

**16<sup>TH</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM: COMBINED ENDURANCE AND  
STRENGTH TRAINING FOR PHYSICAL FITNESS AND SPORT PERFORMANCE:  
FROM SCIENCE TO PRACTICE**

Elina Lammi

Tiivistelmiä symposiumista

Syksy 2015

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän yliopisto

## SISÄLLYS

1 VOIMAHARJOITTELU: AKUUTIT HARJOITUSVASTEET , PALAUTUMINEN JA ADAPTAATIO .....	1
1.1 Hermolihas- ja umpieritysjärjestelmän vasteet ja adaptaatio voimaharjoitukseen ja – harjoitteluun.....	1
1.2 Akuutit ja krooniset vasteet eksentrisen ylikuormituksen harjoitusmallissa.....	2
2 AKUUTIT VASTEET JA ADAPTAATIO YHDISTETTYYN KESTÄVYYS- JA VOIMAHARJOITTELUUN .....	3
2.1 Mitä tiedämme tänä päivänä yhdistetystä voima- ja kestävyysharjoittelusta? .....	3
2.2 Yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun ravintosuositukset .....	4
2.3 Kannattaako voima- ja kestävyysharjoittelua tehdä samassa harjoituksessa vai eri päivinä?.....	5
2.4 Vuorokauden ajan vaikutus yhdistetyn harjoituksen vasteisiin.....	6
3 YHDISTETYN HARJOITTELUN VAIKUTUKSET SUORITUSKYKYYN KESTÄVYYSURHEILUSSA .....	8
3.1 Tieteelliset todisteet voimaharjoittelun hyödyistä kestävyysjuoksijoilla ja – pyöräilijöillä.....	8
3.2 Kovan intensiteetin yhdistelmäharjoittelu harrastejuoksijoilla .....	9
3.3 Voimaharjoitusesimerkkejä eliittitason kestävyysurheilijoille.....	10
3.4 Ylävartalon voiman merkitys maastohiihdossa.....	11
3.5 Voiko yhdistelmäharjoittelu olla nuorten alppihiittäjien vihollinen?.....	12
4 YHDISTETYN HARJOITTELUN VAIKUTUKSET SUORITUSKYKYYN YLEISURHEILJOILLA SEKÄ VOIMISTELIJOILLA .....	14
4.1 Voimaharjoittelun merkitys lyhyen ja keskimatkan juoksijoiden suorituskykyyn	14
4.2 Kuinka optimoida taitoharjoittelu yhdistelmäharjoittelun kanssa.....	15

# **1 VOIMAHARJOITTELU: AKUUTIT HARJOITUSVASTEET , PALAUTUMINEN JA ADAPTAATIO**

## **1.1 Hermolihas- ja umpieritysjärjestelmän vasteet ja adaptaatio voimaharjoitukseen ja – harjoitteluun**

Luennoitsija: Dr. Juha Ahtiainen

Superkompensaatiolla tarkoitetaan harjoitusvaikutuksen aiheuttamaa vaihtelua. Urheilijan tavoitteena on optimoida superkompensaatio-teorian mukaan saatu harjoitusvaikutus. Liian tiheä harjoitusfrekvenssi johtaa puutteelliseen superkompensaatioon ja joissain tapauksissa voi johtaa ylirasitustilaan.

Voimaharjoittelu voidaan jakaa hypertrofiseen-, hermostolliseen- ja nopeusvoimaharjoitteluun. Hypertrofisessa kuorma on keskimäärin 60–90 % 1 RM, hermostollisessa 90–100 % 1 RM ja nopeusvoimaharjoittelussa 30–60 %. Hypertrofinen voimaharjoitus aiheuttaa suuremman akuutin maitohappovasteen kuin hermostollinen maksimivoimaharjoitus. Voimaharjoitus aiheuttaa akuutin kasvuhormonipitoisuuden nousun elimistössä. Mitä enemmän sarjoja voimaharjoitus on sisältänyt, sitä suurempi on kasvuhormonivaste. Tutkimustieto on ristiriitaista harjoituksen aiheuttaman hormonivasteen yhteydestä lihaksen hypertrofiaan eli poikkipinta-alan kasvuun. Osin tutkimukset ovat löytäneet yhteyden, mutta osin eivät.

Lukuisat tekijät vaikuttavat kehon rasvattomaan massaan. Monimutkainen signaaloinnin verkosto sisältää runsaasti crosstalkia, minkä takia on vaikea selvittää reittejä, jotka vaikuttavat kehon painoon. Tyypillisesti voidaan tietysti todeta, että kaikki vaikuttaa kaikkeen.

Voimaharjoitus aiheuttaa lihaskudosvauriota, mikä tehostaa proteiinisynteesiä. Lisääntyneen proteiinisynteesin seurauksena alkaa kudosten uudelleenmuodostus. Tästä onkin eroteltavissa palautumisen kolme vaihetta: energy stress response, protein accretion & tissue regeneration.

## **1.2 Akuutit ja krooniset vasteet eksentrisen ylikuormituksen harjoitusmallissa**

Luennoitsija: Dr. Simon Walker

Eksentrisen ylikuormitus (eccentric overload) on kasvussa oleva harjoitusmuoto. Tässä harjoitusmuodossa kuorma on suurempi kuin henkilön oma 1 RM tulos. Tähän on olemassa sekä kalliita laitteita että myös halpoja variaatioita.

Eksentrisen ylikuormitus perustuu maksimivoiman kasvun manipulointiin. Eksentrisen ylikuormituksen ansiosta pystytään parempaan konsentriseen suoritukseen. Harjoitusmallissa, jossa penkkipunnerrus toteutetaan heittämällä tanko smith-laitteessa ilmaan, antaa eksentrisen yliannostus suuremman tehon konsentriseen vaiheeseen. Hormonaalisesti tämä yliannostus aikaansaa jo muutamassa viikossa pienen kasvun testosteronivasteessa ja hieman suuremman kasvun kasvuhormonivasteessa. Kahdeksassa viikossa on havaittu myös kortisolin kasvu sekä suurempi kasvuhormonivaste verrattuna perinteistä voimaharjoittelumallia noudattaneeseen kontrolliryhmään.

Ei ole olemassa yksiselitteistä syytä, miksi tällä harjoitusmuodolla saadaan suurempi tehon sekä voiman kasvu. Hypoteettinen arvio on, että kehityksen taustalla olisi muun muassa parantunut lihaksen aktivaatio. Harjoitusmuoto on varsin uusi eikä ole tarkkoja suoritusohjeita, mutta olisi suositeltavaa suorittaa hieman vähemmän toistoja kuin perinteisen tyylin harjoitusmallissa.

## **2 AKUUTIT VASTEET JA ADAPTAATIO YHDISTETTYYN KESTÄVYYS- JA VOIMAHARJOITTELUUN**

### **2.1 Mitä tiedämme tänä päivänä yhdistetystä voima- ja kestävyysharjoittelusta?**

Luennoitsija: Prof. Keijo Häkkinen

Yhdistetystä voima- ja kestävyysharjoittelusta on tehty lukuisia tutkimuksia, etenkin viime vuosina. On tutkittu, ettei kestävyysharjoittelun määrä voimaharjoittelun lisänä vaikuta voiman kasvun suuruuteen. Lyhytaikaisessa kevyen (low-frequency) harjoittelun tutkimuksessa yhdistetty voima- ja kestävyysharjoittelu nosti VO<sub>2</sub>maxia lähes yhtä paljon kuin kestävyysharjoittelu. Voimaharjoittelu ei yksin riitä nostamaan VO<sub>2</sub>maxia, muttei myöskään vaikuta negatiivisesti VO<sub>2</sub>maxiin, mikäli voimaharjoittelua tehdään kestävyysharjoittelun lisänä.

Pelkkä kestävyysharjoittelu pyöräillen kasvattaa 12–24 viikossa nelipäisen reisilihaksen poikkipinta-alaa 2-3 %, voimaharjoittelu ja yhdistelmäharjoittelu huomattavasti enemmän pelkkään kestävyysharjoitteluun verrattuna. Tässäkin kyseessä oli kevyt, low frequency -tyyppinen harjoittelu (noin 2 krt/ viikko).

Vain voimaharjoittelulla voidaan parantaa räjähtävää voimaa. Kestävyysharjoittelulla ei ole todettu olevan vaikutusta räjähtävän voiman kehitykseen.

Häkkinen esitteli tutkimustuloksia, joiden mukaan yhdistelmäharjoittelu pienentää parhaiten rasvaprocenttia. Toiseksi parhaiten pienentää kestävyysharjoittelu. Tilastollinen ero tosin ei ollut kovin merkittävä. Juoksu ja pyöräily parantavat voimaharjoittelua paremmin VO<sub>2</sub>maxia. Häkkisen mukaan Eklundin ym. (2015) tutkimuksessa 24 viikon jälkeen yhdistelmäharjoittelu, jossa voimaharjoite on ennen kestävyysharjoitetta, johtaa suurempaan voiman kehitykseen kuin harjoitus, jossa kestävyysharjoite on ensin. Häkkisen mukaan myös Schumann ym. (2014) tutkimuksessa SE (strength + endurance) -järjestys johtaa 24 viikossa suurempaan rä-

jähtävän, isometrisen sekä dynaamisen voiman kasvuun bilateraalissa jalkaprässissä. Lyhyellä aikavälillä ei suurta eroa synny, mutta mikäli voimaharjoittelua jatketaan kauemmin kuin 4-6 viikkoa, niin SE- järjestys on tutkitusti todettu tehokkaammaksi. Hyötynä on suurempi voiman kasvu.

## **2.2 Yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun ravintosuositukset**

Luennoitsija: Dr. Juha Hulmi

Hiilihydraatit parantavat kestävyysuorituskykyä (Stellingwerff & Cox 2014, Hulmin 2015 suullisen tiedonannon mukaan). Keskushermoston stimulointiin riittää suun huuhtelu hiilihydraatilla (alle tunnin suorituksissa). Yli 60 minuutin suorituksissa hiilihydraattia kannattaa nauttia myös suun kautta. Proteiinin voi lisätä kestävyysuorituskykyä, mutta vain silloin kun hiilihydraatteja ei ole saatavilla. Hiilihydraatit ovat kestävyysuorituksissa merkitsevässä roolissa, sillä maratoninkin aikana jopa 80 % kokonaisenergiankulutuksesta saadaan hiilihydraateista: 75 % aerobisen krebsin syklillä ja 5 % anaerobisen glykolyysin avulla. Vain noin 20 % energiantuotosta tapahtuu rasvojen avulla. Hiilihydraatit ylläpitävät lihasten glykogeenisapainoa ja parantavat sitä kautta kestävyysuorituskykyä.

Hiilihydraatit parantavat myös pitkissä voimaharjoituksissa suorituskykyä glykogeenisapainon kautta, sillä monet harjoitteet kuluttavat ATP ja KP varastojen lisäksi lihaksen glykogeeniä. Mikäli kysessä on pitkä harjoitus ja pitkät sarjat, glykogeenin merkitys kasvaa. Kuntosaliharjoittelussa sarjapalautusten välillä keho kuluttaa rasvaa jopa yli 50 % kokonaisenergiankulutuksesta.

Mikäli henkilö harjoittelee pitkiä harjoituksia lyhyellä aikavälillä (high volume, low frequency), vaarana on lihasten omien glykogeenisapainojen tyhjentyminen. Tämä voi alentaa huomattavasti suorituskykyä jo lyhyellä aikavälillä. Mikäli ravinnosta saa vielä liian vähän hiilihydraatteja, voi ylirasitustila olla lähellä.



24 viikossa jalkaprässin tulos parani molemmilla sukupuolilla. Tilastollisesti merkitsevää eroa ryhmien välillä ei ollut. Parannus oli noin 15 % molemmilla ryhmillä. VO<sub>2</sub>max kehittyi AD-ryhmällä SS-ryhmää enemmän. Rasvattoman massan muutoksessa ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa ryhmien välillä. AD-ryhmällä kehon rasvaprosentti laski enemmän kuin SS-ryhmällä. AD-ryhmällä keskivartalon viskeraalirasva pieneni enemmän kuin SS-ryhmällä. Ero rasvaprosentin laskussa ja viskeraalirasvan muutoksessa oli tilastollisesti merkitsevä, etenkin naisilla.

Sekä maksimivoima että lihasmassa kasvoivat molemmilla ryhmillä. VO<sub>2</sub>max kasvoi enemmän silloin, kun ominaisuuksia harjoitettiin eri päivinä eikä samassa harjoituksessa. Eklund arveli pidemmän palautusajan olevan VO<sub>2</sub>max kehittymisen taustalla. AD-ryhmän suuren rasvaprosentin pienentymisen Eklund selitti mahdollisesti suuremmalla EPOC-vaikutuksella. Tämä tosin oli vain tutkijaryhmän tekemä hypoteesi, eikä asialle ole varmuutta. AD-muotoa suositellaan, mikäli haluaa optimoida myös kehonkoostumuksen. SS harjoitus sopii heille, joiden keskiössä on pelkästään fyysisen kunnon parantaminen.

## **2.4 Vuorokauden ajan vaikutus yhdistetyn harjoituksen vasteisiin**

Luennoitsija: PhD. Maria Kүүsmaa

Kүүsmaan tutkimuksessa oli tavoitteena tutkia harjoitusajan ja harjoitusjärjestyksen vaikutusta kestävyys suorituskykyyn ja voimaominaisuuksiin. Tutkimusjoukko sisälsi terveitä, aktiivisia 18–40 -vuotiaita miehiä (n=52). Miehet jaettiin yhteensä neljään ryhmään: kaksi ryhmistä harjoitteli aamulla ja kaksi illalla. Aamu- sekä iltaryhmistä toinen suoritti ensin kestävyys harjoituksen ja sitten voimaharjoituksen (ES = Endurance + Strength) ja toinen ryhmä taas päinvastoin (SE = Strength + Endurance). Harjoitusjakso kesti 24 viikkoa. Jakso sisälsi kaksi eri periodia: viikoilla 0-12 harjoiteltiin hieman kevyemmin (2krt/viikko) ja viikoilla 13–14 harjoitusfrekvenssiä lisättiin (5 krt/viikko).



Kestävyys suorituskyvyn määrittämiseksi mitattiin aika uupumukseen asti (time to exhaustion). Voimaominaisuuksia mitattiin kahdella eri testillä 1 RM ja 10 RM. Hypertrofista vastetta mitattiin lihasbiopsilla vastus lateralikselta. Lihasbiopsin avulla määritettiin lihaksen poikkipinta-alan muutoksia harjoitusjaksolla.

Sekä aamu- että iltaryhmät paransivat kestävyys suorituskykyä eli uupumus tapahtui vasta myöhemmin. Kuitenkin siten, että ES-järjestys (kestävyys + voima) kehitti paremmin kestävyys kuntoa. 1 RM suorituskyvyssä ei havaittu eroja ryhmien välillä. 10 RM suorituskyvyssä ei ollut eroja ensimmäisellä periodilla (0-12 viikot). 13-24 viikoilla kuitenkin havaittiin suurempi parannus iltaryhmillä kuin aamuryhmillä. Poikkipinta-ala kasvoi enemmän ilta- kuin aamuharjoittelun seurauksena.

Lopputuloksena Kūusmaa tiivisti, että kaikki paransivat kestävyys suorituskykyä päivän ajankohdasta huolimatta. ES -järjestys todettiin parempi kuin SE. Tämän arveltiin johtuvan voimaharjoituksen aiheuttamasta väsymyksestä (fatigue), minkä seurauksena kestävyys harjoituksen laadun arveltiin alenevan. Kaikki paransivat voimaominaisuuksiaan, mutta 10 RM suorituskyky kehittyi enemmän iltaryhmillä. 10 RM suorituskyvyn kannalta järjestyksellä ei ollut väliä (ES vai SE). Poikkipinta-alan kasvu oli suurempaa iltaharjoittelulla, mistä voidaan päätellä, että hypertrofiaa tavoitellessa iltaharjoittelu voi olla edullisempää. Eroja ei näkynyt vielä 2-3 kk jälkeen, vaan iltaharjoittelun hyödyt nousivat esille myöhemmin.

Mikäli tavoitteena on parantaa kestävyys suorituskykyä, Kūusmaa suosittelee kestävyys harjoitusta ennen voimaharjoitusta, mikäli nämä suoritetaan samassa harjoituksessa. Mikäli voimaominaisuuksien parantaminen on keskiössä, kannattaa harjoittelu ajoittaa iltaan. Kūusmaa arvelee hyödyn johtuvan hormonitoiminnasta tai ravinnon merkityksestä.

### **3 YHDISTETYN HARJOITTELUN VAIKUTUKSET SUORITUSKYKYYN KESTÄVYYSURHEILUSSA**

#### **3.1 Tieteelliset todisteet voimaharjoittelun hyödyistä kestävyysjuoksijoilla ja – pyöräilijöillä**

Luennoitsija: Prof. Bent Rønnestad

Kestävyysuorituskykyyn vaikuttavia tekijöitä ovat laktaattikynnyksen teho, juoksun taloudellisuus sekä maksimaalinen hapenottokyky. Aikaisemman tutkimustiedon mukaan maksimi-voimaharjoittelu on parantanut juoksun taloudellisuutta verrattuna tavallista kestävyysharjoittelua noudattavaan kontrolliryhmään. Myös plyometrisen nopeusvoimaharjoittelun on todettu parantavan juoksun taloudellisuutta jo 6-9 viikossa. Voimaharjoittelun vaikutuksesta pyöräilyn taloudellisuuteen on olemassa hieman ristiriitaista tutkimustietoa. Ristiriita voi johtua siitäkin, millä aikavälillä taloudellisuuden vaihtelua on tarkkailtu. Yleensä pyöräilyuoritus kestää useita tunteja, eikä Rønnestadin (2011) omassa tutkimuksessa taloudellisuuden erot näkyneet vielä lyhyellä aikavälillä. Voimaharjoittelun aikaansaamat taloudellisuuden erot nousivat esiin vasta kolmen tunnin pyöräilyn jälkeen. Taloudellisuutta enemmän voimaharjoittelu parantaa pyöräilijöiden tehoa laktaattikynnyksellä. Voimaharjoittelu saattaa auttaa polkemistehon parantamiseen siten että saadaan tuotettua suurempi voima jo aikaisemmin, mikä johtaa ehkä suurentuneeseen verenvirtaukseen ja sitä kautta parantuneeseen suorituskykyyn pyöräilyjällä.

Juoksijoilla voimaharjoittelu on useiden tutkimuksien mukaan parantanut nopeutta laktaattikynnyksellä. Sekä maksimi- että nopeusvoimaharjoittelu näyttävät parantavan juoksun taloudellisuutta. Pyöräilyjällä voimaharjoittelun aiheuttama hyöty näyttää kohdistuvan kilpailun lopussa olevan viiden minuutin loppukirin tehon parannukseen. Voimaharjoittelun lisäksi rinnalla on kestävyysurheilijalla aina myös kestävyysharjoittelua, joten monessa yhteydessä

puhutaan yhdistelmäharjoittelusta. Voimaharjoittelulla ei ole havaittu olevan vaikutusta VO<sub>2</sub>maxiin.

Harjoituskaudella saatujen voimaominaisuuksien hyötyjä voi olla haasteellista ylläpitää kilpailukaudella. Voimaharjoittelun hyötyjen ylläpito ei onnistu yhdellä harjoituskerralla viikossa, mikäli kilpailukausi on pitkä kuten esimerkiksi pyöräilijöillä. Rønnestad nosti esille käytännön esimerkin norjalaisesta naispyöräilijästä, joka halusi nousta sijalta 41 viiden parhaan pyöräilijän joukkoon maailmassa. Hänen harjoitussuunnitelmaansa lisättiin voimaharjoittelua kestävyysharjoittelun ohelle. Jo kolmen viikon tauko syksyllä alensi huomattavasti hänen voimaominaisuuksiaan, mutta tämän jälkeen merkittävää alenemista ei enää tapahtunut säännöllisen voimaharjoittelun ansioista. Norjalainen pyöräilijä oli tänä vuonna maailmanmestaruuskisoissa 4.

### **3.2 Kovan intensiteetin yhdistelmäharjoittelu harrastejuoksijoilla**

Luennoitsija: Ritva Taipale

Kestävyys suorituskykyyn vaikuttavat sekä aerobinen että anaerobinen teho ja kapasiteetti. Sprintterin suorituskyvyssä korostuvat anaerobisen tehon ja kapasiteetin lisäksi hermolihasjärjestelmän suorituskykyyn vaikuttavat tekijät. Aerobista suorituskykyisyyttä kuvastaa hyvin maksimaalinen hapenottokyky (VO<sub>2</sub>max), jota voidaan parantaa kestävyys harjoittelulla. Sekä kestävyys- että voimaharjoittelu vaikuttavat juoksun taloudellisuuteen, laktaattikynnykseen sekä V<sub>max</sub>:iin. Nämä jäljempänä mainitut osatekijät liittyvät sekä anaerobiseen että aerobiseen suorituskykyyn.

Kovan intensiteetin kestävyys harjoittelulla tarkoitetaan yleensä intervalliharjoittelua, joka koostuu vaihtelevan intensiteetin jaksoista. Kovalla intensiteetillä tarkoitetaan tehoa 80–90 % maksimaalisesta sykkeestä. Intervalliharjoittelun hyötyjä ovat muun muassa suurempi EPOC sekä viskeraalirasvan vähentyminen. Intervalliharjoittelulla voidaan parantaa sydämen iskutilavuutta sekä maksimaalista hapenottokykyä (VO<sub>2</sub>max) paremmin kuin tavallisella harjoitte-

lulla. Hypertrofinen voimaharjoittelu ei ole kestävyysurheilijalle kannattavaa, koska poikkipinta-alan kasvu ei ole kehityskohteiden keskiössä. Kestävyysurheilijan voimaharjoittelulla haetaan lihaksen aktivaation parannusta.

Taipaleen tutkimuksen tavoitteena oli nähdä, kuinka nopeasti voimaa voidaan parantaa ja onko sukupuolien välillä eroa voiman kehittymisessä. Tutkimuksen harjoittelujakso kesti kymmenen viikkoa. Tutkimukseen osallistui 10 miestä ja 9 naista. Keskimäärin henkilöt olivat 31-vuotiaita. Kriteereinä oli yli 2300 m tulos Cooper-testissä, tupakoimattomuus sekä BMI:n oli oltava alle 30.

Koehenkilöt suorittivat erityyppisiä harjoituksia. Yksi voimaharjoitus sisälsi muun muassa kyykkyjä 100 asteen kulmalla, pohjehyppyjä, polven koukistusliikkeitä, jalkaprässin, varpailenousuja. Lisäksi henkilöt tekivät kahta eri plyometristä harjoitusta sekä kahta eri intervalliharjoitusta: 4x4 min ja 3x3x100 m. Esikevennyshypyn ja isometrisen sekä dynaamisen jalkaprässin tulokset paranivat sekä miehillä että naisilla. Parannukset eivät kuitenkaan ole kovin suuria verrattuna kirjallisuuden kertomiin pelkän voimaharjoittelun vasteisiin. Kolmen kilometrin juoksutestissä aika parani miehillä keskimäärin 19 s ja naisilla 17 s. Kuitenkin on syytä ottaa huomioon, mitä ei-tilastolliset erot merkitsevät. Urheilijoillekin pieni ei-tilastollisesti merkitsevä parannus voi olla suurikin kehitys.

### **3.3 Voimaharjoitusesimerkkejä eliittitason kestävyysurheilijoille**

Luennoitsija: Prof. Iñigo Mujika

Mikäli urheilija harjoittaa voimaominaisuuksiaan oikein, todennäköisyys kilometrin ja neljän kilometrin juoksun keskitehon parantamiselle on 99 %. Voimaharjoittelulla voidaan parantaa taloudellisuuden lisäksi muun muassa loppukirikapasiteettia.

Usein tutkimuksissa, joissa yhdistetty harjoittelu on todettu pelkkää kestävyysharjoittelua kehittävämmäksi, ovat koehenkilöt harjoitelleet eri määrän. Tällöin suurempi parannus on

voitu selittää suuremmalla harjoittelun määrällä. Mujika esitteli vuonna 2015 Rønnestadin toteuttaman tutkimuksen, jossa molemmat ryhmät (kestävyys ja voima+kestävyys) harjoittelivat määrällisesti saman verran. Voima-kestävyysryhmän suurempaa kehitystä ei voitu tällöin selittää runsaammalla harjoittelulla vaan erolla harjoittelun painopisteissä. Tutkimuksessa monet ominaisuudet paranivat: muun muassa teho laktaattikynnyksellä, pyörän polkimeen kohdistettu voiman piikki aikaistui sekä 40 minuutin aika-ajo tulos parani.

Keskivartalolle olisi syytä suorittaa koko kauden ja joka päivä ylläpitävää voimaharjoittelua. Mujika esitteli symposiumissa hänen runkonsa triathlonistien voimaharjoittelua varten. Alkukaudesta Mujikan mukaan painopisteenä on 8-12 viikon ajan perusvoimaharjoittelu (general strength: 2-3 sarjaa x 16–24 toistoa, 30–40 % 1 RM). Perusvoimatasojen nostosta siirrytään hypertrofiseen voimaharjoitteluun (2 sarjaa, 8 toistoa, 75–80 % 1 RM) ja tätäkin ominaisuutta painotetaan 8-12 viikon ajan. Kilpailukauden lähestyessä siirrytään maksimivoimaharjoitteluun (3 sarjaa, 3-5 toistoa, 90–95 % 1 RM), jolla haetaan räjähtävyyttä ja parempia rekrytointiominaisuuksia. Voimaharjoitus tehdään kaksi kertaa viikossa kehityksen varmistamiseksi.

Mujikan esittelemän tutkimuksen mukaan venyttely ei estänyt lainkaan vammautumista. Tasapainoharjoittelu ehkäisi jonkin verran. Suurin ennaltaehkäisyprosentti saatiin voimaharjoittelun avulla. Tämä tutkimus oli suoritettu vuonna 2014. Mujikan mukaan, mikäli urheilija sanoo tarvitsevansa voimaharjoittelua, hän todella tarvitsee sitä. Jo kymmenen viikon voimaharjoittelujakson on havaittu saavan aikaan huima kehitys triathlon-urheilijoilla.

### **3.4 Ylävartalon voiman merkitys maastohiihdossa**

Luennoitsija: Prof. Vesa Linnamo

Ylävartalon voiman merkitys murtomaahiihdossa on korostunut vuosien kuluessa. Tasatyönön tekniikka on kehittynyt vuosien aikana. Tekniikka on kehittynyt niin tehokkaaksi, että tänä vuonna 15 km perinteinen voitettiin tasatyönöllä.

Tasatyöntötekniikan tutkimiseksi ja kehittämiseksi on Vuokatin hiihtotunneleissa tehty lukuisia testejä. Sauvavoimien analysointiin on jo olemassa erilaisia mittareita, joiden avulla voidaan analysoida sauvomistekniikkaa. Muun muassa Vuokatin 1150 metrin tunnelitestissä väsymystä havaittiin horisontaalisessa sauvavoimassa. Horisontaalinen voima oli lopussa merkittävästi vähentynyt testin alkuun verrattuna. Vertailussa oli myös tehon ja nopeuden eri muuttujat.

Lyhemmän matkan tekniikkatestissä perinteinen hiihtotyyli on havaittu tasatyöntöä nopeammaksi. Tutkittu matka oli 37,5 metriä. Tasatyöntäjät käyttivät kylläkin enemmän voimaa, mutta näin lyhyt matka ei riittänyt nopeuden kasvattamiseen. Perinteisen tyylin hiihtoryhmän nopeuden selittää tasatyöntöryhmää suurempi horisontaali-impulssi. Vuokatissa on lisäksi testattu muun muassa paralympics-hiihtäjien ylävartalon voimankäyttöä. Tutkimukset ovat osoittaneet, että lantion kulma on keskeisessä roolissa ylävartalon voimantuoton ja hiihtonopeuden kannalta.

### **3.5 Voiko yhdistelmäharjoittelu olla nuorten alppihiihtäjien vihollinen?**

Luennoitsija: Prof. Stefan Lindinger

Alppihiihto on hyvin hankala tekninen laji. Alppihiihdolle tyypillistä ovat kylmät ja korkeat olosuhteet, jotka luovat oman haasteensa niin urheilijoille kuin testaajillekin. Noin 65 % kokonaisenergiantuotosta tapahtuu anaerobisen aineenvaihdunnan kautta.

Lajisuorituksessa kontaktivoima on yli 3000 N luokkaa. Kilpailusuorituksia on kaksi, jotka ovat kumpikin kestoltaan 45–60 s. Laktaattikonsentraatio pyörii lukemissa 7,6–13,6 mmol/l. Teholtaan suoritus on 65–80 % VO<sub>2</sub>max. Lajisuoritus perustuu pääosin isometriseen voimantuottoon, mutta tärkeässä roolissa on myös vaativa eksentrisen vaihe käänöksissä. Tämä tekijä usein erottelee jyvät akanoista. Vaativat käänökset edellyttävätkin taitavaa tekniikkaa ja runsaasti koordinaatioharjoittelua, mitkä dominoivatkin alppihiihtäjän harjoittelussa. Voima- ja kestävyysharjoittelu tukee näitä ominaisuuksia. Kestävyysominaisuuksista aerobinen

kunto ei varsinaisesti vaikuta itse suoritukseen, mutta aerobisen kapasiteetin merkitys korostuikin palautumisvaiheessa. Anaerobinen kunto korreloi paremmin alppihiihtäjän suorituskyvyn kanssa.

Lindingerin esittelemässä tutkimuksessa koehenkilöihin kuului 33 alppihiihtäjää, joista 12 oli naisia ja 21 miehiä. Koehenkilöt olivat taitavia kansallisen tai kansainvälisen tason kilpailijoita, iältään nuoria (keskiarvo 16,4). VO<sub>2</sub>max oli heillä keskimäärin 60,1 ml/kg/min. Koehenkilöt jaettiin kolmeen 11 hengen ryhmään. Jokainen ryhmä toteutti HIT (high intensity train) -harjoituksen pyörällä. Harjoitus oli intervallityyppinen, jossa poljettiin neljä kertaa neljän minuutin tehojakso. Ero ryhmien välillä tuli voimaharjoituksen tyyppissä. Ensimmäinen ryhmä teki hypertrofista voimaharjoittelua, toinen maksimivoimaharjoittelua ja kolmas samanlaisen maksimivoimaharjoittelun lisäksi hyppyharjoitteita maksimivoimaharjoitteeseen yhdistettynä. Maksimivoimaharjoitteissa sarjat suoritettiin 97–100 % 1 RM kuormalla toistojen ollessa yhdestä kolmeen kappaletta.

Kestävyys suorituskykyä testattiin VO<sub>2</sub>max -testillä sekä 3-portaisella kestävyystestillä. 3-portainen kestävyystesti perustui 8 minuutin jälkeen tapahtuviin kuorman nostoihin. Ensimmäinen kuorma suoritettiin teholla 50 % VO<sub>2</sub>max:sta, toinen 70 % VO<sub>2</sub>max:sta ja viimeinen 95 % VO<sub>2</sub>max:sta. Poikkipinta-ala määritettiin ultraäänien avulla vastus lateraliksesta sekä rectus femoriksesta. Lisäksi suoritettiin erilaisia hyppy-, maksimivoima- ja tehotestejä. Voimamittausmenetelmänä käytettiin isokineettistä jalkaprässiä, jossa käytettiin lajinomaisia kulmanopeuksia.

Hypertrofinen ryhmä oli ainoa, jossa havaittiin tilastollisesti merkittävä kehitys poikkipinta-alan kasvussa. Lisäksi hypertrofinen ryhmä oli ainoa, jossa hyppyjen kehityksessä havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero. VO<sub>2</sub>max:n kasvussa ei ollut yleisesti tilastollisesti merkitseviä eroja. Tietysti oli muutamia yksilöitä, jotka olivat onnistuneet saavuttamaan merkitsevän progression.

## **4 YHDISTETYN HARJOITTELUN VAIKUTUKSET SUORITUSKYKYYN YLEISURHEILJOILLA SEKÄ VOIMISTELIJOILLA**

### **4.1 Voimaharjoittelun merkitys lyhyen ja keskimatkan juoksijoiden suorituskykyyn**

Luennoitsija: Prof. Antti Mero

Mero nosti esiin eliittijuoksijoiden ja suomalaisten hyvän kansallisen tason juoksijoiden 100 m eron taustalla olevia tekijöitä. Kontaktin aikana vertikaali- ja horisontaalivoimien erot olivat noin 20 – 30 % luokkaa. 100 m juostaan nopeudella 9,96 m/s kontaktiajan ollessa 94 ms, 400 m juostaan nopeudella 6,37 m/s kontaktiajan ollessa 152 ms. Suurin ero tulee kontaktiajan pituudesta eikä niinkään keskimääräisen vertikaalivoiman suuruudesta. Taloudellisuudessaakin on suuri ero eliittien ja kansallisen tason välillä. Taloudellisuuden kannalta olisi optimaalista, että askel osuu 20 cm päähän kehon painopisteestä.

Kestävyysurheilijoiden harjoittelu käyttää pääosin hitaita lihassoluja. Joissain voimaharjoituksissa nopeiden lihassolujen aktivointi voi osoittautua rajoittavaksi tekijäksi. Intervalliharjoittelu aktivoi myös tyypin 2 lihassoluja, mutta ei ole harjoittelussa kuitenkaan kovin suuressa roolissa. Voimaharjoittelu voi johtaa epätasapainoon lihassolujen ja hiussuoniston välillä. Kestävyysurheilijalle on tärkeää, että hiussuonet avautuvat ja helpottavat verenvirtausta.

Kestävyysurheilijan kaudelle mahtuu monia painopistealueita. Meron luennon mukaan alkukaudesta pyritään kasvattamaan perusvoimatasoja hypertrofisen harjoittelun mallia noudattaen 2-4 viikon ajan. Tätä vaihetta seuraa 6-8 viikon mittainen maksimivoimajakso. Maksimivoimajakson jälkeen urheilijasta lähdetään hakemaan tehoa irti noin neljän viikon tehoharjoittelun avulla. Kun kausi alkaa lähestyä keskitytään nopeuden hakemiseen 4-6 viikon ajan nopeusvoimaharjoittelulla. Tämän jälkeen painopisteenä on nopeuskestävyys vielä noin 2-4 viikon ajan. Voimaharjoittelu on kestävyysurheilijoilla vain noin 5-10 % roolissa suhteessa koko harjoittelun määrään. Sprinttereillä noin 40 % harjoittelusta on voimaharjoittelua. Monipuoli-



sessä ja runsaassa voimaharjoittelussa korostuukin jaksottamisen tärkeys. Hyvä esimerkki painopisteiden jaksottamisesta sprintterin viikolle löytyy taulukosta 1.

Taulukko 1: Esimerkki painopisteiden jaksottamisesta sprintterin harjoitusviikolla

Viikonpäivä	Painopiste
Maanantai	Tekniikka
Tiistai	Nopeus
Keskiviikko	Voima-Nopeuskestävyys (yhdistelmä)
Torstai	Palautus
Perjantai	Nopeuskestävyys-Voima (yhdistelmä)
Lauantai	Aerobinen kestävyys
Sunnuntai	Palautus

## 4.2 Kuinka optimoida taitoharjoittelu yhdistelmäharjoittelun kanssa

Luennoitsija: Dr. Sami Kalaja

Kalaja nosti esille kananmunaesimerkin motorisesta oppimisesta. Kun veden keittää, se jäähtyy takaisin alkuperäiseen lämpötilaansa. Tällöin ei ole syntynyt mitään pysyvää. Oppimista ei ole tapahtunut. Kun kiehuvaan veteen upotetaan kananmuna, kananmunan rakenne muuttuu pysyvästi. Tätä pysyvää muutosta Kalaja vertasi oppimiseen.

Taitojen oppimisen taustalta löytyy toistoja, variaatioita ja paljon palautetta. Nämä taidon oppimisen peruselementit vaativat paljon aikaa ja huomiota. Niin viulunsoitossa kuin kestävyysurheilussakin 10 000 tuntia vaaditaan taidon oppimiseen. Yksilötasolla eroja totta kai löytyy, mutta tutkimuksien mukaan luonnonlahjakkuuksia ei ole. Variaatioihin Kalaja suosittelee yllättävän tiheää sykliä. On riittävää, että 3 kertaa suorittaa jonkin liikkeen samalla tavoin, jonka jälkeen pitäisi jonkin variaation jo tapahtua. Palautetta olisi hyvä antaa joka viidennen suorituksen jälkeen. Taitoharjoittelussa variaatiot ja palautteen anto on vielä mahdollisia, mutta kestävyysurheilussa nämä vaatimukset ovat oma haasteensa.

Oppimisen malli voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen: kognitiiviseen, assosiatiiviseen ja automaattiseen (Fitts & Posner malli). Kognitiivinen vaihe sisältää paljon variaatioita, virheitä sekä ongelmanratkaisua. Assosiatiivisessa vaiheessa erehdysten määrä vähenee ja kehittymistä tapahtuu portaittain. Assosiatiivinenkin vaihe vaatii paljon harjoittelua, jotta päästään automaattiseen vaiheeseen, jossa liikkeen/taidon suorittaminen tapahtuu tiedostamatta. Liike automatisoituu. Oppimista on silloin tapahtunut. Automatisoitunut taito on tässä vaiheessa helppoa siirtää uuteen ympäristöön ja soveltaa. Oppimisen alkuvaiheessa ei saa missään tapauksessa tinkiä laadusta. On hankala korjata väärin opittua taitoa.