutokset harjoittelun loputtua johtuvat luultavasti neuraalisen aktivaation heikkenemisestä. Integroitu EMG aktiivisuus vähenee varsinkin ensimmäisten neljän viikon harjoittelemattomuuden aikana. (Häkkinen & Komi 1983.)

Paavolainen ym. (1999b) on havainnut yhdistetyn kestävyys- ja nopeusvoimaharjoittelujakson aikaansaamien nopeus- ja voimaominaisuuksien parannusten hävinneen jo kolmen viikon jälkeen, jolloin kestävyysharjoittelua jatkettiin, mutta voimaharjoittelu lopetettiin.

Kestävyysominaisuuksien suhteen jo viikon harjoittelemattomuuden jälkeen ollaan havaittu muun muassa, että oksidatiivisten entsyymien aktiivisuus on vähentynyt, kun taas glykolyyttisten entsyymien aktiivisuus on säilynyt pidempään. Tästä saatetaan päätellä, että anaerobinen suoritus ei heikkene yhtä nopeasti kuin aerobinen suoritus. Täydellisellä vuodelevolla on huomattavat vaikutukset muun muassa sydämen submaksimaaliseen iskutilavuuteen, maksimaaliseen minuuttitulavuuteen sekä hapenottoon. Minuuttitulavuuden ja hapenoton heikkeneminen johtuvat pienentyneestä iskutilavuudesta, joka taas johtuu luultavasti vähentyneestä veren, sydämen ja plasman volyyymista. Henkilöillä, joilla on korkea maksimaalinen hapenotto, kärsivät eniten harjoittelemattomuudesta, koska heillä  $VO_{2max}$  laskee eniten. Täydellisellä vuodelevolla on siis erittäin dramaattiset vaikutukset sydän- ja verenkiertoelimistön kestävyyskapasiteettiin. Lisäksi jo jaksot, jolloin harjoitellaan erittäin kevyesti tai vain muutama kerta viikossa, aiheuttavat kestävyysuorituskyvyn heikkenemisen. Niinpä esimerkiksi ylimenoharjoittelukaudella on yritettävä jollain tavoin ylläpitää kuntoa,

koska huippukunnon saavuttaminen vie huomattavan paljon aikaa. Tutkimukset ovat osoittaneet, että ylläpitääkseen aerobista kuntoa tarvitaan harjoittelua vähintään kolme kertaa viikossa, intensiteetiltään vähintään 70 % maksimista. (Wilmore & Costill 1999, 399-403.)

## 5.6 Yhteenvedo yhdistetyistä voima- ja kestävyysharjoittelun tutkimuksista

Seuraavassa yhteenvedossa esitetään eri tutkijoiden tutkimusmenetelmiä ja tuloksia yhdistetyistä voima- ja kestävyysharjoittelu tutkimuksista. Millaisia menetelmiä käytettiin, oliko koehenkilöt harjoittelemattomia vai harjoitelleita sekä millaisia tuloksia saatiin.

<b>Tutkijat</b>	<b>Menetelmät</b>	<b>Tulokset</b>
Hunter ym. 1987	12 vko, 3 ryhmää harjoittelemattomia 1 ryhmä kestävyys taustalla (yhdistetty) 4*vko voima+kestävyys	Yhd. ryhmä voima↑ Kehitys laskuun 10 viikon jälkeen. VO <sub>2max</sub> →
Hickson 1980	9 vko, harjoittelemattomia. Harjoitukset samana päivänä	7 vko 1 RM ↑ 2 vko eteenpäin ↓ VO <sub>2max</sub> ↑
Dudley & Djamil 1985	7 vko 3*voima, 3*kest. Harjoittelemattomia	Hitailla nopeuksilla voima↑, VO <sub>2max</sub> ↑
Bell ym. 1997	16 vko, 3*voima, 3*kest. Soutajia	Miehet voima↑, Naiset ↑→, VO <sub>2max</sub> ↑ Ventilaatiokynnys↑
McCarthy ym. 1995	10 vko, 3*kest.+voima Harjoittelemattomia	1 RM ↑, hyppy- korkeus ↑, VO <sub>2max</sub> ↑
Hoff ym. 1999	9 vko, kest.harj. lisättiin 3*maxvoima	1 RM↑, ventilaatiokynn.↑ Taloudellisuus↑
Hurley ym. 1984	16 vko, 3-4* intensiiv. voima Harjoittelemattomia	1 RM↑, VO <sub>2max</sub> →
Hickson ym. 1988	10 vko, 3*voima, juoksijat	1 RM↑, VO <sub>2max</sub> → Lyhyt ja pitkä suoritus ↑
Volpe ym. 1993	9 vko, 3*kest.+voima, harjoittelemattomia	1 RM↑
Bell ym. 1991a	1 ryhmä 5 vko voima + 5 vko kest. 2 ryhmä 5 vko kest. + 5 vko voima	Molemmat ryhmät VO <sub>2max</sub> ↑, voima↑
Bell ym. 1991b	12 vko, 3*voima, 3*kest., soutajia	Voima↑, VO <sub>2max</sub> ↑

Sale ym. 1990a	20 vko, 1. ryhmä 2*voima+kest. 2. ryhmä 2*voima+2*kest. harjoittelemattomia	2 ryhmä kehittyi enemmän 1RM:ssa kuin 1 ryhmä, VO <sub>2max</sub> ↑ molemmilla
Sale ym. 1990b	22 vko, 3*kest.+voima, harjoittelemattomia	1RM ↑, VO <sub>2max</sub> ↑
Kraemer ym. 1995	12 vko, 2*voima, 2*kest., harjoittelemattomia	1 RM ↑, VO <sub>2max</sub> ↑
Bell ym. 1993	6 vko, 4*kest. (edeltänyt voimajakso), soutajia	Voimaomin. säi- lyivät, VO <sub>2max</sub> ↑, ventilaatiokynnys ↑
Hennessy & Watson 1994	8 vko, 4*kest, 3*voima, pelaajia	Alavartalon voima ↓, Ylävartalon voima ↑, VO <sub>2max</sub> ↑
Johnston ym. 1997	10 vko, 4*kest., 3*voima, juoksijat	Taloudellisuus ↑, VO <sub>2max</sub> →, 1 RM ↑
Paavolainen ym. 1991	6 vko, 34% nopeusvoima, 66% kest., hiihtäjät	VO <sub>2max</sub> →, hyppy- korkeus ↑
Paavolainen ym. 1999a	9 vko, 32% nopeusvoima, 68% kest., Juoksijat	VO <sub>2max</sub> →, taloudel- lisuus ↑ 5km juoksu ↑
Gettman ym. 1979	8 vko, kestovoima (syke 85% maksimista)	VO <sub>2max</sub> ↑
Gettman ym. 1982	12 vko, 1 ryhmä 3*kestovoimaa 2 ryhmä 3*kestov.+kestävyyshar.	Molemmat ryhmät VO <sub>2max</sub> ↑, 1 RM ↑
Hortobagyi ym. 1991	13 vko, 3*kestov. eri liikenopeuksilla + 2 mailin max juoksu	Voima ↑, kestävyys ↑

## 6 TUTKIMUSONGELMAT JA TUTKIMUKSEN TARKOITUS

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, miten samanaikainen kestävyys- ja nopeusvoimaharjoittelu vaikuttaa hiihtäjien ja ampumahiihtäjien kestävyys- ja voima- ja nopeusominaisuuksiin. Tutkimusongelmina olivat:

1. Missä määrin yhdistetyllä nopeusvoima- sekä kestävyys- ja voimaharjoittelulla pystytään kehittämään kestävyys- ja voimaominaisuuksia?
2. Voidaanko nopeusvoimatyypisellä harjoittelulla parantaa hermo-lihasjärjestelmän suorituskykyisyyttä ja sitä kautta lajisuoritusta ilman, että kestävyysominaisuudet heikkenevät?

Hypoteesina oli, että yhdistetyllä kestävyys- ja nopeusvoimaharjoittelulla voidaan parantaa kestävyys- ja voimaominaisuuksia sekä voima- ja nopeusominaisuuksia heikentämättä. Lisäksi nopeusvoimatyypisellä harjoittelulla voidaan parantaa hermo-lihasjärjestelmän suorituskykyisyyttä.

## 7 TUTKIMUSMENETELMÄT

### 7.1 Koehenkilöt

Tutkimukseen osallistui kuusi kansallisen tason ampumahiihtäjää ja kuusi kansallisen tason hiihtäjää, joilla oli usean vuoden harjoittelutausta. Henkilöt jakaantuivat molempiin sekä koe-että kontrolliryhmiin. Koeryhmän keski-ikä oli  $24\pm 4,3$  vuotta sekä kontrolliryhmän keski-ikä oli  $23\pm 6,1$  vuotta.

### 7.2 Koeasetelma

Henkilöt jakaantuivat koe- ja kontrolliryhmään. Molempien ryhmien urheilijat pyydettiin mukaan tutkimukseen. Koeryhmä harjoitteli kahdeksan viikkoa yhdistettyä kestävyys- ja nopeusvoimaharjoittelua elokuusta lokakuuhun vuonna 2000. Tämä jakso on normaalia peruskuntokautta. Heille annettiin harjoitusohjelma koko jakson ajaksi, missä oli kerrottu miten ja kuinka paljon viikon aikana on tehtävä kestävyysharjoittelua. Nopeusvoimaharjoitukset oli myös tarkkaan ohjelmoitu/määrätty. Viikon aikana oli tarkoituksena tehdä kolmesta viiteen nopeusvoimaharjoitusta. Määrän piti olla noin 30 - 40 % kokonaisharjoittelumäärästä. Kontrolliryhmä teki normaalia hiihtäjän/ampumahiihtäjän peruskuntokauden harjoittelua. Nopeusvoimaharjoittelua ei saanut olla yli 10 % kokonaismäärästä. Testejä edeltävät kaksi päivää pyydettiin vakioimaan palauttaviksi päiviksi, jolloin tuli myös huolehtia, että syöminen ja juominen tapahtuu aina samanlailla.

Koe- ja kontrolliryhmä testattiin Jyväskylän Kilpa- ja Huippu-urheilun tutkimuskeskuksessa harjoittelujakson aluksi, neljän viikon ja kahdeksan viikon kuluttua. Koeryhmän nopeusvoimaharjoitteet olivat pääosin lajinomaisia harjoitteita kuten sauvaloikkia, rullasuksilla tasatyöntöjä, sauvoittaluistelua ja wasberg-tekniikalla luistelua suurilla nopeuksilla. Lisäksi suoritettiin erillisiä loikkaharjoituksia sekä kuntosalilla painoharjoittelua (liite 1.). Suoritustempo harjoituksissa oli nopea ja liikettä tehtiin noin 10 sekuntia, minuutista kahteen palautuksella riippuen liikkeestä.

Jakson aikana ei saanut tehdä ylimääräisiä tehoharjoituksia, koska nopeus/nopeusvoimaharjoittelu oli lihaksistolle melko kuormittavaa. Näin pyrittiin

ehkäisemään ylipainamista. Päivän ohjelma suositeltiin tekemään siten, että aamupäivällä tehdään nopeusvoimaharjoitus ja iltapäivällä mahdollinen kestävyysharjoitus.

### **7.3 Mittaukset ja tutkimuksen muuttujat**

#### **7.3.1 Alkumittaukset**

Mittaukset aloitettiin mittaamalla paino, pituus, rasvaprosentti (Durnin & Rahaman 1967) sekä ympärysmittat reisistä, pohkeista ja hauksesta. Ympärysmittat otettiin molemmista raajoista koehenkilön seistessä rentona. Hauksen mitta otettiin koehenkilön jännittäessä lihasta.

#### **7.3.2 Voima- ja nopeusominaisuuksien mittaaminen**

Alkumittausten ja verryttelyn jälkeen mitattiin alaraajojen ojentajien maksimivoima David 210 dynamometrillä. Polvikulma lähtöasennossa oli 110°. Maksimisuorituksia tehtiin kolmesta viiteen, joista paras suoritus valittiin. Vartalolihasvoimat mitattiin vartalodynamometrillä. Käsien nopeusvoima mitattiin taljalla, jossa valokennot mittasivat pakan nousuajan (ms). Painoina olivat 15, 20 ja 25 kg. Ajan avulla laskettiin tehoindeksi (W/kg). Käsien maksimivoima mitattiin penkkipunnerruksena. Toisena päivänä suoritettiin 40 metrin maksimijuoksumatalla, josta mitattiin 30 metrin lentävä aika valokennojen avulla. Vauhdittomassa 5-loikkatestissä mitattiin kolmesta suorituksesta paras tulos. Lopuksi tehtiin kevennyshyppy kontaktimatalla, josta mitattiin parhaimman hypyn lentoaika (ms) ja nousukorkeus (cm). Suoritukset kontrolloitiin siten, että jokainen suoritus oli puhdas, kädet lanteilla ja alastulo suorilla jaloilla. Lentoaika ja nousukorkeus tallennettiin Digitest mittarilla.

#### **7.3.3 Kestävyysominaisuuden mittaaminen**

Ensimmäisen päivän päätteeksi suoritettiin suora maksimaalisen hapenoton testi juoksumatalla sauvakävellen. Testistä määritettiin aerobinen ja anaerobinen kynnyksen sekä maksimaalinen hapenotto ( $VO_{2max}$ ). Määritykset hoiti yksi ihminen. Maton nopeus oli 6.5 – 8.0 km/h ja kulmaa nostettiin joka 3 minuutti (Balke & Ware 1959). Sormenpäältä otettiin joka kuorman lopuksi verinäyte laktaattimääritystä varten. Määritys tapahtui (EBIO 6666) laktaattianalysaattorilla. Hengityskaasut analysoitiin SensorMedics 2900 hengityskaasuanalysaattorilla joka 20 sekunti. Kynnykset määritettiin laktaatin ja

hengitysmuuttujien ( $\text{VO}_2$ ,  $\text{VCO}_2$  ja  $\text{VE}$ ) avulla. Aerobinen kynnys (hapenottona) määritettiin kohtaan, jossa laktaattipitoisuus poikkesi ensimmäisen kerran perustasostaan, ventilaatiossa tapahtui ensimmäinen lineaarinen muutos suhteessa hapenottoon ja ventilaatioekvivalentti ( $\text{VE}/\text{VO}_2$ ) oli alimmillaan. Anaerobinen kynnys vastaavasti määriteltiin kohtaan, jossa tapahtui laktaattipitoisuuden toinen jyrkempi nousukohta, ventilaation lineaarisuudesta poikkeava muutoskohta suhteessa hiilidioksidin tuottoon sekä ventilaatioekvivalenttien ( $\text{VE}/\text{VO}_2$  ja  $\text{VE}/\text{VCO}_2$ ) lineaarisuudesta poikkeava jyrkkä muutoskohta. (Aunola & Rusko 1986.)  $\text{VO}_{2\text{max}}$  määritettiin korkeimman minuutin keskiarvosta. Lisäksi syke tallennettiin Polar Electro, Vantage NV sykemittarilla, (Kempele, Finland).

#### **7.3.4 Anaerobisen suorituskyvyn mittaaminen**

Toisena päivänä suoritettiin sisähalliradalla (200m) maksimaalisen anaerobisen suorituskyvyn testi (MART) rullasuksilla. Verryttelyn jälkeen urheilija hiihti  $n \times 150$  metrin vetoja 100 sekunnin palautuksella, siten että hiihtonopeus lisääntyi joka vedon jälkeen. Nopeudet vakioitiin valojäniksen avulla. Testiä jatkettiin niin pitkään kunnes urheilija väsyi eikä pystynyt enää hiihtämään valojäniksen edellyttämää nopeutta. Ennen testiä, jokaisen vedon jälkeen sekä 2.5, 5 ja 10 minuutin uupumuksen jälkeen otettiin sormenpäältä verinäyte laktaattipitoisuuksien määrittämiseksi. Syke taltioitiin sykemittarilla. Testistä määritettiin maksimiteho ja veren laktaatti ns. luistelunopeus –käyrästä nopeudet 3, 5 ja 7 mmol/l laktaattitasoilla.

#### **7.3.5 Ylävartalon lihaskestävyyden ja nopeusominaisuuden mittaaminen**

Sisähalliradalla tehtiin toisen päivän päätteeksi rullasuksilla ensin 40 metrin maksimaalinen tasatyöntötesti, josta mitattiin 30 metrin lentävä aika valokennojen avulla. Tämän jälkeen hiihdettiin submaksimaalisella, valojäniksellä vakioidulla nopeudella (4.25 m/s) 10 kierrosta (yksi ratakiekko 200m) ja viiden minuutin palautuksen jälkeen 10 kierrosta maksimivauhtia. Suorituksista mitattiin hapenkulutus telemetrisesti (Cosmed K4), aika, syke ja veren laktaattipitoisuus.

## 7.4 Tilastollinen analyysi

Tulokset analysoitiin SPSS for Windows 8.0 –ohjelmaa apuna käyttäen. Ensin analysoitiin keskiarvot ja keskihajonnat. Ryhmien sisällä ajassa tapahtuvaa muuttujien muutosten merkitsevyyttä laskettiin ensin MANOVA:lla ja sen lisäksi alku vs. loppumittauksia parillisen Studentin t-testin avulla. Ryhmien välisiä eroja laskettiin vastaavasti parittomalla Studentin t-testillä. Pearsonin korrelaatiokertoimen avulla katsottiin korreloiko lähtötaso relatiiviseen muutokseen ja löytyikö muuttujien välillä korrelaatioita. Tulos katsottiin tilastollisesti merkitseväksi, kun  $p < 0.05$ .



## 8 TULOKSET

### 8.1 Harjoittelu

Koe- ja kontrolliryhmän harjoittelu toteutui taulukon 1. mukaan.

**Taulukko 1.** Toteutuneet harjoitusmäärät tunteina, prosentteina sekä kertoina. PK = peruskestävyys, VK = vauhtikestävyys, MK = maksimikestävyys, N + NV = nopeus/nopeusvoima, KP = kuntopiiri, K = kestävyys.

TUNNIT	Koe	Kontrolli	KERRAT	Koe	Kontrolli
PK	6:43	8:56	PK	5	6
VK	0:54	0:53	VK	1	2
MK	0:13	0:24	MK	1	1
N+NV	2:57	0:11	N+NV	4	0
KP	0:36	1:13	KP	1	1
<b>Kaikki yht.</b>	<b>11:25</b>	<b>11:39</b>	<b>Kaikki yht</b>	<b>12</b>	<b>11</b>
%			%		
PK %	58,8	76,7	PK %	41,8	53,4
VK %	7,9	7,6	VK %	10,8	18,4
MK %	1,9	3,6	MK %	9	12,2
<b>K yht. %</b>	<b>68,7</b>	<b>87,9</b>	<b>K yht. %</b>	<b>61,6</b>	<b>84,1</b>
N+NV %	25,9	1,6	N+NV %	29,5	3,3
KP %	5,4	10,5	KP %	8,9	12,6

### 8.2 Antropometriset muutokset

Antropometrisissä muuttujissa ryhmät erosivat alussa toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ( $p < 0.05$ ) painon suhteen, hauisten ympärysmittojen suhteen ( $p < 0.001$ ) ja reiden ympärysmittojen suhteen ( $p < 0.01$ ). Harjoitusjakson loputtua tapahtui tilastollisesti merkitsevä muutos alkutilanteeseen ainoastaan koeryhmän oikean ja vasemman hauiksen ympärysmitoissa ( $p < 0.05$ ). (Taulukko 2.)

**Taulukko 2.** Koe- ja kontrolliryhmän paino, pituus, rasvaprosentti sekä raajojen ympärysmitat ennen ja jälkeen harjoittelujakson.

	Koeryhmä (n = 6)				Kontrolliryhmä (n = 6)			
	ennen		jälkeen		ennen		jälkeen	
	ka	sd	ka	sd	ka	sd	ka	sd
Ikä	24	4,3			23	6,1		
Paino (kg)	75,2	5,6§	75,8	5,6	68,7	3,6	68,8	2,7
Pituus (cm)	178,3	6,5	178,3	6,5	178,9	6,3	178,9	6,3
Rasva (%)	11,6	3,8	11,1	2,9	8,1	1,8	8,1	1,6
Oikea pohje (cm)	37,2	2,6	37,5	2,3	36,4	1,5	36,3	1,2
Vasen pohje (cm)	36,7	2,5	37,1	2,1	35,9	1,9	35,9	1,7
Oikea reisi (cm)	58,3	2,1 §§	57,9	1,8	53,6	2,1	54,1	1,9
Vasen reisi (cm)	56,7	2,2 §§	57,4	1,7	53,3	1,9	53,8	2,0
Oikea hauis (cm)	33,4	0,7 §§§	34,0	1,2*	30,8	0,5	31,2	0,6
Vasen hauis (cm)	33,2	0,7 §§§	33,7	0,7*	31,2	0,7	31,6	1,1

Merkitsevä muutos alkumittaukseen, \*p < 0.05. Ero ryhmien välillä ennen harjoitusjaksoa, § p < 0.05, §§ p < 0.01, §§§ p < 0.001

### 8.3 Voima- ja nopeusominaisuudet

Käsien maksimaalinen voima (p < 0.01) , 30 metrin maksimijuoksu (p < 0.01) sekä käsien nopeusvoima oikean käden 15 kg (p < 0.05), 20 kg (p < 0.05) ja 25 kg:n (p < 0.01) taljalla mitattuna erosivat ryhmien välillä merkitsevästi ennen harjoitusjaksoa. Muissa muuttujissa ei ryhmien välillä ollut eroja ennen harjoitusjaksoa. (Taulukko 3.)

Penkkipunnerrus ei muuttunut tilastollisesti merkitsevästi kummallakaan ryhmällä harjoitusjakson jälkeen (taulukko 3). Molemmat ryhmät kuitenkin paransivat tulostaan 2,6 %. Koeryhmä paransi prosentuaalisesti selkälihasten maksimivoimaa 7,1 %, vatsalihasten 4,3 % sekä jalkojen ojentajien maksimivoimaa 3,2 %. Kontrolliryhmällä selkälihasten maksimivoima vastaavasti heikkeni 3,7 %, vatsalihasten 8,6 % ja jalkojen ojentajien maksimivoima 3,5 %. Erot eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä kummallakaan ryhmällä. Käsien ojentajien nopeusvoimassa ei tapahtunut tilastollisesti merkitseviä muutoksia harjoitusjakson jälkeen, mutta neljän viikon harjoittelun jälkeen koeryhmän tehoindeksi oli lisääntynyt vasemman käden 15 kilon painon kanssa tilastollisesti merkitsevästi (p < 0.05), 20 kg:n kanssa (p < 0.01) ja 25 kilon kanssa (p < 0.05). Kontrolliryhmällä oikean käden 15 kg oli kehittynyt harjoitusjakson jälkeen (p < 0.001) sekä neljän viikon harjoittelun jälkeen kaikki muut paitsi vasemman käden 25 kg olivat parantuneet tilastollisesti merkitsevästi. 5-loikka, 30 metrin maksimijuoksu, 30 metrin maksimitasatyöntö sekä kevennyshyppykorkeus eivät muuttuneet tilastollisesti merkitsevästi kummallakaan ryhmällä. Prosentuaalisesti kevennyshyppykorkeus (cm) lisääntyi koeryhmällä 4,4 % ja

kontrolliryhmällä 1,1 %. Muut prosentuaaliset muutokset näkyvät taulukossa 3. Korrelaatioanalyysin mukaan muuttujien lähtötaso ei myöskään korreloinut relatiiviseen muutokseen tarkasteltaessa ryhmiä erikseen sekä yhdessä.

Taulukko 3. Käsien, jalkojen ja vartalolihasien maksimi- ja nopeusvoimat alussa, neljän viikon ja kahdeksan viikon harjoittelun jälkeen. Muutos % (loppu – alku).

	Koeryhmä (n=6)				Kontrolliryhmä (n=6)			
	alku	4 vko	8 vko	muutos %	alku	4 vko	8 vko	muutos %
Penkkipunnerrus (kg)	82,1 ± 9,1 §§	82 ± 9,7	82,2 ± 7,7	+2,6 ± 7,1	65,4 ± 6,4	65,4 ± 8,0	67,1 ± 7,7	+2,6 ± 5,9
Selkälihakset (kg)	108,2 ± 10,8	111,8 ± 10,1	115,7 ± 13,5	+7,1 ± 7,5	98,7 ± 16,5	99,3 ± 13,7	94 ± 15,5	-3,7 ± 14,0
Vatsalihakset (kg)	78,6 ± 17,4	80,1 ± 11,4	81,1 ± 14,1	+4,3 ± 10,2	66,6 ± 10,6	63,5 ± 13,1	60,8 ± 14,2	-8,6 ± 16,7
Jalkojen ojentajien maksimivoima (kg)	245 ± 41	235 ± 30	252 ± 37	+3,2 ± 7,5	218 ± 31	212 ± 23	209 ± 25	-3,5 ± 4,6
Talja 15 kg oikea (W/kg)	4,5 ± 0,3 §	4,8 ± 0,3	4,5 ± 0,3	+0,6 ± 8,9	4,0 ± 0,3	4,7 ± 0,4***	4,5 ± 0,3***	+8,1 ± 3,7
Talja 20 kg oikea	5,3 ± 0,2 §	5,7 ± 0,5	5,2 ± 0,5	-1,9 ± 7,8	4,7 ± 0,5	5,5 ± 0,5***	4,9 ± 0,4	+2,7 ± 5,5
Talja 25 kg oikea	5,8 ± 0,3 §§	6,2 ± 0,5	5,6 ± 0,6	-3,3 ± 6,2	4,9 ± 0,6	5,8 ± 0,5***	5,1 ± 0,6	+4,2 ± 6,3
Talja 15 kg vasen	4,2 ± 0,4	4,7 ± 0,4*	4,5 ± 0,3	+8,4 ± 8,7	4,1 ± 0,3	4,6 ± 0,3*	4,3 ± 0,3	+3,5 ± 7,2
Talja 20 kg vasen	5,0 ± 0,4	5,6 ± 0,4**	5,4 ± 0,6	+7,1 ± 9,9	4,8 ± 0,5	5,3 ± 0,4*	4,9 ± 0,5	+2,6 ± 8,7
Talja 25 kg vasen	5,6 ± 0,6	6,3 ± 0,8*	5,9 ± 0,6	+6,2 ± 6,8	5,2 ± 0,6	5,8 ± 0,6	5,3 ± 0,7	+0,9 ± 10,3
5-loikka (m)	13,20 ± 0,99	13,25 ± 1,02	13,20 ± 0,90	+0,1 ± 2,6	12,55 ± 0,40	12,30 ± 0,32	12,36 ± 0,46	-1,9 ± 1,7
30 m juoksu (s)	3,75 ± 0,11 §§	3,74 ± 0,13	3,76 ± 0,13	+0,4 ± 1,9	3,98 ± 0,12	3,93 ± 0,11	3,91 ± 0,11	-1,3 ± 1,4
Kevennyshyppy (lentoaika, ms)	563,3 ± 36,7	556,6 ± 42	574,2 ± 31,1	+2,1 ± 5,4	543 ± 28,6	551,5 ± 27,1	552,2 ± 22,1	+0,5 ± 5,6
Kevennyshyppy (cm)	39,1 ± 5,0	38,2 ± 5,6	40,5 ± 4,4	+4,4 ± 11,1	36,3 ± 4,1	37,4 ± 3,7	37,5 ± 3,0	+1,1 ± 11,3
Tasatyöntö 30 m (s)	4,9 ± 0,2	4,9 ± 0,2	4,8 ± 0,3	-1,5 ± 1,6	5,1 ± 0,3	5,2 ± 0,2	5,1 ± 0,3	-0,0 ± 0,7

Merkitsevä muutos verrattuna alkumittaukseen, \* p < 0,05, \*\* p < 0,01, \*\*\* p < 0,001. Ero ryhmien välillä ennen harjoitusjaksoa, § p < 0,05, §§ p < 0,01.

## 8.4 Kestävyyssominaisuus

Suorassa maksimaalista hapenottoa mittaavassa testissä ryhmät eivät eronneet toisistaan kestävyysominaisuuksien suhteen ennen harjoitusjaksoa. Koeryhmän maksimaalinen hapenottokyky (absoluuttinen, l/min) muuttui merkitsevästi harjoitusjakson jälkeen ( $p < 0.05$ ) (taulukko 4). Prosentuaalisesti mitattuna kehon painoon suhteutettu maksimi (ml/kg/min) lisääntyi 3,2 % sekä teoreettinen työ lisääntyi 4 %. Kontrolliryhmällä tapahtui myös prosentuaalisesti mitattuna absoluuttisen maksimin (l/min) lisääntymistä 3,3 %, kehon painoon suhteutettu hapenotto (ml/kg/min) lisääntyi 4,3 % sekä teoreettinen työ väheni 0,3 %. Nämä eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä. Koeryhmän maksimisyke lisääntyi merkitsevästi ( $p < 0.05$ ). Maksimilaktaatti lisääntyi prosentuaalisesti 27 %. Kontrolliryhmän maksimilaktaatti, neljän viikon harjoittelun jälkeen, oli lisääntynyt tilastollisesti merkitsevästi ( $p < 0.05$ ). Korrelaatioanalyysi osoitti, että lähtötaso korreloi relatiiviseen muutokseen tarkasteltaessa koeryhmän kehon painoon suhteutettua maksimihapenottoa ( $r = -0.85$ ,  $p < 0.05$ ), maksimaalista teoreettista työtä ( $r = -0.86$ ,  $p < 0.05$ ) sekä maksimilaktaattia ( $r = -0.91$ ,  $p < 0.05$ ).

Anaerobisen kynnyksen absoluuttinen hapenotto lisääntyi harjoitusjakson jälkeen koeryhmällä tilastollisesti merkitsevästi ( $p < 0.05$ ). Prosentuaalisesti kehon painoon suhteutettu hapenotto lisääntyi 4,3 % sekä teoreettinen työ 3,0 %. Sykkeessä eikä laktaatissa tapahtunut tilastollista muutosta. Kontrolliryhmän anaerobisen kynnyksen absoluuttinen sekä kehon painoon suhteutettu hapenotto lisääntyivät merkitsevästi ( $p < 0.05$ ). Teoreettinen työ, syke ja laktaatti eivät muuttuneet tilastollisesti merkitsevästi harjoitusjakson jälkeen. Prosentuaaliset muutokset näkyvät taulukossa 4. Korrelaatioanalyysin mukaan koeryhmän anaerobisen kynnyksen teoreettisen työn lähtötaso korreloi relatiiviseen muutokseen ( $r = -0.83$ ,  $p < 0.05$ ).

Aerobisen kynnyksen absoluuttinen hapenotto lisääntyi koeryhmällä tilastollisesti merkitsevästi ( $p < 0.05$ ). Kehon painoon suhteutettu hapenotto lisääntyi prosentuaalisesti 4,4 %. Teoreettinen työ, syke sekä laktaatti eivät muuttuneet tilastollisesti merkitsevästi. Kontrolliryhmän absoluuttinen hapenotto lisääntyi merkitsevästi ( $p < 0.05$ ) sekä kehon painoon suhteutettu hapenotto lisääntyi erittäin merkitsevästi ( $p < 0.01$ ). Teoreettinen työ, syke sekä laktaatti eivät muuttuneet. Prosentuaaliset muutokset näkyvät taulukossa 4. Korrelaatioanalyysi osoitti myös, että kontrolliryhmän lähtötaso korreloi relatiiviseen

muutokseen tarkasteltaessa absoluuttista hapenottoa ( $r = -0.97$ ,  $p < 0.01$ ) sekä kehon painoon suhteutettua hapenottoa ( $r = -0.85$ ,  $p < 0.05$ )

**Taulukko 4.** Maksimaalinen hapenotto, anaerobinen ja aerobinen kynnys sauvakävelytestissä alussa, neljän viikon ja kahdeksan viikon harjoittelun jälkeen. Muutos % (loppu – alku)

	Koeryhmä (n=6)				Kontrolliryhmä (n=6)				
	alku ka	4 vko ka	8 vko ka	muutos % ka	alku ka	4 vko ka	8 vko ka	muutos % ka	
<b>Maksimihapenotto</b>									
l/min	4,87 ± 0,3	5,0 ± 0,2	5,08 ± 0,3*	+4,4 ± 4,9	4,66 ± 0,3	4,7 ± 0,4	4,8 ± 0,3	+3,3 ± 4,1	
ml/kg/min	65 ± 6,5	65,4 ± 4,0	66,8 ± 4,3	+3,2 ± 4,7	67,8 ± 2,1	68,5 ± 3,4	70,2 ± 2,9	+3,5 ± 4,3	
teorettinen syke	64,2 ± 8,3	63,8 ± 3,9	66,3 ± 5,4	+4,0 ± 6,4	66,5 ± 3,1	68,2 ± 3,8	66,3 ± 4,5	-0,3 ± 3,5	
(krt/min)	192 ± 8,6	194 ± 10,7	195 ± 7,8*	+1,8 ± 1,5	192 ± 9,0	192 ± 6,4	193 ± 10	+0,6 ± 3,0	
laktaatti	(mmol/l)	10,1 ± 2,5	11,5 ± 1,6	12,3 ± 1,2	+27 ± 31,5	10,4 ± 1,2	11,5 ± 1,6*	11,1 ± 2,3	+7,2 ± 23,8
<b>Anaerobinen kynnys</b>									
l/min	4,03 ± 0,3	4,0 ± 0,2	4,22 ± 0,3*	+4,9 ± 3,3	3,95 ± 0,2	4,0 ± 0,3	4,11 ± 0,2*	+4,1 ± 3,0	
ml/kg/min	54 ± 6,5	52,6 ± 4,1	56,2 ± 6,0	+4,3 ± 5,2	57,8 ± 2,6	57,7 ± 2,6	60 ± 2,2*	+3,8 ± 3,0	
teorettinen syke	49,7 ± 6,7	48,4 ± 4,8	51 ± 5,4	+3,0 ± 3,7	52,5 ± 2,9	52,8 ± 2,7	51,5 ± 2,5	-1,8 ± 4,4	
(krt/min)	175 ± 10	175 ± 12	179 ± 8,6	+2,4 ± 3,0	176 ± 10,6	175 ± 10,6	177 ± 8,5	+0,6 ± 2,6	
laktaatti	(mmol/l)	3,3 ± 0,9	3,2 ± 0,6	3,4 ± 0,5	+7,4 ± 16	3,7 ± 0,8	3,6 ± 0,7	3,6 ± 0,7	-3,9 ± 12,6
<b>Aerobinen kynnys</b>									
l/min	3,4 ± 0,3	3,4 ± 0,3	3,6 ± 0,4*	+5,0 ± 5,0	3,2 ± 0,2	3,3 ± 0,3	3,5 ± 0,1*	+8,1 ± 5,8	
ml/kg/min	45,7 ± 5,8	44,4 ± 3,0	47,7 ± 3,0	+4,4 ± 5,0	46,8 ± 2,7	47,7 ± 3,1	50,7 ± 1,5**	+8,4 ± 4	
teorettinen syke	41 ± 5,4	39,8 ± 3,0	41,3 ± 4,8	+1,0 ± 3,8	41 ± 2,8	42 ± 2,5	41,8 ± 2,2	+2,2 ± 3,5	
(krt/min)	154 ± 13,2	154 ± 9,7	158 ± 12,7	+2,9 ± 5,6	157 ± 10,1	156 ± 11,5	160 ± 8,6	+2,1 ± 3,5	
laktaatti	(mmol/l)	1,8 ± 0,4	1,9 ± 0,3	1,8 ± 0,3	-	2,1 ± 0,5	2,2 ± 0,7	2,2 ± 0,8	+0,1 ± 18

Merkitsevä muutos verrattuna alkumittaukseen, \* $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$

## 8.5 Anaerobinen suorituskyky

Maksimaalisen anaerobisen suorituskyvyn (MART) nopein kierros (m/s) sekä maksimilaktaatti erosivat ryhmien kesken tilastollisesti merkitsevästi ( $p < 0.05$ ) ennen harjoitusjaksoa (taulukko 5). Koeryhmällä ei tapahtunut tilastollisesti merkitseviä muutoksia nopeimmassa kierrosajassa, nopeudessa, maksimilaktaatissa, eikä suorituksissa laktaattitasoilla 7 mmol/l, 5 mmol/l sekä 3 mmol/l (taulukko 5). Kontrolliryhmällä ainoa tilastollisesti merkitsevä muutos oli 7 mmol/l laktaattitasolla tehty suoritus ( $p < 0.05$ ). Korrelaatioanalyysin mukaan koeryhmän lähtötaso korreloi relatiiviseen muutokseen tarkasteltaessa maksimilaktaattia, mutta ei ollut tilastollisesti merkitsevää ( $r = -0.85$ ).

**Taulukko 5.** Mart-testin maksiminopeus, laktaatti sekä suoritus 7 mmol/l, 5 mmol/l ja 3 mmol/l laktaattitasoilla ennen, neljän viikon ja kahdeksan viikon harjoitusjakson jälkeen. Muutos % (loppu – alku).

	Koeryhmä (n=6)				Kontrolliryhmä (n=6)			
	alku	4 vko	8 vko (n=5)	muutos %	alku	4 vko	8 vko	muutos %
	ka	ka	ka	ka	ka	ka	ka	ka
Nopein 150 m								
(s)	21,1 ± 1,0	21,1 ± 1,1	20,9 ± 1,1	-0,7 ± 4,6	22,8 ± 1,2	22,6 ± 1,2	22,3 ± 1,3	-2,4 ± 2,8
(m/s)	7,1 ± 0,4§	7,1 ± 0,4	7,2 ± 0,4	+0,8 ± 4,6	6,6 ± 0,3	6,7 ± 0,3	6,8 ± 0,4	+2,5 ± 2,9
laktaatti	11,9 ± 1,6§	11,9 ± 1,4	12,6 ± 0,9	+4,0 ± 11	9,0 ± 2,0	8,9 ± 1,5	8,4 ± 1,2	-4,2 ± 13
Suoritus 7 mmol/l								
(m/s)	6,9 ± 0,5	6,9 ± 0,4	7,0 ± 0,5	+1,8 ± 7,2	6,5 ± 0,3	6,6 ± 0,4	6,7 ± 0,4*	+3,4 ± 3,3
Suoritus 5 mmol/l								
(m/s)	6,4 ± 0,6	6,4 ± 0,5	6,6 ± 0,5	+3,6 ± 9,5	6,3 ± 0,3	6,4 ± 0,4	6,5 ± 0,4	+3,9 ± 4,6
Suoritus 3 mmol/l								
(m/s)	5,4 ± 0,9	5,3 ± 0,8	5,5 ± 0,9	+6,3 ± 17	5,5 ± 0,6	5,6 ± 0,5	5,6 ± 0,6	+3,4 ± 12,1

Merkitsevä muutos verrattuna alkumittaukseen, \*  $p < 0.05$ . Ero ryhmien välillä ennen harjoitusjaksoa, §  $p < 0.05$

## 8.6 Ylävartalon lihaskestävyys

Ryhmät erosivat alussa toisistaan merkitsevästi ( $p < 0.05$ ) maksimaalisen hapenoton sekä sykkeen suhteen (taulukko 6). Neljän ja kahdeksan viikon harjoittelun jälkeen ainoastaan neljä koehenkilöä suoritti ylävartalon lihaskestävyydestin loukkaantumisien takia. Koeryhmän submaksimaalinen hapenotto ei muuttunut merkitsevästi harjoitusjakson jälkeen, mutta prosentuaalisesti litrat laskivat 4,3 % sekä millilitrat 4,3 % (taulukko 6). Laktaatti laski 10,5 %, mutta muutos ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Korrelaatioanalyysin mukaan laktaatin lähtötaso korreloi tilastollisesti merkitsevästi relatiiviseen muutokseen ( $r = -0.98$ ,  $p < 0.05$ ).

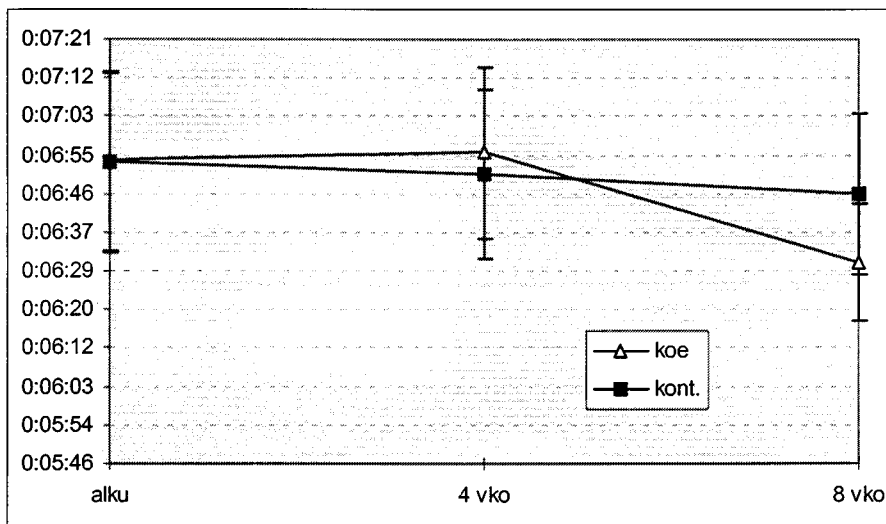
Maksimaalinen hapenotto (l/min ja ml/kg/min) laski neljän viikon jälkeen merkitsevästi ( $p < 0.05$ ) koeryhmällä. Aika kymmenen kierroksen maksimitasatyönnössä parani keskimäärin 23 sekuntia, mutta ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Kontrolliryhmällä aika parani ainoastaan 7 sekuntia. Kontrolliryhmän submaksimaaliset hapenotot, laktaatti sekä syke eivät muuttuneet merkitsevästi harjoitusjakson jälkeen, myös prosentuaaliset muutokset olivat merkityksettömiä. Maksimisyke ja -laktaatti nousivat tilastollisesti merkitsevästi ( $p < 0.05$ ) harjoitusjakson jälkeen.

**Taulukko 6.** Tasatyöntötestin submaksimaaliset ja maksimaaliset hapenotot, sykkeet, laktaatit ja aika ennen, neljän viikon ja kahdeksan viikon harjoitusjakson jälkeen. Muutos % (loppu – alku)

	Koeryhmä (n=6)				Kontrolliryhmä (n=6)			
	alku ka	4 vko (n=4) ka	8 vko (n=4) ka	muutos% ka	alku ka	4 vko ka	8 vko ka	muutos % ka
<b>Submaksimaalinen</b>								
l/min	3,8 ± 0,4	3,7 ± 0,3	3,6 ± 0,3	-4,3 ± 3,0	3,6 ± 0,2	3,6 ± 0,2	3,5 ± 0,2	-2,2 ± 8,5
ml/kg/min	51 ± 1,8	49,2 ± 1,7	48,9 ± 2,4	-4,3 ± 3,2	51,9 ± 4,5	51,8 ± 1,6	51,2 ± 4,5	-1,0 ± 9,3
syke (krt/min)	171 ± 11,5	174 ± 8,9	169 ± 10	-1,1 ± 1,8	166 ± 9,1	157 ± 9,7	164 ± 10,1	-1,0 ± 4,5
laktaatti (mmol/l)	5,7 ± 3,5	6,6 ± 3,3	4,4 ± 1,4	-10,5 ± 27	5,8 ± 1,6	4,9 ± 1,6	5,7 ± 2,5	-0,8 ± 29,4
<b>Maksimaalinen</b>								
l/min	5,0 ± 0,5	4,8 ± 0,5*	4,9 ± 0,5	-3,2 ± 2,8	4,3 ± 0,4	4,4 ± 0,4	4,4 ± 0,4	+3,3 ± 4,3
ml/kg/min	67,9 ± 8,5 §	62,3 ± 6,1*	65,6 ± 6,9	-3,2 ± 2,8	64,3 ± 5,3	64,6 ± 5,3	64,6 ± 7,3	+0,3 ± 7,8
syke (krt/min)	192 ± 8,4 §	191 ± 8,2	191 ± 7,1	-0,6 ± 0,9	182 ± 6,2	181 ± 6,1	188 ± 7,1*	+3,5 ± 2,2
laktaatti (mmol/l)	11,0 ± 2,3	12,7 ± 0,9	11,5 ± 1,8	+6,0 ± 9,9	9,7 ± 1,6	11,5 ± 1,9**	11,2 ± 1,8*	+17±12
aika (min)	6,53 ± 0,41	6,55 ± 0,38	6,30 ± 0,27	-3,1 ± 6,1	6,53 ± 0,40	6,51 ± 0,39	6,46 ± 0,37	-1,6±2,9

Merkitsevä muutos verrattuna alkumittaukseen, \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ . Ero ryhmien välillä ennen harjoitusjaksoa, §  $p < 0.05$ .





Kuva 5. Tasatyöntötestiajan muuttuminen harjoitusjakson jälkeen

## 8.7 Korrelaatioanalyysi muuttujien kesken

Tarkasteltaessa eri muuttujien välisiä korrelaatioita havaittiin, että koeryhmän suoran hapenottotestin absoluuttisen maksimihapenoton muutos korreloi tasatyöntötestin absoluuttisen maksimihapenoton muutoksen kanssa erittäin merkitsevästi ( $r = 0.99$ ,  $p < 0.001$ ). Lisäksi kehon painoon suhteutetun maksimin muutos korreloi tasatyöntötestin ajan muutoksen kanssa, mutta ei tilastollisesti merkitsevästi ( $r = -0.87$ ). Ajan muutos korreloi myös hapenottotestin maksimaalisen teoreettisen työn muutoksen kanssa ( $r = -0.95$ ,  $p < 0.05$ ) sekä tasatyöntötestin maksimaalisen absoluuttisen hapenoton muutoksen kanssa ( $r = -0.85$ ). Hapenottotestin maksimilaktaatin muutos korreloi tasatyöntötestin maksimilaktaatin muutoksen kanssa, mutta ei tilastollisesti merkitsevästi ( $r = 0.85$ ). Anaerobista suorituskykyä mittaavan testin (MART-testi) nopeimman kierroksen muutos korreloi erittäin merkitsevästi tasatyöntötestin ajan muutoksen kanssa ( $r = 0.99$ ,  $p < 0.01$ ) sekä hapenottotestin maksimaalisen teoreettisen työn muutoksen kanssa ( $r = -0.95$ ,  $p < 0.05$ ). Kontrolliryhmällä ei havaittu vastaavia korrelaatioita.

## 9 POHDINTA

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kestävyys- ja nopeusvoimaharjoittelun yhdistämisen vaikutuksia kestävyys- ja nopeusvoimainaisuuksiin hiihtäjillä ja ampumahiihtäjillä. Hypoteesina oli, että yhdistetty kestävyys- ja nopeusvoimatyypinen harjoittelu parantaa kestävyys- ja nopeusvoimainaisuuksia ilman, että kestävyysominaisuudet samanaikaisesti heikkenevät. Tutkimuksen päätuloksena oli, että koeryhmän ylävartalon suorituskyky kehittyi ja lisäksi taloudellisuus oli kehittynyt submaksimaalisella tasolla tehdyssä tasatyöntötestissä. Voima- ja nopeusominaisuuksissa ei tapahtunut tilastollisesti merkitsevää kehittymistä lukuun ottamatta taljavetoa. Aerobinen ja anaerobinen kynnyks olivat myös kehittyneet suorassa maksimaalista hapenottoa mittaavassa testissä molemmilla ryhmillä. Maksimaalinen hapenottokyky kehittyi koeryhmällä, mutta ei kontrolliryhmällä

Tulosten mukaan yhdistetyllä kestävyys- ja nopeusvoimaharjoittelulla saattaa on positiivisia vaikutuksia kestävyys- ja nopeusvoimainaisuuteen. Samanlaisia vaikutuksia kuin Hoff ym. (1999) löysivät hiihtäjillä tehdyssä yhdistetyssä tutkimuksessa, havaittiin myös tässä tutkimuksessa. Hoff ym. (1999) havaitsi, että tasatyöntäen tehty maksimaalinen suoritus kehittyi huomattavasti yhdistetyn harjoittelun jälkeen samoin kuin tässä tutkimuksessa. Samoin heidän taloudellisuutensa oli kehittynyt. Tämän tutkimuksen tasatyöntötestissä, jossa tehtiin vakioidulla submaksimaalisella nopeudella kahden kilometrin suoritus, havaittiin taloudellisuuden kehittymistä. Hapenotto laski noin neljä prosenttia ja veren laktaattipitoisuus laski yli 10 prosenttia, lisäksi laktaatin lähtötaso korreloi sen relatiivisen muutoksen kanssa. Harjoittelu oli mahdollisesti kehittänyt lihasten oksidatiivista kapasiteettia ja täten energiankulutus samalla absoluuttisella kuormalla oli vähentynyt. Coyle ym. (1992) sekä Franch ym. (1998) arvelevat taloudellisuuden paranemisen johtuvan myös suoritustekniikan kehittymisestä, mutta tässä tutkimuksessa suoritustekniikka oli henkilöille erittäin tuttu. Hiihtäjät ja ampumahiihtäjät käyttävät melko paljon tasatyöntöä rullahiihtäessä, joten suoritustekniikan paranemisen kautta ei tämän tutkimuksen taloudellisuus luultavasti parantunut.

Aineenvaihduntatekijöiden lisäksi kestävyys- ja nopeusvoimainaisuuteen vaikuttavat hermolihasjärjestelmän voima- ja nopeusominaisuudet. Nämä ominaisuudet eivät parantuneet tilastollisesti merkitsevästi, mutta selvä suuntaus tuloksissa oli koeryhmän osalta. Varsinkin

selkä-, vatsa- ja jalkalihasten maksimivoimaominaisuus kehittyi hieman koeryhmällä, kun taas kontrolliryhmällä nämä heikkenivät jonkin verran. Luultavasti kehittyminen tapahtui neuraalisen aktivaation eli hermostollisen kehittymisen myötä, koska hypertrofiaa ei ehtinyt tapahtua. Raajojen ympärystoissa hauista lukuun ottamatta ei tapahtunut muutosta. Mielenkiintoista on se, että koeryhmä ei harjoittanut maksimivoimaa, ainoastaan nopeusvoimaa ja hieman kestovoimaa, ja silti maksimivoimat kehittyivät. Nopeusvoiman harjoittamisen avulla voidaan kehittää hermostollista aktivaatiota, joka sitten kehittää myös maksimivoimaa. Nopeusominaisuuksissa ei kuitenkaan tapahtunut tilastollisia muutoksia. Yksilötasolla tarkasteltuna, yhtä henkilöä lukuun ottamatta, 5-loikka kehittyi jokaisella koehenkilöllä samoin 30 metrin tasatyöntö. Syy siihen miksi voima-nopeusominaisuudet eivät kehittyneet oletetulla tavalla saattaa olla, että harjoittelu ei toteutunut aivan suunnitelman mukaan. Tavoitteena oli tehdä kokonaistuntimäärästä 30 – 40 % voima-nopeusharjoittelua, mutta sitä toteutui 26 %, lisäksi kestovoimaa kuntopiiriä tehden 5,4 %. Saattaa olla, että kestävyysharjoittelun suuri prosentuaalinen osuus häytti voiman kehittymistä. Hypoteesi, että kestävyysasuoritukseen vaikuttavat aineenvaihduntatekijöiden lisäksi myös hermolihaskäijestelmän toiminta ja anaerobiset tekijät (Paavolainen ym. 1999a) toteutui siinä mielessä, että koeryhmän tasatyöntötestin ajan kehittyminen korreloi erittäin vahvasti maksimihapenottoestin teoreettisen suorituksen ja absoluuttisen hapenoton muutoksen kanssa sekä MART-testin nopeimman kierrosajan muutoksen kanssa. Lisäksi MART-testin muutos korreloi maksimihapenottoestin teoreettisen suorituksen muutoksen kanssa.

Taljavedossa, mikä mittasi käsien nopeusvoimaa, tapahtui neljän viikon harjoittelun jälkeen ainoastaan vasemman käden osalta tilastollisesti merkitsevää muutosta. Samoin harjoittelujakson lopuksi molempien käsien tehoindeksi oli kehittynyt verrattuna harjoittelujakson alkuun, mutta ei tilastollisesti merkitsevästi. Neuraalinen aktivaatio oli mahdollisesti parantunut ainakin käsien osalta. Mielenkiintoista oli, että myös kontrolliryhmällä tapahtui tilastollisesti merkitsevää muutosta neljän viikon harjoittelun jälkeen. Johtuiko se ehkä liikkeen oppimisesta? Toisaalta kontrolliryhmän voima-nopeusominaisuudet olivat lähtötilanteessa hieman heikommat verrattuna koeryhmään, jolloin kehittymistä saattoi helpommin myös tapahtua.

On todettu, että lisäämällä jalkojen maksimivoimaa voidaan kehittää taloudellisuutta sekä kestävyysasuoritusta sen kautta, että jokaiseen supistukseen tarvittava voima vähenee ja tyyppi II lihassolujen käyttöönotto viivästyy (Hickson ym. 1988). Tässä tutkimuksessa jalkojen maksimivoima lisääntyi noin kolme prosenttia nopeusvoimaharjoittelun jälkeen ja suorassa

hapenottotestissä mitatut kestävyysominaisuudet kehittyivät myös. Hapenottotestin maksimaalinen teoreettinen suoritus lisääntyi neljä prosenttia, lisäksi absoluuttinen lähtötaso korreloi relatiivisen muutoksen kanssa, joka kertoo parantuneesta suorituskyvystä. Samoin aerobisen ja anaerobisen kynnyksen hapenotot kehittyivät tilastollisesti merkitsevästi. Kynnykset nousivat, jolloin urheilijat pystyvät harjoittelemaan suuremmalla prosentuaalisella osuudella maksimihapenotosta. Tämä kertoo kehittyneistä kestävyysominaisuuksista mm. taloudellisuuden paranemisesta. Maksimilaktaatti lisääntyi myös keskimäärin kaksi millimoolia per litra, mikä on tyypillistä voimaharjoittelun myötä, eli anaerobinen kapasiteetti oli myös parantunut. Anaerobisen kapasiteetin paranemisesta kertoo myös se, että hapenottotestin maksimilaktaatin muutos korreloi tasatyöntötestin maksimilaktaatin muutoksen kanssa. Laktaattia pystyttiin tuottamaan molemmissa testeissä enemmän. Kontrolliryhmä paransi myös aerobisen ja anaerobisen kynnyksen hapenottoa. Tämä on luonnollista normaalin kestävyysharjoittelun myötä. Kuitenkaan heidän suorituskykynsä ei kehittynyt samalla lailla kuin koeryhmällä. Teoreettiset hapenotot jopa hieman heikkenivät lukuun ottamatta maksimihapenottoa.

Näitä tuloksia tukee myös Paavolaisen ym. (1999a) tutkimuksen tulokset. He havaitsivat myös taloudellisuuden ja kestävyys-suorituksen paranemisesta nopeusvoimaharjoittelun jälkeen. He totesivat, että harjoittelu, joka sisältää loikkia, kuntosaliharjoittelua nopealla suoritustemmolla sekä juoksuvetoja, kehittää juoksun taloudellisuutta ja viiden kilometrin kilpailusuoritusta. Nopeusvoimatyypin harjoittelun on todettu lisäävän neuraalisen tuoton määrää lihakseen nopean dynaamisen ja isometrisen toiminnan aikana (Häkkinen ym. 1985). Tämä parantunut neuromuskulaarinen kontrolli voi kehittää taloudellisuutta siten, että lihasten elastista energiaa pystytään hyödyntämään paremmin. Lisäksi on mahdollista, että motorisia yksiköitä rekrytoidaan tehokkaammin tai antagonisti-lihasten käyttö vähenee. (Sale 1992.) On myös todettu, että energiankulutuksen väheneminen viidellä prosentilla parantaa juoksun suoritusaikaa 3.8 % (Di Prampero ym. 1993). Samalla lailla kävi myös tässä tutkimuksessa; tasatyöntötestin submaksimaalinen hapenotto laski yli neljä prosenttia ja samalla kahden kilometrin maksimisuoritus aika parani yli kolme prosenttia, kuitenkin maksimihapenotto ei parantunut jopa heikkeni noin kolme prosenttia.

Hoffman & Clifford (1992) toteavat raportissaan, että harjoittelemattomat henkilöt pystyvät harvoin tuottamaan käsityössä samoja maksimihapenottoja kuin jalkatyönä tehtynä. Yleensä päästään noin 70 %:iin jalkatyönä tehdyistä arvoista, kun taas hyvin harjoitelleet hiihtäjät

voivat saavuttaa jopa 85 %:n arvoja. Tämän tutkimuksen koehenkilöt pystyivät tuottamaan tasatyöntötestin alkumittauksissa yhtä suuria maksimihapenottoja kuin suorassa hapenottotestissäkin eli ylävartalon suorituskyky oli erittäin hyvä sekä hiihtäjillä että ampumahiihtäjillä. Loppumittauksissa maksimihapenotto hieman laski tasatyöntötestissä, mutta suoritus parani huomattavasti. Tämä selittyy hermo-lihasjärjestelmän toimintakykyisyyden parantumisella nopeusvoimaharjoittelun seurauksena. Suoritukseen vaikuttaa siis aerobisten ominaisuuksien lisäksi myös hermo-lihasjärjestelmän ominaisuudet.

Anaerobista suorituskykyä mittaavassa MART-testissä ei tapahtunut juurikaan muutoksia. Nopein kierrosaika parani hieman, samoin laktaattia pystyttiin tuottamaan hieman enemmän, kuten hapenottotestissäkin. Maksimivauhdit tietyillä laktaattitasoilla kehittyivät myös. Samoin kävi kuitenkin kontrolliryhmälläkin. Koeryhmä oli jo lähtötilanteessa hieman anaerobisempi verrattuna kontrolliryhmään, joten kontrolliryhmän kehittyminen oli toisaalta mahdollista kestävyysharjoittelun seurauksena, johtuen heidän heikosta lähtötasostaan. Koska koeryhmän lähtötaso oli jo melko hyvä ja silti lievää kehittymistä tapahtui, voidaan olettaa, että nopeusvoimatyyppinen harjoittelu voi kehittää myös anaerobista kapasiteettia.

Tämän tutkimuksen tulokset olivat hyvin mielenkiintoisia. Yhdistetyllä kestävyys- ja nopeusvoimaharjoittelulla pystyttiin parantamaan voima- ja nopeusominaisuuksia kestävyysominaisuuksien kärsimättä. Varsinkin taloudellisuus ja ylävartalon lihaskestävyysominaisuudet paranivat. Samoin suoran hapenottotestin maksimisuorituskyky ja kynnysominaisuudet paranivat myös. Ylävartalon kehittyminen johtui mahdollisesti siitä, että nopeusvoimaharjoittelussa painottui ehkä enemmän ylävartalon osuus. Harjoittelussa oli paljon yksilöllisiä eroja, toisilla harjoittelu toteutui suunnitelman mukaan, kun taas toisilla ei. Joten varsinkin yksilötasolla tarkasteltuna yhdistetyllä harjoittelulla on positiivisia vaikutuksia sekä voima- ja nopeus- että kestävyysominaisuuksiin. Harjoittelussa on kuitenkin huomioitava riittävä palautuminen ja lihashuolto, jottei harjoittelujaksoista tule liian rasittavia. Harjoittelu kannattaa toteuttaa siten, että nopeusvoima- ja kestävyysjaksot sijoitetaan kehittävinä eri jaksoihin, jolloin toista ainoastaan ylläpidetään. Varsinkin peräkkäin suoritettavat voima- ja kestävyysharjoitukset saattavat muodostua liian raskaiksi, jolloin ylikuormittumisen vaara kasvaa ja kehittymistä ei tapahdu (Abernethy 1993). Jatkossa olisi mielenkiintoista selvittää, mitä voima-nopeusominaisuuksille käy, kun siirrytään takaisin "normaaliin" hiihtäjän ja ampumahiihtäjän harjoitteluun. Kuinka nopeasti ominaisuudet heikkenevät ja kuinka monta nopeusvoimaharjoitusta viikossa tulee tehdä, jottei heikkenemistä pääse tapahtumaan. Varsinkin ampumahiihdossa voiman painottaminen olisi tärkeää, koska ase-

kantaminen lisää voiman tarvetta ja samalla lisää suorituksen rasittavuutta. Myös hiihdossa voiman ja nopeuden tärkeys on huomioitava yhä suurempien kilpailunopeuksien ja muuttuneen välinekehittelyn myötä.

## LÄHTEET

- Abernethy, P.J. 1993. Influence of Acute Endurance Activity on Isokinetic Strength,. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 7(3), 141-146.
- Anderson, T. 1996. Biomechanics and running economy. *Sports and Medicine*, 22, 76 -89.
- Arnett, M.G. 1993. A Review of concurrent strength and endurance training. *Sports*, 13(2), 1-5.
- Aunola, S., Rusko, H. 1986. Aerobic and anaerobic thresholds determined from venous lactate or from ventilation and gas exchange in relation to muscle fiber composition. *International Journal of Sports Medicine*, 7, 161-166.
- Balke, B., Ware, R.W. 1959. An experimental study of physical fitness of air force personnel. *U.S. Armed Force Medicine Journal*, 10, 675-688.
- Barbeau, P., Seresse, O., Boulay, M.R. 1993. Using submaximal aerobic variables to monitor elite cyclists during a season. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25, 1062-1069.
- Bell, G.J., Petersen, S.R., Maclean, I., Reid, D.C, Quinney, H.A. 1992. Effect of high velocity resistance training on peak torque, cross sectional area and myofibrillar ATPase activity. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 32, 10-18.
- Bell., G.J., Petersen, S.R., Quinney, H.A., Wenger, H.A. 1988. Sequencing of endurance and high-velocity strength training. *Canadian Journal of Sport Science*, 13(4), 214-219.
- Bell, G.J., Petersen, S.R., Wessel, J., Bagnall, K., Quinney, H.A. 1991a. Adaptations to endurance and low velocity resistance training performed in a sequence. *Canadian Journal of Sport Science*, 16(3), 186-192.
- Bell, G.J., Petersen, S.R., Wessel, J., Bagnall, K., Quinney, H.A. 1991b. Physiological adaptations to concurrent endurance training and low velocity resistance training. *International Journal of Sports Medicine*, 12(4), 384-390.
- Bell, G.J., Srotuik, D., Attwood, K., Quinney, H.A. 1993. Maintenance of strength gains while performing endurance training in oarswomen. *Journal of Applied Physiology*, 18(1), 104-115.
- Bell, G.J., Syrotuik, D., Socha, T., Maclean, I., Quinney, H.A. 1997. Effect of strength training and concurrent strength and endurance training on strength, testosterone and cortisol. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 11(1), 57-64.

- Bell, G.J., Wenger, H.A. 1992. Physiological adaptations to velocity-controlled resistance training. *Sports Medicine*, 13, 234-244.
- Bishop, D., Jenkins, D., Mackinnon, L., McEniery, M., Carey, M. 1999. The effects of strength training on endurance performance and muscle characteristics. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 6, 886-891.
- Bonen, A., Baker, S.K., Hatta, H. 1997. Lactate transport and lactate transporters in skeletal muscle. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 22, 531-532.
- Carter, H., Jones, A.M., Douts, J.H. 1999. Effects of six weeks of endurance training on the lactate minimum speed. *Journal of Sports Science*, 17(12), 957-967.
- Chromiak, J.A., Mulvaney, D.R. 1990. A Review: The effects of combined strength and endurance training on strength development. *Journal of Applied Sport Science Research*, 4(2), 55-60.
- Collins, M.A., Snow, T.K. 1993. Are adaptations to combined endurance and strength training affected by the sequence of training. *Journal of Sports Science*, 11, 485-491.
- Conley, D., Krahenbuhl, G., Burkett, L. ym. 1984. Following Steve Scott: physiological changes accompanying training. *Physician and Sports Medicine*, 12, 103-106.
- Coyle, E.F., Coggan, A.R., Hopper, M.K., Walters, T.J. 1988. Determinants of endurance in well-trained cyclists. *Journal of Applied Physiology*, 64, 2622-2630.
- Coyle, E.F., Sidossis, L.S., Horowitz, J.F. et al. 1992. Cycling efficiency is related to the percentage of type I muscle fibers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24, 782-788.
- Dawson, B., Fitzsimons, M., Green, S., Goodman, C., Carey, M., Cole, K. 1998. Changes in performance, muscle metabolites, enzymes and fibre types after short sprint training. *European Journal of Applied Physiology*, 78, 163-169.
- Di Prampero, P.E., Capelli, C., Pagliaro, P., Antonutta, G., Girardis, M., Zamparo, P., Soule, R.G. 1993. Energetics of best performances in middle-distance running. *Journal of Applied Physiology*, 74, 2318-2324.
- Dudley, G.A., Djamil, R. 1985. Incompatibility of endurance- and strength-training modes of exercise. *Journal of Applied Physiology*, 59(5), 1446-1451.
- Durnin, J., Rahaman, M. 1967. The assessment of the amount of fat in the human body from the measurements of skinfold thickness. *British Journal of Nutrition*, 21, 681-689.
- Ekström, H. 1981. Force interplay in cross-country skiing. *Scandinavian Journal in Sports Science*, 3, 69-76.



- Favier, R.J., Constable, S.H., Chen, M. ym. 1986. Endurance exercise training reduces lactate production. *Journal of Applied Physiology*, 61, 885-889.
- Ferketich, A.K., Kirby, T.E., Alway, S.E. 1998. Cardiovascular and muscular adaptations to combined endurance and strength training in elderly woman. *Acta Physiology Scandinavian*, 164, 259-267.
- Franch, J., Madsen, K., Djurhuus, M.S., Pedersen, P.K. 1998. Improved running economy following intensified training correlates with reduced ventilatory demands. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(8), 1250-1256.
- Freund, H., Lonsdorfer, J., Oyono-Enguelle, S. ym. 1992. Lactate exchange and removal abilities in sickle cell patients and in untrained and trained healthy humans. *Journal of Applied Physiology*, 73, 2580-2587.
- Gettman, L.R., Ayres, J.J., Pollock, M.L., Durstine, J.L., Grantham, W. 1979. Physiologic effects on adult men of circuit strength training and jogging. *Arch. Phys. Med. Rehab.* 60, 115-120.
- Gettman, L.R., Ayres, J.J., Pollock, M.L., Jackson, A. 1978. The effect of circuit weight training on strength, cardiorespiratory function, and body composition of adult men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 10, 171-176.
- Gettman, L.R., Ward, P., Hagan, R.D. 1982. A comparison of combined running and weight training with circuit weight training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(3), 229-234.
- Gollnick, P. 1981. Adaptation in skeletal muscle in response to training. Teoksessa: T. Ishiko (toim.) *Physical fitness research. Procaadings of 1981 International Council on Physical Fitness Research, ICPFR, Tokyo*, 21-31.
- Gravelle, B.L., Blessing, D.L. 2000. Physiological adaptation in women concurrently training for strength and endurance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(1), 5-13.
- Green, H.J., Coates, G., Sutton, J.R., Jones, S. 1991. Early adaptations in gas exchange, cardiac function and haematology to prolonged exercise training in man. *European Journal of Applied Physiology*, 63, 17-23.
- Guyton, A.C., Hall, J.E. 1996. *Textbook of Medical Physiology*. 9. painos. Philadelphia, W.B. Saunders Company.
- Hennessy, L.C., Watson, A.W.S. 1994. The interference effects of training for strength and endurance simultaneously. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 8(1), 12-19.

- Hickson, R.C. 1980. Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *European Journal of Applied Physiology*, 215, 255-263.
- Hickson, R., Hagberg, J., Ehsani A., ym. 1981. Time course of the adaptive responses of aerobic power and heart rate to training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 13, 17-20.
- Hickson, R.C., Rosenkoetter, M.A., Brown, M.M. 1980. Strength training effects on aerobic power and short-term endurance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12(5), 336-339.
- Hickson, J.A., Dvorak, B.A., Gorostiaga, E.M., Kurowski, T.T., Foster, C. 1988. Potential for strength and endurance training to amplify endurance performance. *Journal of Applied Physiology*, 65, 2285-2290.
- Hoff, J., Helgerud, J., Wisloff, U. 1999. Maximal strength training improves work economy in trained female cross-country skiers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(6), 870-877.
- Hoffman, M.D., Clifford, P.S. 1992. Physiological aspects of competitive cross-country skiing. *Journal of Sports Science*, 10, 3-27.
- Hoffman, M.D., Street, G.M. 1992. Characterization of heart rate response during biathlon. *International Journal of Sports Medicine*, 13(5), 390-394.
- Horowitz, J.F., Sidossis, L.S., Coyle, E.F. 1994. High efficiency of type I muscle fibers improves performance. *International Journal of Sports Medicine*, 15(3), 152-157.
- Hortobagyi, T., Katch, F.I., Lachance, P.F. 1991. Effects of simultaneous training for strength and endurance on upper and lower body strength and endurance performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 31, 20-30.
- Hunter, G., Demment, R., Miller, D. 1987. Development of strength and maximal oxygen uptake during simultaneous training for strength and endurance. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 27(3), 269-275.
- Hurley, B.F., Seals, D.R., Ehsani, A.A., Cartier, L.J., Dalsky, G.P., Hagberg, J.M., Holloszy, J.O. 1984. Effects of high-intensity strength training on cardiovascular function. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 16, 483-488.
- Häkkinen, K. 1990. *Voimaharjoittelun perusteet*. Gummerus Kirjapaino, Jyväskylä.
- Häkkinen, K., Alen, M., Komi, P.V. 1985. Changes in isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. *Acta Physiologica Scandinavica*, 125, 573-585.

- Häkkinen, K., Komi, P.V. 1983. Electromyographic changes during strength training and detraining. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 15(6), 455-460.
- Häkkinen, K., Komi, P.V., Alen, M. 1985. Effects of explosive type strength training on isometric force- and relaxation time, electromyographic and muscle fibre characteristics of leg extensor muscle. *Acta Physiology Scandinavian*, 125, 587-600.
- International biathlon union. 2001. Results from the season 2000-2001. Saatavilla [www.muodossa.com](http://www.muodossa.com): > URL: <http://www.ibu.at>.
- Johnson, R.E., Quinn, T.J., Kertzer, R., Vroman, N.B. 1997. Strength training in female distance runners: Impact on running economy. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 11(4), 224-229.
- Jones, A.M., Carter, H., Doust, J.H. 1999. Effect of six weeks of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31, S1379.
- Katch, V., Weltman, A., Sady, S. 1978. Validity of the relative percent concept for equating training intensity. *European Journal of Applied Physiology*, 39, 219-227.
- Komi, P., Karlsson, J., Tesch, P., Suominen, H., Heikkinen, E. 1982. Effects of heavy resistance and explosive type strength training methods on mechanical, functional and metabolic aspects of performance. *Teoksessa: Exercise and Sport Biology* (toim. Komi, P.), 90 – 102. Human Kinetics Publishers, Champaign, III.
- Kraemer, W., Patton, J., Gordon, S., Harman, E., Deshchenes, M., Renolds, K., Newton, R., Triplett, N., Dziados, J. 1995. Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *Journal of Applied Physiology*, 78(3), 976-989.
- Lake, M., Cavanagh, P. 1996. Six weeks of training does not change running mechanics or improve running economy. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28, 860-869.
- Lee, A., Craig, B.W., Lucas, J., Pohlman, R., Stelling, H. 1990. The effect of endurance training, weight training and a combination of endurance and weight training upon the blood lipid profile of young male subjects. *Journal of Applied Sport Science Research*, 4(3), 68-75.
- MacDougall, J.D. 1992. Hypertrophy or hyperplasia. *Teoksessa Strength and Power in Sports. The Encyclopedia of Sports Medicine*. toim. Komi, P.V. London: Blacwell Scientific Publications, 230-236.

- Mader, A. 1991. Evaluation of the endurance performance of marathon runners and theoretical analysis of the test results. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 31, 1-19.
- Marcinik, E.J., Potts, J. Schlabach, G., Will, S., Dawson, P., Hurley, B.F. 1991. Effects of strength training on lactate threshold and endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23(6), 739-743.
- McCarthy, J.P., Agre, J.C., Graf, B.K., Pozniak, M.A., Vailas, A.C. 1995. Compatibility of adaptive responses with combining strength and endurance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(3), 429-436.
- MacRae, H.S.H., Dennis, S.C., Bosch, A.N. ym. 1992. Effects of training on lactate production and removal during progressive exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*, 72, 1649-1656.
- Messier, S.P., Dill, M.E. 1985. Alterations in strength and maximal oxygen uptake consequent to nautilus circuit weight training. *Res.* 56, 345-351.
- Morgan, D.W., Bransford, D.R., Costill, D.L., Daniels, J.T., Howley, E., Krahenbuht, G.S. 1995. Variation in the aerobic demand of running among trained and untrained subjects. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(3), 404-409.
- Morgan, D.W., Daniels, J.T. 1994. Relationship between  $VO_{2max}$  and the anaerobic demand of running in elite distance runners. *International Journal of Sports Medicine*, 15, 426-429.
- Nelson, A.G., Arnall, D.A., Loy, S.F., Silvester, L.J., Conlee, R.K. 1990. Consequences of combining strength and endurance training regimes. *Physical Therapy*, 70(5), 287-294.
- Norris, S.R., Petersen, S.R. 1998. Effects of endurance training on transient oxygen uptake responses in cyclists. *Journal of Sports Science*, 16, 733-738.
- Nummela, A. 1997. Kestävyys. Teoksessa Nykyaikainen urheiluvalmennus. Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.
- Overend, T.J., Paterson, D.H., Cunningham, D.A. 1992. The effect of interval and continuous training on the aerobic parameters. *Canadian Journal of Applied Sport Science*, 17, 129-134.
- Paavolainen, L. 1999. Neuromuscular Characteristics and Muscle Power as Determinants of Running Performance in Endurance Athletes, With Special Reference to Explosive-strength Training. *Studies in sport, physical education and health* 63. University of Jyväskylä.

- Paavolainen, L., Häkkinen, K., Hämmäläinen, I., Nummela, A., Rusko, H. 1999a. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *Journal of Applied Physiology*, 86(5), 1527-1533.
- Paavolainen, L., Häkkinen, K., Nummela, A.T., Rusko, H.K. 1999b. Effects of explosive strength training and detraining on neuromuscular performance in endurance athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31:S281.
- Paavolainen, L., Häkkinen, K., Rusko, H. 1991. Effects of explosive type strength training on physical performance characteristic in cross-country skiers. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 62, 251-255.
- Paterson, D.H., Shephard, R.J., Cunningham, D. ym. 1979. Effects of physical training upon cardiovascular function following myocardial infarction. *Journal of Applied Physiology*, 47, 482-489.
- Pierce, E.F., Weltman, A., Seip, R.L. ym. 1990. Effects of training specificity on the lactate threshold and VO<sub>2</sub>peak. *International Journal of Sports Medicine*, 11, 267-272.
- Pierce, J.C., Pope, M.H., Renstrom, P., Johnson, R.J., Dufek, J., Dillman, C. 1987. Force measurement in cross-country skiing. *International Journal of Sport Biomechanics*, 3, 382-391.
- Rundell, K.W., Szmedra, L. 1998. Energy cost of rifle carriage in biathlon skiing. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(4), 570-576.
- Sale, D. 1992. Neural adaptations to strength training. *Teoksessa Strength and power in sport. The Encyclopedia of Sports Medicine*, toim. Komi, P.V. London: Blackwell Scientific Publications, 249-265.
- Sale, D.G., Jacobs, I., MacDougall, J.D., Garner, S. 1990. Comparison of two regimes of concurrent strength and endurance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22(3), 348-356.
- Sale, D.G., MacDougall, J.D., Jacobs, I., Garner, S. 1990. Interaction between concurrent strength and endurance training. *Journal of Applied Physiology*, 68(1), 260-270.
- Simon, J., Young, J.L., Gutin, B. 1983. Lactate accumulation relative to the anaerobic and respiratory compensation thresholds. *Journal Applied Physiology*, 54 (1) 13.
- Simeoneau, J-A., Lortie, G., Boulay, M.R., ym. 1985. Human skeletal muscle fibre alteration with high intensity intermittent training. *European Journal of Applied Physiology*, 54, 250-253.
- Spina, R.J., Chi, M.M., Hopkins, M.G. ym. 1996. Mitochondrial enzymes increase in muscle in response to 7-10 days of cycle exercise. *Journal of Applied Physiology*, 80, 2250-2254.

- Spina, R.J., Ogawa, T., Martin, W.H., Coggan, A.R., Holloszy, J.O., Ehsani, A.A. 1992. Exercise training prevents decline in stroke volume during exercise in young healthy subjects. *Journal of Applied Physiology*, 72(6), 2458-2462.
- Staron, R.S., Malicky, E.S., Leonardi, M.J., Falken, J.E., Hagerman, F.C., Dudley, G.A. 1989. Muscle hypertrophy and fast fiber type conversions in heavy resistance-trained women. *European Journal of Applied Physiology*, 60, 71-79.
- Strömme, S.B., Ingjer, F., Meen, H.D. 1977. Assessment of maximal aerobic power in specifically trained athletes. *Journal of Applied Physiology*, 60, 71-79.
- Turcotte, L., Byrnes, W., Frykman, P., Freedson, P., Katch, F. 1984. The effects of hydraulic resistive training on maximal oxygen uptake and anaerobic threshold. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 16, S183.
- Volpe, S.L., Walberg-Rankin, J., Rodman, K.W., Sebolt, D.R. 1993. The effect of endurance running on training adaptations in women participating in a weight lifting program. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 7(2), 101-107.
- Weltman, A., Snead, D., Seip, R. ym. 1990. Percentages of maximal heart rate, heart rate reserve and  $VO_{2max}$  for determining endurance training intensity in male runners. *International Journal of Sports Medicine*, 11, 218-222.
- Wenger, H.A., Bell, G.J. 1986. The interactions of intensity, frequency and duration of exercise training in altering cardiorespiratory fitness. *Sports Medicine*, 3: 346-356.
- Wilcox, A., Bulbulian, R. 1984. Changes in running economy relative to  $VO_{2max}$  during a cross-country season. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 24, 321-326.
- Wilmore, J.H., Costill, D.L. 1999. *Physiology of Sport and Exercise*. 2. painos. Human Kinetics.
- Xu, F., Rhodes, E.C. 1999. Oxygen uptake kinetics during exercise. *Sports Medicine*, 27, 313-327.
- Åstrand, P., Rodahl, K. 1986. *Textbook of Work Physiology; Physiological Bases of Exercise*. 3. painos. McGraw-Hill Book Company. USA.

## LIITE

### Nopeusvoimaharjoitukset

#### 1. Sauvarinneloikkaharjoitus (SR)

- ylämäkeen sauvaloikkana
- $5 \times 3 \times 10'' / 1' / 3'$
- 3 sarjaa vuoroloikkana, 2 sarjaa luisteluloikkana

#### 2. Loikkaharjoitus (LH) (Verryttelyn jälkeen $5 \times 30$ m rennot ! maksimijuoksut / 3' palautus)

- 4 – 6 sarjaa, liikkeiden välissä 2-3' palautus
- vuoroloikka 15 loivaan nousuun
- luisteluloikka 12 jyrkähkөөn nousuun
- kinkat 6 + 6
- sivuloikka 6 + 6 (noustaen kylki edellä ja ponnistava jalka astuu tukijalan yli ja ponnistus)
- pohjehyppy 20

#### 3. Rullahiihto (RH) ylämäkeen

- aina tasatyöntö ja jompikumpi: sauvoittaluistelu tai ”wassu”
- TT:  $4 \times 3 \times 10'' / 1' / 3'$
- Sauvoittaluistelu:  $4 \times 3 \times 10'' / 1' / 3'$
- ”Wassu”:  $4 \times 3 \times 10'' / 1' / 3'$

#### 4. Punttiharjoitus (PH)

- suoritustempo rivakka/nopea, mutta hallittu
  - 4-6 sarjaa, liikkeiden välissä palautus 2-3'
  - kuorma 25-35 % maksimista
1. yliveto 10
  2. luisteluhyppy puolelta toiselle 6 + 6 (levypaino alaselän päällä)
  3. kuomasoutu 10
  4. korkea kyykky ( $120^\circ$ ) ja ponnistus ylös 8
  5. penkipunnerrus 12
  6. 1-jalan jalkaprässi ( $90^\circ$ ) 10 + 10
  7. ylätalja 10 (istuen penkillä, paino kallistettuna taakse ja veto rintaan)
  8. penkille nousu 10 + 10
  9. leuan veto 8
  10. 1-jalan luistelukyky 10 + 10 (vapaa jalka tukee penkkiin, ponnistus lähtee  $120$  asteesta ja suuntautuu vapaan jalan suuntaan)