

**YHDISTETYN KESTÄVYYS- JA VOIMAHARJOITTELUN
VAIKUTUKSET KESTÄVYYS- JA
HERMOLIHASJÄRJESTELMÄN SUORITUSKYKYYN
NAISILLA**

Miia Niittyne

Valmennus- ja testausoppi

Kandidaatin tutkielma

Kevät 2013

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän yliopisto

Ohjaaja:

Juha Ahtiainen

TIIVISTELMÄ

Niittyinen, Miia 2013. Yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun tyyppin vaikutukset kestävyys- ja hermolihasjärjestelmän suorituskyvyn kehittymiseen naisilla. Valmennus- ja testausoppi. Kandidaatintutkielma. Jyväskylän yliopisto, liikuntabiologian laitos, 39 s.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun tyyppin vaikutusta suorituskyvyn kehittymiseen naisilla. Tutkimuksessa tarkkailtiin kolmea ryhmää, joista kaksi harjoittelivat kaksi kertaa viikossa tehden yhdessä harjoituksessa kestävyys- ja voimaharjoituksen eri järjestyksissä (kestävyys- ja voimaharjoitus E+S sekä voima- ja kestävyys- ja voimaharjoitus S+E) ja joista yksi harjoitteli neljä kertaa viikossa vuorotellen kestävyyttä ja voimaa (E/S). Päätarkoituksena oli selvittää kehittääkö samassa harjoituksessa tehty yhdistetty harjoittelu samalla tavalla kestävyys- ja hermolihasjärjestelmän suorituskykyä kuin eri päivinä tehty harjoittelu. Lisäksi tarkoituksena oli selvittää kehittääkö samassa harjoituksessa tehty yhdistetty harjoittelu samalla tavalla sekä kestävyys- että hermolihasjärjestelmän suorituskykyä.

Tutkittavat olivat aiemmin harjoittelemattomia naisia, $n=41$ (E+S $n=14$, S+E $n=12$ ja E/S $n=15$). Ennen harjoittelun aloittamista suoritettiin alkumittaukset, joita seurasi 12 viikon harjoittelujakso, jonka jälkeen suoritettiin jälleen mittaukset. Tässä tutkimuksessa tutkittiin maksimaalista hapenottokykyä (VO_2max), hapenkulutusta (VO_2) 75 ja 100 watin tehoilla taloudellisuuden arvioimiseksi, maksimivoimaa isometrisessä jalkaprässissä sekä yhden toiston maksimitestiä (1RM) jalkaprässissä kestävyys- ja hermolihasjärjestelmän suorituskyvyn muutosten arvioimiseksi.

Kaikki ryhmät kehittivät tilastollisesti merkitsevästi VO_2max :a sekä maksimivoimaa isometrisessä jalkaprässissä ja 1RM:a jalkaprässissä. Taloudellisuus ei kehittynyt tilastollisesti merkitsevästi. VO_2max kehittyi tilastollisesti merkitsevästi enemmän E/S -ryhmällä verrattuna E+S ($p=0.040^*$) ja S+E ($p=0.038^*$) -ryhmiin. Prosentuaalisesti E+S -ryhmä kehitti VO_2max :a 7,26 %, S+E 6,81 % ja E/S 16,71 %. Muiden muuttujien osalta ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Maksimivoima isometrisessä jalkaprässissä kehittyi keskimäärin E+S -ryhmällä 6,25 %, S+E -ryhmällä 17,82 % ja E/S -ryhmällä 14,04 %. 1 RM jalkaprässi kehittyi keskimäärin E+S 9,25 %, S+E 10,63 % ja E/S 15,57 %.

Näyttää olevan niin, että eri päivinä tehty yhdistetty harjoittelu on tehokkainta kestävyys- ja hermolihasjärjestelmän suorituskyvyn kehittämisessä. Tilastollisesti merkitsevä ero ryhmien välillä löydettiin kuitenkin vain maksimaalisessa hapenottokyvyssä. Samassa harjoituksessa suoritettuna yhdistetyn harjoittelun järjestyksellä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa, mutta muutosprosentteja tutkiessa näyttäisi siltä, että ensin harjoitettava suorituskyky saattaa muuttua enemmän.

Avainsanat: Yhdistetty voima- ja kestävyys- ja voimaharjoittelu, hermolihasjärjestelmän suorituskyky, kestävyys- ja voimaharjoittelu, naiset

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO	4
2 KESTÄVYYSSUORITUSKYKY	5
2.1 Hengitys- ja verenkiertoelimistön toiminta kestävyysuorituksessa.....	6
2.2 Lihakset ja energiantuotto kestävyysuorituksessa.....	7
2.3 Kestävyys- tai voimaharjoittelun vaikutukset kestävyysuorituskykyyn	8
3 HERMOLIHASJÄRJESTELMÄ	10
3.1 Hermolihasjärjestelmän toiminta voimantuotossa	11
3.2 Voima- tai kestävyysuorituksen vaikutukset maksimivoimaan	11
4 YHDISTETYN VOIMA- JA KESTÄVYYSHARJOITTELUN VAIKUTUKSET HERMOLIHASJÄRJESTELMÄN SUORITUSKYKYYN JA KESTÄVYYSSUORITUSKYKYYN	13
5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS, TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESIT	17
6 TUTKIMUSMENETELMÄT.....	19
6.1 Tutkittavat	19
6.2 Tutkimusasetelma	19
6.3 Mittaukset.....	21
6.4 Tilastolliset menetelmät	23
7 TULOKSET	24
7.1 Kestävyysuorituskyky	24
7.2 Voimamuuttujat	27

7.3 Ryhmien E+S ja S+E vertailu	29
8 POHDINTA	31
9 LÄHTEET.....	35
10 LIITTEET	39

1 JOHDANTO

Tässä tutkimuksessa tutkitaan yhdistetyn harjoittelun tyypin vaikutusta naisten suorituskyvyn kehittymiseen. UKK-instituutin mukaan kuntoa tulisi kehittää monipuolisesti: kestävyyskuntoa tulisi harjoittaa viikossa vähintään 1 tunti 15 minuuttia rasittavasti tai 2 tuntia 30 minuuttia reippaasti ja lihaskuntoa sekä liikehallintaa vähintään kaksi kertaa viikossa (UKK-instituutti, 2011). Kaikilla ihmisillä ei ole kuitenkaan esimerkiksi päivittäin aikaa liikkua ja siksi tässä tutkimuksessa halutaan tutkia, kehittääkö voima- ja kestävyysharjoitusten tekeminen saman harjoituksen aikana samalla tavalla kuin eri päivinä toteutettu yhdistetty harjoittelu. Tässä tutkimuksessa ei ole tarkoitus tutkia mikä on erityisesti terveydelle paras, vaan nimenomaan millainen harjoitustapa kehittää suorituskykyä parhaiten sekä hermolihaskäytön näkökulmasta.

Aiemmissä tutkimuksissa on osoitettu, että yhdistetty voima- ja kestävyysharjoittelu kehittää sekä kestävyyttä että hermolihaskäytön kuntoa (mm. Ferketich ym. 1998, Hendrickson ym. 2010, Karavirta ym. 2011). Asiaa on tutkittu ikääntyvillä henkilöillä sekä jonkin verran urheilijoilla ja spesifisti joko miehillä tai naisilla, mutta tässä tutkimuksessa halutaan keskittyä aiemmin systemaattisesti harjoitteleemattomiin naisiin, joille yleiset liikuntasuosittelutkin usein ovat merkitseviä. Vaikka yhdistettyä harjoittelua onkin tutkittu paljon, ei tutkimuksista löydy sellaista, missä olisi vertailtu näitä kolmea eri harjoitustapaa nimenomaan suorituskyvyn näkökulmasta. Tässä tutkimuksessa tutkittavat on jaettu kolmeen ryhmään, joista kaksi toteuttavat yhdistetyn harjoittelun samassa harjoituksessa kaksi kertaa viikossa. Toinen näistä ryhmistä tekee ensin kestävyysharjoituksen ja sen jälkeen heti voimaharjoituksen ja toinen ensin voimaharjoituksen ja sitten kestävyysharjoituksen. Kolmas ryhmä harjoittelee neljä kertaa viikossa tehden yhden harjoituksen aikana vain joko kestävyys- tai voimaharjoituksen. Ryhmä tekee yhden harjoituksen päivässä vaihdellen vuorotellen kestävyys- ja voimaharjoitusta.

2 KESTÄVYYSSUORITUSKYKY

Kestävyysuorituskyky voidaan jakaa lihaskestävyyteen ja hengitys- ja verenkiertoelimistön kestävyteen. Lihaskestävyys tarkoittaa yksittäisen lihaksen tai lihasryhmän kykyä ylläpitää korkea-intensiteettistä, toistuvaa tai staattista harjoitetta. Hengitys- ja verenkiertoelimistön kestävyys lihaskestävyydestä eroten vaikuttaa koko kehoon. Se tarkoittaa elimistön kykyä ylläpitää pitkää rytmistä aktiviteettia. Hengitys- ja verenkiertoelimistön kestävyys on yhteydessä verenkierron ja hengityksen mekanismien kehitykseen ja siten myös aerobiseen kehittymiseen. (Wilmore & Costil 2004, 273.)

Hengitys- ja verenkiertoelimistön kestävyys liittyy kehon kykyyn kuljettaa tarpeeksi happea sitä tarvitseville kudoksille. Hapen kuljetukseen tarvitaan sekä hengitys- että verenkiertoelimistöä. Aktiivisten kudosten happivaatimukset kasvavat harjoituksen aikana; kestävyysuorituskyky riippuu siten hapenkuljetusmekanismien kyvystä kuljettaa tarpeeksi happea näille kudoksille, jotta niiden kasvaneet vaatimukset täyttyisivät. Kestävyysuorituskykyyn vaikuttavia tekijöitä ja siten siihen liittyviä muuttujia ovat muun muassa sydämen massa ja volyymi, iskutilavuus, sydämen syke, minuuttitulavuus, veren virtaus, punasolujen määrä, verenpaine, keuhkoventilaatio, alveoleissa tapahtuva kaasujen vaihto, valtimo-laskimoveren happiero, laktaattikynnys, liikkeiden talous, tehon tuotto ja tekniikka sekä hapenotto- ja -kulutuskyky. (Wilmore & Costil 2004, 274-290, 300.) Lisäksi taloudellisuus vaikuttaa kestävyysuorituskykyyn. Taloudellisuus voidaan määrittää arvioimalla tietyllä intensiteetillä vaadittavaa hapenkulutusta tai mekaanisen työn suhdetta kulutettuun energiaan. (Bompa & Haff 2009, 296-297.)

2.1 Hengitys- ja verenkiertoelimistön toiminta kestävyysuorituksessa

Ihminen hengittää ilmaa, joka kulkeutuu keuhkoihin ympäröivän ja keuhkoissa olevan ilman paine-eron ansiosta, jonka synnyttää lihasten toiminnasta aiheutuva rintaontelon suuruuden vaihtelu. Kaasumolekyylit sekoittuvat keuhkoissa ja kudoksissa niiden pitoisuuden erotusten mukaan suuremmasta konsentraatiosta pienempään. Siten happi siirtyy keuhkoista verenkiertoon ja sieltä kudoksiin. Sen sijaan hiilidioksidi kulkee veren mukana kudoksista keuhkoihin ja ympäröivään ilmaan. Diffuusioerot suosivat happimolekyylien liikkumista hiussuonista kudoksiin ja hiilidioksidin kulkeutumista kudoksista vereen. Diffuusion nopeus kasvaa harjoituksen aikana. Happea kuljetetaan veressä kahdella tavalla: hemoglobiiniin sitoutuneena ja vereen liuenneena. Hiilidioksidia poistuu plasmaan liuenneena, hemoglobiiniin sitoutuneena ja plasman bikarbonaattina. (McArdle ym. 2001, 268, 274-275, 281.)

Verenkiertoelimistö koostuu sydäimestä, valtimoista, hiussuonista ja laskimoista (McArdle ym. 2001, 306). Verenkiertoelimistön tehtävänä on kuljettaa kudoksille, esimerkiksi lihaksille, niiden työntekoon tarvitsemia aineenvaihdunta-aineita kuten happea ja muita substraatteja sekä kuona-aineita pois kudoksista. Lisäksi verenkierrossa kulkeutuu myös hormonit ja verenkierto osallistuu sekä erilaisten tulehdusten torjuntaan että hormonien kuljetukseen. (Leppäluoto ym. 2008, 145.)

VO_{2max} :n eli maksimaalisen hapenottokyvyn avulla kuvataan aerobista tehoa sekä hengitys- ja verenkiertoelimistön kestävyyttä (Keskinen ym. 2004, 76, Wilmore & Costil 2004, 273). Se kertoo kyvystä tuottaa energiaa hapetusreaktioiden avulla (Keskinen ym. 2004, 76). VO_{2max} tarkoittaa käytännössä hapenoton tasoa, josta hapenotto ei enää nouse vaikka kuormitus nouseekin (McArdle ym. 2001, 162). Hapenoton lukemat kertovat hengitys- ja verenkiertoelimistön sekä lihasten kyvystä ottaa, kuljettaa ja käyttää happea elimistössä (Robben ym. 2013). Myös tässä tekstissä esiintyvä VO_{2peak} sen sijaan tarkoittaa yksittäisessä testissä mitattua korkeinta hapenoton tasoa. (Whipp 2010.) Maksimaaliseen hapenottokykyyn vaikuttaa maksimisyke, sydämen iskutilavuus ja hemoglobiinin kyky sitoa happea (McArdle ym. 2001, 351). Kestävyysharjoittelun avulla enemmän happea voidaan kuljettaa

ja käyttää paremmin, näin parantaen maksimaalista kestävyyttä. Myös submaksimaalinen suorituskyky paranee samalla. (Wilmore & Costil 2004, 273-274.)

2.2 Lihakset ja energiantuotto kestävyysuorituksessa

Ravintoaineiden hapetuksesta tuleva energia kerätään ja kanavoidaan energiarikkaan nukleotidiyhdisteen ATP:n (adenosiinitrifosfaatti) kautta. ATP:stä saadaan energiaa kaikkiin solun energiaa vaativiin toimintoihin. Energiaa muodostetaan keräämällä energiaa ruuasta ja varastoimalla se ATP-sidoksiin, jotka sitten käytetään biologisen työn energiana. ATP hajoaa ilman hapentarvetta nopeasti kun energiaa tarvitaan. ATP:tä muodostetaan ilman happea kreatiinifosfaatista ja glukoosista. Aerobisesti ATP:tä muodostetaan sitruunahappokierrossa, β -oksidatiossa ja elektroninsiirtoketjussa rasvoista ja glykogeenista. Solussa ei voida säilyttää ATP:tä rajattomasti, joten sitä pitääkin tarpeen mukaan muodostaa lisää. (McArdle ym. 2001, 132,134.)

Intensiivisessä harjoituksessa ATP:tä muodostetaan pääosin anaerobisesti lihaksissa olevista glykogeenivarastoista, mistä muodostuu laktaattia. Laktaattia ei kuitenkaan kerry kaikilla harjoituksen intensiteeteillä. Kun laktaattia poistetaan oksidaation avulla yhtä paljon kuin sitä muodostuu, veren laktaattipitoisuus pysyy vakaana vaikka harjoituksen intensiteetti kasvaisikin. Harjoittelemattomilla laktaattipitoisuus veressä alkaa nousta 55 %:a VO_2max tasolla. Tämän selittää yleensä hapenpuute kudoksessa. Harjoituksen kestäessä useampia minutteja energiaa tuotetaan tehokkaammin aerobisen metabolian myötä. Tällaisessa harjoituksessa saavutetaan tasanne, jossa ATP:tä muodostetaan riittävästi suhteessa energiantarpeeseen. Harjoittelun myötä esimerkiksi kapillaarien tiheys, koko ja määrä kasvavat sekä aerobisessa metaboliassa tarvittavien entsyymien ja siirtäjien konsentraatio kasvavat, jolloin hapenkuljetus ja energiantuotto ovat tehokkaampia. (McArdle ym. 2001, 159-160.)

2.3 Kestävyys- tai voimaharjoittelun vaikutukset kestävyysuorituskykyyn

Tavoitteena yleisesti harjoittelussa on harjoittelun intensiteetin, volyymin ja frekvenssin lisääminen progressiivisesti ja systemaattisesti adaptaation eli mukautumisen synnyttämiseksi. Adaptaatiota tapahtuu eniten sillä teholla ja lajissa mitä harjoitellaan. Jotta harjoittelu olisi kehittävä, sen pitää tapahtua jatkuvasti korkeammilla ja korkeammilla tehoilla. Harjoittelun lisäksi palautumisesta tulee huolehtia. Superkompensaation eli suorituskyvyn kehittymisen saavuttamiseksi harjoittelusta tulee palautua ja uusi harjoitus on osattava tehdä optimaaliseen aikaan. (Bompa & Haff 2009, 9, 11, 15.)

Kestävyysharjoittelu, joka lisää hapenkuljetusta aktiivisille lihaksille, kehittää maksimaalista sydämen minuuttitilavuutta, veren nopeampaa ja suotuisaa kulkemista suonissa, sydänlihaksen supistumiskykyä sekä nostaa veren kokonaismäärää. Siten veri ja happi kulkeutuvat paremmin kudoksille. Lisäksi kestävyysharjoittelulla on positiivisia vaikutuksia liikkumisen kannalta edullisempaan hengitykseen. Aerobinen harjoittelu lisää mitokondrioiden kokoa ja määrää, aerobisten entsyymien laatua, lihasten hiussuonitusta, rasvan ja hiilihydraatin hapeutuskykyä, jotka kaikki kehittävät ATP:n aerobista tuottoa. (McArdle ym. 2001, 468, 475, 495.)

Kestävyysharjoittelu saattaa kehittää myös taloudellisuutta harjoittelussa lajissa. Yleensä taloudellisuus kehittyy juuri niillä tehoilla, millä harjoitellaan. Voimaharjoittelun yhdistäminen kestävyysharjoitteluun voi kehittää niin ikään taloudellisuutta muun muassa lisääntyneen mekaanisen tehokkuuden ansiosta (motorisia yksiköitä rekrytoidaan tehokkaammin, lihakset ovat voimakkaampia ja voimaa pystytään tuottamaan nopeammin). (Bompa & Haff 2009, 297-298.)

Farupin ym. (2012) tutkimuksen mukaan pelkällä voimaharjoittelulla ei ole vaikutusta maksimaalisen hapenottokyvyn kehittymiseen. Chtaran ym. (2005) tutkimuksessa sen sijaan

VO₂max kehittyi jonkin verran. Näyttäisi kuitenkin olevan niin, että voimaharjoituksessa tulisi saavuttaa 50 %:a VO₂max:sta että kehitystä aerobisessa kapasiteetissa tapahtuisi. Chtaran ym. tutkimuksessa voimaharjoittelu oli kuntopiirityyppistä, jossa harjoitukset tehdään intervalleina (30-30 tai 40-20 sekuntia). Lisäksi harjoittelu sisälsi räjähtävän voiman harjoituksia. (Chtara ym. 2005.) Räjähtävän voiman harjoittelu voi kehittää suorituksen taloudellisuutta ja hermolihäsjärjestelmän toimintaa riippumatta aerobisen kapasiteetin kehittymisestä siten parantaen kestävyysuorituskykyä. Räjähtävän voiman harjoittaminen kehittää siis sekä voimaa että hieman kestävyttäkin. (Hendrickson ym. 2010.)

3 HERMOLIHASJÄRJESTELMÄ

Hermolihasjärjestelmä tarkoittaa järjestelmää, joka koostuu lihaksista ja hermostosta ja jonka ansiosta ihminen voi tuottaa liikkeitä. Hermolihasjärjestelmän suorituskykyä voidaan arvioida mittaamalla voimaa (Keskinen ym. 2004, 125). Voima tarkoittaa hermolihasjärjestelmän kykyä tuottaa voimaa ulkoista vastusta kohtaan (Bompa & Haff 2009, 261). Lihasten voimantuotto-ominaisuudet voidaan jakaa nopeus-, kestävyys- ja maksimivoimaan. Maksimivoima tarkoittaa lihaksen kykyä tuottaa maksimaalista voimaa ja tällöin lihas myös jännittyy maksimaalisesti. (Keskinen ym. 2004, 125.) Dynaamista maksimivoimaa kuvaa henkilön kerran nostama kuorma tietystä liikkeestä (Bompa & Haff 2009, 268). Nopeusvoima tarkoittaa lihaksen kykyä tuottaa mahdollisimman suuri voima mahdollisimman nopeasti ja kestovoima lihasten kykyä tuottaa submaksimaalista voimaa pitkään tai monta kertaa peräkkäin. Maksimaalisessa voimantuotossa energiaa saadaan välittömistä energianlähteistä eli adenosiinitrifosfaatista ja kreatiinifosfaatista. Jos lihastyö jatkuu, ATP:tä muodostetaan anaerobisesti glukoosista ja glykogeenivarastoista. (Keskinen ym. 2004, 125, 130.)

Lihaksen tuottaman voiman suuruuteen vaikuttaa useat asiat. Maksimivoimaan vaikuttaa aktivoitujen motoristen yksiköiden määrä, motoristen yksiköiden syttymisfrekvenssi ja motoristen yksiköiden synkronisaation määrä. Motoriset yksiköt aktivoidaan luultavasti koon mukaan: pienemmät motoriset yksiköt aktivoidaan ensin ja suuremmat näiden jälkeen. Vastata kuorman ollessa iso myös isommat motoriset yksiköt aktivoidaan. Lihassoiman suuruuteen vaikuttaa myös venymis-lyhenemisykluksen käyttö (lihaksen ensin venyessä energiaa varastoituu ja se voidaan käyttää hyväksi konsentrisessa työssä), hermolihasjärjestelmän inhibition määrä (lihaksissa ja jänteissä olevat reseptorit voivat lihasta suojatakseen vähentää voiman tuottoa) ja lihassolutyypin (tyypin II lihassolut ovat tehokkaampia maksimaalisessa voimantuotossa). Lisäksi yksi merkittävä lihasvoimaan vaikuttava tekijä on lihaksen poikkipinta-ala. Mitä isompi poikkipinta-ala, sitä enemmän lihaksessa on supistuvia yksiköitä ja siten voimaa voidaan tuottaa paremmin. Voimaharjoittelu kehittää näitä yllämainittuja ominaisuuksia niin, että voimantuottokyky paranee. (Bompa & Haff 2009, 263-266.)

3.1 Hermolihasjärjestelmän toiminta voimantuotossa

Lihakset koostuvat erikokoisista lihassoluista, jotka sisältävät useita myosiini- ja aktiinifilamenteista koostuvia myofibrillejä. Paksut myosiini- ja ohuet aktiinifilamentit ovat vastuussa lihassupistuksesta. Myosiinifilamenteista ulos työntyviä osasia kutsutaan poikkisilloiksi ja näiden poikkisiltojen ja aktiinifilamenttien vuorovaikutus aiheuttaa lihassupistuksen. Lihassupistukseen olennaisesti liittyy myös sarkoplasma eli myofibrillien välissä oleva solunsisäinen neste ja siinä oleva sarkoplasminen retikulumi, joka on tärkeä lihassupistuksen säätelyssä. (Guyton & Hall 2011, 71-72.)

Lihassupistus käynnistyy kun aktiopotentiaali kulkee keskushermostolta liikehermoa pitkin lihassoluihin (Guyton & Hall 2011, 73). Luustolihasia hermottavia liikehermosoluja kutsutaan alfamotoneuroneiksi. Yksi alfamotoneuroni ja ne lihassolut, joita se hermottaa muodostavat motorisen yksikön. (Leppäluoto ym. 2008, 425.) Liikehermon päätteessä lihassolussa hermo erittää asetyylikoliinia, joka avaa lihassolussa olevia kationikanavia, mikä sallii natrium-ionien diffuusion lihassolun kalvolla. Tämä aiheuttaa depolarisaation, joka vuorostaan avaa natriumkanavia. Natriumkanavien aukeneminen aloittaa aktiopotentiaalin, joka kulkee lihassolun kalvolla depolarisoiden tämän. Aktiopotentiaalin sähköisyys aiheuttaa lihassolun keskellä kalsiumionien vapautumista sarkoplasmaiselta retikulumilta sarkoplasmaan. Kalsiumionien vaikutuksesta aktiini- ja myosiinifilamentit liukuvat toistensa lomaan ja lihassolu supistuu. Lihassolun supistuttua kalsiumionit pumpataan takaisin sarkoplasmiseen retikulumiin ja supistus päättyy. (Guyton & Hall 2011, 73-74.)

3.2 Voima- tai kestävyysharjoittelun vaikutukset maksimivoimaan

Voimaharjoittelu lisää lihasvoimaa erilaisten neurologisten ja morfologisten adaptaatioiden kautta. Ensisijaiset morfologiset muutokset sisältävät lihassolujen ja koko lihaksen poikki-

pinta-alan kasvun. Lihassolu kasvaa kun myofibrillien määrä ja koko kasvavat. Muita morfologisia adaptaatioita ovat mahdollisesti lihassolujen määrän kasvu, muutokset solutyypissä, lihaksen rakenteessa, aktiini- ja myosiinifilamenttien tiheydessä sekä sidekudosten ja jänteiden rakenteessa. Neurologisiin adaptaatioihin voidaan lukea oppiminen ja koordinaatio. Muun muassa agonistilihasten aktivaatiossa sekä motoristen yksiköiden syttymistiheydessä ja synkronisaatiossa nähdään muutoksia voimaharjoittelun myötä parempaan suuntaan. (Folland & Williams 2007.) Raskas voimaharjoittelu näyttäisi laskevan motoristen yksiköiden rekrytointikynnyksiä sekä lisäävän motoristen yksiköiden syttymisfrekvenssiä. Lisäksi se voi lisätä motoristen yksiköiden synkronisaatiota ja vähentää hermostollista inhibitiota. (Bompa & Haff 2009, 266.) Monet erinäiset muutokset neurologisissa ja morfologisissa tekijöissä kehittävät voimaa (Folland & Williams 2007). Tiivistettynä voimaharjoittelu lisää lihasten voimantuottoa sekä maksimaalista aktivaatiokapasiteettia (Keskinen ym. 2004, 131). Nopeimmat ja merkittävimmät kehitykset voimantuotossa harjoittelun seurauksena johtuu pääosin hermolihaskäytännön paremmasta fasilitoinnista eikä lihaksen koossa tai poikkipinta-alassa nähdä aluksi juurikaan muutoksia (McArdle ym. 2001, 529-530, Bompa & Haff, 2009, 266).

Pelkkä kestävyysharjoittelu ei näyttäisi kehittävä isometrisiä voimaominaisuuksia, mutta dynaamisen voiman testeissä havaittiin Farupin ym. (2012) tutkimuksessa pientä kehitystä. (Farup ym. 2012). Mikkolan ym. (2012) tutkimuksessa muutosta voimaominaisuuksissa ei kuitenkaan havaittu pelkkiä kestävyysharjoituksia tehneen ryhmän osalta. Aagardin ym. (2011) tutkimuksessa ei kestävyysharjoittelu myöskään kehittänyt maksimaalista lihasvoimaa maksimaalisessa tahdonalaisessa supistuksessa.

4 YHDISTETYN VOIMA- JA KESTÄVYYSHARJOITTELUN VAIKUTUKSET HERMOLIHASJÄRJESTELMÄN SUORITUSKYKYYN JA KESTÄVYSSUORITUSKYKYYN

Monen tutkimuksen mukaan yhdistetty harjoittelu parantaa sekä kestävyys- että hermolihasjärjestelmän suorituskykyä (Ferketich ym. 1998, Hendrickson ym. 2010, Karavirta ym. 2011). Muun muassa Ferketichin ym. (1998) tutkimuksessa 60-75 -vuotiaiden naisten VO_{2peak} kehittyi, submaksimaalisen väsymykseen kestänyt aika pidentyi ja submaksimaalinen syke tietyllä kuormalla laski yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun seurauksena eli taloudellisuus parantui (molemmat samassa harjoituksessa: lämmittely + 70-80%/ VO_{2peak} + 2x12-15 80%/10RM + loppuverryttely). Samassa tutkimuksessa jalan ojennus 10 RM parani yhdistetyn harjoittelun seurauksena 111,9 prosenttia. (Ferketich ym. 1998.) Myös Hendricksonin ym. (2010) ja Karavirran ym. (2011) tutkimuksissa yhdistetyn harjoittelun ryhmät kehittivät sekä voima- että kestävyysominaisuuksia. Hendricksonin ym. (2010) tutkimuksen mukaan aerobinen kapasiteetti parani yhdistetyn harjoittelun ryhmässä yhtä hyvin kuin pelkässä kestävyysharjoittelussa ryhmässä. Niin ikään hermolihasjärjestelmän voimantuotto-kyky parani yhdistetyn harjoittelun ryhmässä tilastollisesti samalla tavalla kuin voimaharjoitteluryhmässä. (Hendrickson ym. 2010.) Mikkolan ym. (2011) tutkimuksessa esimerkiksi maksimaalinen polkemisteho kehittyi yhdistetyn harjoittelun ryhmässä noin 17 % ja kestävyysryhmässä noin 11 %.

Ferketich ym. (1998) arvioi aerobisen kehityksen johtuneen yhdistetyn harjoittelun ryhmän tyyppin 1 lihassolujen kasvusta ja niiden paremmasta kuona-aineiden poistosta. Lisäksi solut pystyvät tuottamaan voimaa sitä tehokkaammin mitä suurempia ne ovat, mikä saattaa pitkittää väsymyksen ilmenemistä. (Ferketich ym. 1998.) Hendricksonin ym. (2010) mukaan voima- ja kestävyysharjoittelun yhdistäminen voi edistää lihasten hiussuonitusta enemmän kuin pelkkä kestävyysharjoittelu, mikä parantaa hapen kuljetusta ja käyttöä ja siten myös kestävyyttä. Voimaharjoittelu saattaa myös parantaa juoksun taloudellisuutta ja hermolihasjärjestelmän aktivointikykyä. (Hendrickson ym. 2010.) Karavirran ym. (2011) tutkimukses-

sa voimassa tapahtuneiden parannusten uskottiin johtuvan kehittyneestä lihasaktiivoinnista (Karavirta ym. 2011). Lisäksi yhdistetty harjoittelu yksinkertaisesti tehostaa Mikkolan ym. (2011) tutkimuksen mukaan kehitystä muun muassa maksimivoimassa ja kestävyyydessä.

Arazin ym. (2011) tutkimuksessa aiemmin harjoittelemattomat miehet jaettiin kolmeen ryhmään: ryhmään, joka tekee yhdistettyä harjoittelua samassa harjoituksessa (CPER), ryhmään, joka tekee yhdistettyä harjoittelua eri päivinä (CDER) ja kontrolliryhmään. Tehot voimaharjoittelussa (3 liikettä ylävartalolle ja 3 alavartalolle, palautus sarjojen välissä minuutti ja liikkeiden välissä 2-3 minuuttia) kasvoivat suurin piirtein viikoittain toistojen laskun sekä kuorman noston myötä ja kestävyysharjoittelussa (juoksu yhteensä 20 minuuttia lyhyitä ja pidempiä interveilleja 70 % $/HR_{max}$ alkaen) pidentämällä työaikaa ja nostamalla sykettä yksilöllisen kehityksen mukaan kahden viikon välein 10 viikon ajan. Maksimaalinen hapenottoakyky parantui CPER-ryhmässä 18,7 % ja CDER-ryhmässä 22,2 %. 1 RM kyykky parantui CPER-ryhmässä 26 % ja CDER-ryhmässä 33,1 %. Näiden kahden ryhmän välillä ei huomattu suuria eroja missään muuttujissa ja eri muuttujat olivat eri ryhmissä parempia vuorotellen. Arvioidessa kuitenkin kaikkia mitattuja voima-, nopeus- ja kestävyysominaisuuksia, CPER-ryhmällä oli suuremmassa osassa muuttujista paremmat kehitymisprosentit. Arazin ym. mukaan ei ole suurta eroa tehdäänkö yhdistettyä harjoittelua samassa harjoituksessa vai erikseen. (Arazi ym. 2011.)

Di Blasio ym. (2011) tutkivat akuutteja vasteita harjoittelemattomilla naisilla harjoituksille, joissa tehtiin joko kestävyys-voimaharjoitus, voima-kestävyysharjoitus (kestävyysharjoitus juoksu 30 minuuttia n. 60 % $/HR_{max}$, kuntopiiri 8 liikettä 55 % $/1RM$ 30 sekunnin palautuksella) tai molempia vuorotellen (3 x juoksu 10 minuuttia ja yksi kuntopiirikierros). Näistä harjoitusmuodoista suurimmat metaboliset vasteet aiheutti viimeinen: se lisäsi eniten energiankulutusta, VO_2 :ta, ventilaatiota ja RPE:tä. Sen sijaan toisissa ryhmissä ei huomattu keskenään merkittäviä eroavaisuuksia. Kestävyys-voimaharjoitus ryhmässä RPE oli alempi kuin muissa ryhmissä. (Di Blasio ym. 2011.) Tästä tutkimuksesta voisi soveltaa tiedon siitä,

että kestävyys-voimaharjoitus on näistä kevyin harjoitusmuoto ja siten ei välttämättä kehitä aivan niin paljoa, kuin voima-kestävyys harjoitus.

Chtaran ym. (2005) tutkimuksessa liikunnanopiskelijamiehet jaettiin neljään ryhmään: kestävyysryhmä, voimaryhmä sekä yhdistetyn harjoittelun ryhmät (kestävyys+voima ja voima+kestävyys, molemmat samassa harjoituksessa eri järjestyksissä). Miehet harjoittelivat 12 viikon ajan kaksi kertaa viikossa, kestävyys harjoittelu tehtiin juosten radalla ja se koostui viidestä osasta, jotka juostiin 100 %:a vVO_2max :sta ja aktiivisesta palautuksesta 60 %:a vVO_2max :sta. Kunkin osan kesto oli puolet testeissä uupumukseen kuluneesta ajasta. Voimaharjoittelu jaettiin neljään kolmen viikon jaksoon, joista kahdella ensimmäisellä kehitettiin voimakestävyyttä ja jälkimmäisillä räjähtävyyttä. Neljän kilometrin testin aikaa, aikaa uupumukseen ja vVO_2max :a paransi eniten E+S –ryhmä. Niin ikään VO_2max :a paransi eniten E+S –ryhmä. S+E –ryhmä kehittyi aerobista kapasiteettia arvioidessa samalla tavoin kuin kestävyysryhmä. Tämän tutkimuksen mukaan kestävyys suorituskyky kehittyi siis paremmin, kun kestävyys harjoitus tehdään ennen voimaharjoitusta. Tutkijat arvioivat, että S+E –ryhmän huonompi kehitys aerobisen kapasiteetin suhteen voi johtua siitä, että voimaharjoittelu tuottaa väsymystä, joka laskee kestävyys harjoituksen tehokkuutta ja/tai fysiologisia adaptaatioita. (Chtara ym. 2005.)

Silvan ym. (2012) mukaan aerobinen harjoitus saattaa väsyttää ja tällöin suorituskyky toisessa harjoituksessa (voimaharjoituksessa) on heikompi ja siten voiman kehittyminen heikentyisi. Silvan ym. tutkimuksessa tehtiin aina ensin aerobinen harjoitus eikä sen kuitenkaan huomattu vaikuttavan negatiivisesti voiman kehittymiseen. (Silva ym. 2012.) Silvan ym. tutkimuksessa ei kuitenkaan ollut verrattavana ryhmää, joka olisi tehnyt ensin voimaharjoituksen ja sen jälkeen aerobisen harjoituksen, joten tutkimuksesta ei selviä, miten hyvin voimaominaisuudet olisivat kehittyneet, jos voimaharjoitus olisi tehty ensin.

Yhdistetty harjoittelu saattaa estää räjähtävän voiman kehitystä verrattuna pelkkään voimatai kestävyys harjoitteluun (Mikkola ym. 2011, Hendrickson ym. 2010, Häkkinen ym. 2003). On kuitenkin todistettu, että voimaharjoittelun yhdistäminen kestävyys harjoitteluun ei hei-

kennä kestävyysuorituskyvyn kehittymistä (Ferketich ym. 1998, Karavirta ym. 2011).
Voima- ja kestävyysuorituksen yhdistäminen ei näyttäisi myöskään heikentävän kehitystä
maksimivoimassa lyhyellä ajanjaksolla (alle 21 viikkoa) (Hendrickson ym. 2010, Karavirta
ym. 2011, Silva ym. 2012, Glowacki ym. 2004, Häkkinen ym. 2003, McCarthy ym. 2002).

5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS, TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESIT

Aiemmat tutkimukset osoittavat, että yhdistetystä harjoittelusta ei ole haittaa kestävyys- tai hermolihasjärjestelmän suorituskyvyn parantumiselle, vaan se saattaa jopa tehostaa joidenkin osatekijöiden kehittymistä. Tässä tutkimuksessa tutkitaan sitä millainen yhdistetty voima- ja kestävyysharjoittelu, yhdessä vai erikseen ja jos yhdessä niin missä järjestyksessä, on paras kehittämään sekä kestävyyttä että voimaa. Tämä on tärkeä asia käytännön valmennuksessa, jotta kuntoilijat tietävät millä tavalla harjoitella, jotta saavutetaan paras mahdollinen harjoitusvaikutus.

Tässä tutkimuksessa tutkitaan muutoksia kolmessa ryhmässä, joista yksi tekee kestävyys- ja voimaharjoitukset erillisinä päivinä, toinen tekee kestävyys- ja voimaharjoituksen samassa harjoituksessa aloittaen kestävyysharjoituksella ja kolmas tekee harjoitukset samassa harjoituksessa aloittaen voimaharjoituksella. Tutkimuksessa tutkitaan 12 viikon aikana tapahtuvia muutoksia suorituskyvyssä naisilla. Tutkimusongelmat ovat seuraavat:

1. Kehittykö ensin tehtävä ominaisuus enemmän samassa harjoituksessa tehtävässä yhdistetyssä harjoittelussa?

Hypoteesi: Ensimmäinen tehtävä ominaisuus kehittyy enemmän yhdistetyssä harjoittelussa, sillä ensimmäisestä harjoituksesta kertyy väsymystä, joka vaikuttaa negatiivisesti joko toisen harjoituksen suoritukseen tai sen adaptaatioihin.

Perustelu: Joissakin tutkimuksissa (Silva ym. 2010, Chtara ym. 2005) on yritetty tutkia tätä ongelmaa. Chtaran ym. (2005) mukaan, kun aerobinen harjoitus tehdään ensin, aerobinen kapasiteetti myös kehittyy paremmin. Silvan ym. (2010) tutkimuksessa aerobisen kapasiteetin kehitys ei ollut rajoittunutta kun aerobinen harjoitus tehtiin ensin. Akuutteja vasteita tutkittaessa ei ole huomattu suurta eroa eri harjoitusjär-

jestyksen välillä (Di Blasio ym. 2011). Vaikka ongelmasta onkin hieman ristiriitaisia tuloksia, voisi olettaa että kun tehdään hieman kovemmalla intensiteetillä voima- tai kestävyysharjoitus, se väsyttää aina hieman ja vie näin energiaa seuraavaksi tehtävältä harjoitukselta.

2. Ovatko samassa harjoituksessa tehtävien voima- ja kestävyysharjoitusten aikaansaamat harjoitusvaikutukset samanlaisia kuin eri päivinä tehtävien voima- ja kestävyysharjoitusten aikaansaamat harjoitusvaikutukset?

Hypoteesi: Samassa harjoituksessa tehtävien voima- ja kestävyysharjoitusten aikaansaamat harjoitusvaikutukset ovat parempia eli samassa harjoituksessa tehtävä yhdistetty harjoittelu kehittää enemmän kestävyys- ja hermolihasjärjestelmän suorituskykyä kuin eri päivinä tehtävä yhdistetty harjoittelu, koska yksittäisen harjoituksen kokonaiskuormitus on korkeampi ja siten se kehittää enemmän.

Perustelu: Kyseiseen ongelmaan ei ole tutkimuksissa löydetty yksiselitteistä vastausta, mutta Arazin ym. (2011) tutkimuksessa parempi harjoitusvaikutus näyttäisi saavutettavan samassa harjoituksessa tehtävien voima- ja kestävyysharjoitusten kautta. Eri harjoitustapojen välillä ei kuitenkaan huomattu merkittävää eroa. (Arazin ym. 2011.) Samassa harjoituksessa tehtävien voima- ja kestävyysharjoitusten parempaa kehittävyttä puoltaa se, että harjoituksen kokonaiskuormitus on korkeampi ja siten se kehittää enemmän.

6 TUTKIMUSMENETELMÄT

6.1 Tutkittavat

Tutkittavia koko tutkimuksessa on 180 miestä ja naista (2011 95 ja 2012 85 tutkittavaa). Tässä tutkimuksessa tutkitaan satunnaisesti valittuja yhteensä 41 aiemmin säännöllisesti harjoittelematonta naista, joista 2011-2012 tutkimukseen osallistui 26 (14 E+S ryhmässä ja 12 S+E ryhmässä) ja 2012-2013 15 (eri päivinä harjoittelevien ryhmässä). Tutkimukset olivat molempina vuosina samanlaiset. Jokaisessa harjoitusryhmässä aloitti yhteensä 20 koehenkilöä. Taulukossa 1 on esitelty tutkittavien antropometrisia muuttujia ja niiden jakautumista eri ryhmissä. Tutkittavat olivat aiemmin systemaattisesti harjoittelematomia mutta fyysisesti aktiivisia naisia. Poissulkukriteerejä olivat akuutit sairaudet ja vammat sekä selkeä ylipaino ($BMI > 31 \text{ kg/m}^2$) ja kaikenlaiset sydän- ja verisuoni-, tukkeuttavat keuhko- ja metaboliset sairaudet kuten tyypin 1 ja 2 diabetekset tai metabolinen syndrooma.

TAULUKKO 1. Tutkittavien antropometriset muuttujat keskiarvoina ja keskihajontoina ryhmiin jaoteltuina, BMI painoindeksi.

	E+S	S+E	E/S
Ikä (v)	30±6	29±5	31±7
Pituus (cm)	166±6	165±5	166±4
Paino (kg)	65.0±11.2	61.4±9.0	64.9±8.6
BMI	23.5±3.3	22.7±3.6	23.7±2.9

6.2 Tutkimusasetelma

Tämä tutkimus on osa Jyväskylän yliopiston Liikuntabiologian laitoksen tekemää ja professori Häkkisen johtamaa tutkimusta. Kaikkia tässä tutkimuksessa käytettyjä tutkimusmene-

telmiä on käytetty aikaisemminkin Jyväskylän yliopiston liikuntabiologian laitoksella ja tämä projekti on hyväksytty Jyväskylän yliopiston eettisen toimikunnan toimesta. Kaikki tutkittavat saivat tietoa tutkimuksen metodeista ja menettelyistä verbaalisesti ja paperilla ennen kuin he kirjallisesti suostuivat osallistumaan tutkimukseen. Kaikki kerätty data ja informaatio henkilökohtaisista suorituksista säilytetään lukituissa kaapeissa eikä muiden tutkittavien tuloksia jaeta muille tutkittaville.

Tutkittavat jaettiin sattumanvaraisesti eri harjoitusryhmiin, joissa he toteuttivat yhdistettyä voima- ja kestävyysharjoittelua joko samassa harjoituksessa eri järjestyksissä (kestävyys- + voimaharjoitus E+S tai voima- + kestävyysharjoitus S+E) tai eri päivinä (E/S). Tässä tutkimuksessa tutkitaan 12 viikon harjoittelun vaikutusta suorituskykyyn. Ennen harjoittelun aloittamista tutkittavilla oli kontrollijakso, jota ennen tehtiin esimittaukset. Tässä tutkimuksessa tarkkailtavat mittaukset tehtiin harjoittelun alussa kontrollijakson jälkeen sekä 12 viikon harjoittelun jälkeen.

Harjoittelu. Tutkittavien harjoittelua seurattiin jatkuvasti ja se koostui progressiivisesta kestävyys- ja voimaharjoittelusta joko samassa harjoituksessa tai eri päivinä tehtävänä harjoitteluna. 12 viikon aikana kaikki tutkittavat saman harjoituksen ryhmässä toteuttivat kaksi kertaa viikossa kestävyys- + voimaharjoituksen tai voima- + kestävyysharjoituksen. Eri päivinä harjoitukset tehnyt ryhmä harjoitteli neljä kertaa viikossa, kaksi kertaa kestävyyttä ja kaksi kertaa voimaa. Tutkittavat saivat tutkimuksen aikana tehdä 1-2 kertaa viikossa kevyttä liikuntaa, mutta kaikki tutkimuksen ulkopuolinen raskas liikunta kiellettiin.

Voimaharjoittelu kohdistui kaikkiin suuriin lihasryhmiin pääpaino polven ojentajissa ja koukistajissa. Voimaharjoittelu sisälsi kuitenkin käsivarsien ojentajia ja koukistajia sekä keskivartalon lihaksia kehittäviä liikkeitä. Liikkeitä olivat jalkaprässi, pystypunnerrus, polvenojennus, ylätalja, polvenkoukistus, vatsarutistukset, selänojennus, kyynärpään ojennus seisten, vipunostot selinmakuulla ja hauiskääntö. Yhdessä harjoituksessa tehtiin 6-7 liikettä. Voimaharjoittelun vastuksia lisättiin progressiivisesti ja suorituksia kontrolloitiin toistojen ja suoritusnopeuden suhteen. Voimaharjoittelu ei sisältänyt erillistä lämmittelyä. Ennen

maksimivoiman harjoittamista kussakin liikkeessä sai tehdä lämmittelysarjan. Voimaharjoittelua on esitelty tarkemmin liitteessä 1.

Kestävyysharjoittelu suoritettiin polkupyörällä. Kestävyysharjoittelua kontrolloitiin sykealueiden mukaan. Sykealueet määritettiin ensimmäisessä maksimaalisessa kestävyystestissä polkupyöraergometrillä. Harjoittelu koostui viikoilla 1-3 tasavauhtisesta pyöräilystä ja viikoilla 4-12 eritehoisista ja –pituisista intervalleista. Jokainen harjoitus sisälsi alku- ja loppuverryttelyä 10-15 minuuttia alle aerobisen kynnyksen teholla. Lisäksi intervallien välissä oli alle aerobisen kynnyksen teholla tapahtuva 5-10 minuutin palautus riippuen harjoituksesta. Kestävyysharjoittelua on esitelty tarkemmin liitteessä 2. E+S ja S+E –ryhmissä tutkittavat saivat ottaa kaksi glukoositablettia kestävyys- ja voimaharjoitusten välissä.

6.3 Mittaukset

Tässä tutkimuksessa arvioidaan kestävyys- ja hermolihasjärjestelmän suorituskykyä neljällä eri mittarilla, jotka ovat maksimaalinen hapenottokyky ja taloudellisuus sekä jalkojen ojentajien maksimivoima mitattuna isometrisesti ja dynaamisesti jalkaprässillä.

Maksimaalinen hapenottokyky ja taloudellisuus. Kestävyys suorituskykyä arvioitiin tässä tutkimuksessa maksimaalisen polkupyöraergometrillä (Ergometrics 800, Ergoline, Bitz, Saksa) tehtävän suoran testin avulla, josta poimittiin tiedot maksimaalisesta hapenottokyvystä ja hapenotosta 75 ja 100 watin tehoilla. Nämä tehot on valittu, koska tutkimuksessa ei haluttu käyttää kuormituksen ensimmäistä kuormaa. Lisäksi kaikki tutkittavat eivät päässeet alkumittauksissa 125 watin kuormalle, joten sitäkään tehoa ei voitu tässä tutkia. Hapenoton arvot otettiin hengityskaasuanalysointorista (Oxycon Pro, Jaeger, Saksa). Hengityskaasuanalysointori kalibroitiin ennen jokaista testattavaa. Testattavat olivat tehneet ensimmäiset basaalimittaukset ennen viikon 0 testejä, jolloin oikea satulan korkeus ja maskin koko testat-

tiin ja pistettiin muistiin. Pyöräily aloitettiin 50 watin teholla ja sitä lisättiin 25 wattia kahden minuutin välein. Sykettä mitattiin keskiarvona jokaisen kuorman viimeiseltä kymmeneltä sekunnilta. RPE mitattiin Borgin asteikolla 7-20 ja sitä kysyttiin noin 20-30 sekuntia ennen jokaisen kuorman loppua. Laktaatin mittaus ajoitettiin niin, että sitä mitattiin juuri ennen kuorman vaihtumista. Testi suoritettiin uupumukseen asti. Testin loppumisaika kirjattiin sekunnin tarkkuudella ylös. VO_2 max-arvoksi (ml/min/kg) määritettiin hapenkulutuksen suurin 60 sekunnin keskiarvo suoran polkupyöräergometritestin ajalta. 75 ja 100 watin VO_2 arvot saatiin hengityskaasuanalysaattorista ja ne on esitelty tässä tutkielmassa muodossa ml/kg/min.

Maksimivoima. Hermolihasjärjestelmän suorituskykyä tutkittiin tässä tutkimuksessa arvioimalla yhden toiston maksimitesti (1RM) dynaamisessa jalkaprässissä ja maksimaalista isometristä jalkaprässissä. Maksimaalinen isometrinen jalkojen ojentajien voima mitattiin isometrisellä jalkaprässillä (Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto, Suomi) 107 asteen polvikulmalla. Tutkittavaa ohjeistettiin tuottamaan mahdollisimman nopeasti mahdollisimman suuri voima ja pitämään maksimivoima kolmen sekunnin ajan. Jalkojen paikka ja polvikulma oli vakioitu. Toistoja tehtiin vähintään kolme, mutta jos tulokset parantuivat viidellä prosentilla, tehtiin vielä tarpeen mukaan 1-2 toistoa. Toistojen välissä pidettiin minuutin palautus. Isometrinen maksimivoima määritettiin Signal-ohjelmistolla niin, että maksimivoimaksi määritettiin kolmen sekunnin aikana nähtävä suurin voiman arvo. Maksimivoima-arvot on esitetty aineistossa Newtonina.

Dynaamista 1 RM jalkojen ojentajien voimaa mitattiin 60 asteen polvikulmalla jalkaprässissä (David 210, David Health Solutions Ltd., Helsinki, Finland). 1 RM arvioitiin ensin lämmittämällä 5 toistoa 70 % arvioidusta maksimista. Tämän jälkeen lämmiteltiin vielä kolme toistoa 80-85 % arvioidusta maksimista. Seuraavaksi tehtiin kaksi toistoa 90-95 % arvioidusta maksimista ja viimein 1 RM (joka saattoi viedä muutaman yrityksen, mutta ei enempää kuin viisi). Polvikulma oli vakioitu. Tutkittavaa ohjeistettiin pitämään pakarat ja selkä kiinni penkissä sarjojen ajan. Sarjojen välillä pidettiin minuutin palautus. Yhden toiston maksimitestin tulokseksi määritettiin korkein kuorma, jolla tutkittava suoritti yhden toiston.

6.4 Tilastolliset menetelmät

Aineistoa tarkasteltiin tilastollisesti SPSS Statistics 20.0 –ohjelmalla (SPSS Inc. USA). Aineiston normaalijakautuneisuus testattiin kaikilla muuttujilla ja ryhmillä, mutta yhden muuttujan ollessa ei-normaalisti jakautunut yhdellä ryhmällä, tehtiin sille kuitenkin samat testit kuin muillekin muuttujille. Eri mittaustilanteita tarkasteltiin parittaisella t-testillä kunkin ryhmän sisällä. Samalla harjoituskerralla molemmat sekä kestävyys- että voimaharjoitukset tehneitä ryhmiä vertailtiin riippumattomien ryhmien välisellä t-testillä. Kaikkia ryhmiä keskenään vertailtiin Oneway Anova testillä, jota ennen testattiin kunkin muuttujan varianssit. Tilastollisen merkitsevyyden tasot olivat $p < 0,001 = ***$, $p < 0,01 = **$ ja $p < 0,05 = *$.

7 TULOKSET

7.1 Kestävyysuorituskyky

Ryhmien välillä ei ollut alkumittauksissa merkitsevää eroa taloudellisuudessa, isometrisessä jalkaprässissä tai 1 RM jalkaprässissä, mutta maksimaalisessa hapenottokyvyssä oli merkitsevä ero S+E ja eri päivinä harjoitukset tehneen ryhmän (E/S) välillä ($p=0,002^{**}$). Alla taulukossa 2 on esitelty ryhmien tulokset mittauksissa viikoilla 0=pre ja 12=post keskiarvoina ja keskihajontana kestävyysuorituskykymuuttujien suhteen (taloudellisuusmuuttujat eli VO_2 ml/min/kg 75W ja 100W on esitelty hapenoton muutoksina, jolloin taloudellisuus on kehittynyt juuri päinvastaiseen suuntaan, positiiviset prosenttimuutokset ovat tulosten huonontumista ja negatiiviset kehittymistä).

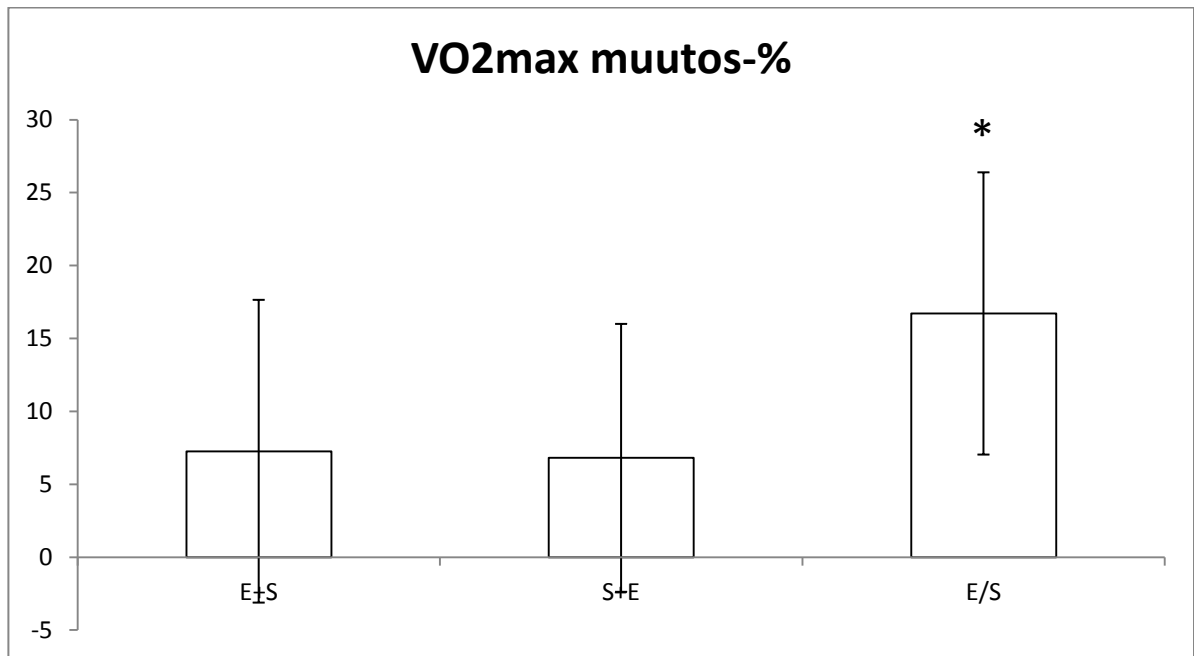
TAULUKKO 2. Ryhmien tulokset mittauksissa (keskiarvot ja \pm -merkin jälkeen keskihajonta), viikoilla 0=pre ja 12 harjoitusviikon jälkeen=post.

	E+S			S+E			E/S		
	pre	post	%	pre	post	%	pre	post	%
VO₂max	32.5 ± 4.3	34.8* ± 5.1	7.3 ± 10.4	35.7 ± 4.3	38.0* ± 4.8	6.8 ± 9.2	29.2 ± 4.7	33.9*** ± 4.5	16.7 ± 9.7
VO₂75W	16.7 ± 1.9	17.1 ± 2.0	3.0 ± 12.9	18.1 ± 2.1	19.2* ± 2.6	6.4 ± 8.8	17.3 ± 2.5	17.0 ± 1.8	-1.3 ± 6.5
VO₂100w	20.6 ± 3.1	20.4 ± 2.8	-0.4 ± 10.9	22.1 ± 2.7	23.0 ± 3.1	4.1 ± 9.0	20.8 ± 2.9	20.3 ± 2.4	-1.7 ± 6.3

VO₂max maksimaalinen hapenottokyky, VO₂ 75W hapenotto 75 watin kuormalla ja VO₂ 100W hapenotto 100 watin kuormalla, kaikki arvot ml/min/kg. %-sarakkeessa suhteelliset muutokset muuttujissa. Merkitsevyydet: $p<0,001^{***}$, $p<0,01^{**}$, $p<0,05^*$.

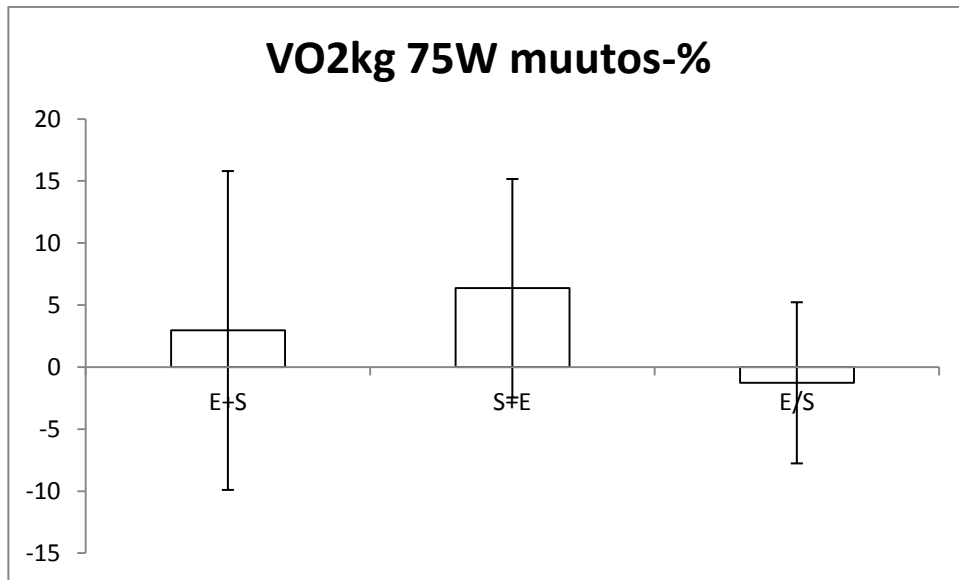
Maksimaalinen hapenottokyky. Kaikilla ryhmillä maksimaalinen hapenottokyvyn kehitys oli merkitsevää. Ryhmän E+S kehitys oli 7,26 % ja merkitsevyys $p=0.019^*$ sekä ryhmällä S+E kehitys 6,81 % ja merkitsevyys $p=0.040^*$. E/S –ryhmällä hapenottokyky kehittyi erittäin merkitsevästi $p=0.000^{***}$. Kunkin ryhmän kehitystä on esitelty kuvassa 1. Ryhmien välillä

kehityksessä oli myös tilastollisesti merkitsevä ero ($p=0.016^*$). E+S ja S+E -ryhmien välillä ei ollut merkitsevää eroa, mutta E/S -ryhmä erosi merkitsevästi kummastakin ryhmästä, verrattuna E+S ryhmään $p=0.04^*$ ja S+E $p=0.038^*$. E/S -ryhmän kehitys olikin lähes kymmenen prosenttiyksikköä korkeampi kuin muiden ryhmien.

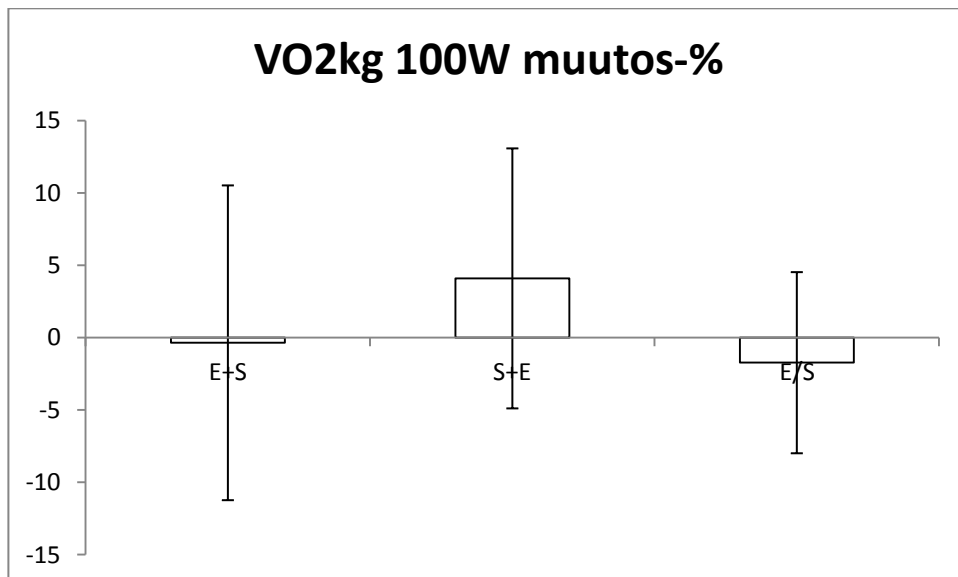


KUVA 1. Suhteelliset muutokset maksimaalisessa hapenottokyvyssä.

Taloudellisuus. Taloudellisuus ei kehittynyt kaikilla ryhmillä. Kuvassa 2 ja 3 on esitelty kehitys hapenoton muutoksena alkumittauksista välimittauksiin. E+S -ryhmä kehittyi 75 watin teholla 0,36 % ja 100 watin teholla taloudellisuus huononi 2,96 %:lla. S+E -ryhmä huononsi taloudellisuuttaan kummallakin tarkkailulla teholla: 6,37 % ja 4,09 %. E/S -ryhmä kehitti taloudellisuuttaan kummallakin teholla; 75 watin teholla kehitys oli 1,26 % ja 100 watin teholla 1,73 %. Kehitykset taloudellisuudessa eivät olleet tilastollisesti merkitseviä, kun taas ryhmän S+E huonontuminen 75 watin teholla oli merkitsevä ($p=0.034^*$). Prosentuaalisesti eniten kehittyi E/S -ryhmä, joka oli ainoa ryhmä, jossa kehitystä tapahtui molemmilla tarkkailuilla tehoilla. Ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa ($p=0.138$).



KUVA 2. Suhteelliset muutokset hapenotossa (ml/min/kg) 75 watin teholla.



KUVA 3. Suhteelliset muutokset hapenotossa (ml/min/kg) 100 watin teholla.

Taloudellisuuden muutos ja voimamuuttujien muutokset eivät suurelta osin korreloi toistensa kanssa. Yksi korrelaatio löytyy 100 watin muutosprosenttia ja yhden toiston maksimitestiä vertailtaessa. Ryhmä kehitti 1 RM:a 10,63 % ja taloudellisuus huonontui. Taulukossa 9 korrelaatiot taloudellisuuden muutosten ja voimamuuttujien suhteen kaikilla ryhmillä.

TAULUKKO 3. Korrelaatiot taloudellisuuden muutosten (75 W ja 100 W) ja voimamuuttujien (isometrinen ja dynaaminen maksimivoima jalkaprässissä) välillä Pearson (sig. 2-tailed).

	VO2 75 W muutos-% & isometrinen maksimivoima	VO2 75 W muutos-% & 1RM	VO2 100W muutos-% & isometrinen maksimivoima	VO2 100W muutos-% & 1 RM
E+S	p=0.166	p=0.115	p=0.340	p=0.929
S+E	p=0.672	p=0.133	p=0.184	p=0.050*
E/S	p=0.296	p=0.991	p=0.302	p=0.884

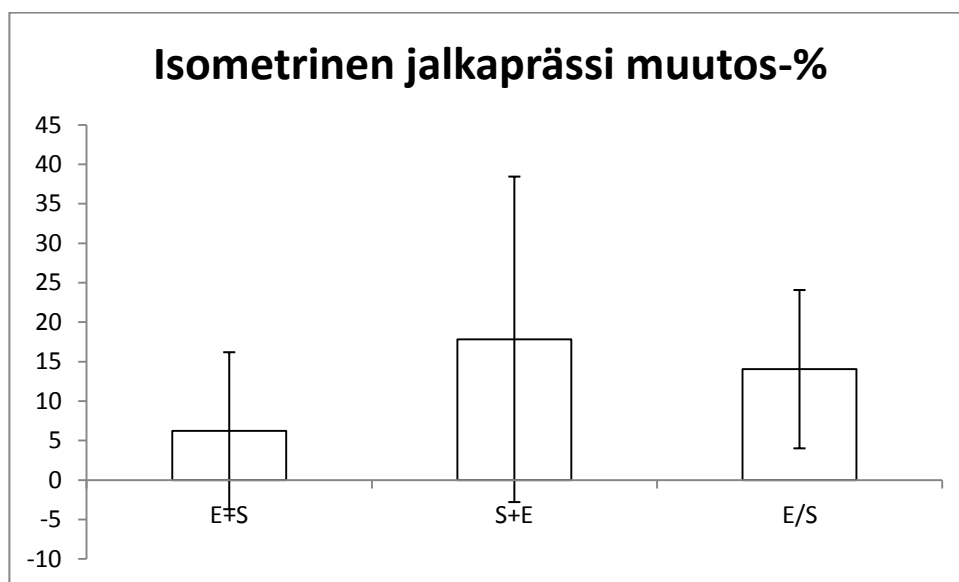
7.2 Voimamuuttujat

Taulukossa 4 on esitelty voimamuuttujien arvoja keskiarvoina ja keskihajontoina. Voimamuuttujat kehittyivät kaikissa ryhmissä merkitsevästi 12 viikon harjoittelun aikana.

TAULUKKO 4. Ryhmien tulokset mittauksissa (keskiarvot ja \pm -merkin jälkeen keskihajonta), viikoilla 0=pre ja 12 harjoitusviikon jälkeen=post voimamuuttujien suhteen, Isom. isometrinen maksimivoima jalkaprässissä newtoneina ja 1RM yhden toiston maksimitestin tulos jalkaprässissä kiloina. %-sarakeessa suhteelliset muutokset muuttujissa. Merkitsevyydet: $p<0,001^{***}$, $p<0,01^{**}$, $p<0,05^*$.

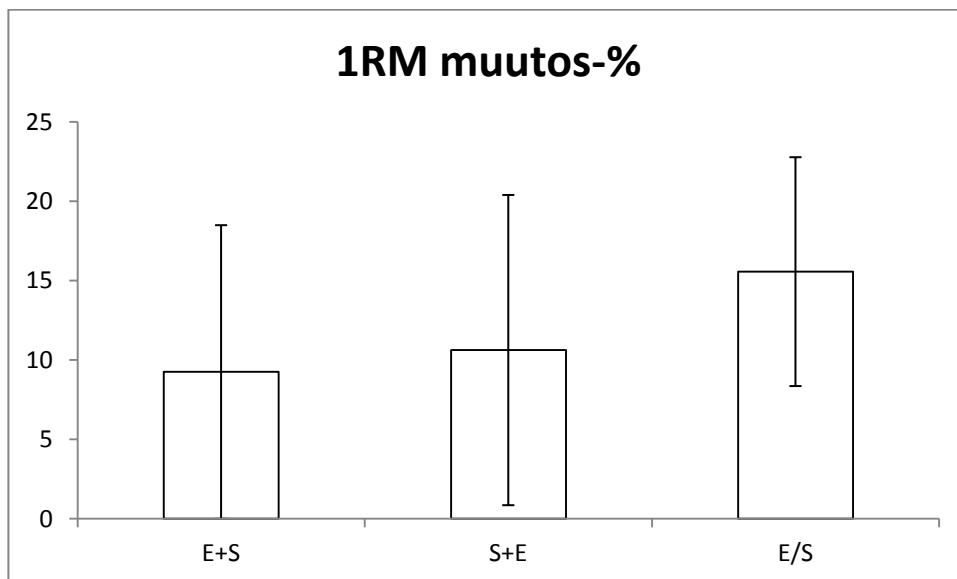
	E+S			S+E			E/S		
	pre	post	%	pre	post	%	pre	post	%
Isom.	1654.1 ± 262.8	1761.1** ± 360.5	6.3 ± 9.9	1685.3 ± 678.5	1952.8* ± 770.2	17.8 ± 20.6	1380.3 ± 315.4	1563.6*** ± 335.6	14.0 ± 10.0
1RM	102.8 ± 23.4	111.6** ± 23.8	9.3 ± 9.3	98.2 ± 17.8	107.8** ± 17.0	10.6 ± 9.8	87.8 ± 8.3	101.5*** ± 11.9	15.6 ± 7.2

Isometrinen jalkaprässi. Isometrinen jalkaprässi kehittyi merkitsevästi kaikissa ryhmissä E+S $p=0.043^*$; S+E $p=0.018^*$ ja E/S $p=0.000^{***}$. Ryhmien kehityksiä on esitelty kuvassa 4. Ryhmien välillä kehityksessä ei ollut merkitsevää eroa minkään ryhmän välillä ($p=0.106$). Suhteellisesti eniten isometrisessä jalkaprässissä kehittyi S+E –ryhmä (17,82 %), toiseksi eniten E/S –ryhmä (14,04 %) ja vähiten E+S –ryhmä (6,25 %).



KUVA 4. Suhteelliset muutokset maksimivoimassa isometrisessä jalkaprässissä.

Yhden toiston maksimitesti jalkaprässissä. Yhden toiston maksimitesti jalkaprässissä kehittyi kaikilla ryhmillä merkitsevästi: E+S -ryhmällä ($p=0.043^*$), S+E -ryhmällä ($p=0.002^{**}$) ja E/S -ryhmällä ($p=0.000^{***}$). Kehitykset 1 RM testissä on esitelty kuvassa 5. Ryhmien välillä kehityksessä ei ollut merkitsevää eroa minkään ryhmän välillä ($p=0.136$). Yhden toiston maksimi jalkaprässissä parani prosentuaalisesti eniten E/S -ryhmällä (15,57 %) ja vähiten E+S -ryhmällä (9,25 %).



KUVA 5. Suhteelliset muutokset yhden toiston maksimitestissä jalkaprässissä.

7.3 Ryhmien E+S ja S+E vertailu

Ryhmien välillä ei ollut millään muuttujalla tilastollisesti merkitsevää eroa. VO₂max kehittyi ryhmällä E+S 7,26 % ja S+E 6,81 %. Isometrinen jalkaprässi kehittyi E+S -ryhmällä 6,25 % ja S+E -ryhmällä 17,82 %. 1RM jalkaprässi kehittyi E+S ryhmällä 9,25 % ja S+E -ryhmällä 10,63 %. Hapenotto 75 watilla kasvoi E+S -ryhmällä 2,96 % ja S+E -ryhmällä

6,37 %. Hapenotto 100 watilla pieneni E+S -ryhmällä 0,36 % ja kasvoi S+E -ryhmällä 4,09 %. Täten taloudellisuus kehittyi näistä ryhmistä vain E+S ryhmällä 100 watin teholla 0,36 prosenttia.

8 POHDINTA

Suorituskykyä, sekä kestävyys- että hermolihasjärjestelmän suorituskykyä, näyttää yleisesti eniten kehittävän harjoittelu, jossa eri ominaisuuksia kehittävät harjoitukset tehdään eri päivinä (E/S). Yhdistetty harjoittelu yhdessä harjoituksessa näyttäisi vaativan kompromisseja, sillä saattaa olla niin, että ensin tehtävä ominaisuus kehittyy tässä harjoittelutavassa enemmän. Erot eivät kuitenkaan suurelta osin olleet tilastollisesti merkitseviä, mutta suhteellisten muutosprosenttien mukaan näitä johtopäätöksiä voidaan tässä tutkimuksessa tehdä. Kaikki harjoitustavat kehittivät tutkittavien suorituskykyä.

Ensimmäinen tutkimuskysymys oli, että kehittykö ensin tehtävä ominaisuus enemmän samassa harjoituksessa tehtävässä yhdistetyssä harjoittelussa. Tutkimushypoteesi näyttäisi olevan oikein, sillä ensin tehtävä ominaisuus kehittyi enemmän yhdistetyssä harjoittelussa tutkittaessa kehitysprosentteja. Taloudellisuus ja maksimaalinen hapenotto kyky kehittyivät enemmän E+S ryhmällä ja isometrinen maksimivoima sekä yhden toiston maksimitesti kehittyivät enemmän S+E ryhmällä. Näyttäisi lisäksi olevan niin, ettei voiman kehittymisellä ole suhdetta taloudellisuuden kehittymiseen näin pienellä aikavälillä. Erot muuttujien välillä eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä. Chtaran ym. (2005) tutkimuksessa saatiin samansuuntaisia tuloksia: ero S+E ja E+S -ryhmien välillä ei ollut suuri, mutta viittauksia oli siihen suuntaan, että E+S -ryhmä kehitti enemmän kestävyysominaisuuksia. Tutkijat arvioivat tämän johtuneen siitä, että ensin tehtävä voimaharjoitus aiheuttaa väsymystä, joka vaikuttaa kestävyys harjoituksen tehokkuuteen. (Chtara ym. 2005.) Tämä tutkimus antaa viitteitä siitä, että voimaharjoittelu ennen kestävyys harjoitusta saattaa vaikuttaa kestävyiden kehittymiseen. Koska tilastollisesti merkitsevää eroa ei löytynyt, voidaan sanoa, että kumpikin järjestys kehittää suorituskykyä samankaltaisesti. Jos harjoittelu toteutettaisiin niin, että voima- ja kestävyys harjoitusten suoritusjärjestystä vaihdettaisiin vuoropäivin, voisi mahdollisesti kehittää enemmän kumpaakin suorituskykyä. Tässä voisikin olla tilaa lisätutkimukselle.

Toinen tutkimuskysymys oli, että ovatko samassa harjoituksessa tehtävien voima- ja kestävyysharjoitusten aikaansaamat harjoitusvaikutukset samanlaisia kuin eri päivinä tehtävien voima- ja kestävyysharjoitusten aikaansaamat harjoitusvaikutukset. Tutkimushypoteesi kumoutui tämän kysymyksen osalta, sillä näyttäisi olevan niin, että eri päivinä tehtävä yhdistetty harjoittelu kehittää eniten sekä kestävyys- että hermolihasjärjestelmän suorituskykyä. Eri päivinä yhdistetyn harjoittelunsa toteuttaneiden ryhmä kehittyi eniten maksimaalisessa hapenottokyvyssä sekä jalkaprässissä yhden toiston maksimitestissä. Maksimaalisessa hapenottokyvyssä oli tilastollisestikin merkitsevä kehitys verrattuna E+S ja S+E ryhmään. Eri päivinä harjoitellut ryhmä oli myös ryhmistä ainoa, jonka taloudellisuus kehittyi 75 ja 100 watin tehoilla. Isometrisessä jalkaprässissä suurin kehitys oli S+E ryhmällä. Voi olla niin, että eri päivinä harjoittelu on kehittävämpää sen ansiosta, että jokainen harjoitus tehdään palautuneempana. Bellin ym. (2000) tutkimuksessa yhdistetyn harjoittelun osoitettiin aiheuttavan mahdollisesti suuremman katabolisen tilan (Bell ym. 2000). Kun yhdistetty harjoittelu tehdään samassa harjoituksessa, kataboliaa saattaa olla enemmän yksittäisen harjoituskerran ollessa kuormittavampi. Arazinin ym. (2011) tutkimuksessa ei huomattu merkittävää eroa harjoitustapojen välillä (samassa harjoituksessa tai eri päivinä) (Arazin ym. 2011). Tässä tutkimuksessa vain maksimaalinen hapenottokyky erosi tilastollisesti merkitsevästi muista tutkimusryhmistä, joissa yhdistetty harjoittelu toteutettiin samassa harjoituksessa. Prosentuaalista kehitystä tarkkaillessa kokonaisuudessaan kuitenkin eri päivinä harjoitukset tehneessä ryhmässä kehitys oli suurinta myös taloudellisuuden ja voimamuuttujien suhteen.

Aiemmin mainittiin, että samassa harjoituksessa tehtävässä yhdistetyssä harjoittelussa harjoitusvaikutus toisena harjoitettavan suorituskyvyn osalta voi olla huonompi väsymyksen takia. Tämä voi vaikuttaa myös siihen, miksi eri päivinä tehtävä harjoittelu on tehokkaampaa. Eri päivinä tehtävässä yhdistetyssä harjoittelussa molempia suorituskykyjä harjoitetaan palautuneempana suhteessa samassa harjoituksessa tehtävään yhdistettyyn harjoitteluun. Niin kuin tuloksetkin osoittavat, ensin tehtävä ominaisuus saattaa kehittyä hieman paremmin, jopa samanlaisesti kuin eri päivinä tehtävässä harjoittelussa, mutta toisen ominaisuuden kehittyminen saattaa heikentyä väsymyksestä johtuvista syistä. Tämä tarkoittaa sitä,

etteivät kestävyys- ja hermolihasjärjestelmän suorituskyvyt voi kehittyä samalla tavalla, kuin eri päivinä tehtävässä yhdistetyssä harjoittelussa.

Useiden tutkimusten mukaan yhdistetty harjoittelu ei estä kestävyys- tai hermolihasjärjestelmän suorituskyvyn kehittymistä lyhyellä ajanjaksolla (Ferketich ym 1998, Karavirta ym. 2011, Hendrickson ym. 2010, Silva ym. 2012, Glowacki ym. 2004, Häkkinen ym. 2003, McCarthy ym. 2002). Kaikissa harjoitteluryhmissä suorituskyvyt voimamuuttujien sekä maksimaalisen hapenottokyvyn kannalta kehittivät, joten tämä osoitettiin myös tässä tutkimuksessa. Koska ajanjakso oli vain 12 viikkoa, on muutokset voimamuuttujien osalta suurelta osin neurologisten tekijöiden kehittymistä. Näitä neurologisia tekijöitä voivat olla esimerkiksi motoristen yksiköiden tehokkaampi syttyminen ja synkronisaatio (Folland & Williams 2007, Bomba & Haff 2009, 266). Karavirta ym. (2011) tutkivat yhdistettyä harjoittelua ja päättelivät kehityksen johtuneen kehittyneestä lihasaktiivisuudesta. Muutokset kestävyys- ja suorituskyvyssä johtuvat luultavasti kehon paremmasta kyvystä kuljettaa happea sitä tarvitseville kudoksille, kun verta pumpataan enemmän ja nopeammin suonissa. Lisäksi mitokondrioiden koko sekä määrä on voinut kasvaa ja ATP:tä voidaan tuottaa tehokkaammin. (McArdle ym. 2001, 468, 475, 495.) Ferketich ym. (1998) tutkivat yhdistettyä harjoittelua ja päättelivätkin muutosten kestävyys- ja suorituskyvyssä johtuneen tyypin 1 lihaslujien kasvusta ja paremmasta kuona-aineiden poistosta. Hendrickson ym. (2010) arvioivat, että yhdistetty harjoittelu tehostaa lihasten hiussuonitusta jopa paremmin kuin pelkkä kestävyys- ja suorituskyvyssä tapahtuneiden muutosten syytä, mutta nämä edellä mainitut muutokset elimistössä eri tutkimuksissa ovat todennäköisesti taustalla myös tässä tutkimuksessa nähdystä muutoksista.

Taloudellisuutta tutkittiin tässä tutkimuksessa hapenoton (VO_2) avulla. Taloudellisuus kehittyy kun hapenotto tietyllä kuormalla pienenee, mikä tarkoittaa sitä, että sama teho pystytään tuottamaan pienemmällä energiankulutuksella. E+S ja S+E -ryhmillä taloudellisuus jopa huonontui 12 viikon aikana. Millään ryhmällä taloudellisuus ei kehittynyt tilastollisesti merkitsevästi. Taloudellisuuteen voisi vaikuttaa esimerkiksi se, että harjoittelu toteutettiin erilaisella pyörällä kuin mikä oli käytössä testeissä. Eri päivinä harjoitellut ryhmä kuitenkin

kehitti hieman taloudellisuuttaan, mikä kertoo siitä että pyörällä ei välttämättä ole niin paljoa väliä. Rønnestad ym. (2011) tutkivat voimaharjoittelun vaikutusta taloudellisuuteen pyöräilijöillä. Verrattuna pelkkään kestävyysharjoitelleeseen ryhmään E+S –ryhmä kehitti taloudellisuuttaan enemmän. Rønnestadin ym. (2011) tutkimuksessa voimaharjoittelu oli kuitenkin raskasta voimaharjoittelua. (Rønnestad ym. 2011.) Niin ikään Sunden ym. (2010) tutkimuksessa tehtiin raskasta voimaharjoittelua 8 viikon ajan ja taloudellisuudessa nähtiin viiden prosentin kehitys (Sunden ym. 2010). Mahdollisesti harjoittelu tässä tutkimuksessa on voinut olla sen verran kevyttä, etteivät voiman muutokset vielä ole tarpeeksi suuria taloudellisuuden kehittymiseen. Harjoittelujakso on kuitenkin suhteutettuna näihin edellä mainittuihin tutkimuksiin tarpeeksi pitkä. Kova voimaharjoittelu kuitenkin olisi harjoittelemattomilla vaikea toteuttaa ja sen takia tässä tutkimuksessa ei heti harjoittelun alussa näin voitu tehdä. Sunden ym. (2010) ja Rønnestadin ym. (2011) tutkimuksissa tutkittiinkin urheilijoita.

Tämän tutkimuksen tuloksiin vaikuttaa se, että kyseessä on aiemmin harjoittelemattomia henkilöitä ja tulokset esimerkiksi urheilijoilla voisivat olla erilaisia. Kehittymiseen on vaikuttanut ainakin se, että tutkittavat aloittivat harjoittelun kevyillä painoilla ja oman tason etsiminen kesti jonkin aikaa. Lisäksi esimerkiksi polkupyörällä harjoitteluun saattaa vaikuttaa liikkeen taloudellisuus. Lisäksi tulee huomioida, ettei tutkittavien ruokavaliota tai lepoa oltu vakioitu. Erityisen hyvää tässä tutkimuksessa kuitenkin oli, että testajat pysyivät eri testikertojen välillä samoina ja harjoittelua seurattiin jatkuvasti ja näin ollen harjoittelun laadusta voidaan olla varmoja.

Tämän tutkimuksen perusteella eri päivinä tehtävä yhdistetty voima- ja kestävyys harjoittelu saattaa olla tehokkaampaa kuin samassa harjoituksessa tehtävä yhdistetty harjoittelu. Jos yhdistetty harjoittelu kuitenkin tehdään samassa harjoituksessa, voi olla niin, että ensin tehtävä ominaisuus kehittyy enemmän. Toisaalta tutkittavaksi vielä jää, voisiko harjoitusjärjestyksen vaihtelevuus tasapainottaa kehittymistä niin, että kumpikin suorituskyky parantuisi samalla tavalla. Tämän tutkimuksen perusteella voidaan sanoa, että suorituskyvyn kehittämisen optimoimiseksi paras yhdistetyn harjoittelun tapa on tehdä harjoitukset eri päivinä.

9 LÄHTEET

Aagard, P., Andersen, J., Bennekou, M., Larsson, B., Olesen, J., Crameri, R., Magnusson, S., Kjær, M. 2011. Effects of resistance training on endurance capacity and muscle fibers composition in young top-level cyclists. *Scand J Med Sci Sports* 21, 298-307.

Arazi, H, Faraji, H., Moghadam, M., Samadi, A. 2011. Effects of concurrent exercise protocols on strength, aerobic power, flexibility and body composition. *Kinesiology* 43, 155-162.

Bell, G., Syrotuik, D., Martin, T., Burnham R. & Quinney H. 2000. Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. *Eur J Appl Physiol* 81, 418-427.

Bompa, T. & Haff, G. 2009. *Periodization. Human Kinetics. USA.*

Chtara, M., Chamari, K., Chaouachi, M., Chaouachi, A., Koubaa, D., Feki, Y., Millet, G. & Amri, M. 2005. Effects of intra-session concurrent endurance and strength training sequence on aerobic performance and capacity. *Br J Sports Med* 39, 555-560.

Di Blasio, A., Gemello, E., Di Iorio, A., Giacinto, G., Celso, T., Di Renzo, D., Sablone, A. & Ripari, P. 2011. Order effects of concurrent endurance and resistance training on post-exercise response of non-trained women. *Journal of Sports Science and Medicine* 11, 393-399.

Farup, J., Kjølhede, T., Sørensen, H., Dalgas, U., Møller, A., Vestergaard, P., Ringgaard, S., Bojsen-Møller & Vissing, K. 2012. Muscle morphological and strength adaptations to endurance vs. resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research* 26, 398-407.

Ferketich, A., Kirby, T. & Alway S. 1998. Cardiovascular and muscular adaptations to combined endurance and strength training in elderly women. *Acta Physiol Scand* 164, 259-267.

Folland, J. & Williams, A. 2007. The Adaptations to Strength Training – Morphological and Neurological Contribution to Increased Strength. *Sports Med* 37, 145-168

Glowacki, S., Martin, S., Maurer, A., Baek, W., Green, J. & Grouse, S. 2004. Effects of Resistance, Endurance and Concurrent Exercise on Training Outcomes in Men. *Med Sci Sports Exerc* 36, 2119-2127.

Guyton, A., & Hall, J. 2011. *Textbook of Medical Physiology*. Twelfth edition. Saunders Elsevier. Philadelphia.

Hendrickson, N., Sharp, M., Alemany, J., Walker, L., Harman, E., Spiering, B., Hatfield, D., Yamamoto, L., Maresh, C., Kraemer, W., Nindl, B. 2010. Combined resistance and endurance training improves physical capacity and performance on tactical occupational tasks. *Eur J Appl Physiol* 109, 1197-1208.

Häkkinen, K., Alen, M., Kraemer, W., 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. *Eur J Appl Physiol* 89, 49-52.

Karavirta, L., Häkkinen, A., Sillanpää, E., García-López D., Kauhanen, A., Haapasari, A., Alen, M., Pakarinen, A., Kramer, W., Izquierdo, M., Gorostiaga, E., Häkkinen, K. 2011. Effects of combined endurance and strength training on muscle strength, power and hypertrophy in 40-67-year-old men. *Scand J Med Sci Sports* 21, 402-411.

- Keskinen, K., Häkkinen, K. & Kallinen, M. 2004. Kuntotestauksen käsikirja, Liikuntatieteellinen seura ry., Tampere.
- Leppäluoto, J., Kettunen, R., Rintamäki, H., Vakkuri, O., Vierimaa, H. & Lätti, S. 2008. Anatomia ja fysiologia – Rakenteesta toimintaan. WSOY, Porvoo.
- McArdle, W., Katch, F. & Katch, V. 2001. Exercise Physiology – energy, nutrition, and human performance. Lippincott Williams & Wilkins, USA.
- McCarthy, J., Pozniak, M. & Agre, J. 2002. Neuromuscular adaptations to concurrent strength and endurance training. *Sci Sports Exerc.* 34, 511-519.
- Mikkola, J., Rusko, H., Izquierdo, M., Gorostiaga, E. & Häkkinen, K. 2011. Neuromuscular and Cardiovascular Adaptations During Concurrent Strength and Endurance Training in Untrained Men. *Int J Sports Med* 33, 702-710.
- Robben, K., Poole, D. & Harms, C. 2013. Maximal Oxygen Uptake Validation in Children With Expiratory Flow Limitation. *Pediatric Exercise Science* 25, 84-100.
- Rønnestad, B., Hansen, E. & Raastad, T. 2011. Strength training improves 5-min all-out performance following 185 min of cycling. *Scand J Med Sci Sports* 21, 250-259.
- Silva, R., Cadore, E., Kothe, G., Guedes, M., Alberton, C., Pinto, S., Pinto, R., Trindade, G., Krueger, L. 2012. Concurrent Training with Different Aerobic Exercises. *Int J Sports Med* 33, 627-634.
- Sunde A., Støren, Ø., Bjerkaas, M., Larsen, M., Hoff, J. & Helgerud J. 2010. Maximal strength training improves cycling economy in competitive cyclists. *J Strength Cond Res* 24, 2157-2165.

Whipp, B. 2010. The Peak versus Maximum Oxygen Uptake Issue. http://www.cpxinternational.com/index.php?option=com_content&view=article&id=45:the-peak-vs-maximum-oxygen-uptake-issue&catid=13:perpectives&Itemid=12 luettu 6.1.2013

Wilmore, J. & Costil, D. 2004. Physiology of Sport and Exercise. Third edition. Human Kinetics. Illinois.

UKK-instituutti. 2011. Liikuntapiirakka. <http://www.ukkinstituutti.fi/liikuntapiirakka> luettu 18.4.2012.

10 LIITTEET

LIITE 1. Voimaharjoittelu, vastukset prosentteina yhden toiston maksimista kussakin liikkeessä.

	Sarjat x toistot	Vastus	Palautus	
Viikot 1-3	2-3 x 10-20	40-50 % / 1RM, oman kehon paino	-	Kiertoharjoittelu
Viikot 4-7	2-4 x 10-15	60-85 % /1RM	1,5-2 min	Liikkeen keskimmäinen (yleensä 2.) sarja suuremmalla vastuksella & pienemmällä toistomäärällä
Viikot 8-12	3 x 8-10	80-85 % /1RM	1-2 min	Sarja- ja toistomäärät vaihtelivat riippuen harjoituksesta ja liikkeestä, tutkittaville oli annettu tarkka sarja-/toistomäärä. Viimeisen vkon harjoitukset kevyempiä.
	3-5 x 3-5	85-95 % /1RM	2-3 min	
Viikoilla 10, 11, 12 jal- kaprässissä	4 x 3-10	40 % /1RM tai 80 % /1RM	2-3 min	Neljstä sarjasta kaksi 10x40 % /1RM ja kaksi räjähtävää voimaa 3x80%/1RM

LIITE 2. Kestävyysarjoittelu aek=aerobinen kynnys ja anak=anaerobinen kynnys, pal.=palautus.

	Pituus	Teho	Palautukset/verryttelyt
Viikot 1-3	30 min	<aek	-
Viikot 4-7	30 min	1 x 10 min >aek	10 min + 10 min <aek
	45 min	<aek	-
Viikot 8-11	45 min	2x5min n. anak / 3x5min > anak	15 min + pal. 5min + 15 min <aek / 10 min + pal. 3 x 5 min + 10 min <aek
	50 min	2 x 10 min > aek / 2 x 10 min < anak	10 min + pal. 10 min + 10 min <aek
Viikko 12	35-45 min	2 x 5min >anak	15 min + pal. 5min + 15 min <aek
	35 min	1 x 5min >anak	15 min + 15 min