

**YHDISTETTY KESTÄVYYS- JA VOIMAHARJOITTELU:
ERITYISESTI HARJOITUSJÄRJESTYKSEN VAIKUTUS
FYYSISEEN SUORITUSKYKYYN JA HORMONIPITOI-
SUUKSIIN**

Ville Rinta-Hiiri

Liikuntafysiologia
Kandidaatin tutkielma
LFYA005
Kevät 2013
Liikuntabiologian laitos
Jyväskylän yliopisto
Ohjaaja: Antti Mero

TIIVISTELMÄ

Rinta-Hiiri, Ville 2013. Yhdistetty kestävyys- ja voimaharjoittelu: erityisesti harjoitusjärjestyksen vaikutus fyysiseen suorituskyykyyn ja hormonipitoisuuksiin. Liikuntafysiologian kandidaatin tutkielma. Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto. 39 s.

Johdanto. Monet kuntoilijat ja urheilijat käyttävät harjoittelussaan sekä kestävyys- että voimaharjoittelua. Tässä tutkimuksessa tutkittiin saman harjoituksen aikana toteutettujen kestävyys- ja voimaharjoitusosioiden järjestyksen vaikutusta maksimaaliseen hapenottokykyyn (VO_{2max} :iin), maksimivoimaan sekä hormonien lepopitoisuuksiin.

Menetelmät. Tähän tutkimukseen osallistui 42 aiemmin vähän harjoitellutta miestä. Tutkimuksessa loppuun asti mukana oli kuitenkin 30 koehenkilöä, jotka oli jaettu kahteen ryhmään. Ryhmä E+S (n=14, ikä $28,7 \pm 5,5$ vuotta) harjoitteli harjoituksissa ensin kestävyysosion (E) ja 10 minuutin tauon jälkeen voimaosion (S). Ryhmä S+E (n=16, ikä $29,8 \pm 4,7$ vuotta) harjoitteli muuten identtisesti, mutta voimaosio suoritettiin ennen kestävyysosiota. Harjoittelu kesti yhteensä 12 viikkoa ja se sisälsi kaksi harjoituskertaa viikossa. Sekä kestävyys- että voimaharjoittelun intensiteetti nousivat progressiivisesti harjoitusviikkojen kuluessa. Mittaukset suoritettiin ennen ja jälkeen harjoittelujakson. VO_{2max} -mittaukset suoritettiin polkupyöräergometrillä, suoralla maksimaalisen hapenottokyvyn testillä. Maksimivoimatesteissä mitattiin yhden toiston maksimi (one repetition maximum = 1RM) seuraavista suorituksista: dynaaminen ja isometrinen jalkojen ojennus sekä isometrinen polven ojennus, polven koukistus ja pystypunnerrus. Seerumin lepo hormonipitoisuudet määritettiin 12 tunnin paaston jälkeen. Hormoneista analysoitiin testosteroni ja kortisoli.

Tulokset. VO_{2max} kehittyi ryhmässä S+E merkitsevästi ($8,2 \pm 8,7$ %; $p \leq 0,01$). Polkemisen maksimiteho sitä vastoin kehittyi molemmissa ryhmissä merkitsevästi (E+S: $6,4 \pm 9,2$ %; $p \leq 0,05$ ja S+E: $10,0 \pm 6,9$ %; $p \leq 0,001$). Maksimivoimissa merkitsevä kehitys havaittiin kummankin ryhmän isometrisessä jalkojen ojennuksessa (E+S: $13,4 \pm 12,9$ %; $p \leq 0,01$ ja S+E: $8,9 \pm 12,5$ %; $p \leq 0,05$) sekä ryhmässä S+E dynaamisessa jalkojen ojennuksessa ($11,5 \pm 7,4$ %; $p \leq 0,001$) ja polven koukistuksessa ($9,9 \pm 13,8$ %; $p \leq 0,05$). Kokonaistestosteronipitoisuus (E+S: $17,0 \pm 21,1$ %; $p \leq 0,01$ ja S+E: $29,4 \pm 32,0$ %; $p \leq 0,01$) sekä testosteroni-kortisoli -suhde (E+S: $17,8 \pm 24,9$ %; $p \leq 0,05$ ja S+E: $47,6 \pm 57,7$ %; $p \leq 0,01$) olivat merkitsevästi suurempia loppumittauksissa kummassakin ryhmässä. Kortisolipitoisuuksissa ei ollut eroja mittausten välillä. Missään tämän tutkimuksen muuttujan arvon prosentuaalisessa muutoksessa ei havaittu merkitseviä eroja ryhmien välillä.

Pohdinta ja johtopäätökset. Tutkimuksessa havaittiin, että kestävyys- ja voimaominaisuuksia voidaan kehittää yhtäaikaaisesti ainakin aiemmin harjoittelemattomilla koehenkilöillä. Lisäksi lepotilan testosteronipitoisuuden nousu kertoi mahdollisesta kohentuneesta anabolisesta tilasta 12 viikon harjoittelun seurauksena. Ryhmien kehityksessä ei sen sijaan havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja missään tämän tutkimuksen muuttujassa, joten yhdistetyn harjoittelun harjoitusjärjestyksellä ei voitu sanoa olevan merkitystä kestävyys- ja voimaominaisuuksien kehittymiseen tai testosteronin ja kortisolin lepopitoisuuksiin.

Avainsanat: yhdistetty kestävyys- ja voimaharjoittelu, VO_{2max} , maksimivoima, testosteroni, kortisoli.

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO	4
2 KIRJALLISUUSKATSAUS	5
2.1 Fyysisen harjoittelun fysiologiset vasteet	5
2.1.1 Kestävyysharjoittelu.....	6
2.1.2 Voimaharjoittelu	8
2.1.3 Yhdistetty kestävyys- ja voimaharjoittelu.....	9
2.2 Hormonit ja fyysinen harjoittelu	12
2.2.1 Hormonit	12
2.2.2 Fyysisen harjoittelun akuutit hormonaaliset vasteet	14
2.2.3 Fyysisen harjoittelun pitkäaikaiset hormonaaliset vasteet	16
3 TUTKIMUSONGELMAT JA -HYPOTEEESIT.....	17
4 MENETELMÄT	19
4.1 Tutkimusasetelma	19
4.2 Koehenkilöt.....	19
4.3 Harjoittelu	20
4.4 Aineiston keräys.....	22
4.5 Aineiston analysointi.....	24
4.6 Tilastolliset menetelmät	24
5 TULOKSET	26
5.1 VO_{2max}	26
5.2 Maksimivoima	27
5.3 Hormonipitoisuudet	29

6 POHDINTA	31
6.1 VO _{2max}	31
6.2 Maksimivoima	32
6.3 Hormonipitoisuudet	33
6.4 Johtopäätökset	35
7 LÄHTEET	37

1 JOHDANTO

Yhdistettyä kestävyys- ja voimaharjoittelua käyttävät monet eri urheilulajien edustajat ja se on suosittua myös tavallisten kuntoilijoiden keskuudessa. Tavoitteena yhdistetyssä harjoittelussa on kehittää yhtäaikaisesti sekä kestävyyttä että voimaa. Tutkimusten mukaan kummankin ominaisuuden yhtäaikainen kehittäminen ei kuitenkaan ole ongelmallista ja monesti suorituskyvyn kehittyminen yhdistetyn harjoittelun avulla on heikompaa kuin kestävyys- ja voimaominaisuuksia erikseen harjoitettaessa. Varsinkin voiman kehittyminen yhdistetyn harjoittelun avulla on monissa tutkimuksissa ollut heikompaa kuin pelkän voimaharjoittelun avulla (Hickson 1980; Dudley & Djamil 1985; Kraemer ym. 1995; Bell ym. 2000). Vaikka suorituskyvyn kehittyminen ei olekaan optimaalista, yhdistetyllä harjoittelulla on kuitenkin mahdollista kehittää kumpaakin ominaisuutta, varsinkin jos harjoittelu ei ole liian kuormittavaa ja harjoittelijoina on aiemmin vähän harjoitelleita henkilöitä.

Yhdistetyllä harjoittelulla saavutettu mahdollisesti heikompi suorituskyvyn kehittyminen saattaa johtua ainakin kestävyys- ja voimaharjoittelun erilaisista, osin jopa päinvastaisista adaptaatioista lihaksissa. Tämä on seurausta harjoitusadaptaatioiden spesifisestä luonteesta. Kestävyysharjoittelu kehittää pääasiassa aerobista suorituskykyä, kun taas voimaharjoittelun suorituskykyä kohentavat vaikutukset kohdistuvat anaerobiseen systeemiin. Eräs kestävyys- ja voimaharjoittelun adaptaatioita välittävä tekijä on hormonit. Harjoittelun hormonaaliset vasteet saavat aikaan muutoksia kehossa. Kestävyys- ja voimaharjoittelun osin erilaiset hormonaaliset vasteet saattavatkin olla yksi osatekijä näiden kahden harjoittelumuodon haasteellisessa yhteensovittamisessa.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia yhdistettyä kestävyys- ja voimaharjoittelua, jossa kestävyys- ja voimaharjoitus toteutetaan saman harjoituksen aikana. Tavoitteena oli selvittää, onko kestävyys- ja voimaharjoitusten järjestyksellä vaikutusta suorituskykyyn (VO_{2max} ja yhden toiston maksimi = one repetition maximum = 1RM) ja hormonien lepopitoisuuksiin miehillä 12 viikkoa kestävässä harjoittelun seurauksena. Näin voidaan saada lisää tietoa yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun optimaalisesta toteuttamisesta.

2 KIRJALLISUUSKATSAUS

2.1 Fyysisen harjoittelun fysiologiset vasteet

Fyysisen harjoittelun perussääntönä voidaan pitää sitä, että harjoittelu vaikuttaa suorituskyykyä kohottavasti silloin kun harjoittelun kuormitus ylittää tavallisista päivittäisistä aktiviteeteista ja toiminnoista aiheutuvan kuormituksen. Harjoittelun vasteet ovat luonteeltaan spesifisiä. Harjoittelemalla nopeutta tai voimaa adaptaatiot ovat erilaisia kuin kestävyyttä harjoittelemalla. Harjoittelun vaikutukset myös kohdistuvat eniten niihin lihaksiin, joita harjoittelussa käytetään. Juoksemalla suoritettu harjoittelu parantaakin suorituskyykyä parhaiten juoksussa, eikä suoranaisesti esim. uinnissa tai pyöräilyssä. Harjoittelun hyödyt kuitenkin menetetään melko nopeasti, ellei harjoittelua jatketa. Yhden harjoituksen hyöty saatetaan menettää muutaman päivän harjoittelemattomuuden jälkeen. Liiallinen kuormitus harjoittelussa taas aiheuttaa suorituskyyvyn heikkenemistä, jolloin voidaan puhua yliharjoittelusta. Harjoituksesta palautumiseen onkin annettava tarpeeksi aikaa, jotta hyödylliset adaptaatiot voivat tapahtua. (Maughan ym. 1997, 177 - 178.)

Fyysisen harjoittelun aiheuttamat vasteet riippuvat esim. harjoituksen intensiteetistä ja kestosta, harjoittelun tyypistä, harjoituskertojen frekvenssistä eli useudesta, perinnöllisistä tekijöistä sekä aiemmasta harjoittelustaustasta tai aktiivisuudesta (Maughan & Gleeson 2004, 44 - 45). Harjoittelulla on sekä keskeisiä (esim. sydän), että paikallisia (esim. yksittäinen lihas) vaikutuksia. Kestävyysharjoittelun huomattavimmat vaikutukset lihaksiin ovat oksidatiivisen kapasiteetin ja kapillaarien määrän lisääntyminen. Voimaharjoittelu taas vaikuttaa pääasiassa lihaksen kokoon (poikkipinta-ala) ja sen voimantuotto-ominaisuuksiin. (Maughan ym. 1997, 177.)

Lihaksen ominaisuudet riippuvat osaltaan sen lihassolujakaumasta, sillä lihas sisältää eri solutyyppejä, jotka poikkeavat ominaisuuksiltaan. Lihaksen solutyypit voidaan jakaa kolmeen eri pääluokkaan, joita ovat I, IIa ja IIb. Tyypin I lihassolut sisältävät runsaasti myoglobiinia ja mitokondrioita ja niillä onkin korkea oksidatiivisen aineenvaihdunnan kapasiteetti. Tyypin I lihassolut supistuvat hitaasti, eivätkä tuota paljon voimaa, ja ne

myös väsyvät hitaasti. Paljon tyypin I lihassoluja sisältävä lihas suoriutuukin hyvin aerobista energiantuottoa vaativista suorituksista. Tyypin IIB lihassolut taas sisältävät paljon glykogeeniä ja kreatiinifosfaattia. Niillä onkin korkea anaerobinen kapasiteetti, ne supistuvat nopeasti ja tuottavat paljon voimaa, mutta myös väsyvät nopeasti. Tyypin IIA lihassolujen ominaisuudet ovat I:n ja IIB:n välillä. (Maughan ym. 1997, 10 - 14.)

Henkilön fyysistä suorituskykyä voidaan arvioida erilaisilla mitattavilla suureilla. Kestävyys suorituskykyä arvioimaan voidaan käyttää VO_{2max} -arvoa, jolla tarkoitetaan maksimaalista hapenkulutusta tai maksimaalista aerobista kapasiteettiä. VO_{2max} määritetään yleensä nousevan kuormituksen kestävyys suorituksella, joka suoritetaan uupumukseen asti. VO_{2max} -arvoa voidaan käyttää arvioimaan henkilön kapasiteettiä ATP:n uudelleenmuodostukseen. (McArdle ym. 2007, 171.) Jokaisella henkilöllä on taso, jota enempää happea ei pysty kuluttamaan. Useimmiten rajoittava tekijä hapenkulutuksessa on sydämen kyky pumpata riittävästi happipitoista verta lihaksille. VO_{2max} -tasolla suoritettavaa harjoittelua ei voida yhtäjaksoisesti suorittaa muutamaa minuuttia pidempään. (Maughan & Gleeson 2004, 118.) Maksimaalista voimantuottokykyä arvioimaan voidaan taas käyttää 1RM-arvoa, jolla tarkoitetaan yhden toiston maksimia eli mikä on suurin kuorma, jolla henkilö kykenee suorittamaan yhden toiston tietyssä voimaharjoitusliikkeessä (McArdle ym. 2007, 511).

2.1.1 Kestävyys harjoittelu

Kestävyys harjoittelun aiheuttamat adaptaatiot parantavat aerobista suorituskykyä, kuten VO_{2max} -arvoa ja laktaattikynnystä. Toisaalta, kestävyys harjoittelu saattaa heikentää anaerobista suorituskykyä sekä lihaksen maksimaalista voimantuottokykyä. (Tanaka & Swensen 1998.)

Huipputason kestävyys- ja voimaurheilijoilla on erilaiset lihassolujakaumat. Kestävyysurheilijoiden lihakset sisältävät enemmän tyypin I lihassoluja. Kestävyys harjoittelu ei kuitenkaan juuri aiheuta muutoksia lihassolujakaumassa. Ainoastaan tyypin IIB lihassoluja voi muuttua pienissä määrin tyypin IIA lihassoluiksi, mikä saattaa olla yksi ainoista samankaltaisista lihasadaptaatioista kestävyys- ja voimaharjoittelussa. Huipputa-

son kestävyysurheilijoiden suosiollinen lihassolujakauma johtuukin pääasiassa perinnöllisistä tekijöistä. (Maughan ym. 1997, 187.) Kestävyysharjoittelu aiheuttaa lihaksissa monia adaptaatioita, joista merkittävimmät on listattu taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Kestävyysharjoittelun aiheuttamia adaptaatioita lihaksissa (mukaeltu lähteestä Maughan ym. 1997, 178).

-
- Valikoiva hypertrofia tyypin I lihassoluissa
 - Kapillaarien määrän lisääntyminen suhteessa lihassolujen määrään
 - Myoglobiinipitoisuuden lisääntyminen
 - Suurempi mitokondrioiden koko ja lukumäärä
 - Mitokondrioiden korkeampi kapasiteetti muodostaa ATP:tä oksidatiivisessa fosforylaatiossa
 - Korkeampi hiilihydraatin ja rasvan oksidatiivinen kapasiteetti
 - Korkeampi riippuvuus rasvasta energianlähteenä
 - Glykokeenin ja triglyseridien suurempi pitoisuus
 - Korkeampi kestävyyskapasiteetti
-

Kestävyysurheilijoilla on tutkimuksissa havaittu hypertrofiaa tyypin I lihassoluissa. Myös kapillaaritiheys lisääntyy kestävyysharjoittelun johdosta. Tämä voidaan ilmaista kapillaarien määrällä lihassolua kohti tai kapillaarien määrällä lihaksen pinta-alaa kohti. Lisääntynyt kapillaaritiheys johtaa suurempaan verenvirtaukseen lihaksissa ja täten tehokkaampaan hapen ja muiden aineiden vaihtoon, sillä kapillaarit tarjoavat pinnan aineiden vaihdolle lihaksen ja veren välillä. (Maughan ym. 1997, 178 - 186.)

Hapen varastojana ja sen diffuusion avustajana toimivan myoglobiinin pitoisuus saattaa kestävyysharjoittelun seurauksena lisääntyä, mutta tämä on havaittu vain eläimillä tehdyissä kokeissa. Myös harjoitettujen lihasten mitokondrioiden koko, lukumäärä ja niiden kalvon pinta-ala kasvavat harjoittelun myötä. Mitokondrioilla on harjoittelun johdosta myös suurempi kapasiteetti tuottaa ATP:tä aerobisesti oksidatiivisellä fosforylaatiolla. Lisäksi kestävyysharjoittelun seurauksena glykokeenin ja triglyseridien pitoisuus sekä korkeampi hiilihydraattien ja rasvojen oksidatiivinen kapasiteetti lisääntyvät, joten lihasten energiansaanti lisääntyy. (Maughan ym. 1997, 178 - 186.)

Kestävyysharjoittelulla on myös monia muita kuin pelkästään lihaksiin kohdistuvia fysiologisia adaptaatioita, kuten vaikutukset sydän- ja verenkiertoelimistöön sekä hengityselimistöön (Maughan ym. 1997, 190 - 192). Kestävyysharjoittelu esim. lisää veren ja hemoglobiinin määrää (Åstrand ym. 1986, 349 - 354).

2.1.2 Voimaharjoittelu

Perinteinen painoilla suoritettava voimaharjoittelu aiheuttaa adaptaatioita lyhyen ajan energiankäyttösystemeissä ja parantaa lihaksen voimantuotto-ominaisuuksia (esim. 1RM). Tämän johdosta anaerobinen suorituskyky kehittyy, jolloin voidaan suorittaa lyhyitä, korkean intensiteetin suorituksia pidempään ja kovemmalla teholla. Voimaharjoittelu voi vaikuttaa suosiollisesti myös aerobiseen suorituskykyyn, joskin vaikutukset ovat vähäisiä. (Maughan ym. 1997, 196 - 201.) Voimaharjoittelun pääasialliset vaikutukset lihaksiin ja sen tärkeimpiä adaptaatioita on listattu taulukossa 1.

TAULUKKO 2. Voimaharjoittelun aiheuttamia adaptaatioita lihaksissa (mukaeltu lähteestä Maughan ym. 1997, 196).

-
- Lihassolujen hypertrofia
 - Suurempi lihasten poikkipinta-ala
 - Suurempi kreatiinifosfaatti- ja glykogeenipitoisuus
 - Suurempi glykolyyttinen kapasiteetti
 - Suurempi voima- tai muun korkean intensiteetin harjoittelun kapasiteetti
 - Pienempi mitokondrioiden ja kapillaarien tiheys
 - Lihasten parempi puskurointikapasiteetti
-

Voimaharjoittelua aloittavilla ei ensimmäisten viikkojen aikana yleensä tapahdu lihaksen koon kasvua, vaikka lihaksen tuottama voima lisääntyikin. Tämä voimantuottokyvyn lisääntyminen johtuukin hermoston fasilitaatiosta, jolloin motoriset yksiköt ja lihasryhmät aktivoidaan tehokkaammin. Myöhempien viikkojen aikana myös lihasten hypertrofiaa esiintyy yhdessä voimantuottokyvyn kohentumisen kanssa. (Maughan ym. 1997, 196 - 201.) Poikkipinta-alan kasvua tapahtuu tyyppin 1 ja varsinkin tyyppin 2 lihaksissa. Tyyppin 2 lihasten suurempi hypertrofia kertoo niiden suuremmasta osuudesta voimahar-

joittelun adaptaatioissa. Immobilisaatio taas aiheuttaa lihasten atrofiaa sekä tyypin 1, että tyypin 2 lihaksissa, suuremman atrofian esiintyessä kuitenkin tyypin 2 lihaksissa. Voimaharjoittelu ei aiheuta isoja muutoksia lihassolujakaumassa, osa tyypin IIb lihassoluista saattaa kuitenkin muuttua tyypin IIa lihassoluiksi. (MacDougall 1986.) Myös lihaksen anaerobisen voimantuoton kapasiteetti kohenee ja anaerobisessa voimantuotossa tärkeiden aineiden, ATP:n, kreatiinfosfaatin ja glykokeenin pitoisuudet kohoavat. Mitokondrioiden ja kapillaarien määrä sitä vastoin saattaa pysyä samana, mutta niiden suhteellinen osuus pienenee lihaksen koon kasvaessa. Lihaksen paremman puskurointikapasiteetin johdosta taas havaitaan suuremmat laktaattipitoisuudet veressä, mikä osaltaan kertoo anaerobisen suorituskyvyn kehittymisestä. (Maughan ym. 1997, 196 - 201.)

2.1.3 Yhdistetty kestävyys- ja voimaharjoittelu

Yhdistettyä kestävyys- ja voimaharjoittelua käytetään useiden urheilulajien harjoittelussa ja myös esim. sotilaiden koulutuksessa, jossa tavoitteena on hankkia samalla kestävyyttä sekä voimaa (Kraemer ym. 1995). Haasteena yhdistetyssä kestävyys- ja voimaharjoittelussa on oikeanlaisen harjoitusohjelman käyttäminen, sillä molempien ominaisuuksien yhtäaikaista kehittäminen ei ole ongelmattonta kestävyys- ja voimaharjoittelun osin erilaisista adaptaatioista johtuen (Leveritt ym. 1999).

Hicksonin (1980) tutkimuksessa yhdistetty kestävyys- ja voimaharjoittelu oli kestoltaan 10 viikkoa ja sen aikana yhdistetyn harjoittelun ryhmä suoritti viikossa 5 voimaharjoitusta ja 6 kestävyysharjoitusta. Vertailuryhmänä tutkimuksessa oli pelkän kestävyysharjoittelun ja pelkän voimaharjoittelun ryhmät. Yhdistetyn harjoittelun ryhmän VO_{2max} kehittyi yhtä paljon kuin pelkän kestävyysharjoittelun ryhmässä, mutta maksimivoiman kehittyminen oli heikompaa kuin pelkän voimaharjoittelun ryhmässä. Heikompi maksimivoiman kehittyminen yhdistetyn harjoittelun ryhmässä saattoi tässä tutkimuksessa johtua mahdollisesti yliharjoittelusta, sillä tutkimuksessa suoritettua 11 fyysisesti raskasta harjoitusta viikossa saattoi olla liian suuri määrä.

On mahdollista, että yhdistetty kestävyys- ja voimaharjoittelu ei kehitä yhtä hyvin voimantuottokykyä kuin voimaharjoittelu yksistään. Tätä tukevat monet tutkimustulokset

(Hickson 1980; Dudley & Djamil 1985; Kraemer ym. 1995; Bell ym. 2000). Syyt tähän eivät ole selviä. On kuitenkin olemassa sekä krooninen, että akuutti hypoteesi. Kroonisen hypoteesin mukaan yhdistetty harjoittelu aiheuttaa tilanteen, jossa lihakset yrittävät sopeutua kumpaankin harjoittelumuotoon. Optimaalinen adaptaatio ei kuitenkaan ole mahdollista, sillä kestävyys- ja voimaharjoittelun adaptaatiot ovat jopa päinvastaisia. Akuutin hypoteesin mukaan suoritetun kestävyysharjoittelun aiheuttama väsymys heikentää suoritettavaa voimaharjoittelua. Tällaisia mahdollisesti väsymistä aiheuttavia tekijöitä voivat olla esim. lihasten vaurioituminen ja glykogeenin puutos. Myös erilaisien aineenvaihduntatuotteiden (esim. laktaatti) kasaantuminen tai energia-aineiden (esim. ATP) puutos voivat olla syynä väsymiseen. Myös liiallinen harjoittelu saattaa olla mahdollista yhdistetyssä harjoittelussa, sillä useissa tutkimuksissa yhdistetyn harjoittelun ryhmä on suorittanut samat harjoitukset kuin voima- ja kestävyysharjoitteluryhmä. (Leveritt ym. 1999.) Liialliseen harjoitteluun saattaa olla osaksi syynä se, että kestävyys- ja voimaharjoittelussa on käytetty samoja lihaksia, jolloin palautumisaika on jäänyt lyhyeksi (Kraemer ym. 1995). Esimerkkinä tästä on juoksuna suoritettava kestävyysharjoittelu ja alaraajoilla suoritettava voimaharjoittelu.

Useimmissa tutkimuksissa koehenkilöinä on ollut kilpaurheilua harrastamattomia henkilöitä, mutta yhdistettyä harjoittelua on tutkittu myös kilpaurheilua harrastavilla koehenkilöillä. Ronnestadin ym. (2011) tutkimuksessa kestävyysurheilijat suorittivat oman harjoittelunsa ohessa voimaharjoittelua, mutta heidän maksimivoimansa kehittyi selvästi heikommin kuin pelkästään voimaharjoittelua suorittavalla vertailuryhmällä. Eräiden tutkimusten mukaan kestävyysurheilijoiden harjoitusohjelmaan lisätty voimaharjoittelu sitä vastoin saattaa parantaa kestävyysuorituksen (esim. juoksu tai pyöräily) taloudellisuutta (Storen ym. 2008; Sunde ym. 2010).

Yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun tutkimuksista on kuitenkin saatu erilaisia tuloksia, eikä kaikissa tutkimuksissa voiman kehittyminen ole kestävyysharjoittelun johdosta ollut heikompaa, kuten Häkkisen ym. (2003) tutkimuksessa. Löytyy myös tutkimuksia, joiden mukaan yhdistetty harjoittelu ei haittaa kummankaan ominaisuuden, voiman tai kestävyuden, kehittymistä (Sale ym. 1990; McCarthy ym. 1995). On myös mahdollista, että kestävyysuorituskyky kehittyy heikommin jos kestävyysharjoittelun kanssa suoritetaan voimaharjoittelua. Nelsonin ym. (1990) tutkimuksessa koehenkilöt

harjoittelivat 20 viikkoa. Harjoittelun toisen puoliskon aikana yhdistetyn harjoittelun ryhmässä VO_{2max} kehittyi heikommin kuin ryhmässä, jotka harjoittelivat pelkästään kestävyysharjoittelua.

Erot eri tutkimusten tuloksissa johtuvat ainakin tutkimusten erilaisista harjoitusohjelmista (esim. intensiteetti ja volyymi), sekä koehenkilöiden mahdollisesti erilaisista harjoittelutaustoista (Fleck & Kraemer 2004). Myös kestävyys- ja voimaharjoitusten suorittamisaika voi vaikuttaa. Harjoitukset voidaan suorittaa eri päivinä tai samana päivänä. Jos harjoitukset ovat samana päivänä, vaihtoehtoina on suorittaa kestävyys- ja voimaharjoittelu samassa harjoituksessa tai niiden välissä voi olla tauko. Salen ym. (1990) tutkimuksessa vertailtiin ryhmiä, joista toinen suoritti kestävyys- ja voimaharjoittelun samana päivänä ja toinen suoritti harjoittelut eri päivinä. Viikkoon sisältyi kaksi kestävyys- ja kaksi voimaharjoituskertaa. Ryhmällä, joka suoritti harjoitukset samana päivänä, 1RM-arvo kehittyi heikommin kuin toisella ryhmällä. Myös voimaharjoituksessa nostettu kuormamäärä (toistot kerrottuna toistojen keskimääräisellä kuormalla) oli pienempi ryhmässä, joka suoritti harjoitukset samana päivänä.

Jos kestävyys- ja voimaharjoittelu suoritetaan saman harjoituksen aikana, harjoittelun järjestyksen valinnalla voidaan mahdollisesti vaikuttaa harjoittelun vasteisiin. Collins ja Snow (1993) tutkivat kestävyys- ja voimaharjoittelun järjestyksen vaikutusta kestävyys- ja voimaominaisuuksiin 7 viikkoa kestäväen harjoitusjakson aikana. Koehenkilöinä oli 23 naista ja 11 miestä. Harjoittelua suoritettiin kolmena päivänä viikossa, jossa toinen ryhmä (E+S) suoritti ensin kestävyysharjoittelun (E) ja välittömästi sen jälkeen voimaharjoittelun (S). Toinen ryhmä (S+E) suoritti täsmälleen samat harjoitteet, mutta tällä ryhmällä voimaharjoitus suoritettiin ensin. VO_{2max} -arvon kehitys ei eronnut ryhmien välillä. Voimatesteissä mitattiin 1RM-arvo seuraavissa liikkeissä: penkkipunnerrus, pystypunnerrus, hauiskääntö ja jalkaprässi. Harjoittelun seurauksena 1RM-arvot parantuivat molemmissa ryhmissä yhtä paljon, lukuun ottamatta pystypunnerrusta, jossa E+S-ryhmän tulokset parantuivat S+E-ryhmää enemmän (24,1 % vs. 16,6 %).

2.2 Hormonit ja fyysinen harjoittelu

2.2.1 Hormonit

Hormonit ovat kemiallisia aineita, jotka vaikuttavat suurimpaan osaan ihmisen kehon toiminnoista. Ne mm. aktivoivat entsyymijärjestelmiä sekä stimuloivat proteiini- ja rasvasynteesiä. Hormoneilla on myös merkittävä vaikutus kehon vasteisiin fyysisen harjoituksen tai psykologisen stressin aikana. (McArdle ym. 2007, 418.) Hormoneita voi erittyä erityisesti rauhasista (esim. haima tai maksa) verenkiertoon (endokriininen erityys), josta ne kulkeutuvat kohdesoluihinsa. Hormoneita voi erittyä myös solun sisällä, jolloin sen vaikutus kohdistuu joko tähän samaan soluun (autokriininen erityys) tai johonkin toiseen soluun (parakriininen erityys). Tällöin hormoni ei päädy verenkiertoon. (Fleck & Kraemer 2004, 96.) Hormonit voidaan luokitella kahteen pääluokkaan, joita ovat steroidihormonit sekä amiini- ja polypeptidihormonit. Steroidihormonit ovat rasvaliukoisia, eivätkä ne liukene veren plasmaan, toisin kuin amiini- ja polypeptidihormonit. (McArdle ym. 2007, 418 - 425.) Toisaalta amiini- ja polypeptidihormonit tarvitsevat toisiolähettejä päästäkseen solukalvon läpi, toisin kuin rasvaliukoiset steroidihormonit (Kraemer & Mazzetti 2003).

Hormonin sitoutuminen reseptoriinsa on ensimmäinen vaihe hormonien toiminnassa. Reseptoreita löytyy kaikista soluista ja hormonien toiminta välittyy niiden kautta. Yleensä reseptorin tehtävänä on välittää hormonin viesti solun tumaan, jossa geneettinen materiaali kääntää hormonaalisen viestin esim. proteiinin inhibitioksi tai fasilitaatioksi. Jokaisella hormonilla on sille spesifinen reseptorinsa, johon se soluissa kiinnittyy. (Kraemer & Mazzetti 2003.) Kohdesolujen reseptorit voivat sijaita joko solukalvolla tai solun sisällä (McArdle ym. 2007, 418 - 425). Sama reseptori voi sijaita myös eri osissa solua, reseptorista osa voi sijaita solukalvon sisäpuolella ja osa ulkopuolella. Hormonit voivat joskus sitoutua myös toiseen kuin sille spesifiin reseptoriin. Tällöin hormonin biologinen vaikutus voi erota tavanomaisesta. (Kraemer & Mazzetti 2003.)

Ihmisen keho sisältää lukuisia erilaisia hormoneita, joilla kaikilla on oma vaikutuskohteensa ja -tapansa. Useiden hormonien toiminta riippuu toisista hormoneista. Jotkut hormonit voivat toimia synergistisesti vahvistaen toistensa vaikutuksia. Tästä esimerk-

kinä on IGF-1-hormonin erittyminen kasvuhormonin vaikutuksesta. Useimmin hormoneilla on kuitenkin vastakkainen vaikutus toisiinsa nähden, kuten insuliinilla ja glukagonilla. Tällainen vastakkainen toiminta auttaa homeostaasin ylläpitämisessä. (Kraemer & Mazzetti 2003.)

Hormonit ovat tärkeitä tekijöitä fyysisen harjoittelun aiheuttamissa vasteissa. Proteiinisynteesiä lisääviä anabolisia hormoneja ovat mm. testosteroni, kasvuhormoni ja insuliininkaltaiset kasvutekijät, kun taas proteiineja hajottavasta katabolisesta hormonista esimerkkinä on kortisoli. Anaboliset ja kataboliset hormonit vaikuttavat näin joko lihasmassaa lisäävästi tai vähentävästi. (Kraemer & Mazzetti 2003.) Hormonipitoisuuksien mahdolliset muutokset esim. voimaharjoittelussa voidaan jakaa kolmeen osaan: akuutit muutokset voimaharjoituksen aikana ja sen jälkeen, pitkäaikaismuutokset lepotilanteessa ja pitkäaikaismuutokset yksittäisen voimaharjoituksen akuuteissa vasteissa. (Kraemer & Ratamess 2003.)

Testosteroni. Testosteroni on steroidihormoni, jota syntetisoituu kolesterolista entsyymaattisten reaktioiden seurauksena. Testosteroni on rasvaliukoinen ja voi vapaasti diffuusoitua solukalvon läpi ja liittyä sytoplasmassa sijaitseviin reseptoreihinsa. Koska testosteroni voi diffuusoitua vapaasti solukalvon läpi, sen diffuusion täytyy olla säädeltyä. Testosteroni sitoutuuakin verenkierrossa erilaisiin proteiineihin, jotka säätelevät sen puoliintumisaikaa ja biologista aktiivisuutta. Testosteronin erityys on suurimmillaan aamulla ja sen erityys vähenee iltaa kohti. Eräs testosteronin merkittävimmistä vaikutuksista on lihaskasvun stimuloiminen proteiinisynteesiä lisäämällä. (Kraemer & Mazzetti 2003.) Plasman testosteronipitoisuus kertooakin anabolisesta tilasta. Testosteroni vaikuttaa suoraan lihaskudoksen synteesiin, mutta sen eräänä sivuvaikutuksena on myös kasvuhormonin erityys, mikä taas edelleen johtaa insuliininkaltaisten kasvutekijöiden (IGF) eritykseen. (McArdle ym. 2007, 437.)

Kasvuhormoni. Kasvuhormoni on aivojen hypotalamuksesta erittyvä polypeptidi, joka edistää solujen jakautumista ja erilaistumista (McArdle ym. 2007, 425). Kasvuhormonin anaboliset vaikutukset välittyvät lisääntyneen proteiinisynteesin ja vähentyneen proteiinien hajoamisen kautta. Kasvuhormoni myös vapauttaa aminohappoja proteiinisynteesiin käyttöön. (Kraemer & Mazzetti 2003.) Kasvuhormonin muodostus esimerkiksi fyy-

sisen harjoittelun stimuloimana aiheuttaa lihasten, luiden ja tukikudosten kasvua sekä uudelleenmuotoutumista. Monet kasvuhormonin vaikutuksista välittyvät muiden aineiden kuin kasvuhormonin välityksellä. Tällaisia aineita ovat ainakin insuliininkaltaiset kasvutekijät, joiden eritystä kasvuhormoni stimuloi. Kasvuhormoni vaikuttaa harjoituksen aikana myös moniin aineenvaihdunnallisiin tekijöihin, kuten rasva- ja hiilihydraatti-aineenvaihduntaan. (McArdle ym. 2007, 425 - 428.)

IGF-1. IGF-1 on polypeptidi, joka on rakenteeltaan melko lähellä insuliinia (49 %). Se voikin sitoutua sille spesifin reseptorin lisäksi myös insuliinireseptoriin. IGF-1 erittyy maksasta kasvuhormonin stimuloimana endokriinisesti ja myös soluissa autokriinisesti sekä parakriinisesti. IGF-1 välittääkin monet kasvuhormonin vaikutuksista. (Kraemer & Mazzetti 2003.) Esimerkiksi voimaharjoittelun stimuloimana IGF-1 lisää proteiinisynteesiä sekä edistää lihasten hypertrofiaa (Kraemer & Ratamess 2005).

Kortisoli. Glukokortikoidit ovat steroidihormoneja, joita erittyy lisämunuaiskuoresta. Glukokortikoideista merkittävin on ns. stressihormoni eli kortisoli, joka on katabolinen hormoni. Kortisolia erittyykin nopeasti erilaisissa stressitilanteissa (esim. fyysinen harjoitus tai hypoglykemia). Korkeat seerumin kortisolitasot aiheuttavat runsasta proteiiniin ja kudosten hajoamista sekä negatiivisen typpitasapainon. Kortisolin erityys uuvuttavan harjoituksen aikana myös kiihdyttää lipolyysiä, ketogeneesiä ja proteolyysiä. (McArdle ym. 2007, 434 - 435.) Kortisoli toimii tällä tavoin myös paaston aikana, jolloin verenkiertoon vapautuu enemmän rasvoja ja aminohappoja (Kraemer & Mazzetti 2003).

2.2.2 Fyysisen harjoittelun akuutit hormonaaliset vasteet

Harjoittelun aikaiset ja sen jälkeiset eli akuutit hormonaaliset vasteet ovat tärkeitä tekijöitä fyysisen harjoittelun aiheuttamissa adaptaatioissa. Esimerkiksi voimaharjoittelun yhteydessä anaboliset hormonit stimuloivat proteiinisynteesiä ja heikentävät katabolisten hormonien vaikutusta (Kraemer & Mazzetti 2003). On mahdollista, että kestävyys- ja voimaharjoittelun erilaiset adaptaatiot johtuvat osittain niiden aiheuttamista erilaisista akuuteista hormonaalisista vasteista. Akuuttien hormonivasteiden perusteella näyttääkin

siltä, että voimaharjoittelu kasvattaa anabolia-katabolia -suhdetta kun taas kestävyys- ja voimaharjoittelu saattaa toimia päinvastoin. (Bell ym. 1997.) Anabolia-katabolia -suhdetta kuvaamaan on käytetty monissa tutkimuksissa testosteronin ja kortisolin pitoisuuksien suhdetta. Kuitenkin monet muutkin tekijät vaikuttavat anaboliseen ja kataboliseen tilaan, kuten toiset hormonit sekä proteiinien ja typen aineenvaihdunta. (Kraemer & Mazzetti 2003.)

Hormonien akuuttien vasteiden suuruuteen vaikuttavat monet tekijät, kuten esim. hormonien lepopitoisuudet ennen harjoitusta. Lisäksi voimaharjoittelun akuutteihin vasteisiin vaikuttavia tekijöitä ovat esim. harjoitteet ja niiden järjestys, lihastyön tyyppi, intensiteetti, sarjojen ja toistojen määrä, lihastyön nopeus, tauot sekä harjoitetut lihasryhmät. (Kraemer & Ratamess 2003.) Kestävyys- ja voimaharjoittelussa taas on havaittu mm. se, että harjoituksen aiheuttama hormonaalinen vaste pienenee jos kestävyys- ja voimaharjoittelua on harjoitettu pidempään. Tähän on syynä kohdekudosten lisääntynyt sensitiivisyys hormoneille. Samansuuruinen hormonaalinen vaste kuitenkin havaitaan harjoitelleilla ja harjoittelemattomilla kun harjoitellaan samalla suhteellisella intensiteetillä maksimista. (McArdle ym. 2007, 446 - 447.)

Monissa tutkimuksissa on miehillä havaittu testosteronipitoisuuden akuutti nousu voimaharjoituksen yhteydessä (Häkkinen & Pakarinen 1995; Kraemer ym. 1999). Testosteronin pitoisuuden nousua harjoituksen yhteydessä on havaittu myös kestävyys- ja voimaharjoittelun seurauksena (Kraemer & Ratamess 2003). Tarpeeksi raskas voimaharjoitus (Kraemer & Mazzetti 2003) ja myös kestävyys- ja voimaharjoitus (McArdle ym. 2007, 447) kohottavat kasvuhormonipitoisuuksia harjoituksen yhteydessä. Myös veren IGF-1-pitoisuus saattaa kohota ainakin voimaharjoituksen aikana (Kraemer & Ratamess 2003). Kortisolipitoisuus kohoaa sitä enemmän, mitä pidempi ja mitä kovatehoisempi voimaharjoitus (Kraemer & Ratamess 2003.) tai kestävyys- ja voimaharjoitus (McArdle ym. 2007, 434 - 435.) on.

Harjoittelun myötä hormonien akuutit vasteet voivat muuttua. Kraemerin ym. (1995) yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun tutkimuksessa havaittiin 12 viikon yhdistetyn harjoittelun jälkeen selvästi suuremmat kortisoli- ja testosteronipitoisuudet yksittäisen harjoituksen vasteena. Tutkijat pohtivat, että tässä tapauksessa selvästi suurempi kortisoli- ja testosteronivaste olisi merkki yliharjoittelusta.

2.2.3 Fyysisen harjoittelun pitkäaikaiset hormonaaliset vasteet

Näyttää siltä, että hormonien akuutit vasteet ovat lepopitoisuuksia tärkeämpiä tekijöitä kudosten uudelleenmuotoutumisessa. Eri tutkimuksissa on havaittu voimaharjoittelun johdosta esimerkiksi testosteronin ja kortisolin lepopitoisuuksissa joko nousua tai laskea. Useissa tutkimuksissa ei ole kuitenkaan havaittu pitoisuuksissa muutoksia, vaikka lihaksen voima ja koko olisivatkin lisääntyneet. (Kraemer & Ratamess 2005.) Lepopitoisuuksien mahdollisiin muutoksiin vaikuttavatkin monet tekijät, eivätkä muutokset ole niin ilmeisiä kuin yksittäisen harjoituksen akuuteissa vasteissa. Muutokset ovat kuitenkin mahdollisia ja kestävyysharjoittelunkin seurauksena niitä voidaan nähdä. Hackneyn ym. (2003) tutkimuksen mukaan aktiivisesti kestävyysharjoittelua harjoittavilla miehillä oli matalammat testosteronipitoisuudet kuin normaalisti.

Bellin ym. (2000) tutkimuksessa verrattiin 12 viikon yhdistettyä kestävyys- ja voimaharjoittelua pelkkään kestävyysharjoitteluun ja pelkkään voimaharjoitteluun. Tulosten mukaan voiman kehittyminen yhdistetyn harjoittelun ryhmässä oli heikompaa kuin voimaharjoittelun ryhmässä. Kasvuhormonin ja testosteronin lepopitoisuuksissa ei kuitenkaan havaittu muutoksia tutkimuksen aikana.

3 TUTKIMUSONGELMAT JA -HYPOTEESEIT

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tarkastella yhdistettyä kestävyys- ja voimaharjoittelua, jossa kestävyys- ja voimaharjoitus toteutettiin saman harjoituksen aikana. Tavoitteena oli selvittää samassa harjoituksessa toteutettavan kestävyys- ja voimaharjoittelun järjestyksen vaikutus suorituskykyyn ja hormonien lepopitoisuuksiin 12 viikkoa kestäväen harjoittelun johdosta. Voimaharjoittelun ja kestävyysharjoittelun erilaiset ja osin jopa päinvastaiset fysiologiset vaikutukset aiheuttavat mielenkiintoisen tutkimusongelman. Onko samassa harjoituksessa hyödyllistä toteuttaa molemmat harjoitusmuodot, jos halutaan kehittää fyysistä suorituskykyä? Missä järjestyksessä voima- ja kestävyysharjoitukset kannattaa tehdä? Onko hormonipitoisuuksilla yhteys näihin muutoksiin? Tämän tutkimuksen tuloksia voidaankin mahdollisesti hyödyntää optimaalisen harjoittelumallin löytämisessä. Tutkimus voi antaa harjoittelusta lisää tietoa ainakin aiemmin vähemmän harjoitelleille henkilöille.

Ongelma 1. Voidaanko kestävyys- (VO_{2max}) ja voimaominaisuuksia (1RM) kehittää yhtäaikaisesti 12 viikkoa kestäväen yhdistetyn harjoittelun avulla?

Hypoteesi 1. Sekä kestävyys- että voimaominaisuuksia on mahdollista kehittää samanaikaisesti.

Yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun tutkimuksissa on havaittu sekä kestävyys-, että voimaominaisuuksien kehittymistä. Tämän asian vahvistavat tutkimukset, joissa koehenkilöinä on ollut aiemmin vähän harjoitelleita (Hickson 1980; Dudley & Djamil 1985; Sale ym. 1990; Kraemer ym. 1995; McCarthy ym. 1995) ja myös tutkimukset, joiden koehenkilöt ovat olleet kilpaurheilua harrastavia (Storen ym. 2008; Sunde ym. 2010; Ronnestad ym. 2011).

Ongelma 2. Onko samassa harjoituksessa toteutettavien kestävyys- ja voimaharjoitusten järjestyksellä vaikutusta kestävyys- (VO_{2max}) ja voimaominaisuuksien (1RM) kehittymiseen?

Hypoteesi 2. Harjoitusjärjestyksellä ei ole vaikutusta VO_{2max} -arvon kehittymiseen. Sen sijaan 1RM-arvo kehittyy enemmän ryhmässä, joka harjoittelee kestävyuden ennen voimaa.

Collins ja Snow (1993) tutkivat harjoittelujärjestyksen vaikutusta suorituskykyyn. VO_{2max} -arvon kehitys ei eronnut ryhmien välillä, jotka harjoittelivat kestävyys- ja voimaharjoituksen eri järjestyksessä saman harjoituksen aikana. 1RM-arvon kehitys erosi yhdessä neljästä testatusta voimaharjoitusliikkeestä. Pystypunnerruksen 1RM-arvo kehittyi heikommin ryhmässä, joka harjoitteli voiman ennen kestävyyttä. Saattaakin olla, että voimaharjoittelun jälkeen suoritettu kestävyysharjoittelu heikentää optimaalista palautumista voimaharjoittelusta.

Ongelma 3. Muuttuvatko hormonien (testosteroni, kortisoli) lepopitoisuudet 12 viikkoa kestävästä yhdistetyn harjoittelun aikana?

Hypoteesi 3. Hormonien lepopitoisuudet eivät muutu.

Vain harvoissa tutkimuksissa on havaittu muutoksia hormonien lepopitoisuuksissa fyysisen harjoittelun seurauksena. Voimaharjoittelun seurauksena lepopitoisuuksissa ei välttämättä havaita muutoksia, vaikka lihaksen koko ja voima lisääntyisivätkin (Kraemer & Ratamess 2005). Muutokset ovat kuitenkin mahdollisia ja esim. Hackneyn ym. (2003) tutkimuksessa havaittiin pitkään kestävyysurheilua harrastaneilla miehillä tavallista matalammat testosteronipitoisuudet. Bellin ym. (2000) tutkimuksessa ei havaittu muutoksia kasvuhormonin ja testosteronin lepopitoisuuksissa 12 viikkoa kestävästä yhdistetyn harjoittelun johdosta.

Ongelma 4. Onko samassa harjoituksessa toteutettavien kestävyys- ja voimaharjoitusten järjestyksellä vaikutusta hormonien lepopitoisuuksiin?

Hypoteesi 4. Järjestyksellä ei ole vaikutusta hormonien lepopitoisuuksiin.

Mikäli muutoksia hormonien lepopitoisuuksissa ei nähdä, ei myöskään harjoituksen järjestyksellä ole vaikutusta pitoisuuksiin. Harjoitusjärjestyksen vaikutusta hormonien lepopitoisuuksiin ei välttämättä ole tarkasteltu aiemmissä tutkimuksissa.

4 MENETELMÄT

4.1 Tutkimusasetelma

Tämä tutkielma oli osa laajempaa tutkimusta, jossa tavoitteena oli selvittää samassa harjoituksessa suoritettavien kestävyys- ja voimaharjoitusten akuutteja vasteita sekä kroonisia adaptaatioita. Tutkimuksen tarkastelukohteita olivat neuromuskulaariset, verenkierto- ja hengityselimistöön liittyvät sekä hormonaaliset tekijät. Tutkimus suoritettiin Jyväskylän yliopiston Liikuntabiologian laitoksella vuosien 2011 ja 2012 aikana. Tutkimus sisälsi kolme laajempaa kiinnostuksen kohdetta. Näitä olivat (1) kasvisravinnon vaikutus yhdistetyssä kestävyys- ja voimaharjoittelussa, (2) samassa harjoituksessa toteutettavien kestävyys- ja voimaharjoitusten järjestyksen vaikutus sekä (3) kestävyysharjoittelutaustan vaikutus yhdistetyssä kestävyys- ja voimaharjoittelussa. Tutkimukseen rekrytoitiin yhteensä 144, iältään 18 - 40-vuotiasta miestä ja naista. Tutkimus oli kestoltaan 24 viikkoa ja se oli jaettu kahteen 12 viikon jaksoon. Tämä tutkielma tarkasteli vain ensimmäisen 12 viikon ajanjaksoa ja samassa harjoituksessa toteutettavien kestävyys- ja voimaharjoitusten järjestyksen vaikutusta.

4.2 Koehenkilöt

Tämän tutkielman koehenkilöinä oli 42 miestä, jotka eivät harrastaneet kilpaurheilua (Taulukko 3). Koehenkilöiden terveydentila arvioitiin lääkärin toimesta ennen tutkimuksen alkua ja hyvä terveydentila oli ehtona tutkimukseen osallistumiselle. Koehenkilöillä ei saanut olla myöskään ylipainoa ($BMI < 31 \text{ kg/m}^2$). Tutkimuksen kulku ja siinä käytettävät menetelmät informoitiin koehenkilöille ennen tutkimuksen alkua ja he allekirjoittivat suostumuslomakkeen osallistumisestaan. Ennen harjoittelun alkua koehenkilöt osallistuivat ravitsemusluennolle, jossa he saivat tietoa terveellisestä ja ravitsemussuosituksen mukaisesta ruokavaliosta. Harjoittelujakson aikana koehenkilöt täyttivät ravintopäiväkirjaa, johon heidän tuli viikoittain arvioida kuinka hyvin he olivat noudattaneet näitä suosituksia ruokavaliossaan. Lisäksi koehenkilöt täyttivät päiväkirjaa, johon he merkitsivät fyysisen aktiivisuuden, jota he suorittivat harjoittelun lisäksi.

Koehenkilöt jaettiin satunnaisesti kahteen ryhmään. Toinen ryhmä suoritti harjoituksissa ensin kestävyysosion (E) ja sen jälkeen voimaosion (S). Toinen ryhmä taas suoritti samat osiot, mutta voimaosio suoritettiin ensin. Ryhmät olivat siis E+S ja S+E. Osa koehenkilöistä jäi pois kesken tutkimuksen ja osalla koehenkilöistä jäi joitain mittauksia suorittamatta. Kaikki mittaukset suorittaneita koehenkilöitä oli lopulta ryhmässä E+S 14 kpl ja ryhmässä S+E 16 kpl.

TAULUKKO 3. Tutkimuksen eri ryhmien (E+S ja S+E) ikä, pituus, paino ja BMI tutkimuksen alussa (keskiarvo \pm keskihajonta).

	Ryhmä E+S (n=14)	Ryhmä S+E (n=16)
Ikä (v)	28,7 \pm 5,5	29,8 \pm 4,7
Pituus (cm)	178,1 \pm 6,1	177,8 \pm 4,6
Paino (kg)	77,9 \pm 9,3	74,8 \pm 8,8
BMI	24,6 \pm 2,7	23,6 \pm 2,2

4.3 Harjoittelu

Koehenkilöt osallistuivat harjoittelujaksolle, joka oli kestoaltaan 12 viikkoa ja joka sisälsi kaksi harjoituskertaa viikossa. Harjoittelu oli luonteeltaan progressiivinen eli kuormitus lisääntyi harjoitusviikkojen kuluessa. Ennen harjoitusjakson alkua suoritettiin yhden viikon valmistava harjoitusjakso, joka sisälsi yhden harjoituskerran.

Harjoittelu suoritettiin tutkimusta varten järjestetyssä kuntosalissa. Harjoittelu alkoi kaikilla koehenkilöillä pääasiassa 3-4 päivää alkumittausten jälkeen. Harjoittelu tapahtui n. 10 hengen ryhmissä yhden koulutetun ohjaajan valvomana. Harjoitusten kestävyysosio suoritettiin kuntopyörällä ja voimaosio voimaharjoitteluvälineillä. Osioden välissä oli 10 minuutin tauko, jonka aikana he saivat nauttia maksimissaan 500 ml vettä ja lisäksi harjoituksen puolesta välissä he nauttivat glukoositabletteja (Oriola Oy) heidän kehon painostaan riippuvan määrän, maksimissaan 10 g. Yhden harjoituksen kokonaiskesto vaihteli 90:stä 120 minuuttiin. Harjoitusten välipäivinä koehenkilöt saivat harrastaa kevyttä virkistysliikuntaa oman mielenkiintonsa mukaan.

Kestävyysosion kesto oli 45 minuuttia ja siinä käytetyt kuormat perustuivat sykerajoihin, jotka määritettiin heidän alkumittausten polkupyöraergometritestissään. Sykettä seurattiinkin harjoittelun aikana sykemittareilla (Polar 610i tai koehenkilön oma). Taulukossa 4 on esitetty kestävyysharjoittelun ohjelmointi 12 viikon harjoittelun aikana.

TAULUKKO 4. Kestävyysharjoittelun suoritustapa 12 viikon harjoitusjakson aikana. AK=aerobinen kynnyks; AnK=Anaerobinen kynnyks.

	Viikot 1-3	Viikot 4-7	Viikot 8-9	Viikot 10-12
Intensiteetti	<AK	<AK + >AK	<AK - AnK	<AK - >AnK
Tyyppi	jatkuva	jatkuva	intervalli	intervalli

Voimaosioon kuuluivat taulukossa 5 mainitut liikkeet. Liikkeissä käytetyt kuormat arvioitiin ensimmäisen kerran valmistavan harjoituskerran aikana ja ne arvioitiin monesti uudelleen harjoitusjakson aikana, jotta oikeansuuruisia harjoituskuormia voitiin käyttää. Taulukossa 6 on esitetty voimaharjoittelun ohjelmointi harjoittelujakson aikana.

TAULUKKO 5. Voimaosioon kuuluneet liikkeet. Ylätaljaveto tehtiin vain toisessa viikon harjoituksessa, 3. viikon jälkeen pystypunnerrus vaihdettiin ojentajat taljassa-liikkeeseen, hauikset tehtiin harjoittelujakson alkuvaiheessa käsipainoilla istuen ja myöhemmin se vaihdettiin tangolla seisten suoritettavaksi.

YLÄRAAJAT	ALARAAJAT
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ojentajat taljassa ▪ Hauikset tangolla seisten ▪ Hauikset käsipainoilla istuen ▪ Pystypunnerrus istuen ▪ Vatsat laitteessa ▪ Vatsat penkissä ▪ Selän ojennus ▪ Ylätaljaveto ▪ Penkkipunnerrus käsipainoilla 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kahden jalan jalkaprässi ▪ Polvien ojennus laitteessa (bilateraalisesti viikot 1-7 ja unilateraalisesti viikot 8-12) ▪ Polvien koukistus laitteessa (bilateraalisesti viikot 1-7 ja unilateraalisesti viikot 8-12)

TAULUKKO 6. Voimaharjoittelun ohjelmointi 12 viikon harjoittelujakson aikana. *1 hypertrofinen ja 1 maksimaalinen voimaharjoitus viikossa, **1 maksimaalinen voimaharjoitus ja 1 maksimaalinen/räjähävä voimaharjoitus viikossa. Voimakestävyysharjoituksissa varsinaisia lepo-
taukoja sarjojen välillä ei pidetty. Hypertrofisten harjoitusten sarjojen väliset tauot olivat kaksi minuuttia ja maksimaalisten sekä räjähtävien harjoitusten sarjatauot olivat kolme minuuttia.

	Viikot 1-3	Viikot 4-7	Viikot 8-9	Viikot 10-12
	Voimakestävyys	Hypertrofinen	Hypertrofinen/ Maksimaalinen*	Maksimaalinen/ Räjähävä**
Intensiteetti (% 1RM)	40-50%	70-85%	70-80% / 85-90%	80-95% / 30-40%
Toistot	15-20	8-12	8-10 / 3-5	3-4 / 8-10
Sarjat	2-3	2-4	2-3 / 3-4	4-5 / 3

4.4 Aineiston keräys

Harjoittelun vaikutuksia tarkastelevat mittaukset suoritettiin kaksi kertaa. Ensimmäinen mittauskerta suoritettiin valmistavan harjoitusjakson jälkeen, kuitenkin ennen varsinaisen harjoitusjakson alkua. Toinen mittauskerta oli ohjelmassa 12 viikon harjoittelun jälkeen.

Maksimivoimamittaukset. Koehenkilöt olivat käyneet tutustumassa voimamittausten laitteisiin ennen varsinaisia mittauksia. Tällä tutustumiskerralla myös säädettiin ja merkittiin muistiin laitteiden asetukset kullekin koehenkilölle. Voimamittauksissa suoritettiin seuraavat liikkeet:

- Isometrinen bilateraallinen jalkojen ojennus (Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto)
- Isometrinen pystypunnerrus (Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto)
- Isometrinen unilateraalinen polven ojennus (David Health Solutions Ltd)
- Isometrinen unilateraalinen polven koukistus (David Health Solutions Ltd)
- Dynaaminen bilateraallinen jalkojen ojennus (David Health Solutions Ltd)

Voimamittaukset alkoivat isometrisessä jalkojen ojennuslaitteessa. Polvikulma tässä suorituksessa oli 110°. Ennen mitattavia suorituksia koehenkilöt tekivät muutaman ei-maksimaalisen totuttautumis- ja lämmittelysuorituksen. Tämän jälkeen koehenkilö suoritti n. 3 sekunnin kestoisen maksimaalisen jalkojen ojennuksen siten, että suorituksen alku oli mahdollisimman räjähtävä. Suorituksia tehtiin 3-5 ja niiden välissä oli minuutin tauko. Mikäli kolmannen suorituksen maksimivoima oli vähintään 5 % suurempi kuin aiemmat suoritukset, tehtiin neljäs ja vielä mahdollisesti viideskin suoritus. Isometrinen pystypunnerrus (kynärkulma 90°), isometrinen oikean polven ojennus (polvikulma 107°) ja isometrinen oikean polven koukistus (polvikulma 107°) suoritettiin myös edellä mainitulla tavalla. Pystypunnerruksen jälkeen koehenkilöt suorittivat lisäksi 3-5 kevenyshyppyä sekä maksimaalisen isometrisen oikean polven ojennuksen, jonka aikana käytettiin sähköstimulaatiota. Nämä eivät kuitenkaan sisälly tämän tutkielman aihepiiriin. Viimeisenä suoritettiin dynaaminen jalkojen ojennus (jalkaprässi), polvikulman ollessa lähtöasennossa alle 60°. Jalkaprässissäkin tarkoituksena oli selvittää koehenkilön 1RM. Ensin koehenkilö suoritti muutaman lähestymissarjan, jonka jälkeen 1RM yritettiin selvittää mahdollisimman tarkasti 3-5 suorituksen aikana. Näiden 1RM-suoritusten välillä oli 1 minuutin tauko.

VO_{2max}-mittaukset. Mittaus suoritettiin polkupyöraergometrillä (Ergoline, Ergometrics 800) ja mittaustapana oli suora maksimaalisen hapenottokyvyn testi. Testin aikana mitattiin hengityskaasuja hengityskaasuanalysaattorilla (Oxycon Pro Jaeger, VIASYS Healthcare GmbH). Lisäksi kerättiin sykettä sykemittarilla (Polar S610i, Polar Electro) ja otettiin sormenpääverinäytteitä laktaatin määritystä varten. Myös RPE-taulukkoa (Rate of Perceived Exertion) käytettiin mittauksen aikana. Alussa polkupyöraergometri säädettiin koehenkilöä varten sopivaksi ja hengityskaasuanalysaattorin maski asetettiin koehenkilön kasvoille. Testi koostui portaittain nousevista kuormista, jotka olivat kahden minuutin pituisia. Ensimmäisen kuorman suuruus oli 50 W ja kuormaa nostettiin aina kahden minuutin välein 25 W:lla. Testi loppui kun koehenkilö ei enää jaksanut polkea tai hän muusta syystä halusi lopettaa. Sormenpääverinäyte laktaatin määritystä varten otettiin koehenkilöltä ennen testin aloitusta sekä jokaisen kuorman lopussa. Syke kirjattiin 15 s ennen kuormien loppua ja koehenkilöltä kysyttiin kuormien lopussa RPE-lukema.

Hormonipitoisuuksien mittaukset. Seerumin hormonipitoisuudet määritettiin paastoverinäytteestä. Paastoverinäytteet otettiin aamulla, välillä 6.00-9.00. Koehenkilöitä oli ohjeistettu olemaan syömättä 12 tuntiin ennen verinäytteen ottamista.

4.5 Aineiston analysointi

Maksimivoima. Voimamittausten eri liikkeistä määritettiin maksimivoima Signal-ohjelmistolla (Signal 2.15, Cambridge Electronic Design Ltd. 1997-2004). Isometrisissä liikkeissä maksimivoimaksi määritettiin suurin voiman arvo, joka saavutettiin n. 3 sekunnin suorituksen aikana. Lisäksi isometrisissä liikkeissä voimaan jäi 3-5 suorituksesta vain se suoritus, jossa saatiin suurin maksimivoima. Jalkaprässissä 1RM-arvo oli viimeinen kuorma, jolla koehenkilö kykeni suorittamaan yhden toiston.

VO_{2max}. Hengityskaasumittauksista määritettiin maksimaalinen hapenottokyky eli VO_{2max}. VO_{2max}-arvoksi määritettiin hapenkulutuksen suurin 30 sekunnin keskiarvo testin ajalta. Testin aikainen maksimaalinen teho laskettiin seuraavalla kaavalla: [viimeisen loppuun asti poljetun kuorman teho+(kesken jäänyttä kuormaa poljettu aika minutteina/2 min)*25 W]. Sormenpääverinäytteistä määritettiin laktaattipitoisuudet Biosen S_line Lab+ -analysointilaitteella (EKF Diagnostic).

Hormonipitoisuudet. Seerumin hormonipitoisuuksista määritettiin radioimmuneassay-menetelmällä (Immulite 1000-analysointilaitteella, Siemens MedicalSolutionsDiagnostics) kokonaistestosteroni (nmol/l) ja kortisoli (nmol/l).

4.6 Tilastolliset menetelmät

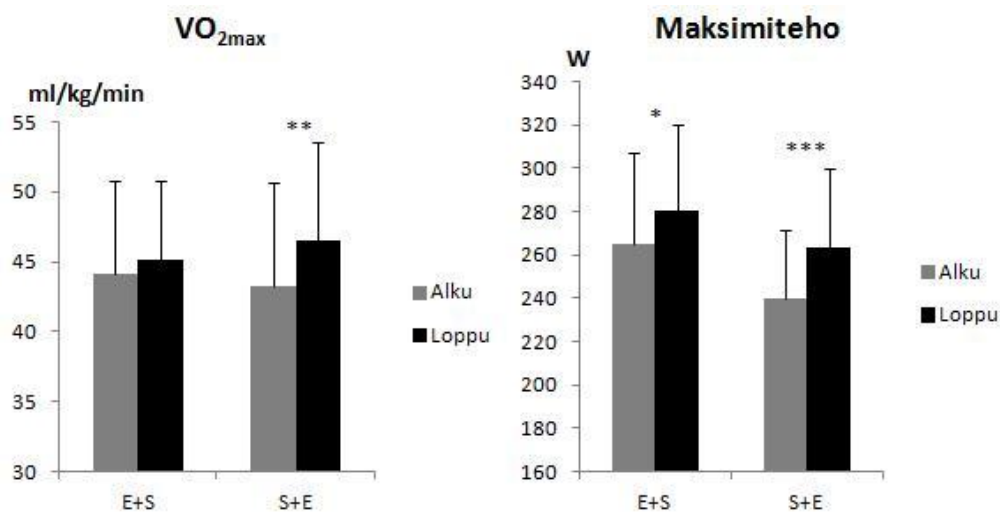
Tulosten tilastollinen tarkastelu suoritettiin SPSS Statistics 20.0 - ohjelmalla (SPSS Inc, USA). Datan normaalijakautuneisuus testattiin kaikilla ryhmillä sekä muuttujilla. Mikäli jotkut muuttujat eivät olleet normaalisti jakautuneet, tehtiin niille luonnollisen logaritmin muunnos. Eri ryhmien väliseen vertailuun käytettiin riippumattomien ryhmien välistä t-testiä ja eri mittaustilanteita vertailtiin saman ryhmän sisällä parittaisella t-testillä.

Mikäli data ei luonnollisen logaritmin muunnoksen jälkeenkään ollut normaalisti jakautunut, käytettiin ei-parametristä testiä. Tilastollisen merkitsevyyden tasot olivat: $*=p\leq 0,05$; $**=p\leq 0,01$ ja $***=p\leq 0,001$. Keskiarvojen lisäksi on esitetty keskihajonnat (keskiarvo \pm keskihajonta).

5 TULOKSET

5.1 VO_{2max}

Polkupyöräergometrillä suoritettujen maksimitestien tuloksista on kuvassa 1 esitetty kummankin ryhmän (E+S ja S+E) keskimääräinen VO_{2max} sekä polkemisen maksimiteho alku- ja loppumittauksissa. Ryhmällä S+E VO_{2max} koheni merkitsevästi alku- ja loppumittausten välillä. Lisäksi kummallakin ryhmällä polkemisen maksimiteho parantui merkitsevästi mittausten välillä. Ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa alku- ja loppumittausten välillä kummassakaan muuttujassa. Sekä VO_{2max}, että maksimiteho kehittyivät ryhmässä S+E ryhmää E+S enemmän, mutta muutosten ero ei ollut tilastollisesti merkitsevää (Taulukko 7).



KUVA 1. Ryhmien keskimääräinen VO_{2max} sekä maksimiteho alku- ja loppumittauksissa. Pylväiden päällä on lisäksi esitetty keskihajonnan suuruus kyseisessä muuttujassa. Myös erojen mahdolliset tilastolliset merkitsevyydet on merkitty pylväiden päälle. *= $p \leq 0,05$; **= $p \leq 0,01$ ja ***= $p \leq 0,001$.

TAULUKKO 7. Ryhmien keskimääräisen VO_{2max}:n sekä maksimitehon prosentuaalinen muutos mittausten välillä. Oikealla olevassa sarakkeessa oleva p-arvo kuvaa ryhmien muutosten eroa.

	E+S	S+E	p-arvo
VO _{2max}	3,0 ± 6,1 %	8,2 ± 8,7 %	0,072
Maksimiteho	6,4 ± 9,2 %	10,0 ± 6,9 %	0,234

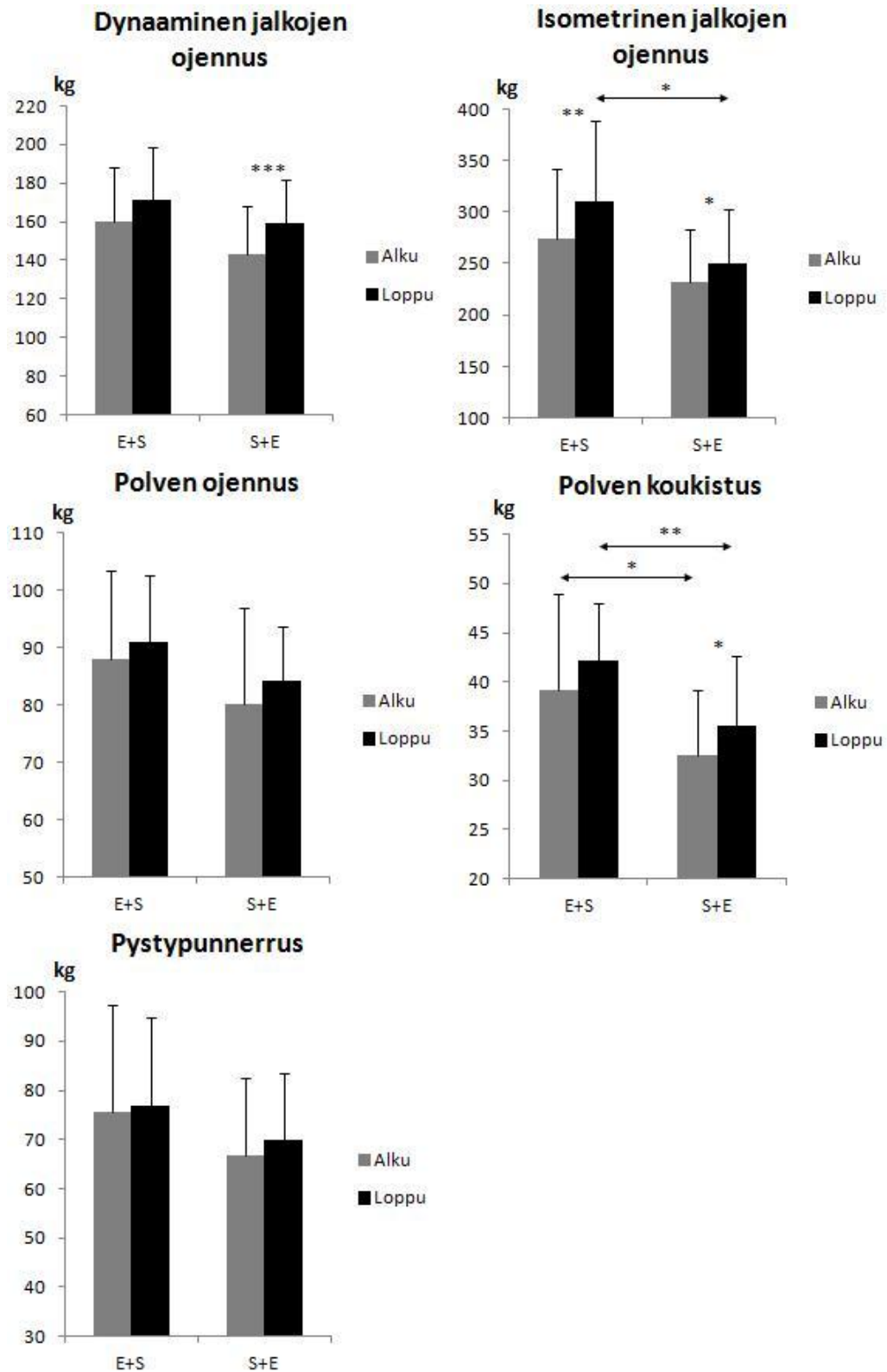
5.2 Maksimivoima

Kuvassa 2 on esitetty ryhmien keskimääräiset maksimivoimat alku- ja loppumittauksissa. Dynaamisessa jalkojen ojennuksessa kummallakin ryhmällä 1RM koheni merkittävästi alku- ja loppumittausten välillä. Sama tapahtui myös isometrisessä jalkojen ojennuksessa, jossa havaittiin myös merkittävä ero ryhmien välillä loppumittauksissa, jossa ryhmän E+S 1RM oli merkittävästi suurempi. Polven koukistuksessa ryhmällä E+S oli ryhmään S+E verrattuna merkittävästi suurempi maksimivoima sekä alku-, että loppumittauksissa. Ryhmässä S+E polven koukistuksen maksimivoima kuitenkin koheni merkittävästi mittausten välillä. Polven ojennuksessa ja pystypunnerruksessa molempien ryhmien maksimivoima kehittyi mittausten välillä, mutta kehittyminen ei ollut tilastollisesti merkittävää. Polven ojennuksessa ja pystypunnerruksessa ei myöskään ollut ryhmien välillä merkittävää eroa alku- ja loppumittauksissa.

Taulukosta 8 nähdään ryhmien prosentuaalinen kehitys maksimivoimissa mittausten välillä. Ryhmän E+S prosentuaalinen kehitys oli suurempaa isometrisessä jalkojen ojennuksessa ja polven koukistuksessa. Ryhmä S+E sitä vastoin paransi tulostaan ryhmää E+S enemmän dynaamisessa jalkojen ojennuksessa, polven ojennuksessa ja pystypunnerruksessa. Ryhmien kehityksessä ei kuitenkaan ollut missään muuttujassa tilastollisesti merkittävää eroa.

TAULUKKO 8. Ryhmien prosentuaaliset muutokset maksimivoimissa mittausten välillä ja lisäksi muutosten eroa kuvaava p-arvo.

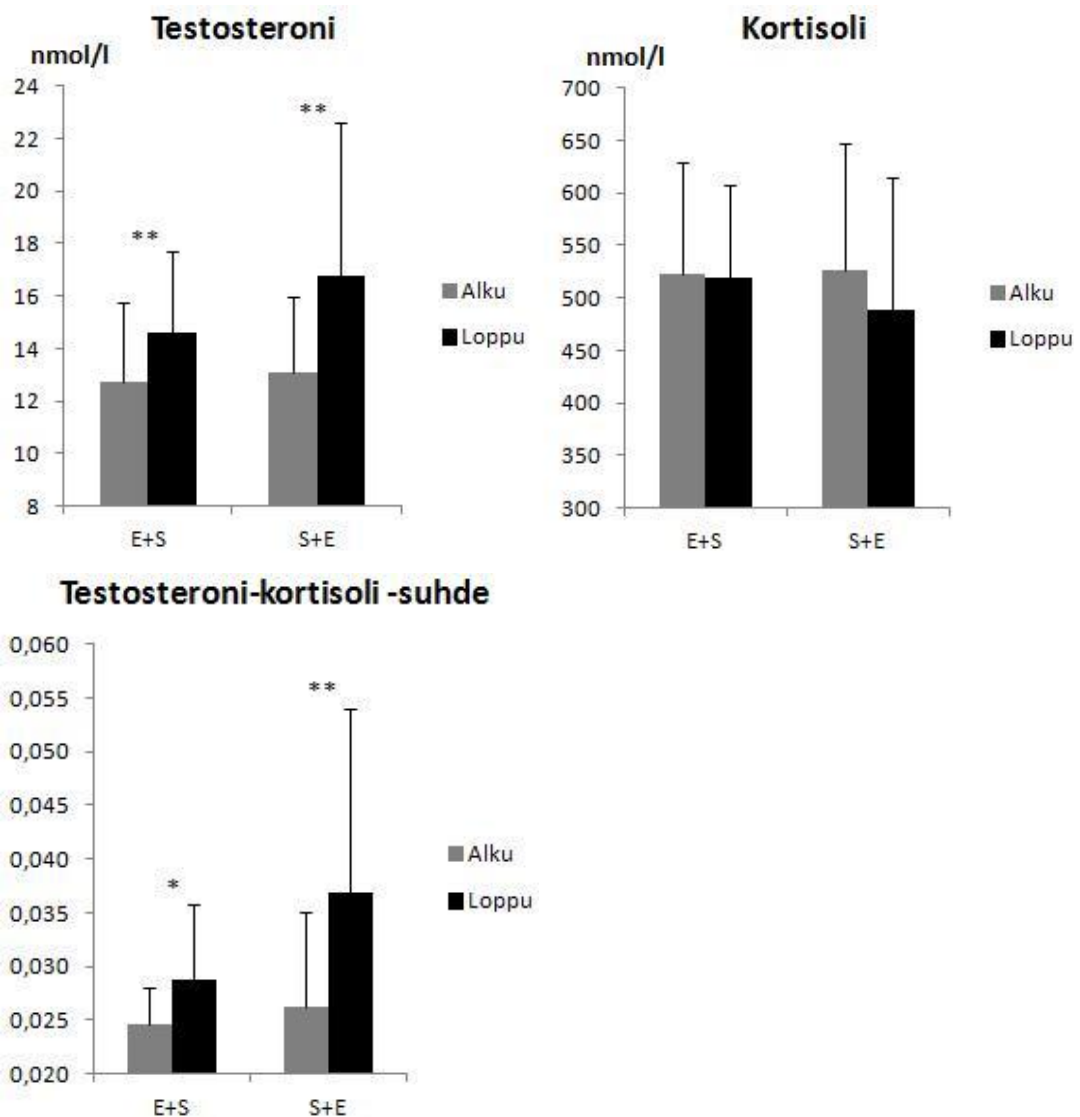
	E+S	S+E	p-arvo
Dyn. jalkojen ojennus	7,7 ± 6,4 %	11,5 ± 7,4 %	0,143
Isom. jalkojen ojennus	13,4 ± 12,9 %	8,9 ± 12,5 %	0,341
Polven ojennus	4,6 ± 11,3 %	7,4 ± 16,4 %	0,597
Polven koukistus	10,4 ± 18,8 %	9,9 ± 13,8 %	0,939
Pystypunnerrus	3,8 ± 14,4 %	6,4 ± 13,7 %	0,611



KUVA 2. Ryhmien keskimääräinen maksimivoima sekä voimien keskihajonta. Ryhmien sisällä eri mittauskertojen välillä tapahtuneet tilastollisesti merkitsevät muutokset on merkittynä pylväiden päällä. Lisäksi ryhmien välinen tilastollisesti merkitsevä ero on merkitty nuolella ja nuolen päällä olevalla tilastollisen merkitsevyyden tunnuksella. $*=p\leq 0,05$; $**=p\leq 0,01$ ja $***=p\leq 0,001$.

5.3 Hormonipitoisuudet

Kuvasta 3 nähdään, että testosteronipitoisuus sekä testosteroni-kortisoli -suhde nousivat merkitsevästi kummassakin ryhmässä mittausten välillä. Kuvasta nähdään myös kortisolipitoisuuksien laskeneen kummassakin ryhmässä ilman tilastollista merkitsevyyttä. Kummassakaan hormonissa tai testosteroni-kortisoli -suhteessa ei ryhmien välillä ollut merkitsevää eroa alku- tai loppumittauksissa. Lisäksi kummankaan hormonin, eikä myöskään testosteroni-kortisoli -suhteen muutosprosentteissa mittausten välillä ollut merkitsevää eroa ryhmien välillä (Taulukko 9).



KUVA 3. Ryhmien keskimääräiset hormonipitoisuudet alku- ja loppumittauksissa. Lisäksi ryhmien testosteroni-kortisoli -suhde kummassakin mittauksessa. *= $p \leq 0,05$; **= $p \leq 0,01$.

TAULUKKO 9. Testosteroni- ja kortisolipitoisuuden sekä testosteroni-kortisoli -suhteen prosentuaalinen muutos mittausten välillä sekä muutosprosenttien tilastollista eroa ryhmien välillä kuvaava p-arvo.

	E+S	S+E	p-arvo
Testosteroni	17,0 ± 21,1 %	29,4 ± 32,0 %	0,229
Kortisoli	1,8 ± 20,2 %	-5,6 ± 24,8 %	0,384
T-K -suhde	17,8 ± 24,9 %	47,6 ± 57,7 %	0,075

6 POHDINTA

6.1 VO_{2max}

VO_{2max} ja polkemisen maksimiteho kehittyivät kummassakin ryhmässä mittausten välillä. VO_{2max}:n ja maksimitehon kehittyminen kertoo siitä, ettei yhtäaikainen voimaharjoittelu estänyt kestävyysuorituskyvyn kehittymistä. On kuitenkin huomattava, että koehenkilöt olivat aiemmin vähän harjoitelleita. On myös mahdotonta tietää, olisiko kestävyysuorituskyky kehittynyt paremmin, jos voimaharjoittelua ei olisi ollut mukana. Monissa aiemmissa pelkkää kestävyysuorittelua ja yhdistettyä kestävyys- ja voimaharjoittelua vertailevissa tutkimuksissa on kuitenkin huomattu, ettei yhtäaikainen voimaharjoittelu haittaa VO_{2max}:n kehitystä aiemmin vähän harjoitelleilla koehenkilöillä (Hickson 1980; Sale ym. 1990; McCarthy ym. 1995). Myös päinvastaisia tuloksia kuitenkin löytyy. Nelsonin ym. (1990) tutkimuksessa 20 viikon harjoittelun jälkeen pelkän kestävyysuorittelun ryhmän VO_{2max} kehittyi enemmän kuin yhdistetyn harjoittelun ryhmällä. Ryhmien VO_{2max} oli kuitenkin kehittynyt yhtä paljon vielä 11 viikon harjoittelun jälkeen. Tämä saattaa kertoa siitä, että harjoittelun alussa VO_{2max} kehittyi voimaharjoittelusta huolimatta, johtuen mahdollisesti koehenkilöiden aiemmasta harjoittelumattomuudesta. Tämän jälkeen kehitys saattaa hidastua, mikä voi osittain johtua samanaikaisesti suoritettavasta voimaharjoittelusta.

Sekä VO_{2max}, että maksimiteho kehittyivät prosentuaalisesti enemmän ryhmällä S+E kuin ryhmällä E+S. Erot eivät olleet kuitenkaan tilastollisesti merkitseviä. VO_{2max}:n kehitys ryhmällä S+E oli tilastollisesti suuntaa-antavasti 8,2 % ja ryhmällä E+S vain 3,0 %. Koska ryhmällä S+E VO_{2max} kehittyi enemmän, ei ennen kestävyysuorittelua suoritettu voimaharjoittelu aiheuttanut ainakaan siinä määrin väsymystä, ettei kestävyysuorittelua olisi pystytty suorittamaan toivotulla teholla. On kuitenkin huomattava, ettei tässä tutkimuksessa suoritettu voimaharjoittelu ollut välttämättä niin raskasta, että se olisi aiheuttanut väsymystä ennen kestävyysuorittelua.

Myöskään harjoitusjärjestyksen vaikutusta tarkastelevassa Collinsin ja Snown (1993) tutkimuksessa ei kestävyys- ja voimaharjoitusosioiden järjestyksellä ollut vaikutusta

VO_{2max} :n kehittymiseen. Seitsemän viikon yhdistetyn harjoittelun johdosta E+S-ryhmän VO_{2max} kehittyi 6,7 % ja S+E-ryhmän VO_{2max} kehittyi 6,2 % eli kehitys oli molemmissa ryhmissä hyvin samansuuruista.

6.2 Maksimivoima

Kaikissa viidessä maksimivoimaa mittaavassa suorituksessa kumpikin ryhmä kohensi tulostaan mittausten välillä. Merkitsevä kehitys tapahtui kummassakin ryhmässä isometrisessä jalkojen ojennuksessa sekä ryhmällä S+E dynaamisessa jalkojen ojennuksessa ja polven koukistuksessa. Isometrisessä jalkojen ojennuksessa ja polven koukistuksessa ryhmien välillä oli jo alkumittauksissa merkitsevä ero siten, että E+S -ryhmällä oli suurempi maksimivoima. Myös monien aiempien tutkimusten perusteella yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun avulla voidaan kehittää maksimivoimaa, mutta näiden mukaan maksimivoiman kehitys on heikompaa kuin mitä saavutettaisiin pelkän voimaharjoittelun avulla (Hickson 1980; Dudley & Djamil 1985; Kraemer ym. 1995; Bell ym. 2000). Myös tästä asiasta löytyy erilaisia tutkimustuloksia, kuten Häkkisen ym. (2003) tutkimuksessa, jossa 21 viikon harjoittelun jälkeen yhdistetyn harjoittelun ryhmä paransi maksimivoimaansa yhtä paljon kuin pelkän voimaharjoittelun ryhmä. Yhdistetyn harjoittelun ryhmä ei kuitenkaan kehittynyt voimantuottonopeudessa (RFD) toisin kuin pelkän voimaharjoittelun ryhmä, joten yhtäaikaisella kestävyysharjoittelulla oli ilmeisesti heikentävä vaikutus räjähtävän voiman kehittymiseen. Yhdistetyn harjoittelun tutkimusten tuloksia tarkasteltaessa on hyvä ottaa huomioon mahdollinen yliharjoittelu, joka voisi aiheuttaa heikomman kehityksen esimerkiksi maksimivoimassa verrattaessa yhdistettyä harjoittelua pelkkään voimaharjoitteluun. Lisäksi tämän tutkimuksen tuloksissa on huomioitava, ettei tutkimuksessa ollut mukana kontrolliryhmää. Tämän vuoksi on oletettavaa, että ainakin maksimivoimissa tapahtui kehitystä jo oppimisvaikutuksen johdosta.

Ryhmä S+E paransi prosentuaalisesti maksimivoimaansa ryhmää E+S paremmin kolmessa suorituksessa. Ryhmä E+S sitä vastoin kehittyi paremmin kahdessa maksimivoimaa mittaavassa suorituksessa. Muutoksissa ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitseviä eroa. Ryhmän E+S maksimivoiman kehitys oli suurempaa kahdessa alaraajojen liik-

keessä eli isometrisessä jalkojen ojennuksessa sekä polven koukistuksessa. Ryhmällä S+E sitä vastoin maksimivoiman kehitys oli suurempaa yläraajojen liikkeessä eli pystypunnerruksessa sekä kahdessa alaraajojen liikkeessä eli dynaamisessa jalkojen ojennuksessa ja polven ojennuksessa. Kummassakin ryhmässä siis voima kehittyi paremmin kahdessa alaraajojen liikkeessä. Näiden tulosten perusteella onkin vaikea tehdä johtopäätöksiä sen suhteen, että toinen harjoitustapa olisi ollut toista tehokkaampi maksimivoiman kehittämisessä. Lisäksi huomioitavaa on esimerkiksi se, että dynaaminen jalkojen ojennus kehittyi paremmin ryhmässä S+E kun taas isometrinen jalkojen ojennus kehittyi paremmin ryhmässä E+S.

Collinsin ja Snown (1993) harjoitusjärjestyksen vaikutusta tarkastelevassa tutkimuksessa E+S -ryhmä paransi maksimivoimaansa S+E -ryhmään verrattuna enemmän kaikissa tutkimuksessa käytetyissä suorituksissa, joita olivat penkkipunnerrus, pystypunnerrus, hauiskääntö ja jalkaprässi. Tilastollisesti merkitsevä ero ryhmien välillä löytyi kuitenkin vain pystypunnerruksessa, jossa E+S kohensi tulostaan 24,1 % ja ryhmä S+E 16,6 %. Koehenkilöjoukko koostui sekä vähän harjoitelleista naisista, että vähän harjoitelleista miehistä. Tämä E+S -ryhmän suurempi kehitys maksimivoimassa kertoo ainakin siitä, ettei kestävyysharjoittelu aiheuttanut väsymystä ennen voimaharjoittelua. Kestävyysharjoittelu koostui kolme kertaa viikossa suoritettusta juoksusta, joka oli kestoltaan 30 minuuttia ja sykealue oli 60:n ja 90 %:n välillä maksimista. On mahdollista, että voimaharjoittelun suorittaminen vasta kestävyysharjoittelun jälkeen mahdollistaa paremman voimaharjoittelusta palautumisen eikä kestävyysharjoittelu näin ollen vaikuttaisi niin paljon voimaharjoittelusta syntyviin adaptaatioihin. Tämän tutkimuksen tulokset eivät kuitenkaan anna tukea tälle päättelylle, sillä ryhmien väliset erot ovat pienet ja lisäksi ryhmät ovat parantaneet maksimivoimaansa eri suorituksissa enemmän.

6.3 Hormonipitoisuudet

Testosteronin lepopitoisuudet nousivat kummassakin ryhmässä merkitsevästi mittausten välillä kun taas kortisolipitoisuudet laskivat ilman tilastollista merkitsevyyttä. Testosteronin ja kortisolin suhde, eli ns. anabolia-katabolia -suhde lisääntyi kummassakin ryhmässä merkitsevästi mittausten välillä. Tämän tutkimuksen tulokset hormonien osalta

eivät välttämättä olleet odotettuja, sillä esimerkiksi Bellin ym. (2000) yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun tutkimuksessa ei havaittu muutoksia kasvuhormonin ja testosteronin lepopitoisuuksissa. Kraemerin ym. (2001) tutkimuksessa verrattiin voimaharjoituksen sisältävän päivän testosteronipitoisuuksia päivään, jolloin ei harjoiteltu. Pitoisuudet mitattiin tunnin välein. Testosteronipitoisuudet nousivat akuutisti voimaharjoituksen johdosta, mutta voimaharjoittelua sisältäneen päivän muina aikoina mitatut testosteronipitoisuudet eivät poikenneet ei-voimaharjoitusta sisältävän päivän testosteronipitoisuuksista. Näin siis voimaharjoitus ei vaikuttanut testosteronipitoisuuksiin muuten kuin akuutisti harjoituksen yhteydessä. Toisaalta, useita viikkoja kestäväällä harjoittelulla saattaa olla voimakkaampi vaikutus hormonien lepopitoisuuksiin kuin pelkällä yksittäisellä harjoituksella. Monissa usean voimaharjoitteluviikon sisältävissä tutkimuksissa ei ole havaittu testosteronin lepopitoisuuksissa muutoksia, mutta esimerkiksi Ahtiaisen ym. (2003) ja Kraemerin ym. (1999) tutkimuksissa havaittiin testosteronin lepopitoisuuden nousu voimaharjoittelun johdosta. Kraemerin ym. (1999) tutkimuksessa havaittiin testosteronin lepopitoisuuden nousu voimaharjoittelun johdosta aiemmin voimaharjoittelua harrastamattomilla koehenkilöillä. Tutkijat pohtivat, että voimaharjoittelu aiheutti hormoneissa dynaamisen homeostaattisen vasteen, josta testosteronipitoisuuden nousu oli merkinä. Ahtiaisen ym. (2003) sekä Häkkisen ym. (1987) tutkimuksissa havaittiin, että voimaharjoittelua harjoittavilla urheilijoilla testosteronin lepopitoisuus nousi kun harjoittelun volyyymi ja intensiteetti kasvoivat. Sitten kun harjoittelun volyyymia ja intensiteettiä laskettiin, testosteronin lepopitoisuus laski takaisin tasolle, jolla se oli ennen tutkimusta. Nämä tutkimustulokset kertovat siitä, että harjoittelun intensiteetillä ja volyyymillä sekä näiden muutoksilla voidaan mahdollisesti aiheuttaa muutoksia testosteronin lepopitoisuuksiin.

Ryhmiä vertailtaessa ryhmällä S+E havaittiin suurempi lisäys testosteronin lepopitoisuudessa (29,4 %) kuin ryhmällä E+S (17 %). Lisäksi ryhmän S+E testosteroni-kortisoli-suhde lisääntyi ryhmää E+S enemmän (47,6 % vs. 17,8 %). Testosteronin tai testosteroni-kortisoli -suhteen erot ryhmien välillä eivät olleet kuitenkaan merkitseviä. S+E-ryhmällä näyttää kuitenkin tulosten perusteella olevan mahdollisesti anabolisempi tila kehossaan ainakin lepotilassa. Bellin ym. (1997) mukaan voimaharjoittelu kasvattaa akuutisti anabolia-katabolia -suhdetta kun taas kestävyysharjoittelu tekisi päinvastoin. Vaikka tässä tutkimuksessa tarkasteltiinkin hormonien lepopitoisuuksia eivätkä ryhmien

väliset erot olleet merkitseviä, on kuitenkin mahdollista, että ryhmällä S+E voimaharjoittelun vaikutukset hormonipitoisuuksiin olivat kestävyysharjoittelua hallitsevampia, mikä näin olisi aiheuttanut ryhmää E+S suuremman anabolisen tilan. Tämä taas olisi mahdollisesti vastoin tämän tutkimuksen hypoteesia, jonka mukaan kestävyysharjoittelun suorittaminen voimaharjoittelun jälkeen olisi haitallista voimaharjoittelun adaptaatioihin.

Hormonipitoisuuksien mittauksissa on otettava huomioon epätarkkuutta aiheuttavia seikkoja. Hormonien erittymisen vuorokausirytmistä johtuen hormonien pitoisuudet vaihtelevat eri aikaan vuorokaudesta, joka on otettava huomioon tämän tutkimuksen mahdollisena virhelähteenä. Verinäytteet otettiin tässä tutkimuksessa aamulla välillä 6.00-9.00. Tunninkin ero verinäytteen ottamisessa tai mahdollisesti koehenkilön erilainen vuorokausirytmistömittausten välillä saattaa kuitenkin jo aiheuttaa erilaisia hormonipitoisuuksia. Kraemerin ym. (2001) tutkimuksessa nuorten miesten testosteronipitoisuus aamulla oli noin kaksi kertaa suurempi kuin myöhään illalla. Myös kortisolipitoisuuksien on havaittu olevan aamulla suurimmillaan, jonka jälkeen pitoisuus laskee iltapäivä kohti. Kanaleyn ym. (2001) tutkimuksessa nuorten miesten kortisolipitoisuus oli aamulla noin kolme kertaa suurempi kuin pienimmillään illalla.

6.4 Johtopäätökset

Tässä tutkimuksessa aiemmin vähän harjoitelleiden koehenkilöiden kestävyys- ja voimaominaisuudet kehittyivät 12 viikon yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun seurauksena kuten oletettiin. Lepotilan testosteronipitoisuudet sekä testosteroni-kortisoli -suhde olivat suurempia harjoittelun seurauksena, mikä taas oli vastoin tämän tutkimuksen oletuksia. Hormonien mittauksessa on kuitenkin otettava huomioon lukuisia epätarkkuutta aiheuttavia seikkoja.

Harjoitusjärjestyksen ei havaittu aiheuttavan merkitseviä eroja missään tutkimuksessa käytetyssä muuttujassa. VO_{2max} :n kehitys ei eronnut merkittävästi ryhmien välillä, mikä oli kuitenkin jo oletuksena tässä tutkimuksena. Maksimivoimissa erot ryhmien kehityksessä olivat myös melko pienet, eikä oletus ryhmän E+S suuremmasta maksimivoiman

kehityksestä saanut näin tukea. Hormonien osalta ei myöskään havaittu merkitseviä eroja ryhmien välillä, mikä oli oletuksena tässä tutkimuksessa.

7 LÄHTEET

- Ahtiainen, J. P., Pakarinen, A., Alen, M., Kraemer, W. J. & Häkkinen, K. 2003. Muscle hypertrophy, hormonal adaptations and strength development during strength training in strength-trained and untrained men. *European Journal of Applied Physiology* 89, 555 - 565.
- Bell, G. J., Syrotuik, D., Martin, T. P., Burnham, R. & Quinney, H. A. 2000. Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. *European Journal of Applied Physiology* 81, 418 - 427.
- 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. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 11(1), 57 - 64.
- Collins, M. A. & Snow, T. 1993. Are adaptations to combined endurance and strength training affected by the sequence of training? *Journal of Sports Sciences* 11, 485 - 491.
- Dudley, G. A. & Djamil, R. 1985. Incompatibility of endurance- and strength- training modes of exercise. *Journal of Applied Physiology* 59(5), 1446 - 1451.
- Fleck, S. J. & Kraemer, W. J. 2004. *Designing Resistance Training Programs*. 3rd ed. Human Kinetics, USA.
- Hackney, A. C., Szczepanowska, E. & Viru, A. M. 2003. Basal testicular testosterone production in endurance-trained men is suppressed. *European Journal of Applied Physiology* 89, 198 - 201.
- Hickson, C. S. 1980. Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *European Journal of Applied Physiology* 45, 255 - 263.
- Häkkinen, K., Alen, M., Kraemer, W. J., Gorostiaga, E., Izquierdo, M., Rusko, H., Mikkola, J., Häkkinen, A., Valkeinen, H., Kaarakainen, E., Romu, S., Erola, V., Ahtiainen, J. & Paavolainen, L. 2003. Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. *European Journal of Applied Physiology* 89, 42 - 52.

- Häkkinen, K. & Pakarinen, A. 1995. Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in men and women at different ages. *International Journal of Sports Medicine* 16(8), 507 - 513.
- Häkkinen, K., Pakarinen, A., Alen, M., Kauhanen, H. & Komi, P. V. 1987. Relationships between training volume, physical performance capacity, and serum hormone concentrations during prolonged training in elite weight lifters. *International Journal of Sports Medicine* 8, 61 - 65.
- Kanaley, J., Weltman, J. Y., Pieper, K. S., Weltman, A. & Hartman, M. L. 2001. Cortisol and growth hormone responses to exercise at different times of day. *The Journal of Clinical Endocrine Society* 86(6), 2881 - 2889.
- Kraemer, W. J., Häkkinen, K., Newton, R. U., Nindl, B. C., Volek, J. S., McCormick, M., Gotshalk, L. A., Gordon, S. E., Fleck, S. J., Campbell, W. W., Putukian, M. & Evans, W. J. 1999. Effects of heavy-resistance training on hormonal response patterns in younger vs. older men. *Journal of Applied Physiology* 87, 982 - 992.
- Kraemer, W. J., Loebel, C. C., Volek, J. S., Ratamess, N. A., Newton, R. U., Wickham, R. B., Gotshalk, L. A., Duncan, N. D., Mazzetti, S. A., Gomez, A. L., Rubin, M. R., Nindl, B. C. & Häkkinen, K. 2001. The effect of heavy resistance exercise on the circadian rhythm of salivary testosterone in men. *European Journal of Applied Physiology* 84, 13 - 18.
- Kraemer, W. J. & Mazzetti, S. A. 2003. Hormonal mechanisms related to the expression of muscular strength and power. Teoksessa Komi, P. V. (toim.) *Strength and Power in Sport*. 2nd ed. Blackwell Science, Cornwall, 73 - 95.
- Kraemer, W. J., Patton, J. F., Gordon, S. E., Harman, E. A., Deschenes, M. R., Reynolds, K., Newton, R. U., Triplett, N. T. & Dziados, J. E. 1995. Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *Journal of Applied Physiology* 78(3), 976 - 989.
- Kraemer, W. J. & Ratamess, N. A. 2003. Endocrine responses and adaptations to strength and power training. Teoksessa Komi, P. V. (toim.) *Strength and Power in Sport*. 2nd ed. Blackwell Science, Cornwall. 361 - 386.
- Kraemer, W. J. & Ratamess, N. A. 2005. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports Medicine* 35(4), 339 - 361.
- Leveritt, M., Abernethy, P. J., Barry, B. K. & Logan, P. A. 1999. Concurrent strength and endurance training. *Sports Medicine* 28(6), 413 - 427.

- MacDougall, J. D. 1986. Morphological changes in human skeletal muscle following strength training and immobilization. Teoksessa Jones, N. L., McCartney, N. & McComas, A. J. (toim.) *Human Muscle Power*. Champaign (IL): Human Kinetics Publishers, 1986, 269 - 285.
- Maughan, R. & Gleeson, M. 2004. *The Biochemical Basis of Sports Performance*. Oxford University Press.
- Maughan, R., Gleeson, M. & Greenhaff, P. L. 1997. *Biochemistry of Exercise & Training*. Oxford University Press.
- McArdle, W. D., Katch, F. I. & Katch, V. L. 2007. *Exercise Physiology*. 6th ed. Lippincott Williams & Wilkins, USA.
- 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 & Science in Sports & Exercise* 27(3), 429 - 436.
- Nelson, A. G., Arnall, D. A., Loy, S. F., Silvester, L. J. & Conlee, R. K. 1990. Consequences of combining strength and endurance training regimens. *Physical Therapy* 70, 287 - 294.
- Rønnestad, B. R., Albin Hansen, E. & Raastad, T. 2012. High volume of endurance training impairs adaptations to 12 weeks of strength training in well-trained endurance athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 112(4), 1457 - 1466.
- Sale, D. G., Jacobs, I. & Macdougall, J. D. 1990. Comparison of two regimens of concurrent strength and endurance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 22, 348 - 356.
- Støren, O., Helgerud, J., Stoa, E. M. & Hoff, J. 2008. Maximal strength training improves running economy in distance runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 40(6), 1087 - 1092.
- Sunde, A., Støren, O., Bjerkaas, M., Larsen, M. H., Hoff, J. & Helgerud, J. 2010. Maximal strength training improves cycling economy in competitive cyclists. *Journal of Strength and Conditioning* 24(8), 2157 - 2165.
- Tanaka, H. & Swensen, T. 1998. Impact of resistance training on endurance performance. *Sports Medicine* 25(3), 191 - 200.
- Åstrand, P-O., Rodahl, K., Dahl, H. & Stromme, S. B. 1986. *Textbook of Work Physiology*, 4th ed. Human Kinetics, USA.