

**AKUUTIT MUUTOKSET HORMONIPITOISUUKSISSA YH-
DISTETYN KESTÄVYYS- JA VOIMAKUORMITUKSEN
JÄLKEEN KESTÄVYYSHARJOTELLEILLA MIEHILLÄ**

Ville Kallinen

Valmennus- ja testausoppi

Kandidaatin tutkielma

Syksy 2012

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän Yliopisto

Työn ohjaaja: Juha Ahtiainen

TIIVISTELMÄ

Kallinen, Ville Artturi 2012. Akuutit muutokset hormonipitoisuuksissa yhdistetyn kestävyys- ja voimakuormituksen jälkeen kestävyysharjoitelleilla miehillä. Valmennus- ja testausopin kandidaatin tutkielma, Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän Yliopisto, 29s.

Akuutteja muutoksia yhdistettyyn kestävyys- ja voimakuormitukseen ei ole juuri tutkittu kestävyysharjoitelleilla miehillä. Optimaalisen suorituksen kannalta monipuolista harjoittelua ja sen vaikutuksia on syytä tutkia lisää. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tutkia yhdistetyn kestävyys- ja voimakuormituksen akuutteja vaikutuksia hormonipitoisuuksiin kestävyysharjoitelleilla miehillä. Lisäksi selvittää onko suorituskyvyllä ja mahdollisilla hormonivasteilla yhteyttä.

Tutkimuksen koehenkilöinä oli 14 kestävyysharjoittelutaustaista miestä. Kaikki koehenkilöt olivat harrastaneet oman raportointinsa mukaan ennen tutkimuksen aloittamista kestävyysjuoksua ja muuta kestävyysharjoittelua 4-10 tuntia viikossa. Seerumin kokonaistestosteroni-, kortisoli- ja kasvuhormonikonsentraation määrittämiseksi koehenkilöiltä otettiin verinäyte kyynärlaskimosta aamulla, ennen yhdistettyä kestävyys- ja voimakuormitusta, kuormitusosioiden välillä ja kuormitusten jälkeen sekä 24 ja 48 tuntia kuluttua kuormituksesta.

Seerumin kortisoli- ja kasvuhormonipitoisuuksissa koehenkilöillä tapahtui tilastollisesti merkitsevää kasvua välittömästi kestävyys- ja voimakuormituksen jälkeen. Kokonaistestosteronin pitoisuuksissa havaittiin tilastollisesti merkitsevä lasku 24-tuntin seuranta- ja seurannassa. Vertailtaessa suorituskykyä akuutteihin hormonivasteisiin, tilastollisilla menetelmillä ei löydetty olevan positiivista tai negatiivista korrelaatiota näiden kahden muuttujan välillä. Kestävyysharjoitelleet mieshenkilöt voivat saavuttaa vaativan yhdistetyn kestävyys- ja voimakuormituksen jälkeen akuutteja hormonivasteita.

Avainsanat: Yhdistetty kuormitus, Akuutit hormonivasteet, kestävyysharjoittelu.

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO.....	4
2 TESTOSTERONI.....	5
2.1 Testosteronin erityis ja säätely.....	5
2.2 Testosteronin tehtävät	6
3 KORTISOLI.....	7
3.1 Kortisolin erityis ja säätely	7
3.2 Kortisolin tehtävät.....	8
4 KASVUHORMONI.....	9
4.1 Kasvuhormonin erityis ja säätely.....	9
4.2 Kasvuhormonin tehtävät	10
5 KUORMITUKSEN AKUUTIT HORMONAALISET VASTEET	11
5.1 Akuutit hormonaaliset vasteet voimaharjoitteluun	11
5.2 Akuutit hormonaaliset vasteet kestävyys- ja voimaharjoitteluun	12
5.3 Akuutit hormonaaliset vasteet yhdistettyyn kestävyys- ja voimaharjoitteluun ...	14
6 TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESIT	16
7 MENETELMÄT.....	17
7.1 Koehenkilöt	17
7.2 Koeasetelma.....	17
7.3 Mittaukset.....	18
7.4 Verinäytteiden analysointi.....	20
7.5 Tilastolliset menetelmät	21
8 TULOKSET	22
9 POHDINTA	25
10 LÄHTEET	30

1 JOHDANTO

Urheilijat ja valmentajat pyrkivät tekemään parasta mahdollista tulosta. Yksi keino tuloksen saavuttamiseksi on harjoittelun optimointi. Parhaimpien harjoitusmetodien löytämiseksi urheilutieteiden maailmassa on käytetty paljon aikaa ja vaivaa. Optimaalisten harjoitusmetodien etsintä jatkuu, sillä lopullisia ja oikeita vastauksia ei ole vielä löydetty.

Voimaharjoittelua ja sen vaikutuksia ihmiskehoon on tutkittu paljon. Eräs mielenkiinnon kohteista monessa tutkimuksessa on ollut hormonivasteet voimaharjoitteluun (Häkkinen & Pakarinen 1993, Kraemer ym. 1999). Voimaharjoittelun on osoitettu aiheuttavan positiivisia muutoksia hormonipitoisuuksissa (Kraemer ym. 1999).

Kestävyysharjoittelu on saanut myös paljon huomiota tutkijoilta. Hormonivasteita kestävyysharjoitteluun on tutkittu runsain mitoin (Chwalbińska-Moneta ym. 2005, Vuorimaa ym. 2008). Tutkimuksissa on osoitettu, että kestävyysharjoittelulla saadaan akuutteja vasteita aikaan hormonitasoissa (Vuorimaa ym. 2008, Grandys ym. 2009).

Yhdistettyä kestävyys- ja voimaharjoittelua on tutkittu huomattavasti vähemmän. Etenkin hormonipitoisuuksien muutoksista yhdistetyn harjoittelun seurauksena löytyy hyvin vähän tutkimustietoa. Muutamia tutkimuksia aiheesta on suoritettu. Tutkimuksissa ei havaittu merkittäviä muutoksia yhdistetyn harjoittelun seurauksena (Bell ym. 2000, Cadore ym. 2010).

Lisää tutkimustietoa kaivataan yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun mahdollisista hyödyistä ja haitoista. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on perehtyä yksittäisen yhdistetyn kestävyys- ja voimakuormituksen akuutteihin hormonipitoisuuksien muutoksiin.

2 TESTOSTERONI

Testosteroni on androgeeninen steroidihormoni. Sitä tuotetaan pääasiassa kiveksissä, ja sen päätehtäviin kuuluu miesten piirteiden korostaminen. (Vingren ym. 2010.) Lisäksi testosteronilla on vaikutusta muun muassa perusaineenvaihduntaan, punasolujen määrään ja nestetasapainoon (Guyton & Hall 2011, 982.) Tutkimusten mukaan testosteronin käytöstä voisi olla hyötyä myös lääketieteellisessä mielessä. Esimerkiksi HIV-tartunnan saaneilla miehillä testosteroni sai aikaan positiivisia vaikutuksia (Bhasin ym. 2001).

2.1 Testosteronin erityis ja säätely

Testosteroni on steroidihormoni, joka syntetisoidaan kolesterolista. Leydigin solut, jotka sijaitsevat kiveksissä, tuottavat pääasiallisesti testosteronia. (Mendelson ym. 1975.) Pääosin solujen sijainnista johtuen miehillä testosteronin tuotanto on huomattavasti suurempaa kuin naisilla (Vingren ym. 2010). Lapsuudessa pojilla ei juuri ole Leydigin soluja, mutta vastasyntyneillä vauvoilla ja miehillä murrosiän jälkeen niitä ilmenee runsaasti (Guyton & Hall 2011, 980). Aikuinen mies tuottaa testosteronia noin 7 mg päivittäin. Normaalimäärä testosteronia plasmassa miehillä on 300–1000 ng/dl. Vanhetessa keskiarvo putoaa 80 ikävuoteen mennessä 50 % siitä, mitä se oli 20-vuotiaana. (Evans 2004.)

Testosteronin tuotannon säätely alkaa hypotalamuksesta, kun se erittää gonadotropiinia erittävää hormonia (GnRH). Hypotalamuksesta GnRH kulkeutuu suoraan aivolisäkkeen etulohkoon, jossa se stimuloi kahden gonadotropiinihormonin eritystä: Lutropiinin (LH) ja follikelia stimuloiva hormonin (FSH). LH ja FSH erittyvät verenkiertoon, jonka kautta ne kulkeutuvat kiveksiin. Kiveksissä LH stimuloi testosteronin eritystä. (Guyton & Hall 2011, 983.)

Keskushermosto hermottaa hypotalamusta, jonka ansiosta hermostolla on suora yhteys umpieritysjärjestelmään (Vingren ym. 2010). Testosteronin määrää säädellään negatiiv-

visella palautejärjestelmällä. Sääntely perustuu siihen, kun testosteronin erityks on liian suurta, hypotalamus saa viestin vähentää GnRH tuotantoa, joka johtaa LH tuotannon vähenemiseen aivolisäkkeen etulohkossa. Lopputuloksena on testosteronin erityksen pieneneminen. Vastaavasti jos tuotanto on liian pientä, niin GnRH tuotantoa lisätään, joka johtaa lisääntyneeseen testosteronin eritykseen. (Guyton & Hall, 1984.)

2.2 Testosteronin tehtävät

Testosteroni on yksi anabolisista androgeenihormoneista. Sen tehtävänä on kehittää miehisiä piirteitä (Vingren ym. 2010). Yksi vaikutuksista on karvoituksen lisääntyminen eri kehonalueilla, esimerkiksi kasvoissa ja häpyluun yläpuolella. Testosteroni vähentää myös hiusten kasvua päässä. (Guyton & Hall 2011, 981.) Lisäksi testosteroni on tärkeässä roolissa äänenmurroksessa ja ihon paksuuntumisessa (Guyton & Hall 2011, 982).

Lihasmassan lisääntymisessä ja vähentymisessä testosteronilla on tärkeä rooli. Murrosiässä lisääntynyt testosteronin erityks avustaa lihasmassan kasvussa. Vanhemmalla iällä vähentynyt testosteronin tuotanto on yhteydessä vähentyneeseen lihasmassaan. (Vingren ym. 2010.) Testosteronin anaboliseen vaikutukseen on monia teorioita. Useiden tutkimusten mukaan testosteroni stimuloi proteiinisynteesiä. (Bhasin ym. 2001.) Lihaksiin liittyvien positiivisten vaikutusten takia testosteronia tiedetään käytettävän urheilusuoritusten parantamiseksi (Bhasin ym. 2001).

Lihasten lisäksi, luut hyötyvät testosteronin erityksen lisääntymisestä. Testosteroni avustaa luun koon kasvussa ja tiheyden lisääntymisessä. (Compston 2001.) Miehillä testosteronilla on erityinen merkitys lantion muodon ja vahvuuden kehittymisessä. Vähäisen testosteronin tuotannon seurauksena miehen lantio kehittyy naisen lantion kaltaiseksi. Testosteronia on myös käytetty vanhemmilla miehillä osteoporoosin hoitoon. (Guyton & Hall 2011, 982.)

3 KORTISOLI

Lisämunuaisen kuorikerroksessa valmistetaan kolesterolin avulla kortikoideja, jotka ovat steroidihormoneja. Kortikoidit voidaan jakaa kolmeen luokkaan: glukokortikoidit, mineralokortikoidit ja androgeenit. Glukokortikoidien tärkein hormoni on kortisoli, joka vastaa noin 95 % glukokortikoidien toiminnasta. (Guyton & Hall 2011, 921.) Kortisolilla on tärkeä rooli ihmiskehossa monissa eri fysiologisissa tehtävissä, kuten esimerkiksi immunitetissa ja hiilihydraattimetaboliassa (Sapolsky ym. 2000).

3.1 Kortisolin erityys ja säätely

Kortisoli, eli hydrokortisoni, on steroidihormoni, jota erittyy lisämunuaisen kuorikerroksessa zona fasciculatassa. Suurin osa kortisolista plasmassa sitoutuu plasmaproteiineihin transkortiiniin ja albumiiniin. Transkortiini sitoo suurimman osan plasman kortisolista. Veren kortisolipitoisuus on keskiarvollisesti noin 12 µg/100 ml. Kortisolia eritetään päivittäin noin 15–20 mg. Pitoisuus veressä vaihtelee vuorokauden aikana. Aamulla erityys on runsaampaa, kuin illalla. (Guyton & Hall 2011, 922–924.) Kortisolin eritystä stimuloi vuorokauden ajankohta ja stressi (fyysinen ja henkinen) (Fragala ym. 2011, Vinson 2009).

Kortisolin erityys alkaa, kun stressi aktivoi hypotalamus-aivolisäke-lisämunuais akselin (HPA-akseli). Hypotalamus erittää kortikotropiinia vapauttavaa hormonia (CRH), joka kulkeutuu aivolisäkkeen etulohkoon. CRH stimuloi aivolisäkkeen etulohkossa kortikotropiinin (ACTH) eritystä. Kortikotropiini kulkeutuu lisämunaiseen, jossa se stimuloi kortisolin tuotantoa. (Holsboer & Ising 2010.)

Negatiivinen palautejärjestelmä auttaa säätämään kortisolin eritystä, kun se on liian suurta. Kortisoli inhiboi suoraan CRH tuotantoa hypotalamuksessa tai ACTH tuotantoa aivolisäkkeen etulohkossa. (Guyton & Hall 2011, 933.)

3. 2 Kortisolin tehtävät

Rasvametaboliassa kortisolilla on huomattava rooli. Kortisoli tehostaa lipolyysia ja rasvojen hapettumista. Lisäksi kortisolin on havaittu nostavan vapaiden rasvahappojen ja glyserolin pitoisuuksia seerumissa. (Djurhuus ym. 2002.)

Kortisolin rooli hiilihydraattimetaboliassa tunnetaan hyvin. Glukoneogeneesi tehostuu ja solujen kyky hyödyntää glukoosia vähenee kortisolin erityksen myötä. Seurauksena verensokeri kohoaa ja insuliinin tuotanto lisääntyy. (Sapolsky ym. 2000.)

Katabolisena hormonina kortisoli inhiboi proteiinisynteesiä ja stimuloi proteiinin hajottamista (Fragala ym. 2011). Kortisoli aktivoi verenkiertoelimistön toimintaa muun muassa nostamalla minuuttitilavuutta. Stressihormonina tunnetulla kortisolilla on myös erityisen tärkeä rooli tulehdusten ehkäisijänä. (Sapolsky ym. 2000.) Lisäksi kortisolia käytetään eri sairauksien hoitoon (Van Staa ym. 2000).

4 KASVUHORMONI

Somatotropiini, eli kasvuhormoni on anabolinen hormoni, jota tuotetaan läpi elämän. Sillä on lukuisia eri vaikutuksia kehossa, joista muutamia ovat esimerkiksi proteiini-synteesin tehostaminen ja luiden kasvun edistäminen. Uskotaan myös, että kasvuhormoni vaikuttaa substraattien hyödyntämiseen harjoituksen aikana. Kasvuhormonin eritystä stimuloi eniten uni ja liikunta. Lukuisten positiivisten vaikutusten takia houkutus käyttää kasvuhormonia urheilusuorituksen parantamiseen on suuri. Ylimääräinen käyttö voi kuitenkin aiheuttaa terveydellisiä riskejä, kuten esimerkiksi nivelvaivoja, impotenssia ja sydänongelmia. (Godfrey ym. 2003.)

4.1 Kasvuhormonin erityys ja säätely

Kasvuhormoni on peptidihormoni, jota tuotetaan aivolisäkkeen etulohkossa läpi elämän. Suurin eritysvaihe sijoittuu ihmisen murrosikään. Kasvuhormonia erittyy sykäyksinä päivän aikana noin 6-12 kertaa. Yön aikana tunti nukahtamisesta tapahtuu suurin sykäys. (Godfrey ym. 2003.) Plasman normaali kasvuhormonipitoisuus aikuisilla 1.6–3.0 ng/ml (Guyton & Hall 2011, 901). Kasvuhormonin erityys vähenee vanhenemisen myötä. Sen tuotanto vähenee noin 14 % vuosikymmenessä 40 ikävuoden jälkeen. (Wideman ym. 2002.) Eritykseen vaikuttaa monia tekijöitä iän lisäksi, kuten esimerkiksi kehonkoostumus, ravinto, liikunta ja IGF-1 (Clasey ym. 2001).

Kasvuhormoni stimuloi maksaa erittämään insuliininkaltaisia kasvutekijöitä, joista tärkein on insuliininkaltainen kasvutekijä 1 (IGF-1). Oletuksena on, että kasvuhormoni ei toimisi yksin, vaan yhteistyössä IGF-1 hormonin kanssa. (Guyton & Hall 2011, 901.) Suurin osa anabolisista reaktioista tapahtuu kasvuhormonin ja IGF-1 yhteisvaikutuksen takia, mutta joissakin tapauksissa kasvuhormoni vaikuttaa suoraan kohdesoluihin (Godfrey ym. 2003).

Kaksi hypotalamuksen peptidiä säätelee kasvuhormonin eritystä: Kasvuhormonia vapauttava hormoni (GHRH), jolla on stimuloiva vaikutus, ja somatostatiini, jolla on in-

hiboiva vaikutus. (Mullis 2005.) IGF-1 vaikuttaa kahdella tavalla kasvuhormonin tuotantoon negatiivisella palautejärjestelmällä. Yksi mekanismeista vaikuttaa suoraan aivolisäkkeen etulohkon kasvuhormonia tuottaviin soluihin, jolloin se inhiboi kasvuhormonin tuotantoa. Vuorostaan toinen mekanismi vaikuttaa hypotalamuksessa tuotettaviin GHRH hormoniin ja somatostatiiniin, jonka tarkoituksena on vähentää kasvuhormonin eritystä. (Godfrey ym. 2003.)

4.2 Kasvuhormonin tehtävät

Kasvuhormonilla on osoitettu olevan anabolinen vaikutus lihassolussa, sen stimuloimassa proteiinisynteesiä (Fryburg & Barrett 1993). Proteiinisynteesiä stimuloivalle vaikutukselle on monia selittäviä tekijöitä. Kasvuhormoni tehostaa aminohappojen kuljetusta solujen sisälle sekä parantaa transkriptiota ja translaatiota. (Guyton & Hall 2011, 899.)

Insuliinin toimintaan kasvuhormonilla on päinvastainen vaikutus. Antagonistisiin vaikutuksiin kuuluu kohonnut veren glukoosipitoisuus, glukoosin käytön inhibointi, insuliiniresistenssi ja lipolyysin stimulointi. (Dominici & Turyn 2002.) Liiallinen kasvuhormonin erityks voi johtaa samanlaisiin oireisiin, kuin II-typin diabetesta sairastavilla ihmisillä (Guyton & Hall 2011, 900).

Kasvuhormoni tehostaa lipolyysia, vapauttaen glyserolia ja vapaita rasvahappoja rasvakudoksesta. Seurauksena verenkierrossa vapaiden rasvahappojen pitoisuus nousee. (Godfrey ym. 2003.) Rasvojen käyttöä tehostavan vaikutuksen takia, kasvuhormonilla on myönteisiä vaikutuksia ihmisen kehonkoostumukseen (Sode-Carlsen ym. 2010).

Lisäksi kasvuhormoni on tärkeässä roolissa luiden kasvussa (Guyton & Hall 2011, 900). Kasvuhormoni avustaa kalsium-, magnesium- ja fosfaattitasapainoa. Natrium-, kalium- ja kloridi-ionien säilyvyyteen kasvuhormonilla on myös positiivinen vaikutus. (Godfrey ym. 2003.)

5 KUORMITUKSEN AKUUTIT HORMONAALISET VASTEET

Harjoittelun vaikutuksia hormonipitoisuuksien muutoksiin on tutkittu paljon. Tutkimuksilla on osoitettu, että harjoittelulla saadaan merkittäviä muutoksia aikaan testosteroni-, kasvuhormoni- ja kortisolipitoisuuksissa (esim. Kraemer ym. 1999, Ratamess ym. 2005, Vuorimaa ym. 2008, Grandys ym. 2009). Hormonivasteiden ymmärtämistä voidaan hyödyntää muun muassa harjoittelun optimoinnissa.

5.1 Akuutit hormonaaliset vasteet voimaharjoitteluun

Voimaharjoittelun on havaittu nostavan testosteroni-, kortisoli-, ja kasvuhormonipitoisuuksia miehillä yksittäisen voimaharjoituksen jälkeen (Kraemer ym. 1999). Pitoisuuksien nousuun on monia vaikuttavia tekijöitä. Harjoituksen sisältö on yksi vaikuttava tekijä. Kuorman, toistojen ja sarjojen määrä vaikuttaa vasteeseen. (Häkkinen & Pakarinen 1993.) Ratamess ym. (2005) osoittivat tutkimuksellaan, että korkean volyymin harjoittelulla saataisiin mahdollisesti suurempi vaste aikaan kortisoli- ja testosteronipitoisuuksissa. Tutkimuksessa koehenkilöt tekivät kaksi erilaista kuormitusta. Lyhyt kuormitus koostui yhdestä 10 toiston kyykkysarjasta. Pitkä kuormitus koostui kuudesta 10 toiston kyykkysarjasta, jossa jokaisen sarjan välillä oli kahden minuutin tauko. (Ratamess ym. 2005.)

Suurempi vaste on havaittu myös kasvuhormonipitoisuuksissa suuremmalla harjoitusvolyymilla. Gotshalkin ym. (1997) tutkimuksessa koehenkilöt suorittivat myös kaksi erilaista kuormitusta. Molemmissa kuormituksissa suoritettiin kahdeksan eri voimaharjoitusliikettä. Kuormitusmalleista lyhyempi koostui jokaisessa liikkeessä yhdestä 10 toiston sarjasta, kun taas pidempi kolmesta 10 toiston sarjasta. Liikkeiden ja sarjojen välillä oli yhden minuutin tauko. (Gotshalk ym. 1997.)

Voimaharjoituksen intensiteetillä näyttäisi olevan myös iso rooli hormonivasteissa. Ahtiaisen ym. (2003) tekemässä tutkimuksessa vertailtiin kahden eri intensiteetin

kuormitusmallia keskenään. Molemmissa kuormitusmalleissa tehtiin jalkakyykyä neljä sarjaa 12 toistolla. Kevyemmässä mallissa koehenkilöille kuormat määriteltiin siten, että he jaksivat tehdä kaikki toistot itsenäisesti. Raskaammassa mallissa koehenkilöille kuormat määriteltiin siten, että he jaksaisivat tehdä noin kahdeksan toistoa itsenäisesti, jonka jälkeen loput toiston tehtäisiin avustetusti. Korkean intensiteetin kuormituksella saatiin aikaan suurempi vaste hormonipitoisuuksissa. Norjalaisten tekemässä tutkimuksessa havaittiin myös samanlainen piirre (Raastad ym. 2000).

Harjoitustaustan on havaittu vaikuttavan hormonivasteisiin. Voimaharjoittelutaustan omaavat miehet näyttäisivät saavan paremman vasteen aikaan voimaharjoituksen jälkeen, kuin kestävyysharjoitelleet miehet. (Tremblay ym. 2004.) Vaikuttaisi myös siltä, että harrastelijoihin verrattuna voimaurheilijat saavuttavat paremmat hormonivasteet voimaharjoituksen seurauksena (Ahtiainen ym. 2004).

Ravinnolla on vaikutus hormonivasteisiin voimaharjoituksen jälkeen. Schumm ym. (2008) tutkivat hiilihydraattitankkauksen vaikutusta hormonivasteisiin voimaharjoituksen jälkeen. Tankkauksen seurauksena testosteronipitoisuuksissa tapahtui lasku, mutta kortisolipitoisuuksissa ei havaittu muutoksia. (Schumm ym. 2008.) Kasvuhormoni- ja kortisolipitoisuuksissa ei havaittu muutoksia voimaharjoituksen jälkeen, kun koehenkilöt nauttivat yhdistetyn hiilihydraatti ja proteiini lisäravinteen (Williams ym. 2002).

Iällä on osoitettu olevan vaikutusta akuutteihin hormonivasteisiin. Monet tutkimukset ovat osoittaneet, että nuorilla miehillä akuutti hormonivaste on suurempi, kuin vanhoilla miehillä. Etenkin anabolisten hormonien vaste on ollut parempi. (Häkkinen & Pakarinen 1995, Häkkinen ym. 1998, Kraemer ym. 1998.)

5. 2 Akuutit hormonaaliset vasteet kestävyysharjoitteluun

Kestävyysharjoituksella saadaan aikaan muutoksia kasvuhormoni-, testosteroni- ja kortisolipitoisuuksissa (Chwalbińska-Moneta ym. 2005, Vuorimaa ym. 2008). Harjoituksen sisältö vaikuttaa hormonien akuutteihin vasteisiin. Tremblay ym. (2005) tutkivat harjoituksen pituuden vaikutusta hormonipitoisuuksien muutoksiin. Kestävyysharjoitelleet miehet juoksivat matalalla vakiointensiteetillä eripituisia (40, 80 ja 120 min)

kuormituksia. Tutkimuksen mukaan matalalla intensiteetillä harjoituksen pituuden tulisi olla tarpeeksi pitkä, jotta saataisiin aikaan vasteita testosteroni- ja kortisolipitoisuuksissa. (Tremblay ym. 2005.)

Harjoituksen intensiteetillä vaikuttaisi olevan myös tärkeä rooli pitoisuuksien muutoksissa. Korkean intensiteetin harjoituksella, verrattuna matalan intensiteetin harjoitukseen, on saatu parempia vasteita aikaan niin kasvuhormonipitoisuuksissa (Felsing ym. 1992) kuin kortisolipitoisuuksissa (VanBruggen ym. 2011). Esimerkiksi VanBruggen ym. (2011) tutkimuksessa koehenkilöt pyöräilivät 30 minuutin ajan intensiteeteillä 40 %, 60 % ja 80 % maksimihapenottokyvystä. Jokainen kuormitus suoritettiin erillisinä päivinä. Tulokset viittaavat siihen, että harjoituksessa tulisi ylittää tietty kynnyksen intensiteetin ja keston suhteen, jotta saadaan vasteita aikaan.

Tremblay ym. (2004) tekemän tutkimuksen tulokset viittaavat siihen, että mahdollisesti kestävyysharjoittelulla miehillä akuutit vasteet hormonipitoisuuksissa olisivat heikommat verrattuna voimaharjoittelu taustan omaaviin. Hormonivasteisiin vaikuttaa myös vielä tarkemmin, se minkä tyyppinen kestävyysharjoittelu tausta on takana (Vuorimaa ym. 2008). Kestävyysharjoittelulla miehillä testosteronipitoisuuksissa on havaittu tapahtuvan laskua uupumukseen saakka tehdyn kestävyysharjoituksen jälkeen. Kortisolipitoisuuksissa tapahtui nousua heti harjoituksen loputtua ja 30min kuormituksen jälkeen. Palautumisen edistyessä kortisolipitoisuudet kääntyivät laskuun. (Daly ym. 2005.)

Chwalbińska-Moneta ym. (2005) tekemässä tutkimuksessa kestävyysharjoittelu aiheutti laskun kasvuhormonipitoisuuksissa kolmen viikon jälkeen. Nuorilla miehillä, joilta puuttuu kestävyysharjoittelutausta, on osoitettu, että hieman kuormittavalla matalan volyymin kestävyysharjoittelulla saadaan positiivisia muutoksia aikaan testosteronipitoisuuksissa (Grandys ym. 2009).

Tutkimustieto on osoittanut, että ihmisen iällä on vaikutusta harjoituksen tuottamiin hormonivasteisiin. Nuorten miesten on osoitettu saavuttavan parempi kasvuhormonivaste kestävyysharjoituksen jälkeen, kuin keski-ikäisillä miehillä (Gilbert ym. 2008).

5.3 Akuutit hormonaaliset vasteet yhdistettyyn kestävyys- ja voimaharjoitteluun

Yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoituksen vaikutuksia akuutteihin hormonipitoisuuksien muutoksiin on tutkittu toistaiseksi hyvin vähän. Cadore ym. (2010) tutkivat yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun vaikutuksia iäkkäillä miehillä. Harjoitusjakson kesto oli 12 viikkoa. Voimaharjoittelua suoritettiin kolme kertaa viikossa. Jokaisessa harjoituksessa koehenkilöt suorittivat yhdeksän voimaharjoitusliikettä. Viikoilla 1–7 koehenkilöt suorittivat liikkeissä kaksi sarjaa, kun taas viikoilla 8–12 kolme sarjaa. Sarjojen välissä taukoa oli 90–120 sekuntia. Harjoitusjakson alkupuolella voimaharjoittelu keskittyi lihaskestävyyden parantumiseen, jolloin toistoalue oli 15–20 RM. Loppupuolella harjoitusjaksoa toistot vähenivät 6–8 RM ja painotus harjoittelussa siirtyi stimuloimaan lihaksen hypertrofiaa ja maksimivoiman kehitystä. (Cadore ym. 2010.)

Kestävyysharjoittelua suoritettiin kolme kertaa viikkoon polkupyöräergometrillä. Intensiteetti määritettiin ventilaatiokynnyksen avulla, ja sitä vastaavalla sykealueella. Harjoitusjakson alkupuolella pyöräiltiin 20 minuutin ajan sykealueella, joka vastaa noin 80 % ventilaatiokynnyksestä. Harjoitusjakson loppua kohden intensiteetti ja voilyymi kasvoivat tasaisesti. Viimeisten viikkojen kuormitukset koostuivat kuudesta neljän minuutin pyöräilypätkästä, joiden välissä oli yhden minuutin aktiivinen palautus. Intensiteettinä oli sykealue, joka vastaa 100 % ventilaatiokynnyksestä. (Cadore ym. 2010.)

Yhdistetyssä harjoittelussa molemmat harjoitukset suoritettiin samana päivänä saman harjoituksen yhteydessä. Voimaharjoitus suoritettiin aina ennen kestävyysharjoitusta. Hormonipitoisuuksissa ei havaittu merkittäviä muutoksia yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun seurauksena. (Cadore ym. 2010.)

Bell ym. (2000) tutkivat myös yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoituksen vaikutuksia hormonipitoisuuksiin. Tutkimukseen osallistui sekä naisia että miehiä, jotka kävivät 12 viikon harjoitusjakson läpi. Yhdistetyn harjoittelun ryhmä harjoitteli kuusi kertaa viikossa 12 viikon ajan. Kestävyysharjoituksia tehtiin kolme viikossa, ja ne tehtiin erillisenä päivänä kuin voimaharjoitukset, joita tehtiin myös kolme kappaletta viikossa.

Voimaharjoituksessa koehenkilöt tekivät neljä liikettä ala- ja yläraajoille. Kuormat määriteltiin 1RM mukaan. Harjoituksen kuormia nostettiin neljän viikon välein neljä prosenttia. Toistoalue vaihteli 4–12 välillä ja sarjoja tehtiin 2–6 kappaletta. Kestävyysharjoittelussa oli kaksi erilaista harjoitusta. Yhtäjaksoinen harjoitus koostui alkuun 30 minuutin pyöräilystä ergometrillä ventilaatiokynnyksellä ja sitä vastaavalla teholla. Neljän viikon välein pyöräilyä lisättiin neljällä minuutilla. Toinen kestävyysharjoitus oli intervalliharjoitus, joka suoritettiin kerran viikkoon. Intervalliharjoituksessa pyöräiltiin kolme minuuttia 90 % maksimihapenottokyvystä ja sitä vastaavalla teholla, jonka jälkeen seurasi kolme minuuttia aktiivista palautumista. Tämä toistettiin neljä kertaa harjoitusjakson alkupuolella, jonka jälkeen neljän viikon välein sarjoja tuli yksi lisää. Harjoittelun intensiteetin optimoimiseksi ohjelmaa päivitettiin kuuden viikon harjoittelun jälkeen. Harjoitusjakson jälkeen naisilla havaittiin virtsassa kortisolipitoisuuden nousu, mutta muita muutoksia hormonitasoissa ei tullut esille. (Bell ym. 2000.)

Toistaiseksi akuutteja vasteita yhdistettyyn yksittäiseen kuormitukseen ei ole juurikaan tutkittu. Kestävyys- ja voimakuormituksia, ja niiden aikaansaamia vasteita hormonitasoissa, on tutkittu erikseen runsaasti. Mielenkiintoista olisi selvittää esimerkiksi, että inhiboiko kestävyyskuormitus voimakuormituksen positiivisia anabolisia hormonivasteita. Lisää tutkimustietoa kaivataan yhdistetyn kuormituksen hyödyistä ja haitoista.

6 TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESIT

Yhdistettyä kestävyys- ja voimaharjoittelua on tutkittu hyvin vähän. Tulevaisuuden kannalta olisi tärkeää, että tätä harjoittelumuotoa tutkittaisiin enemmän. Tutkimusten avulla voitaisiin mahdollisesti löytää harjoittelun optimoinnin kannalta oleellista tietoa.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tutkia yhdistetyn kestävyys- ja voimakuormituksen vaikutuksia akuutteihin vasteisiin hormonipitoisuuksissa kestävyysharjoitelleilla mieshenkilöillä. Hormonit joita erityisesti tarkastellaan, ovat kasvuhormoni, testosteroni ja kortisoli.

Tässä tutkimuksessa pohditaan seuraavia tutkimusongelmia: a) Saadaanko yhdistetyssä kestävyys- ja voimaharjoituskuormituksessa akuutteja muutoksia aikaan hormonipitoisuuksissa b) Vaikuttaako kestävyysharjoittelusta akuutteihin vasteisiin.

1 Tutkimusongelma: Tapahtuuko yhdistetyssä kestävyys- ja voimaharjoituskuormituksessa akuutteja muutoksia aikaan hormonipitoisuuksissa.

1 Hypoteesi: Hormonipitoisuudet nousevat kuormituksen seurauksena.

1 Perustelu: Tutkimuksen voimakuormitus on vaativa, joten aikaisempiin tutkimuksiin vedoten testosteroni-, kasvuhormoni- ja kortisolipitoisuuksissa tapahtuu nousu (Ahtiainen ym. 2003, Raastad ym. 2000, Ratamess ym. 2005, Gotshalk ym. 1997).

2 Tutkimusongelma: Korreloiko kestävyys suorituskyky akuutteihin hormonivasteisiin.

2 Hypoteesi: Suorituskyky korreloi negatiivisesti hormonivasteiden kanssa.

2 Perustelu: Aikaisempien tutkimuksien tuloksiin vedoten kestävyysharjoittelustaalla ja suorituskyvyllä on negatiivinen yhteys hormonivasteisiin (Tremblay ym. 2004, Vuorimaa ym. 2008).

7 MENETELMÄT

7.1 Koehenkilöt

Tutkimuksen koehenkilöinä oli 14 kestävyysharjoittelutaustaista miestä (taulukko 1). Koehenkilöt rekrytoitiin henkilökohtaisten kontaktien kautta. Kaikki koehenkilöt olivat harrastaneet oman raportointinsa mukaan ennen tutkimuksen aloittamista kestävyysjuoksua ja muuta kestävyysharjoittelua 4-10 tuntia viikossa. Koehenkilöt allekirjoittivat ennen tutkimuksen aloittamista kirjallisen suostumuksen, josta selvisi tutkimuksen kulku, koehenkilöiden oikeudet, edut ja riskit. Jyväskylän yliopiston eettinen komitea antoi suostumuksensa tutkimuksen toteuttamiselle.

TAULUKKO 1. Koehenkilöt

Koehenkilöt (n)	14
Bilateraalinen jalkojen ojennus 1RM (kg)	160,5±21,18
Ikä (y)	32,21±4,79
Pituus (cm)	1,80±0,04
Paino (kg)	79,33±5,34
BMI (kg/m ²)	24,43±1,89

7.2 Koeasetelma

Tämä tutkimus toteutettiin poikkileikkaustutkimuksena. Tutkimus oli osa Jyväskylän Yliopiston liikuntabiologian laitoksen suurempaa tutkimusprojektia, jossa pyrittiin selvittämään yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun akuutteja ja kroonisia kardiovaskulaarisia, neuromuskulaarisia ja hormonaalisia vasteita. Tutkimuksen johtajana toimi professori Keijo Häkkinen. Tässä tutkimuksessa keskityttiin kestävyysharjoitteluiden koehenkilöiden akuutteihin hormonipitoisuuksien muutoksiin. Mittaukset suoritettiin Jyväskylän yliopiston liikuntabiologian laitoksella syksyllä 2011. Testitulosten vakioimiseksi koehenkilöitä pyydettiin välttämään rasittavaa fyysistä liikuntaa mittauksia edeltäneenä päivänä, nukkumaan 8 tunnin yönä ja tulemaan syömättä aamun paasto-

verinäytteen ottoon. Koehenkilöt perehdytettiin tutkimuksessa käytettyihin testimenelmiin sekä testilaitteisiin perehdytyskerran aikana. Vähintään kahden lepopäivän jälkeen koehenkilöt suorittivat maksimaalisen alaraajojen ojentajien bilateraalin koncentrinen maksimivoimatestin. Yhdistetty kestävyys- ja voimakuormitus suoritettiin vähintään kahden päivän välillä maksimivoimatestipäivästä.

7.3 Mittaukset





Hermo-lihasjärjestelmän suorituskyky. Maksimaalisella isometrisellä bilateraalilla jalkojen ojennuksella jalkadynamometrissä ja kevennyshypyillä voimalevyn päällä (Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto, Suomi) mitattiin hermo-lihasjärjestelmän suorituskykyä ennen kuormitusta, sekä kuormitusosioiden välillä että kuormituksen jälkeen. Kevennyshypyssä kädet olivat lanteilla koko suorituksen ajan liikkeen vakioimiseksi. Nousukorkeus kevennyshypyssä laskettiin impulssista. Isometrisessä jalkojen ojennuksessa polvikulma oli 107 astetta. Koehenkilöä ohjeistettiin suorittamaan liike maksimaalisesti ja mahdollisimman nopeasti 2-3 sekunnin ajan kunnes mittaaja pyysi koehenkilöä lopettamaan suorituksen. Isometrisen jalkadynamometrin tuloksista analysoitiin sekä maksimivoimaa että voimantuottonopeutta.

Molemmissa liikkeissä tehtiin kolme maksimaalista suoritusta. Jokaisen suorituksen välissä oli yhden minuutin tauko. Koehenkilöt saivat suorittaa kaksi lämmittelytoistoa ennen varsinaisia suorituksia. Lämmittelytoistojen jälkeen pidettiin yhden minuutin tauko. Kuormitusosioiden välillä ja välittömästi kuormituksen jälkeen suoritetuissa testeissä koehenkilöt suorittivat kaksi toistoa ilman lämmittelytoistoja. Kaikki data voimatesteistä kerättiin ja analysoitiin tietokoneella käyttäen Signal-ohjelmistoa (Signal 2.16, Cambridge Electronic Design Ltd. 1997–2004, Cambridge, Englanti). Hermo-lihasjärjestelmän suorituskyvyn mittaustuloksia ei raportoida tässä tutkimuksessa.

Yhdistetty kestävyys- ja voimakuormitus. Kuormitus koostui yhdistetystä kestävyys- ja voimakuormituksesta, jotka suoritettiin peräkkäin (taulukko 2). Koehenkilöillä oli ennen kuormitusta mahdollisuus syödä kevyt aamupala, joka koostui kahdesta ruisleipäpalasta ja lasillisesta (2 dl) appelsiinimehua, jos testi suoritettiin aamulla klo 8-9 välillä. Myöhemmin aamupäivällä tai sen jälkeen suoritettuihin kuormituksiin koehenkilöitä

opastettiin tulemaan normaalin aamupalan syöneenä, mutta kahden tunnin tauolla edellisestä ateriasta. Ennen kuormituksen aloittamista koehenkilöiden paino punnittiin urheiluvälikäsiä käyttäen Seca -digitaalivälikäsillä (Dayton, Espoo, Suomi).

TAULUKKO 2. Koeasetelma. Hormoninäytteiden oton ajankohdat. Aamunäytteen ja kestävyyskuormituksen välillä noin kaksi tuntia tai enemmän. Näytteet otettiin kyynälaskimosta aamulla, juuri ennen kestävyyskuormitusta, kuormitusten välillä sekä välittömästi voimakuormituksen jälkeen. Lisäksi otettiin 24 tunnin ja 48 tunnin seurantanäytteet.

	Aamu	Kestävyyskuormitus	Voimakuormitus	24h	48h
Laskimonäyte					

Kestävyyskuormitus suoritettiin maksimihapenottotestinä juoksumatolla nousevalla kuormituksella. Juoksumatossa oli puolen asteen positiivinen kulma. Ensimmäinen kuorma juostiin yhdeksän kilometrin tuntinopeudella. Jokaisen kuorman jälkeen nopeutta nostettiin yhdellä kilometrillä tunnissa. Ennen kuormitusta, kuormien välissä ja kuormituksen jälkeen koehenkilöiltä otettiin laktaattinäytteet sormenpäistä. Näytteenoton viivästyessä yli 30 sekunnin koehenkilöt juoksivat ylimääräisen minuutin seuraavalla kuormalla. Koehenkilöiltä kysyttiin subjektiivista väsymystä RPE-asteikolla 30 sekuntia ennen jokaisen kuorman loppua. Syke mitattiin viimeisen 30 sekunnin keskiarvona. Koehenkilöiltä analysoitiin hengityskaasumuuttujat analyysointilaitteen avulla. Kuormitus juostiin uupumukseen asti, eli kun koehenkilö ei enää kokenut jaksavansa tai testaajan mielestä testi on järkevää lopettaa. Mattotestin jälkeen koehenkilöt suorittivat viiden minuutin loppuverryttelyn yhdeksän kilometrin tuntinopeudella matolla. Hengityskaasumuuttujat osoittautuivat virheelliseksi laitevian vuoksi, joten kestävyys-suorituskyvyn mittarina maksimihapenottokyvyn sijaan tässä tutkimuksessa käytetään juostua kokonaisaikaa mattotestissä.

Voimakuormitus suoritettiin David 210 -dynamometrillä (David Health Solutions Ltd., Helsinki, Suomi). Kuormitus sisälsi neljä nopeusvoimasarjaa (10 x 40 % 1RM), neljä maksimivoimasarjaa (3 x 75–90 % 1RM) kolmen minuutin sarjapalautuksella sekä

neljä hypertrofista voimasarjaa (10 x 75–80 % 1RM) kahden minuutin sarjapalautuksella. Dynamometrin säädöt olivat samat kuin 1RM-testissä.

Seerumin kokonaistestosteroni-, kortisoli- ja kasvuhormonikonsentraation määrittämiseksi koehenkilöiltä otettiin verinäyte (50 µl) kyynärlaskimosta aamulla, ennen yhdistettyä kestävyys- ja voimakuormitusta, kuormitusosioiden välillä ja kuormitusten jälkeen sekä 24 ja 48 tunnin kuluttua kuormituksesta. Laskimoverinäyte otettiin Venosafe-seerumiputkeen (Terumo Medical Co., Leuven, Belgia) ja sen oton suoritti koulutettu laborantti. Koehenkilöiltä otettiin yhdistetyn kestävyys- ja voimakuormituksen aikana myös sormenpääverinäytteitä (20 µl) kapillaariputkiin (EKF Diagnostic, Magdeburg, Saksa) veren laktaattipitoisuuden määrittämiseksi. Sormenpääverinäyte otettiin ennen kestävyyskuormitusta, sen aikana joka kuorman kohdalla ja kuormituksen jälkeen sekä ennen voimakuormitusta että sen jälkeen. Koehenkilöiden sallittiin nauttia ainoastaan kaksi desilitraa vettä kuormitusosioiden välillä laskimoverinäytteenoton jälkeen. Laktaattipitoisuuksia ei raportoida tässä tutkimuksessa.

7.4 Verinäytteiden analysointi

Hormonit. Laskimoverinäytteet sentrifugoitiin välittömästi näytteenoton jälkeen (Megafuge 1.0R, Heraeus, Saksa) nopeudella 3500 kierrosta minuutissa kymmenen minuutin ajan, minkä jälkeen ne sijoitettiin pakastimeen (– 80 °C) säilytykseen määrittämyshetkeen saakka. Hormoninäytteet analysoitiin Jyväskylän yliopiston Liikuntabiologian laitoksen liikuntalaboratoriossa. Kokonaistestosteronin, kasvuhormonin ja kortisolin konsentraatio määritettiin kemiluminesenssiin perustuvalla Immulite® 1000 -laitteella (DPC, Los Angeles, Yhdysvallat). Laitteen erottelukyky kokonaistestosteronille on 0,5 nmol/l. Kortisolille laitteen erottelukyky on 5,5 nmol/l. Kasvuhormonille laitteen erottelukyky on 0.03 mIU/l.

Laktaatti. Sormenpääverinäytteet analysoitiin viimeistään vuorokauden kuluessa näytteenotosta Biosenin C-Line -laktaattianalysointilaitteella (EKF Diagnostic, Magdeburg, Saksa). Mikäli analysointia ei suoritettu välittömästi näytteenoton jälkeen, sormenpääverinäytteet säilytettiin jääkaapissa (+ 4 °C) analysointiin saakka. Laktaattianalysointilaitteella

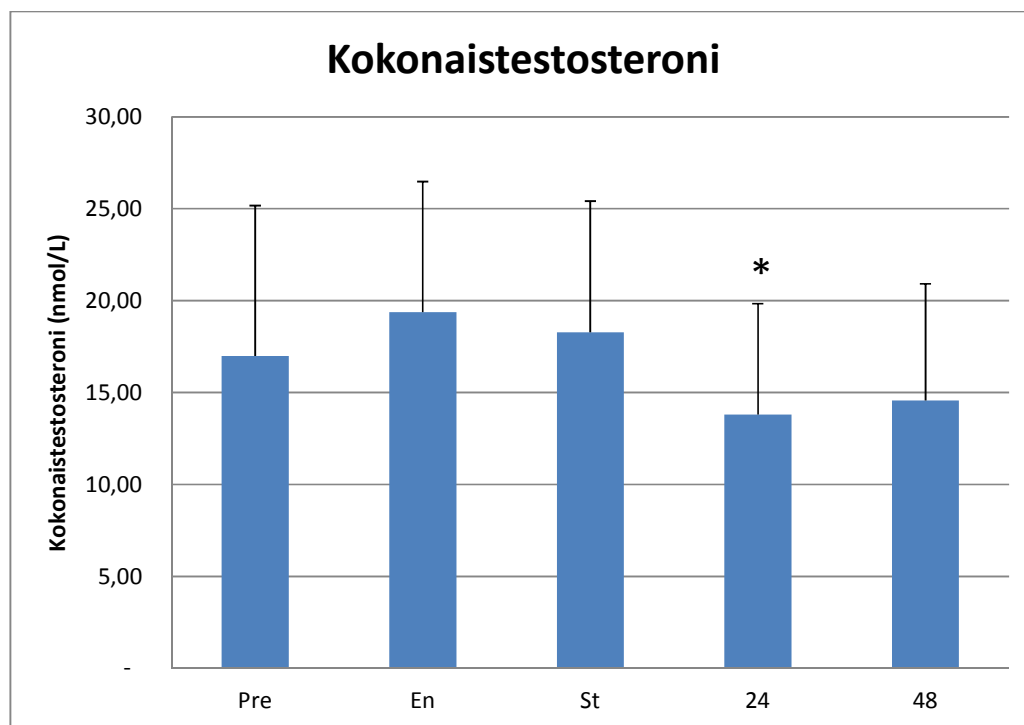
kalibroitiin ennen määrittystä käyttämällä standardireagenssia, jonka laktaattikonsentraatio oli 12,0 mmol/l. Laitevalmistajan ilmoittama variaatiokerroin on alle 1,5 %.

7.5 Tilastolliset menetelmät

Tilastolliset analyysit tehtiin Excel 2010 ja PASW Statistics 20.0 (SPSS Inc, Chigago, Yhdysvallat) ohjelmilla. Kaikista muuttujista laskettiin keskiarvot ja keskihajonnat. Yhdistetyn kestävyys- ja voimakuormituksen aikana mitatuissa muuttujissa (hormonipitoisuudet) tapahtuneita muutoksia analysoitiin toistettujen mittausten varianssi-analyysin avulla. Lisäksi muuttujien (suorituskyky ja hormonivaste) välistä yhteyttä tarkasteltiin Spearmanin korrelaatioanalyysin avulla. Tilastollisen merkitsevyyden rajana pidettiin 0.05 merkitsevyystasoa ($p \leq 0.05$)

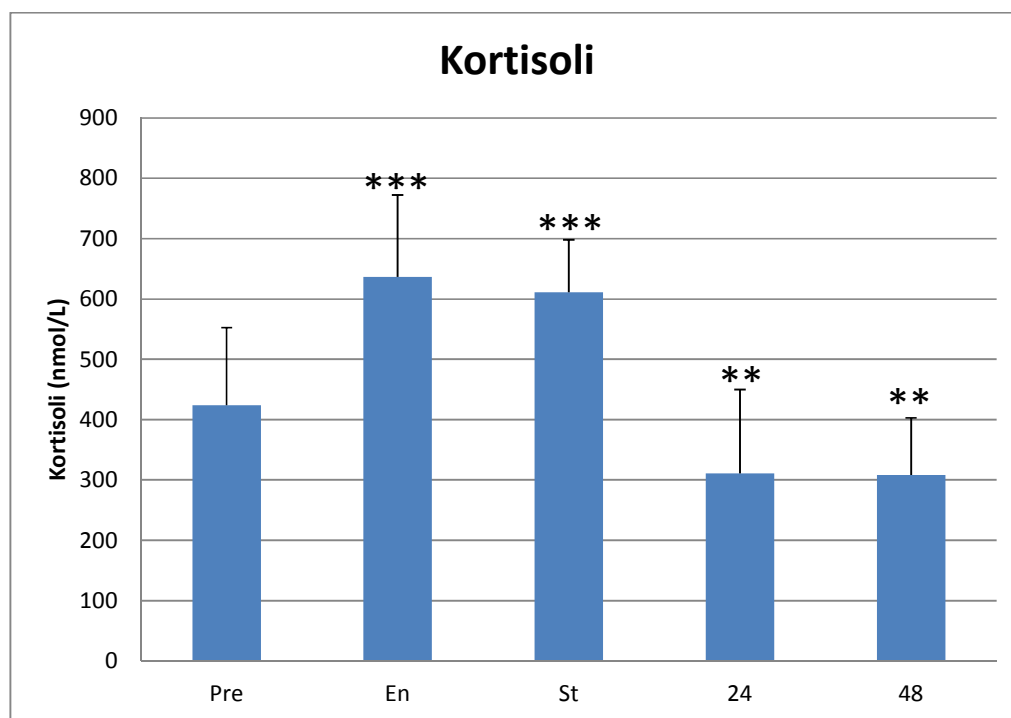
8 TULOKSET

Kokonaistestosteroni. Kokonaistestosteronipitoisuuksissa havaittiin tilastollisesti merkittävä lasku ($p \leq 0.05$) 24-tunnin seurantamittauksessa verrattuna perustasoon (Pre). Muita tilastollisesti merkitseviä muutoksia ei havaittu (kuvio 1).



KUVIO 1. Kokonaistestosteronipitoisuuksien muutokset. * = tilastollisesti merkittävä muutos, kun ($p \leq 0.05$). Pre = ennen kuormitusta, En = kestävyyskuormituksen jälkeen, St = voimakuormituksen jälkeen, 24 = 24h seurantamittaus, 48 = 48h seurantamittaus. Muutoksia verrattiin perustasoon ennen kuormitusta.

Kortisoli. Kortisolipitoisuuksissa tilastollisesti merkittäviä muutoksia havaittiin jokaisessa mittapisteessä. Kestävyys- ja voimakuormituksen (En ja St) jälkeen tapahtui tilastollisesti merkittävää kasvua ($p \leq 0.001$) suhteessa perustasoon (Pre). Merkitsevää laskea ($p \leq 0.01$) tapahtui 24-tunnin ja 48-tunnin seurantamittauksessa suhteessa perustasoon (kuvio 2).



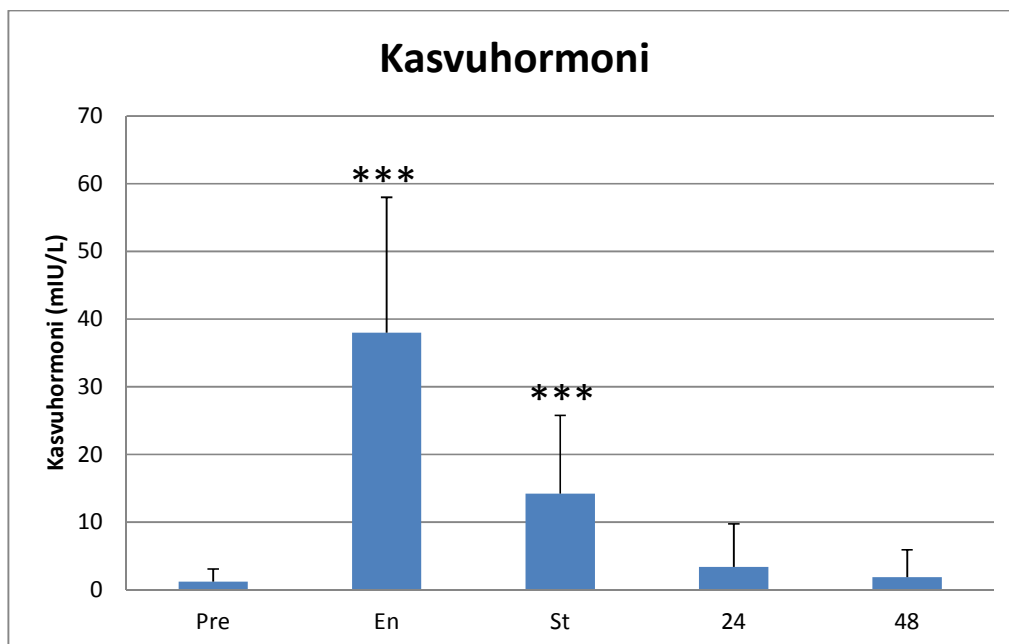
KUVIO 2. Kortisolipitoisuuksien muutokset. *** = tilastollisesti merkittävä muutos, kun ($p \leq 0.001$). ** = tilastollisesti merkittävä muutos, kun ($p \leq 0.01$) Pre = ennen kuormitusta, En = kestävyyskuormituksen jälkeen, St = voimakuormituksen jälkeen, 24 = 24h seurantamittaus, 48 = 48h seurantamittaus. Muutoksia verrattiin perustasoon ennen kuormitusta.

Kasvuhormoni. Tilastollisesti merkitsevää kasvua ($p \leq 0.001$) havaittiin kestävyys- ja voimakuormituksen (En ja St) jälkeen suhteessa perustasoon (Pre). Tilastollisesti merkitseviä muutoksia ei havaittu 24-tunnin ja 48-tunnin seurantamittauksissa (kuvio 3).

Suorituskyvyn yhteys hormonivasteisiin. Spearmanin korrelaatiolla ei havaittu yhteyttä suorituskyvyn ja hormonivasteiden välillä. Suorituskykyä koehenkilöillä kuvastaa matolla juostu kokonaisaika (taulukko 4).

TAULUKKO 4. Korrelaatiomatriisi suorituskyvyn ja hormonivasteiden välillä.

Korrelaatiomatriisi					
	Pre-En	Pre-S	Pre-24	Pre-48	
Suorituskyky	0,17	0,273	0,037	-0,07	Kortisoli
Suorituskyky	0,17	0,341	0,231	0,143	Kasvuhormoni
Suorituskyky	-0,099	-0,07	-0,258	-0,216	Testosteroni



KUVIO 3. Kasvuhormonipitoisuuksien muutokset. *** = tilastollisesti merkittävä muutos, kun ($p \leq 0.001$). Pre = ennen kuormitusta, En = kestävyyskuormituksen jälkeen, St = voimakuormituksen jälkeen, 24 = 24h seurantamittaus, 48 = 48h seurantamittaus. Muutoksia verrattiin perustasoon ennen kuormitusta.

Hormonien basaalitasot. Koehenkilöiltä aamulla otetuista laskimoverinäytteistä määritetyt hormonien basaalitasot on esitetty taulukossa 5.

TAULUKKO 5. Hormonien basaalitasot.

Hormonien basaalitasot	
Kortisoli (nmol/L)	484,69 ± 151,35
Kasvuhormoni (mIU/L)	0,98 ± 1,70
Testosteroni (nmol/L)	18,98 ± 8,25

9 POHDINTA

Päätulokset. Tutkimuksen tulokset osoittavat, että kestävyysharjoitelleet miehet voivat saavuttaa akuutteja hormonivasteita yhdistetyn kestävyys- ja voimakuormituksen jälkeen. Seerumin kortisoli- ja kasvuhormonipitoisuuksissa koehenkilöillä tapahtui tilastollisesti merkitsevää kasvua välittömästi kestävyys- ja voimakuormituksen jälkeen. Kokonaistestosteronin pitoisuuksissa havaittiin tilastollisesti merkitsevä lasku 24-tunnin seurantamittauksessa. Tutkimuksen tulokset viittaavat siihen, että koehenkilöiden kuormitus on ollut riittävän vaativa, sillä koehenkilöt saavuttivat akuutteja hormonivasteita.

Kestävyys suorituskyvyn mittarina tässä tutkimuksessa käytettiin koehenkilöiden juoksemaa kokonaisaikaa suorassa hapenottotestissä juoksumatolla, koska laitteistovian vuoksi hengityskaasuanalysaattorin tulokset eivät olleet luotettavia. Vertailtaessa suorituskykyä akuutteihin hormonivasteisiin, tilastollisilla menetelmillä ei löydetty olevan positiivista tai negatiivista korrelaatiota näiden kahden muuttujan välillä.

Tutkimuskysymykset. Tutkimuksen tulosten mukaan yhdistetyllä kestävyys- ja voimakuormituksella voidaan saada aikaan akuutteja hormonipitoisuuksien muutoksia kestävyysharjoitelleilla miehillä. Kasvuhormoni- ja kortisolipitoisuuksissa tapahtui merkitsevää kasvua välittömästi kestävyys- ja voimakuormituksen jälkeen. Kokonaistestosteronin pitoisuuksissa tapahtui laskua 24 tuntia kuormituksen jälkeen. Hypoteesin mukaan kaikissa hormonipitoisuuksissa tapahtuisi nousua, mutta kokonaistestosteronin suhteen näin ei tapahtunut.

Aikaisempaa tutkimustietoa yhdistetyn kestävyys- ja voimakuormituksen vaikutuksista hormonipitoisuuksiin ei toistaiseksi löydy paljon. Cadore ym. (2010) tekemässä tutkimuksessa ei havaittu hormonipitoisuuksissa muutoksia 12 viikon yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoitteluintervention jälkeen iäkkäillä mieshenkilöillä. Samankaltaisia tuloksia löysi Bell ym. (2000) tutkimuksessaan, jossa tutkittiin 12 viikon yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoitteluintervention vaikutuksia hormonipitoisuuksiin miehillä sekä naisilla. Mieshenkilöillä ei havaittu merkittäviä muutoksia.

Kraemer ym. (1995) havaitsivat tutkimuksessaan, että yhdistetty voima- ja kestävyysharjoittelu voi nostaa harjoituksen jälkeisiä kortisolipitoisuuksia. Aikaisemmin yksittäisen yhdistetyn kestävyys- ja voimakuormituksen vaikutuksia hormonivasteisiin ei ole juuri tutkittu kestävyysharjoitelleilla miehillä, joten tulevaisuudessa lisää tutkimusta aiheesta kaivataan.

Aikaisemmissa tutkimuksissa vaativien voimakuormitusten jälkeen testosteronipitoisuuksissa on havaittu nousua (Ahtiainen ym. 2003, Ahtiainen ym. 2005). Tässä tutkimuksessa koehenkilöt eivät saavuttaneet akuuttia kasvua kokonaistestosteronin pitoisuuksissa, vaan ainoastaan tilastollisesti merkitsevän laskun 24-tunnin seurannamittauksessa. Kestävyysharjoitelleilla mieshenkilöillä on havaittu alempia testosteronipitoisuuksia ja huonompia vasteita harjoitteluun aikaisemmissa tutkimuksissa, joka voi osakseen selittää tulosta. Yhdeksi mahdolliseksi selittäväksi mekanismiksi on ehdotettu harjoittelun aiheuttamaa vaikutusta hypotalamus-aivolisäkkeen etulohko-kives - säätelyjärjestelmään. (Hackney ym. 2003.)

Tutkimustuloksissa havaittu seerumin kasvuhormoni- ja kortisolipitoisuuksien nousu on havaittu aikaisemmissa tutkimuksissa. Gotshalkin ym. (1997) ja Ratamessin ym. (2005) voimaharjoittelututkimuksessa useampi kuormitussarja aiheutti suuremman vasteen molempien hormonien osalta verrattuna yhteen sarjaan. Tämän tutkimuksen voimakuormitus koostui myös useammasta työsarjasta, joka antaa tukea aikaisemmille tutkimuksille. Kestävyyskuormituksen on myös todettu nostavan kasvuhormonin ja kortisolin pitoisuuksia (Gilbert ym. 2008, Tremblay ym. 2005). Tuloksissa havaittiin myös kortisolitasojen lasku 24-tunnin ja 48-tunnin seurannamittauksissa. Tulos on linjassa muun muassa Dalyn ym. (2005) tekemän tutkimuksen kanssa, jossa kestävyysharjoitelleet koehenkilöt juoksivat uupumukseen asti. Koehenkilöillä havaittiin kortisolipitoisuuksissa lasku 24-tunnin seurannamittauksessa.

Tremblayn ym. (2005) tutkimuksessa kahdeksan kestävyysharjoitellutta mieshenkilöä suorittivat 40, 80 ja 120 minuutin juoksuharjoituksen intensiteetillä 55 prosenttia maksimihapenottokyvystä. Kortisolin erityis oli kovinta pisimmässä kuormituksessa. Ainutlaatuisessa ja mielenkiintoisessa Kraemerin ym. (2008) tutkimuksessa havaittiin ultra-pitkän 160 kilometrin kestävyyskuormituksen jälkeen myös nousu kortisoli- ja kasvuhormonipitoisuuksissa Alaskan ääriolosuhteissa. Testosteronipitoisuuksissa havaittiin

merkittävä lasku. Ilmeisesti kuormituksen intensiteetin ja volyymin pitää olla tarpeeksi suuri, jotta hormonivaste saadaan aikaan.

Harjoittelun aiheuttaman kasvuhormonivasteen tarkkaa mekanismia ei tunneta. Selittäviksi tekijöiksi vasteelle on ehdotettu muun muassa laktaattia, typpioksidia ja neuraalista stimulaatiota. (Godfrey ym. 2003.) Kuormituksen aikaansaama stressi stimuloi HPA-akselia (Hypotalamus-aivolisäke-lisämunuainen), joka johtaa kortisolin eritykseen (Holsboer & Ising 2010).

Hypoteesin mukaan koehenkilöiden kestävyysuomituskyky korreloisi negatiivisesti hormonivasteiden kanssa. Kestävyysuomituskyvyn mittarina tässä tutkimuksessa käytettiin koehenkilöiden juoksemaa kokonaisaikaä suorassa hapenottotestissä juoksumatolla, koska laitteistovian vuoksi hengityskaasuanalysoittorin tulokset eivät olleet luotettavia. Tulokset osoittavat, että positiivista tai negatiivista korrelaatiota ei löytynyt kahden muuttujan välillä.

Vuorimaan ym. (2008) tekemässä tutkimuksessa keskimatkan ja pitkänmatkan juoksijoiden kortisolivaste korreloi negatiivisesti juoksijan maksimihapenottoävyn kanssa. Tutkimuksessa koehenkilöt juoksivat kuormituksena kaksi kertaa 20 minuuttia yhden minuutin palautuksella 80 prosentilla vV_{O_2} maksimista. Tremblayn ym. (2004) tutkimuksessa havaittiin, että kestävyysäarjoitelleet mieshenkilöt saavat pienempiä hormonivasteita harjoitteluun verrattuna voimaharjoitelleisiin etenkin voimakuormituksen jälkeen. Pitkä kestävyysäarjoittelutausta kertoo mahdollisesti hyvästä suoritusäyvystä, joka voi johtaa huonompiin hormonivasteisiin mieshenkilöillä. Tässä tutkimuksessa yhteyttä suoritusäyvyn ja vasteiden välillä ei löytynyt, mikä antaa viitteitä siitä, että hormonivasteet kuormitukseen ovat jossain määrin yksilöllisiä.

Tutkimustuloksiin vaikuttavat tekijät. Mittaustuloksiin tutkimuksessa on voinut vaikuttaa subjektiivinen mittaävirhe. Tätä häittää on hyvin hankala karsia pois tutkimuksista, johon liittyy ihmisen tekemät mittaukset. Objektiiäisempaan mittaukseen tarvitaan koneiden apua.

Tutkimuksessa koehenkilöt rekrytoitiin henkilökohtaisten kontaktien kautta, joka on voinut vaikuttaa tuloksiin. Metodologisesti ajatellen tulosten luotettavuuden kannalta satunnaisotanta jostain perusjoukosta olisi ollut parempi vaihtoehto.

Koehenkilöiden (n=14) otos on pieni moniin tieteenaloihin verrattuna. Liikuntabiologisten tutkimuksien heikkous on otosten pieni koko. Tulosten yleistämistä koko populaatioon tulee harkita tarkoin. Tilastolliset menetelmät voisivat antaa aivan erilaisia tuloksia, jos otos nelinkertaistettaisiin. Resurssien puolesta tämä on tietysti erittäin hankalaa toteuttaa.

Johtopäätökset ja käytännön sovellukset. Kestävyysharjoitelleet mieshenkilöt voivat saavuttaa vaativan yhdistetyn kestävyys- ja voimakuormituksen jälkeen akuutteja hormonivasteita. Kokonaistestosteronin pitoisuuksissa ei tapahtunut nousua, mikä tukee aikaisempien tutkimuksien hypoteesia siitä, että kestävyysharjoittelusta voi inhiboida testosteronin tuotantoa. Tutkimuksessa koehenkilöt juoksivat suoran maksimihaapennottokykytestin uupumukseen asti, jonka jälkeen suoritettiin erittäin vaativa voimakuormitus missä yhdistettiin hypertrofista ja neuraalista harjoittelua. Voidaan olettaa että kuormituksen pitäisi ylittää hormonivasteen kynnyksen myös kokonaistestosteronin osalta. Mahdollisesti ensimmäisenä tehty kestävyyskuormitus on voinut inhiboida voimakuormituksen aiheuttamaa vastereaktiota. Tulevaisuudessa olisi mielenkiintoista tutkia kuormitusten muuttamista toisinpäin ja sen vaikutuksia vasteisiin.

Yhdistetty kuormitus aiheutti nousun kasvuhormoni- ja kortisolipitoisuuksissa, joka osoittaa että harjoittelussa ylitettiin vastekynnyksen. Kasvuhormonin tuotanto stimuloi proteiinisynteesiä, joka auttaa positiivisesti lihassolujen anaboliassa (Fryburg & Barrett 1993). Kestävyysharjoitelleilla mieshenkilöillä kuormituksen tulee olla tarpeeksi vaativa, jotta positiivinen vaste saadaan aikaan. Valmennuksessa tulee huomioida myös kuormituksen säätely, ettei urheilija joudu vakavaan ylikuormitustilaan liian raskaan harjoittelun seurauksena.

Suorituskyvyn ja hormonivasteiden välillä ei löydetty yhteyttä tässä tutkimuksessa. Tulokset tukevat urheilijan kohtelemista yksilönä. Käytännön valmentamisessa on tärkeää muistaa, että toisella toimiva harjoitusohjelma ei välttämättä toimi samalla tavalla

toisella urheilijalla. Urheilijan yksilöllisten harjoitusvasteiden seuranta on tärkeää, jotta voidaan saavuttaa parempia tuloksia.

Yleisenä johtopäätöksenä tuloksista voidaan todeta, että yhdistetyllä kuormituksella voidaan saada akuutteja positiivisia muutoksia aikaan kestävyysharjoitelleilla mieshenkilöillä. Valmentamisessa tulee kuitenkin muistaa urheilijan kohtaaminen yksilönä.

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin pääasiassa hormonipitoisuuksien muutoksia muuttaman hormonin osalta. Ihmisen umpieritysjärjestelmä on todella monimutkainen kokonaisuus, joten nykytieteellä tarkkoja mekanismeja on hankala tunnistaa. Tulevaisuudessa yhdistetyn kuormituksen vaikutuksia ihmiskehoon tulee tutkia entistä tarkemmin, jotta valmentajat ja urheilijat saavat laajemman käsityksen positiivista sekä negatiivista vaikutuksista.

10 LÄHTEET

- Ahtiainen, J. P., Pakarinen, A., Kraemer, W. J. & Häkkinen, K. 2003. Acute Hormonal and Neuromuscular Responses and Recovery to Forced vs. Maximum Repetitions Multiple Resistance Exercise. *International Journal of Sports Medicine* 24, 410–418.
- Ahtiainen, J. P., Pakarinen, A., Kraemer, W. J. & Häkkinen, K. 2004. Acute Hormonal Responses to Heavy Resistance Exercise in Strength Athletes Versus Non-athletes. *Canadian Journal of Applied Physiology* 29, 527–543.
- Ahtiainen, J. P., Pakarinen, A., Alen, M., Kraemer, W. J. & Häkkinen, K. 2005. Short vs. long rest period between the sets in hypertrophic resistance training: Influence on muscle strength, size and hormonal adaptations in trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research* 19, 572–582.
- Bhasin, S., Woodhouse, L. & Storer, T. W. 2001. Proof of the effect of testosterone on skeletal muscle. *Journal of Endocrinology* 170, 27–38.
- 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.
- Cadore, E. L., Pinto, R. S., Lhullier, F. L. R., Correa, C. S., Alberton, C. L., Pinto, S. S., Almeida, A. P. V., Tartaruga, M. P., Silva, E. M. & Kruegel, L. F. M. 2010. Physiological effects of concurrent training in elderly men. *International Journal Of Sports Medicine* 31, 689–697.
- Chwalbińska-Moneta, J., Kruk, B., Nazar, K., Krzeminski, K., Kaciuba-Uscilko, H. & Ziemia, A. 2005. Early effects of short-term endurance training on hormonal responses to graded exercise. *Journal of Physiology and Pharmacology* 56, 87–99.
- Clasey, J. L., Weltman, A., Patrie, J., Weltman, J. Y., Pezzoli, S., Bouchard, C., Thorne, M. O., & Hartman, M. L. 2001. Abdominal visceral fat and fasting insulin are important predictors of 24-hour GH release independent of age, gender and other physiological factors. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 86, 3845–3852.
- Compston, J. E. 2001. Sex steroids and bone. *Physiological Reviews* 81, 419–447.

- Daly, W., Seegers, C. A., Rubin, D. A., Dobridge, J. D. & Hackney, A. C. 2005. Relationship between stress hormones and testosterone with prolonged endurance exercise. *European Journal of Applied Physiology* 93, 375–380.
- Djurhuus, C. B., Gravholt, C. H., Nielsen, S., Mengel, A., Christiansen, J. S., Schmitz, O. E. & Møller, N. 2002. Effects of cortisol on lipolysis and regional interstitial glycerol levels in humans. *American Journal of Physiology Endocrinology and Metabolism* 283, E172–E177.
- Dominici, F. P. & Turyn, D. 2002. Growth hormone-induced alterations in the insulin-signaling system. *Experimental Biology and Medicine* 227, 149–157.
- Evans, N. A. 2004. Current concepts in anabolic-androgenic steroids. *The American Journal of Sports Medicine* 32, 534–542.
- Felsing, N. E., Brasel, J. A. & Cooper, D. M. 1992. Effect of low and high intensity exercise on circulating growth hormone in men. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 75, 157–162.
- Fragala, M. S., Kraemer, W. J., Denegar, C. R., Maresh, C. M., Mastro, A. M. & Volek, J. S. 2011. Neuroendocrine-Immune Interactions and Responses to Exercise. *Sports Medicine* 41, 621–639.
- Fryburg, D. A. & Barrett E. J. 1993. Growth Hormone acutely stimulates skeletal muscle but not whole-body protein synthesis in humans. *Metabolism* 42, 1223–1227.
- Gilbert, K. L., Stokes, K. A., Hall, G. M. & Thompson, D. 2008. Growth hormone responses to 3 different exercise bouts in 18- to 25- and 40- to 50-year-old men. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism* 33, 706–712.
- Godfrey, R. J., Madgwick, Z. & Whyte, G. P. 2003. The exercise-induced growth hormone response in athletes. *Sports Medicine* 33, 599–613.
- Gotshalk, L. A., Loebel, C. C., Nindl, B. C., Putukian, M., Sebastianelli, W. J., Newton, R. U., Häkkinen, K. & Kraemer, W. J. 1997. Hormonal responses of multiset versus single-set heavy-resistance exercise protocols. *Canadian Journal of Applied Physiology* 22, 244–255.
- Grandys, M., Majerczak, J., Duda, K., Zapart-Bukowska, J., Kulpa, J. & Zoladz, J. A. 2009. Endurance training of moderate intensity increases testosterone concentration in young and healthy men. *International Journal of Sports Medicine* 30, 489–495.
- Guyton, A. C. & Hall, J. E. 2011. *Textbook of Medical Physiology Twelfth edition*. Saunders Elsevier. Philadelphia.

- 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.
- Holsboer, F. & Ising, M. 2010. Stress Hormone Regulation: Biological role and translation into therapy. *Annual Review of Psychology* 61, 81–109.
- Häkkinen, K. & Pakarinen, A. 1993. Acute hormonal responses to two different fatiguing heavy-resistance protocols in male athletes. *Journal of Applied Physiology* 74, 882–887.
- 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, 507–513.
- Häkkinen, K., Pakarinen, A., Newton, R. U. & Kraemer, W. J. 1998. Acute hormone responses to heavy resistance lower and upper extremity exercise in young versus old men. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 77, 312–319.
- Kraemer, W. J., Patton, F. J., 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, 976–989.
- Kraemer, W. J., Häkkinen, K., Newton, R. U., McCormick, M., Nindl, B. C., Volek, J. S., Gotshalk, L. A., Fleck, S. J., Campbell, W. W., Gordon, S. E., Farrell P. A. & Evans, W. J. 1998. Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in younger and older men. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 77, 206–211.
- 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., Fragala, M. S., Watson, G., Volek, J. S., Rubin, M. R., French, D. N., Maresh, C. M., Vingren, J. L., Hatfield, D. L., Spiering, B. A., Yu-Ho, J., Hughes, S. L., Case, H. S., Stuempfle, K. J., Lehmann, D. R., Bailey, S. & Evans D. S. 2008. Hormonal responses to a 160-km race across frozen Alaska. *British Journal of Sports Medicine* 42, 116–120.
- Mendelson, C., Dufau, M. & Catt, K. 1975. Gonadotropin Binding and Stimulation of

- Cyclic Adenosine 3':5'-Monophosphate and Testosterone Production in Isolated Leydig Cells. *The Journal of Biological Chemistry* 250, 8818–8823.
- Mullis, P. E. 2005. Genetic control of growth. *European Journal of Endocrinology* 152, 11–31.
- Raastad, T., Bjøro, T. & Hallén, J. 2000. Hormonal responses to high- and moderate-intensity strength exercise. *European Journal of Applied Physiology* 82, 121–128.
- Ratamess, N. A., Kraemer, W. J., Volek, J. S., Maresh, C. M., VanHeest, J. L., Sharma, M. J., Rubin, M. R., French, D. N., Vescovi, J. D., Silvestre, R., Hatfield, D. L., Fleck, S. J. & Deschenes, M. R. 2005. Androgen receptor content following heavy resistance exercise in men. *Journal of Steroid Biochemistry & Molecular Biology* 93, 35–42.
- Sapolsky, R. M., Romero, L. M. & Munck, A. U. 2000. How do glucocorticoids influence stress responses? Integrating permissive, suppressive, stimulatory and preparative actions. *Endocrine reviews* 21, 55–89.
- Schumm, S. R., Triplett, N. T., McBride, J. M. & Dumke, C. L. 2008. Hormonal Response to Carbohydrate Supplementation at Rest and After Resistance Exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 18, 260–280.
- Sode-Carlsen, R., Farholt, S., Rabben, K. Fr., Bollerslev, J., Schreiner, T., Jurik A. G. & Christiansen, J. S. 2010. One Year of Growth Hormone Treatment in Adults with Prader-Willi Syndrome Improves Body Composition: Results from a Randomized, Placebo-Controlled Study. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 95, 4943–4950.
- Tremblay, M. S., Copeland, J. L. & Van Helder, W. 2004. Effect of training status and exercise mode on endogenous steroid hormones in men. *Journal of Applied Physiology* 96, 531–539.
- Tremblay, M. S., Copeland, J. L. & Van Helder, W. 2005. Influence of exercise duration on post-exercise steroid hormone responses in trained males. *European Journal of Applied Physiology* 94, 505–513.
- Van Bruggen, M. D., Hackney, A. C., McMurray, R. G. & Ondrak, K. S. 2011. The relationship between serum and salivary cortisol levels in response to different intensities of exercise. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 6, 396–407.

- Van Staa, T. P., Leufkens, H. G. M., Abenhaim, L., Begaud, B., Zhang, B. & Cooper, C. 2000. Use of oral corticosteroids in the United Kingdom. *Oxford Journals Medicine* 93, 105–111.
- Vingren, J. L., Kraemer, W. J., Ratamess, N. A., Andreson, J. M., Volek, J. S. & Maresh, C. M. 2010. Testosterone physiology in resistance exercise and training: the up-stream regulatory elements. *Sports Medicine* 40, 1037–1053.
- Vinson, G. P. 2009. The adrenal cortex and life. *Molecular and Cellular Endocrinology* 300, 2–6.
- Vuorimaa, T., Ahotupa, M., Häkkinen, K. & Vasankari, T. 2008. Different hormonal response to continuous and intermittent exercise in middle-distance and marathon runners. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 18, 565–572.
- Wideman, L., Weltman, J. Y., Hartman, M. L., Veldhuis, J. D., & Weltman, A. 2002. Growth hormone release during acute and chronic aerobic and resistance exercise. *Sports Medicine* 32, 987–1004.
- Williams, A. G., Ismail, A. N., Sharma, A. & Jones D. A. 2002. Effects of resistance exercise volume and nutritional supplementation on anabolic and catabolic hormones. *European Journal of Applied Physiology* 86, 315–321.