

**PROTEIINILISÄN VAIKUTUS TEHOLAJIEN URHEILI-
JOIDEN VEREN HORMONIPITOISUUKSIIN JA MAK-
SIMIVOIMAAN 12 VUOROKAUDEN HARJOITTELU-
JAKSON JA YHDEN HYPERTROFISEN VOIMAHAR-
JOITUKSEN AIKANA**

Johanna Toivonen

Kandidaatintutkielma

LFYA005

Liikuntafysiologia

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylä yliopisto 2012

Työn ohjaaja: Antti Mero

TIIVISTELMÄ

Toivonen, Johanna 2012. Proteiinilisän vaikutus teholajien urheilijoiden veren hormonipitoisuuksiin ja maksimivoimaan 12 vuorokauden harjoittelujakson ja yhden hypertrofisen voimaharjoituksen aikana. Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto, 55 s.

Riittävä proteiinin ja muiden energiaravintoaineiden saanti turvaa elimistön optimaalisten adaptaatioiden kehittymisen harjoittelun seurauksena. Tämän vuoksi erilaiset lisäravinnevalmisteet, erityisesti proteiinilisät, ovat suosittuja urheilijoiden keskuudessa. Harjoittelu ja ravinto aiheuttavat myös muutoksia elimistön hormonipitoisuuksiin. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää lisätyn proteiinin vaikutuksia jalkojen maksimivoimaan ja veren testosteroni-, kortisoli- ja SHBG -pitoisuuksiin sekä testosteroni-kortisoli -suhteeseen 12 vuorokauden intensiivisen voima- ja nopeusharjoittelujakson aikana sekä erikseen yhden hypertrofisen voimaharjoituksen aikana.

Menetelmät. Ryhmien välille muodostettiin ero proteiinin saannissa lisäravinnejuomien (proteiini- tai hiilihydraattijuoma) avulla. Proteiiniryhmä nautti proteiinia 3,3 g/kg/vrk ja plaseboryhmä 1,6 g/kg/vrk 12 vuorokauden ajan. Ravinnonsaanti ohjattiin ennen harjoitusjaksoa täytettyjen ruokapäiväkirjojen pohjalta. Koehenkilöt (yleisurheilun teholajien urheilijoita ja pesäpalloilijoita) pitivät ruokapäiväkirjaa myös koko tutkimusjakson ajan ja päiväkirjat analysoitiin Nutri-Flow -ohjelmalla. Tutkimusjakson aikana koehenkilöt tekivät yhteensä kolme korkeaintensiteetistä harjoitusta: nopeusharjoituksen juoksemalla, maksimivoimaharjoituksen ja hypertrofisen maksimivoimaharjoituksen. Tutkimusjakson aikana koehenkilöiltä otettiin yhteensä neljä paastoverinäytettä kyynärvarren laskimosta: ennen tutkimusjaksoa, hypertrofisen harjoituksen aamuna, sen ensimmäisenä palautumispäivänä sekä neljäntenä palautumispäivänä. Verinäytteitä otettiin myös hypertrofisen harjoituksen yhteydessä ennen harjoitusta, välittömästi harjoituksen jälkeen ja tunti harjoituksen jälkeen. Jalkojen ojentajalihasten maksimivoima mitattiin jalkaprässillä ennen tutkimusjaksoa, ensimmäisenä ja neljäntenä palautumispäivänä sekä hypertrofisen harjoituksen yhteydessä: ennen, välittömästi jälkeen ja tunti harjoituksen jälkeen. Tilastolliset analyysit suoritettiin SPSS 19,0 -ohjelmistolla t-testejä käyttämällä. Lisäksi ravintoaineiden ja hormonipitoisuuksien yhteyksiä tarkasteltaessa käytettiin Pearsonin korrelaatioanalyysiä. Merkitsevyyden raja oli $p < 0,05$.

Tulokset. Tarkasteltaessa sekä proteiini- että hiilihydraattiryhmän alku- ja loppumittausarvoja, havaittiin molempien ryhmien jalkaprässin ykköstoistomaksimin kasvaneen tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,05$) mittausten välillä (prot: 276 ± 39 vs. 299 ± 37 kg, hiilih: 269 ± 42 vs. 311 ± 46 kg). Testosteronipitoisuus ei muuttunut alku- ja loppumittausten välillä kummassakaan ryhmässä (prot: $22,1 \pm 5,4$ vs. $20,5 \pm 4,8$ nmol/l, hiilih: $21,0 \pm 6,5$ vs. $22,9 \pm 7,8$ nmol/l). Alku- ja loppumittausten välinen kortisolipitoisuus pysyi myös muuttumattomana molemmissa ryhmissä (prot: 461 ± 113 vs. 457 ± 140 nmol/l, hiilih: 464 ± 127 vs. 406 ± 110 nmol/l). Kummankaan ryhmän SHBG -pitoisuus ei eronnut alku- ja loppumittausten välillä (proteiiniryhmä: $39,3 \pm 24,2$ vs. $40,0 \pm 20,6$ nmol/l, hiilihydraattiryhmä: $37,2 \pm 10,2$ vs. $37,1 \pm 8,6$ nmol/l). Testosteroni-kortisoli -suhteessa ei ollut eroja kummankaan ryhmän alku- tai loppumittausten välillä (proteiiniryhmä: $0,05 \pm 0,01$ vs. $0,05 \pm 0,02$, hiilihydraattiryhmä: $0,05 \pm 0,02$ vs. $0,06 \pm 0,03$).

Hypertrofisen harjoituksen yhteydessä sekä proteiini- että hiilihydraattiryhmän jalkaprässin ykköstoistomaksimi laski harjoituksen jälkeen merkitsevästi ($p < 0,001$) verrattuna harjoitusta edeltäviin arvoihin (prot: 291 ± 37 vs. 268 ± 35 kg, hiilih: 302 ± 18 vs. 275 ± 40 kg). Testosteronipitoisuus ei muuttunut proteiiniryhmällä harjoituksen yhteydessä (ennen: $14,2 \pm 3,2$ vs. jälkeen: $15,2 \pm 5,1$ nmol/l), hiilihydraattiryhmällä pitoisuus nousi (ennen: $13,3 \pm 3,1$ vs.

jälkeen: $18,4 \pm 4,9$ nmol/l). Molempien ryhmien kortisolipitoisuudet nousivat harjoituksen yhteydessä (proteiiniryhmä: ennen 234 ± 66 vs. jälkeen 463 ± 171 nmol/l; ($p = 0,013$), hiilihydraattiryhmä: ennen 278 ± 93 vs. jälkeen 423 ± 189 nmol/l; ($p = 0,005$)). Veren SHBG -pitoisuus ei muuttunut kummallakaan ryhmällä harjoituksen yhteydessä (proteiiniryhmä: ennen $39,9 \pm 7,2$ vs. jälkeen $40,5 \pm 23,1$ nmol/l, hiilihydraattiryhmä: ennen $39,5 \pm 7,2$ vs. jälkeen $40,3 \pm 9,1$ nmol/l). Proteiiniryhmän testosteroni-kortisoli -suhde laski harjoituksen yhteydessä (ennen $0,06 \pm 0,02$ vs. jälkeen $0,04 \pm 0,03$; ($p = 0,003$)), hiilihydraattiryhmällä ei tapahtunut muutosta (ennen $0,05 \pm 0,02$ vs. jälkeen $0,05 \pm 0,03$).

Tutkimuksessa ei siten havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä missään mittausajankohdassa 12 vuorokauden aikana jalkaprässin ykköstoistomaksimissa, veren absoluuttisissa testosteroni-, kortisoli- ja SHBG -pitoisuuksissa tai testosteroni-kortisoli -suhteessa. Testosteronin suhteellisen pitoisuuden lisääntymisen havaittiin kuitenkin olevan proteiiniryhmällä vähäisempää plaseboryhmään verrattuna ($p = 0,003$) hypertrofisen harjoituksen yhteydessä. Lisäksi hiilihydraattiryhmän energiansaannin ja kortisolipitoisuuden välillä havaittiin negatiivinen korrelaatio ($r = -0,778$, $p = 0,023$).

Johtopäätös. Tutkimuksen perusteella proteiininsaannin lisääminen kaksinkertaiseksi 12 vuorokauden ajaksi intensiivisen voima- ja nopeusharjoittelun yhteydessä ei riitä saamaan muutoksia veren lepotilan testosteroni, kortisoli- ja SHBG -pitoisuuksiin eikä maksimivoimaan. Proteiininsaannin lisääminen saattaa kuitenkin lieventää veren testosteronipitoisuuden nousua hypertrofisen voimaharjoituksen yhteydessä.

Avainsanat: *hormonitoiminta, testosteroni, kortisoli, proteiinilisä, voimaharjoittelu.*

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

1	JOHDANTO	3
2	YLEINEN HORMONITOIMINTA	5
3	ANABOLISET JA KATABOLISET HORMONIT	10
3.1	Testosteroni	11
3.2	Kortisoli	13
4	TESTOSTERONIN JA KORTISOLIN ERITYKSEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	17
4.1	Harjoittelu	17
4.2	Ravinto	19
4.3	Muut tekijät	21
5	TUTKIMUKSEN TARKOITUS	25
6	MENETELMÄT	27
6.1	Koehenkilöt	27
6.2	Koeasetelma	27
6.3	Aineiston keräys	31
6.4	Aineiston analysointi	32
6.5	Tilastolliset analyysit	33
7	TULOKSET	34
8	POHDINTA	42
9	LÄHTEET	47
10	LIITTEET	51

1 JOHDANTO

Proteiini on yksi elimistön kolmesta pääenergiaravintoaineesta hiilihydraatin ja rasvan ohella. Ravinnon proteiinit eli erilaiset aminohappoketjut hajoavat ruuansulatuskanavassa ja päätyvät verenkiertoon vapaina yksittäisinä aminohappoina. (Borg ym. 2007, 48–56.) Aminohappoja käytetään elimistössä pääasiassa rakennuselementteinä sillä normaalitilanteessa keskimäärin vain 3-6 % aminohapoista käytetään energiantuottoon. Ravinnon proteiinien saanti on siten välttämätöntä normaalien elintoimintojen ylläpitämiselle. Liikunta lisää proteiinintarvetta entisestään, sillä liikunta lisää erilaisten entsyymien ja yhdisteiden tuotantoa sekä proteiinisynteesiä muun muassa lihaksissa. (Hargreaves & Snow 2001.) Näin ollen riittävä proteiininsaanti on tärkeää suorituskyvyn kehittymisen ja ylläpidon kannalta. Ravitsemussuositusten mukaan nopeus- ja voimallisten urheilijoille suositellaankin 1,2–1,8 grammaa proteiinia painokiloa kohti vuorokaudessa. (Borg ym. 2007, 48–56.)

Tavoitellessaan mahdollisimman hyviä harjoitusvasteita, tulee urheilijan keskittyä ravinnonsaantiinsa. Tämän vuoksi erilaiset lisäravinteet ovat varsin suosittuja. Suomalaisien urheilijoiden keskuudessa tehdyssä kyselytutkimuksessa yli puolet ilmoitti käyttävänsä lisäravinnevalmisteita ja proteiinivalmisteiden todettiin olevan kaikista suosituimpia ravintolisiä. (Heikkinen ym. 2011.) Riittävä proteiinin ja muiden energiaravintoaineiden saanti turvaa elimistön optimaalisten adaptaatioiden kehittymisen harjoittelun seurauksena, mutta riittävä ja oikeanlainen ravinto nopeuttaa myös harjoituksesta palautumista (Sharp & Pearson 2010; Millard-Stafford ym. 2008). Riittävä palautuminen on urheilijoille tärkeää, sillä suorituskyvyn parannustarkoituksessa tehdyt monet harjoituskerrat kovilla intensiteeteillä kuormittavat elimistöä (Maso ym. 2004).

Jaksottaisia kovempia harjoitusjaksoja, niin sanottua ylikuormittamista, käytetään yleisesti valmennuksessa haettaessa positiivisia adaptaatioita ja pyrittäessä kehittämään suorituskykyä. Tällöin harjoitellaan lyhytaikaisesti tehokkaammin ja palautuminen jää tarkoituksella hieman vajaaksi. Jos ylikuormittamista tapahtuu kuitenkin liian usein tai palautuminen jää liian vähäiseksi pidemmällä ajanjaksolla, voi urheilijalle kehittyä yli-

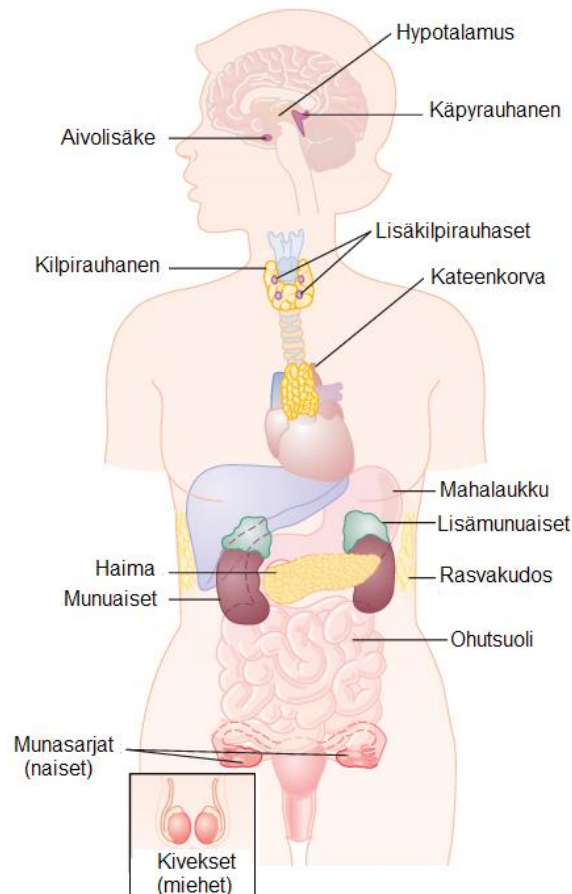
rasitustila, jolloin suorituskyky kääntyy laskuun. (Sharp & Pearson 2010; Rossi ym. 2010.) Ylirasitustilassa urheilijassa voidaan havaita sekä fysiologisia että psyykkisiä oireita, kuten sykkeen muutoksia, autonomisen hermoston aktiivisuuden muutoksia, nukkumisvaikeuksia ja levottomuutta (Fry ym. 1998). Myös hormonaalisia muuttujia, kuten esimerkiksi testosteronin ja kortisolin suhdetta on käytetty mittarina ylikunnon analysoinnissa (Halson & Jeukendrup 2004; Urhaisen & Kindermann 2002; Maso ym. 2004).

Oikeanlainen harjoittelu ei yksinään riitä parantamaan suorituskykyä, vaan urheilijoiden on myös saatava ravinnosta kaikki tarpeellinen sekä levättävä riittävästi. Tämän tutkimuksen tarkoituksena onkin perehtyä elimistön hormonitoimintaan ja siihen vaikuttaviin tekijöihin kuten harjoitteluun ja ravintoon, sekä selvittää proteiininsaannin määrän lisäämisen mahdollisia vaikutuksia teholajien urheilijoiden veren hormonipitoisuuksiin ja maksimivoimaan sekä lyhyen intensiivisen 12 vuorokauden harjoittelujakson aikana että yhden hypertrofisen voimaharjoituksen yhteydessä. Työ on osa suurempaa tutkimusta, jossa tarkastellaan laajemmin proteiininsaannin lisäämisen vaikutuksia urheilijoiden suorituskykyyn ja palautumiseen harjoittelujakson aikana.

2 YLEINEN HORMONITOIMINTA

Elimistö pyrkii ylläpitämään homeostaasia eli tasapainotilaa kaikissa tilanteissa. Tasapainotilaa horjuttavat niin pienet kuin suuremmatkin muutokset elimistön sisäisissä ja ulkoisissa olosuhteissa. Onnistuakseen homeostaasin säilyttämisessä elimistön solujen tulee pystyä kommunikoimaan keskenään ja tätä varten on kehittynyt kaksi erilaista järjestelmää: hermostollinen ja endokriininen viestintä. Hermosto välittää lyhyitä signaaleja nopeasti kehon eri osiin, kun taas endokriinisella eli hormonivälitteisellä järjestelmällä viestin kulku kestää huomattavasti kauemmin, mutta vaikutusaika on myös pidempi. Hormonit välittävät viestin kehon kaikille soluille verenkierron välityksellä. (Kraemer & Rogol 2005, 8–9.)

Hormoneja syntetisoidaan ja eritetään niihin erikoistuneista umpirauhasista eli endokriinirauhasista, ja ne kulkeutuvat verenkierron kautta kohdesoluille, jotka vastaavat hormonien läsnäoloon ennalta määrätyn biologisen toimintamallin mukaan. Osa umpirauhasista on erikoistunut pelkästään hormonien tuottamiseen ja erittämiseen, kuten aivolisäke, kun taas osa toimii vain niin sanottuna sivutoimisena umpirauhasena. Sivutoiminen umpirauhanen erittää hormoneja pääasiallisen toimintansa ohessa. Esimerkiksi munuaisen pääasiallisena tehtävänä on virtsan erityys ja sitä kautta elimistön nestetasapainon säätely, mutta sivutoimenaan munuaiset erittävät erilaisia hormoneja. Umpirauhaselimet voivat tuottaa ja erittää yhtä tai useampaa hormonia kuitenkin niin, että yksi umpirauhaskudoksen solu voi muodostaa vain yhtä hormonia. Samaa hormonia voidaan tuottaa elimistössä monessa eri umpirauhasessa ja sama hormoni voi saada aikaan erilaisia vasteita eri soluissa riippuen reseptorista, johon se sitoutuu. Hormonien aiheuttamat fysiologiset vasteet eli vaikutukset voidaan jakaa vaikutuskohteiden mukaan neljään luokkaan: ruuansulatus ja aineenvaihdunta, suola- ja nestetasapaino, kasvu ja kehitys sekä lisääntyminen. (Kraemer & Rogol 2005, 8–9.) Elimistön endokriinirauhaset on esitetty kuvassa 1.



KUVA 1. Elimistön endokriinirauhaset. Mukailtu lähteestä Guyton & Hall (2010).

Hormonit voidaan luokitella kemiallisen rakenteensa mukaan steroideihin, peptideihin/proteiineihin ja amiineihin. Steroidit ovat kolesterolin johdannaisia eli niissä on rasvamolekyylillä kolesterolin pääkomponenttina ja hormonista riippuen erilainen yhdistelmä muita komponentteja. Sukupuolihormonit, kuten testosteroni, ovat esimerkki steroidihormoneista. Peptidi- ja proteiinihormoneilla on pääasiallisena rakenteenaan aminohappoketju. Jos ketju sisältää alle 20 aminohappoa, se luokitellaan yleensä peptidihormoniksi ja suuremmat aminohappoketjut taas proteiinihormoneiksi. Esimerkiksi virtsanerityksen säätelyssä vaikuttava vasopressiini on peptidihormoni. Amiinihormonit taas rakentuvat tyrosiini-nimisen aminohapon ympärille. Esimerkiksi kilpirauhashormonit luokitellaan amiinihormoneiksi. (Kraemer & Rogol 2005, 9–11.)

Hormonien erityys. Hormonin vaikutus kohdesoluihin riippuu sen pitoisuudesta verenkierrossa. Pitoisuuteen vaikuttaa hormonin erityksen voimakkuus umpirauhasesta, joidenkin hormonien kohdalla molekyylin inaktiivisuuden ja aktiivisuuden aste, rasvaliukoisilla hormoneilla niiden sitoutumisaste plasmaproteiineihin sekä lisäksi plasman

puhdistuman nopeus. (Kraemer & Rogol 2005, 12–13.) Veren hormonipitoisuuksiin vaikuttaa lisäksi plasman tilavuuden muutokset, kuten esimerkiksi elimistön nestetasapainon heilahdukset (McArdle ym. 2007, 421). Ensisijaisesti eniten hormonin pitoisuuden veressä vaikuttaa sen erityis verenkierrojärjestelmään, mikä voi tapahtua kahdella eri tavalla: jatkuvana tai säädeltyinä erityksinä. Jatkuvassa erityksessä hormonia vapautuu verenkiertoon sitä mukaan kun sitä syntetisoidaan, eli toisin sanoen hormonia ei varastoida umpirauhaseen, vaan molekyylit läpäisevät solukalvon passiivisen diffuusion avulla. Säädellyssä erityksessä hormonia varastoituu umpirauhaseen ja se erittyy verenkiertoon vasta stimuluksen aiheuttaman eksosyytosin eli solun tyhjennyksen seurauksena. (Kraemer & Rogol 2005, 12–13.)

Sekä jatkuvassa että säädellyssä erityksessä hormonin erityksen tai vapautumisen laukeava stimulus on tyypillisesti muutos plasman ravintoaineen tai ionin pitoisuudessa, hermosolujen vapauttamien välittäjäaineiden aiheuttama ärsytys endokriinisoluissa tai muualta peräisin olevien hormonien kiinnittyminen endokriinisoluihin. Yleensä erityis riippuu näiden kaikkien tekijöiden yhteisvaikutuksesta. Erityksen voimakkuutta säädelään palautejärjestelmien avulla. Negatiivinen takaisinkytkentä (negative feedback) on yleisin palautejärjestelmä elimistön hormonipitoisuuksien säätelyssä. Negatiivisessa takaisinkytkennässä jokin ilmiö aiheuttaa hormonin pitoisuuden nousun verenkierrossa ja tämä pitoisuuden kasvu taas laskee ilmiön esiintymistä ja tällöin hormonin erityis vähenee. Esimerkki negatiivisesta takaisinkytkennästä on veren sokeripitoisuuden säätely: ravinnon nauttiminen nostaa veren sokeripitoisuutta ja stimuloi insuliinin eritystä haimasta, mikä taas saa aikaan ravintoaineiden siirtymisen verenkierrosta solujen sisään. Tämän seurauksena verensokeri laskee ja insuliinin erityis vastaavasti vähenee. (Kraemer & Rogol 2005, 13–14.)

Toisessa palautejärjestelmässä hormonin erittyminen aiheuttaa kohdesoluissa jonkin reaktion ja tämä taas kiihdyttää hormonin eritystä vielä lisää. Tällaista säätelyjärjestelmää kutsutaan positiiviseksi takaisinkytkennäksi (positive feedback). Esimerkiksi synnytyksen aikana vapautuva oksitosiini aikaansaa kohdun supistelua. Supistelu taas stimuloi aivolisäketä erittämään lisää oksitosiinia. Hormonien eritykseen voi vaikuttaa kuitenkin elimistön ulkoisten ja sisäisten tekijöiden muutoksen lisäksi myös tietynlainen rytmisyys, jonka mukaan hormonia erittyy tai ei erity umpirauhasista. Tunnetuin ja tut-

kituin tällaisista rytmisesti säädellyistä hormonierityksistä on vuorokausirytmii. Tällöin vuorokaudenaika tai valon/pimeyden määrä vaikuttaa hormonin eritykseen. Tutkimusten mukaan esimerkiksi kortisolin erityis on aamulla suurimmillaan ja kasvuhormonia erittyy taas eniten yöaikaan. Hormonit voivat erittyä myös vuodenaikojen mukaan ja eläimillä tällainen erityis saa aikaan mm. kiima-ajan ja talvihorrokseen. Ihmisillä esimerkiksi vuodenaikojen mukaan vähenevä valon määrä voi aiheuttaa mm. masennusta melatoniinipitoisuuden kasvun vuoksi. (Kraemer & Rogol 2005, 13–14.)

Hormonien kuljetus ja puhdistuma. Hormonit vapautuvat umpirauhasesta sitä ympäröiviin pieniin verisuoniin ja lähtevät kulkemaan suoniston mukana ympäri kehoa. Pieni osa hormoneista voi siirtyä punasolujen sisään, mutta suurin osa niistä on liuenneena plasmaan tai on sitoutuneena plasman kuljettajaproteiineihin. Peptidi-/proteiinihormonit ovat rakenteeltaan vesiliukoisia, joten ne liukenevat plasmaan. Steroidihormonit ovat taas rasvaliukoisia, joten ne tarvitsevat kuljettajaproteiinin voidakseen liueta vereen. Noin 95 % steroidihormoneista sitoutuukin veressä kuljettajaproteiiniin, esimerkiksi albumiiniin. Kuljettajaproteiinit auttavat liukoisuuden lisäämisen lisäksi myös pitämään hormonit verenkierrossa pidemmän aikaa, sillä hormonin ja proteiinin yhdessä muodostama isompi partikkeli ei erity yhtä helposti munuaisten kautta ulos kehosta, niin kuin hormonimolekyylit yksinään erittyisi. (Kraemer & Rogol 2005, 14–15.)

Verenkiertoon päästyään hormonien teho alkaa nopeasti heiketä rakenteen hajoavuuden ja muokkaantuvuuden seurauksena. Heikkenemisnopeudessa havaitaan kuitenkin suuriakin eroja, esimerkiksi katekoliamiinien puoliintumisaika on vain muutama sekunti, kun taas kilpirauhashormonien muutama päivä. Kaikkien hormonien pitoisuuksien puoliintumisaikaan verenkierrossa vaikuttaa aineenvaihdunnan tehokkuus ja verenkierron puhdistuma. Kaikkia hormoneja hajotetaan maksassa sekä eritetään ulos kehosta munuaisten kautta virtsan mukana. Verenkierrossa on myös paljon entsyymejä, jotka hajottavat erityisesti peptidi- ja proteiinihormoneja. Kaikki nämä vaikuttavat hormonien puhdistumaan eli hajottamiseen ja hävittämiseen elimistöstä. (Kraemer & Rogol 2005, 15–16.)

Vaikutus kohdesoluihin. Endokriinirauhasen erittämät hormonit kulkeutuvat verenkierron mukana kehon kaikkien solujen läheisyyteen, mutta ne vaikuttavat ainoastaan niihin

soluihin, joissa on kyseisen hormonin sitova reseptori. Reseptori on yleensä proteiinirakenteinen molekyyli joko solukalvolla tai solun sisällä. Reseptori sisältää yhden tai useampia kiinnityskohtia hormonia varten. Jokaisella reseptorilla on omanlaisensa kolmiulotteinen rakenne, johon vain tietty hormoni voi kiinnittyä ja siten aiheuttaa lopulta vasteen solun toiminnoissa. Hormonien vaikutusta kehossa säätelee usein juurikin hormonin kiinnittyminen reseptoriin; mitä suurempi hormonipitoisuus veressä on, sitä todennäköisemmin yksittäinen hormonimolekyyli kiinnittyy reseptoriin ja mitä useampia hormoni-reseptori pareja muodostuu, sitä voimakkaampi on hormonin aiheuttama vaste. Hormonien vaikutukseen vaikuttaa myös niiden affiniteetti eli kuinka voimakasta hormonin sitoutuminen reseptoriin on, sekä kilpailu sitoutumispaikoista esimerkiksi lääkeaineiden kanssa. Kilpailua esiintyy harvoin kehon omien viestiaineiden välillä. (Kraemer & Rogol 2005, 16–17.)

Reseptorit voidaan jakaa solunsisäisiin ja solukalvon reseptoreihin. Solunsisäisiin reseptoreihin kiinnittyvät steroidihormonit, sillä ne pääsevät kulkemaan solukalvon läpi rasvaliukoisuutensa ansiosta. Suurin osa solunsisäisistä reseptoreista sijaitsee tutkimusten mukaan tuman sisällä, jolloin vaikutus tapahtuu lähellä geenejä ja proteiinisynteesikoneistoa. Solukalvon reseptoreihin kiinnittyy taas solukalvon läpäisemättömät vesiliukoiset hormonit. Tällöin reseptoreihin kiinnittynyt hormoni aktivoi toisiolähetin, joka kuljettaa hormonin tuoman viestin tumaan ja aiheuttaa siten vasteen. (Kraemer & Rogol 2005, 18–20.) Syklinen adenosiinimonofosfaatti on hyvä esimerkki soluissa usein toimivasta toisiolähetistä (McArdle ym. 2007, 420). Molemmissa tapauksissa hormonin kiinnittyttyä reseptoriin, tapahtuu hormoni-reseptorikompleksin kolmiulotteisessa rakenteessa muutos, mikä aktivoi reseptorin erityisen aktiivisen kohdan. Aktivointi itsessään tai toisiolähetin kautta laukaisee solun sisällä tapahtumaketjun, joka muuttaa solutoimintoja hormonin vaikutusten mukaisesti (Kraemer & Rogol 2005, 18–20.) Hormonien vaikutus kohdesoluihin voidaan jakaa neljään ryhmään: (1) Proteiinisynteesin säätelyyn DNA:n stimuloinnin kautta, (2) entsyymiaktiivisuuksien säätelyyn, (3) solukalvokuljetuksen säätelyyn sekä (4) solun erityksen säätelyyn (McArdle ym. 2007, 419, 420).

3 ANABOLISET JA KATABOLISET HORMONIT

Ihmisen aineenvaihdunta voidaan jakaa kahteen osaan; anaboliseen ja kataboliseen. Anabolisella aineenvaihdunnalla tarkoitetaan elimistön kudoksia ja energiavarastoja kasvattavaa aineenvaihduntaa. Voimakas anabolinen tila on ominaista etenkin kasvavalle lapselle. Katabolisella aineenvaihdunnalla tarkoitetaan taas päinvastoin elimistön kudoksia hajottavaa ja energiavarastoja tyhjentävää aineenvaihduntaa, mitä ilmenee muun muassa sairauksien ja vanhuuden yhteydessä. Varsin monet hormonit vaikuttavat yleiseen aineenvaihduntaan anabolisesti tai katabolisesti. Anabolisia hormoneja ovat muun muassa insuliini, kasvuhormoni, sukupuolihormonit ja erityisesti miessukupuolihormonit. Katabolisia taas mm. kortisoli. Aineenvaihduntaan voimakkaasti vaikuttavat kilpirauhashormonit toimivat sekä anabolisesti että katabolisesti. (Nienstedt ym. 2008, 413.)

Miessukupuolihormoneihin kuuluvan testosteronin ajatellaan olevan ensisijainen anabolinen hormoni, sillä se lisää proteiinisynteesiä. Testosteronilla on lisäksi epäkatabolinen vaikutus, sillä se vähentää myös elimistön proteiinien hajoitusta. Kortisolia pidetään taas ensisijaisena katabolisena hormonina, sillä se lisää elimistön proteiinien hajoitusta ja epäanabolisena vähentää proteiinisynteesiä. Yhdessä nämä hormonit saavat aikaan nettoreaktion joko elimistön kudoksien koon kasvua, pienentymistä tai ylläpysymistä. (Crewther ym. 2011.)

Hormonien vaikutuksista kohdesoluihin on tutkittu lisäämällä terveiden henkilöiden vereen hormonimolekyylejä, jolloin kyseisen hormonin pitoisuus elimistössä kasvaa ja näin ollen voidaan tarkastella sen suuremman pitoisuuden aiheuttamia muutoksia. Vaikutuksia voidaan tarkastella myös estämällä jonkin hormonin toiminta elimistössä tai tutkimalla potilasryhmiä, joilla hormonin pitoisuus on sairaudesta johtuen matalampi kuin normaalisti. Tällöin voidaan tarkastella hormonin vähyydestä aiheutuvia seurauksia elimistössä. Hormonijärjestelmän ulkoinen manipulointi aiheuttaa seurauksia, joiden ajatellaan vastaavan elimistön sisäisen hormonierityksen aiheuttamia vasteita soluissa ja kudoksissa. (Crewther ym. 2011.)

3.1 Testosteroni

Testosteroni on yksi vaikuttavimmista luonnollisesti eritetyistä androgeenisista eli miesuskupuolisista anabolisista hormoneista. Testosteronin biologiset vaikutukset aiheuttavat muun muassa miesten sekundaariset sukupuolitunnusmerkit kuten parran ja muun karvoituksen kasvun, typen kerääntymisen elimistöön ja lihaskasvun. Lihaksissa testosteroni stimuloi proteiinisynteesiä eli toimii anabolisen aineenvaihdunnan kasvattajana sekä vähentää proteiinien hajotusta eli ehkäisee katabolista aineenvaihduntaa. Yhdessä nämä saavat aikaan lihaksen kasvun eli hypertrofian. Testosteroni lisää myös lihassolujen aminohappojen sisäänottoa ja yhdessä proteiinisynteesin voimistumisen kanssa nämä aiheuttavat elimistön lihasmassan kasvua esimerkiksi pojilla murrosiässä, sekä auttavat lihasmassan ylläpidossa erityisesti miehiä, mutta myös naisia. (Vingren ym. 2010.)

Testosteroni on steroidihormoni, jota tuotetaan kolesterolista usean muuntoreaktion ja entsyymitoiminnan avulla. Reaktio alkutuotteesta valmiiksi testosteronimolekyyliksi kestää noin 20–30 minuuttia. Ensisijainen testosteronin muodostumispaikka on Leydigin solut, joita löytyy ainoastaan kiveksistä. Näin ollen miehillä onkin noin kymmenen kertaa suuremmat veren testosteronipitoisuudet naisiin verrattuna. Hormonia voidaan tuottaa pieniä määriä kuitenkin myös munasarjoissa ja lisämunuaisen kuorikerroksen verkkovyöhykkeellä, joten naisillakin kiertää veressä pieni määrä testosteronia. (Vingren ym. 2010.)

Signaali sukurauhasten testosteronin tuotolle lähtee liikkeelle aivojen hypotalamuksesta, joka tuottaa ja erittää gonadotropiineja vapauttavaa hormonia eli gonadoliberiiniä (GnRH). Gonadoliberiini kulkeutuu aivolisäkkeen etulohkoon, jossa se aktivoi luteinisoivan hormonin (LH) ja follikkelia stimuloivan hormonin (FSH) tuottoa ja eritystä. Verenkierroksen mukana hormonit päätyvät sukurauhasille, jossa luteinisoiva hormoni stimuloi testosteronin tuottoa miehillä kiveksen välisoluissa ja naisilla munarakkulan kotelossa. Steroidirakenteen vuoksi testosteronia ei voida säilöä soluissa, vaan se vapautetaan soluista verenkiertoon. Naisilla testosteronia jalostetaan lisäksi follikkelia stimuloivan hormonin avulla edelleen estradioliksi, joka on pääasiallinen naissukupuolihormoni. (Vingren ym. 2010.)

Testosteroni on ominaisuuksiltaan rasvaliukoinen, joten se ei liukene verenkiertoon. Suurin osa hormonista onkin sitoutuneena kuljetusproteiineihin, jotka ovat vesiliukoisia. Tärkein testosteronin kuljettajaproteiini on sukupuolihormoneja sitova globuliini (sex hormone-binding globulin, SHBG), johon noin 44–60 % seerumin kokonaistestosteronipitoisuudesta on sitoutunut. Loput hormonimolekyylit ovat sitoutuneet joko muihin kuljettajaproteiineihin tai kulkevat vapaasti veren mukana. Vain erittäin pieni osa, noin 0,2–2 %, testosteronista on vapaassa muodossa. Vapaa testosteroni on biologisesti kaikista aktiivisin osa hormonista, mutta aktiivisuus riippuu myös paljon eri kuljettajaproteiinien vuorovaikutuksesta. Esimerkiksi testosteronin sitoutuminen SHBG:hen vähentää hormonin vaikutusta, sillä proteiini ei pääse viemään hormonimolekyyliä solukalvon läpi sen reseptoreille. Sitoutuminen toiseen kuljettajaproteiiniin, albumiiniin, sen sijaan ei vaikuta testosteronin biologiseen aktiivisuuteen, sillä albumiini pääsee kulkemaan solukalvon läpi. Kuljettajaproteiinit kuitenkin ehkäisevät hormonin puhdistumaa eli vähentävät hormonin erittymistä virtsaan, joten ne toimivat eräänlaisena varastomuotona veressä. Kuljettajaproteiiniin sitoutunut testosteroni voidaan vapauttaa takaisin vapaaksi muodoksi, jos hormonin halutaan siirtyvän kohdesolun sisään. (Vingren ym. 2010.)

Testosteronin vaikutukset elimistöön voidaan jakaa pitkäaikaisiin ja lyhytaikaisiin vaikutuksiin. Pitkäaikaisista vaikutuksista voidaan testosteronin havaita vaikuttavan sekä lihaksistolliseen että hermostolliseen kehitykseen. Lihaksissa testosteroni aiheuttaa aiemminkin jo mainittua lihaksen koon kasvua proteiinisynteesiä kiihdyttämällä ja proteiinien hajotusta vähentämällä. Tämä johtaa suurempaan lihaksen poikkipinta-alaan viikkojen ja kuukausien kuluessa. Testosteroni on siis yksi niistä tekijöistä, jotka kasvattavat lihaksen voimakkuutta supistua, sillä lihaksen poikkipinta-ala on suhteessa sen kykyyn tuottaa voimaa. Hermostollisissa tekijöissä testosteroni vaikuttaa pitkällä aikavälillä kasvattaen nisäkkäiden hermosolun sooman kokoa, dendriittien pituutta ja synapsin toimintaa sekä kasvattaen motoneuronien kokoa ja lukumäärää. (Crewther ym. 2011.)

Testosteroni aiheuttaa useita lyhyessä ajassa (jopa muutamissa sekunneissa) tapahtuvia muutoksia elimistön toiminnoissa. Esimerkiksi piennisäkkäillä tehdyissä kokeissa testosteronin on havaittu vaikuttavan solujen toisiohettitoimintaan sekä proteiini- ja rasvamolekyylien kulkureitteihin aiheuttaen neuraalisen toiminnan kiihtymistä tai laskua tie-

tyissä osin aivoja. Nämä muutokset neuraalisessa toiminnassa vaikuttavat käyttäytymiseen ja kognitiivisiin kykyihin eläimillä ja ihmisillä. Esimerkiksi anabolisten steroidien käyttäjien mieliala vaihtelee ja he ovat usein aggressiivisiä. Yhden ylimääräisen testosteroniannoksen on todettu myös madaltavan aivokuoren hermosolujen syttymiskynnystä ihmisillä ja tämä voi lisäksi vaikuttaa lihasten aktiivisuuteen eli koko motoriseen järjestelmään. (Crewther ym. 2011.)

Muita testosteronin lyhytaikaisia vaikutuksia ovat vaikutukset lihaksen ominaisuuksiin sekä vaikutukset energia-aineenvaihduntaan. Testosteroni saattaa vaikuttaa kalsiumionien virtaukseen lihassolun sisällä. Tällä vaikutuksella on merkitystä, sillä solunsisäinen kalsium mm. käynnistää lihassupistuksen. Lisäksi testosteroni saattaa vaikuttaa lihassupistuksen säätelyyn vaikuttamalla natrium-kalium-ionipumpun toimintaan solukalvolla. Testosteronipitoisuuksien vaikutuksista lihaksen supistusominaisuuksiin solutasolla on kuitenkin vaikea sanoa varmoja johtopäätöksiä, sillä tähänastiset vähäiset tutkimukset ihmisillä ovat antaneet hieman eriäviä tuloksia. Energia-aineenvaihdunnassa testosteronin rooli ei ole yhtä selkeä, kuin esimerkiksi kortisolin. Eläimillä testosteronin on havaittu vaikuttavan kuitenkin mm. ravintoaineiden kuljetukseen ja insuliiniherkkyyteen, mutta ihmisillä testosteronin pitoisuuseroilla ei ole havaittu olevan vaikutusta ravintoaineiden käyttöön tai kestävyysuorituskykyyn. (Crewther ym. 2011.)

3.2 Kortisoli

Kortisolia pidetään merkittävimpana katabolisena hormonina, sillä se kasvattaa proteiinien hajotusta kudoksissa ja vähentää proteiinisynteesiä, minkä avulla hormoni lisäksi estää anabolian muodostumista. Kortisoli vaikuttaa suuresti myös energia-aineenvaihduntaan hajottaen glykogeeniä ja muita energialähteitä glukoosiksi. (Crewther ym. 2011.) Kortisolia erittyy psykologisen (esim. työstressin) tai fysiologisen stressin (esim. liikuntasuorituksen) yhteydessä, joten sitä pidetäänkin elimistön niin kutsutuna stressihormonina (Putman ym. 2010). Kortisoli onkin erittäin tärkeä tekijä elimistölle lähes kaikenlaisissa stressitilanteissa. Muun muassa vammat kuten murtumat, tulehdukset, kylmät tai kuumat ympäristöt, leikkaus ja sairaudet nostavat elimistön veren

kortisolipitoisuuden jopa 20-kertaisiksi vain muutamissa minuuteissa. Lisäksi kortisoli estää tulehdusreaktioiden etenemistä ja siten hillitsee tulehdusta kudoksissa. (Guyton & Hall 2000, 876–878.)

Kortisoli kuuluu kolesterolijohdannaisiin kortikosteroideihin, joita eritetään lisämunuaisen kuorikerroksen rauhasista. Hormonin erityksensä saa alkunsa hypotalamuksesta. Psykkinen tai fyysinen stressitekijä stimuloi aivoja, minkä seurauksena kortikotropiinin vapauttajatekijä (CRF) siirretään hypotalamuksen tumakkeesta aivolisäkkeen etulohkoon, joka vastaa tähän tuottamalla adrenokortikotropiinia (ACTH). Adrenokortikotropiini vapautetaan verenkiertoon ja kulkeutuu veren mukana lisämunuaiskuorelle, jossa se stimuloi entsyymireaktioita, jotka muuttavat kolesterolia kortisoliksi. Kortisolipitoisuuden nousu verenkierrossa vähentää uusien CRF- ja ACTH-molekyylien muodostusta ja näin ollen hormoni säätelee itse pitoisuuttaan elimistössä. (Guyton & Hall 2000, 878–879.) Noin 10 % verenkierrossa olevasta kortisolista on vapaassa muodossa, noin 15 % sitoutuneena plasman albumiini-kuljettajaproteiiniin ja noin 75 % on sitoutuneena kortikosteroidin kuljettajaproteiiniin (Kraemer & Ratamess 2005).

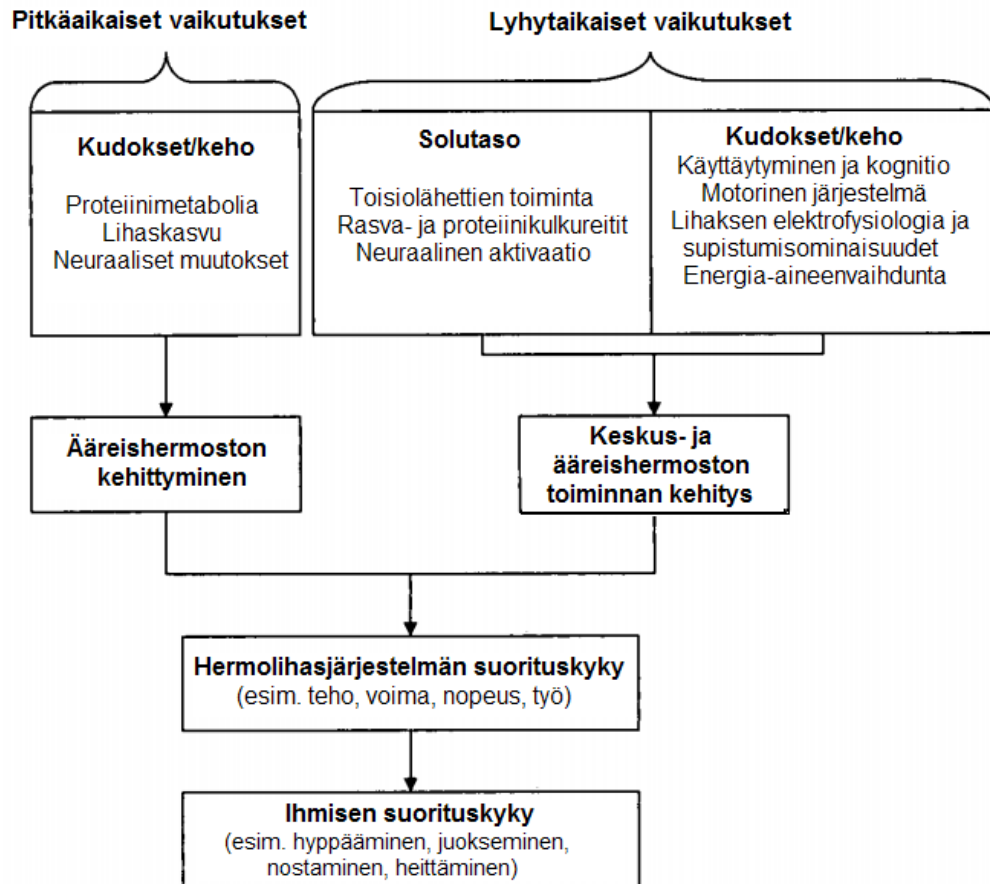
Myös kortisolin vaikutukset voidaan jakaa testosteronin tavoin sekä pitkä- että lyhytaikaisiin vaikutuksiin. Kortisoli vaikuttaa lihaksessa pääosin päinvastaisesti kuin testosteroni, ja esimerkiksi pitkällä aikavälillä vähentää lihasmassan määrää laskemalla proteiinisynteesin tasoa, sekä voimistamalla rakenneproteiinien hajotusta. Lihasmassan väheneminen aiheuttaa edelleen lihasvoiman laskua ja näin ollen kortisoli heikentää elimistön suorituskykyä. Pitkäaikaisen kortisolitasojen koholla olon on havaittu eläintutkimuksissa lisäksi vaikuttavan hermostollisiin tekijöihin mm. vaikuttamalla dendriittien kasvuun, sooman kokoon sekä hermolihaspäätteen toimintaan. (Crewther ym. 2011.)

Lyhytaikaisesti kortisoli saattaa vaikuttaa testosteronin tavoin solun toisiolähehtitoimintaan sekä rasva- ja proteiinimolekyylien kulkureitteihin solun sisällä (Crewther ym. 2011). Kortisoli vaikuttaa myös käytökseen ja kognitiivisiin kykyihin, esimerkiksi tutkimuksissa on havaittu kortisoliannoksen kasvattavan huomattavasti koehenkilöiden riskien ottoa (Putman ym. 2010). Kortisoli vaikuttaa lyhytvaikutteisesti myös motoriseen järjestelmään esimerkiksi laskemalla motorisella stimulaatiolla aikaansaatu lihasaktiivisuutta. Lisäksi verenkierron vapaan kortisolimäärän on havaittu korreloivan negatiivisesti motorisen kuoren vasteiden kanssa. Kortisolilla lienee siis vaikutusta neu-

raalisen informaation välittämisessä ja prosessoinnissa molemmissa kulkureiteissä sekä keskushermostosta lihakseen että lihaksesta keskushermostoon päin. (Crewther ym. 2011.)

Kortisolin pääasiallinen pitkäaikainen tehtävä on vaikuttaa energia-aineenvaihduntaan stimuloimalla glukoneogeneesiä (glukoosin uudismuodostus), glykogenolyysiä (glykogeenin hajoitus glukoosiksi) ja rasva- ja aminohappoaineenvaihduntaa yhdessä muiden hormonien, kuten katekoliamiinien ja glukagonin kanssa (Crewther ym. 2011). Lisäksi kortisoli vähentää solujen glukoosikäyttöä, aiheuttaa veren glukoosipitoisuuden nousua, vähentää kaikkien muiden paitsi maksasolujen proteiineja ja nostaa veren amino- ja rasvahappopitoisuuksia (Guyton & Hall 2000, 875-876). Ulkoisesti nautittu kortisoli voi myös vaikuttaa ihmiselimistön sympaattisen hermoston aktiivisuuteen aiheuttaen edelleen muutoksia aineenvaihduntaan sekä sydän- ja verenkiertoelimistön toimintaan. (Crewther ym. 2011.)

Tutkijat ovat siis yhtä mieltä siitä, että testosteroni ja kortisoli voivat vaikuttaa hermolihasjärjestelmän toimintaan monien mekanismien kautta, jotka voidaan jakaa lyhyt- ja pitkäaikaisiin vaikutuksiin. Testosteronin ja kortisolin vaikutukset on koottu yhteen ja esitetään kuvassa 2. On tulkinnanvaraista miten kauan tutkimusjaksoa tulee pitää yllä, jotta voidaan havaita hormonien pitkäaikaisia vaikutuksia tai kuinka suurilla pitoisuusmuutoksilla voidaan rekisteröidä hormonien aiheuttamia lyhytaikaisia muutoksia. Lisäksi on vielä tulkinnanvaraista kuinka tarkkaan tutkimuksissa käytetyt ulkoiset hormonipitoisuuksien muutokset kuvaavat elimistön oman sisäisen hormonijärjestelmän toimintaa ja sen vaikutuksia elimistössä. (Crewther ym. 2011.)



KUVA 2. Yhteenveto testosteronin ja kortisolin vaikutuskohteista hermolihasjärjestelmässä ja vaikutuksesta suorituskykyyn. Mukailtu lähteestä Crewther ym. (2011).

4 TESTOSTERONIN JA KORTISOLIN ERITYKSEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Tässä kappaleessa tarkastelun kohteena ovat voima- ja kestävyysharjoittelun aiheuttamat akuutit ja pitkäaikaiset vasteet hormonien tuotannossa sekä ravinnon vaikutukset erityisesti urheilusuoritusten aikaisiin testosteroni- ja kortisolipitoisuuksiin. Lisäksi kappaleessa perehdytään muihin seikkoihin, jotka vaikuttavat kyseisten hormonien erityykseen. Tarkastelun kohteena ovat iän ja harjoittelutaustan, vuorokausirytmien, nestetasapainon sekä sukupuolten välisten erojen aiheuttamat muutokset hormonitoiminnassa yleisellä tasolla sekä eritoten urheiluharjoitteiden yhteydessä.

4.1 Harjoittelu

Voimaharjoittelu. Useissa tutkimuksissa voimaharjoittelun on todettu nostavan miesten testosteronipitoisuuksia akuutisti harjoituksen jälkeen. Naisilla veren testosteronipitoisuus on pysynyt tutkimuksissa ennallaan tai noussut hieman perustasoltaan voimaharjoituksen yhteydessä. Testosteronipitoisuuden nousuun on todettu vaikuttavan voimaharjoituksessa työskennelleiden lihasten massan määrä, harjoituksen intensiteetti ja volyyymi, ikä, sukupuoli sekä ravinnolliset tekijät. Liikkeiden, joissa käytetään suuria lihaksia, kuten maastaveto ja kyykky, on todettu nostavan veren testosteronipitoisuuksia enemmän, kuin liikkeet, joissa on mukana vähemmän lihasmassaa. Tutkimuksissa on todettu myös se, että mitä suurempi intensiteetti ja volyyymi harjoituksessa ovat olleet, sitä voimakkaampi nousu testosteronipitoisuudessa havaitaan. Voimaharjoittelun ei ole todettu vaikuttavan pitkäaikaisen harjoittelun yhteydessä veren lepotestosteronipitoisuuksiin miehillä eikä naisilla, mutta hienoista nousua pitoisuuksissa on kuitenkin havaittu esimurrosikäisillä ja murrosikäisillä pojilla voimaharjoittelun seurauksena. (Kraemer & Ratamess 2005.)

Tutkimukset ovat osoittaneet merkitseviä nousuja veren kortisolin sekä kortisolin tuotantoa vilkastuttavan adrenokortikotropiinin (ATCH) pitoisuuksissa akuutisti voimaharjoituksen yhteydessä sekä miehillä että naisilla. Kortisolipitoisuuden nousu näyttää ole-

van jonkinasteisessa yhteydessä veren laktaattipitoisuuteen, sillä merkitseviä korrelaatioita veren kortisolin ja laktaatin välillä on raportoitu useammassa tutkimuksessa. Pitkäaikaisen voima- ja tehoharjoittelun ei ole kuitenkaan todettu nostavan veren kortisolipitoisuuksia normaalia korkeammalle ja joissakin tutkimuksissa on havaittu jopa lepokortisolipitoisuuksien laskua pitkällä aikavälillä. Vastaavanlaisia tutkimustuloksia on saatu sekä miehiltä että naisilta. (Kraemer & Ratamess 2005.)

Kestävyysharjoittelu. Useat tutkimukset osoittavat, että miesten (Hackney 1996) sekä naisten (Consitt ym. 2002) testosteronipitoisuudet nousevat kestävyysharjoituksen jälkeen ja palaavat ennalleen noin muutaman tunnin kuluessa harjoituksen päättymisestä. Testosteronipitoisuuden nousuun on havaittu vaikuttavan sekä harjoituksen intensiteetin että keston siten, että korkeaintensiteettiset ja pitkäkestoiset suoritukset aiheuttavat suuremman vasteen matalatehoiseen harjoitteluun verrattuna. (Consitt ym. 2002.) Uupumukseen asti suoritettujen, yli kaksi tuntia kestäneiden kestävyyssuoritusten on todettu kuitenkin laskevan miesten veren testosteronipitoisuuksia (Hackney 1996). Vastaavanlaista testosteronipitoisuuden laskua ei ole kuitenkaan havaittu kovankaan voimaharjoituksen yhteydessä (Häkkinen ym. 1989). Lyhytaikaiset testosteronipitoisuuden nousut on havaittu sekä harjoitelleilla että harjoittelemattomilla miehillä ja naisilla (Hackney 1996, Consitt ym. 2002). Testosteronipitoisuuden on todettu laskevan lepotilassa pitkäaikaisen kestävyysharjoittelun aikana miehillä (Consitt ym. 2002, Hackney 1996), mutta naisten kohdalla tulokset ovat epäselviä (Consitt ym. 2002).

Kortisolitasot nousevat naisilla testosteronin tapaan hetkellisesti kestävyysharjoituksen aikana, ja myös tämän nousun on todettu olevan suhteessa harjoituksen intensiteettiin ja keston (Consitt ym. 2002). Kortisolitasoissa havaitaan harjoituksen alkupuolella selvä nousu, mutta harjoituksen jatkuessa kortisolipitoisuus laskee alle perustason. Esimerkiksi Miller ym. (2002) totesivat kortisolitasojen olevan heti kahden tunnin juoksun jälkeen matalammalla kuin ennen suoritusta mitatut arvot. Kortisolitasojen ei ole todettu juuri muuttuvan naisilla lepotilassa pitkäaikaisen kestävyysharjoittelun seurauksena (Consitt ym. 2002), mutta Tsai ryhmineen (1991) havaitsi kestävyysurheilevilla naisilla olevan perustasoa korkeammat kortisolipitoisuudet kilpailukauden ulkopuolella. Häkkinen ryhmineen (1989) ei havainnut kestävyysharjoittelun vaikuttavan miesten veren kortisolipitoisuuksien lepoarvoihin vuoden tutkimusjakson aikana.

4.2 Ravinto

Eri ravintokoostumusten vaikutusta hormonaalisiin vasteisiin on tutkittu paljon eritoten voimaharjoittelun yhteydessä. Bloomer ym. (2000) tutkivat erilaisten voimaharjoituksen jälkeen nautittujen ateriamuotojen vaikutusta veren testosteroni- ja kortisolipitoisuuksiin 24 tunnin palautumisjakson aikana. Tutkijat vertailivat kokonaisen aterian, aterian kanssa saman ravintosisällön omaavan energiajuoman, saman verran kaloreita sisältävän hiilihydraattijuoman sekä kalorittoman plasebojuoman eroja nuorten harjoitelleiden miesten hormonivasteissa. Ryhmä huomasi plasebojuomaa nauttineiden koehenkilöiden omaavan korkeammat veren testosteronipitoisuudet kaksi ja neljä tuntia voimaharjoituksen jälkeen, mutta erot eri ateriamuotojen välillä tasaantuivat vuorokauden kuluessa. Muiden ravintomuotojen välillä ei havaittu merkitseviä eroja testosteronipitoisuuksissa. Näin ollen ateria ja hiilihydraatti+proteiini- sekä hiilihydraattijuoma vähensivät veren testosteronipitoisuuden nousua voimaharjoituksen jälkeen. Kortisolipitoisuuksien havaittiin samassa tutkimuksessa olevan laskusuunnassa kaikissa ateriaryhmissä harjoituksen jälkeen, eikä eroja ryhmien välillä löytynyt. (Bloomer ym. 2000.)

Hulmi ryhmineen (2005) havaitsi edellä mainittujen kanssa samankaltaisia tutkimustuloksia verratessaan ennen voimaharjoitusta nautitun monihaaraista aminohappoja sisältävän juoman sekä plasebojuoman vaikutusta veren testosteroni- ja kortisolipitoisuuksiin nuorilla voimaharjoitelleilla miehillä. Tutkijat havaitsivat molemmissa ryhmissä testosteronipitoisuuksien nousevan voimaharjoituksen jälkeen ennen harjoitusta mitattuihin arvoihin verrattuna, mutta testosteronipitoisuuden todettiin olevan korkeampi plaseboa nauttineilla viisi minuuttia harjoituksen jälkeen. Kahden tunnin seurantajakson aikana erot tasaantuivat. Tutkimuksessa havaittiin veren kortisolipitoisuuksien hieman nousevan harjoituksen aikana ja sen jälkeen, mutta palautuvan ennen harjoitusta mitattujen arvojen tasalle kahden tunnin kuluessa. Ryhmien välillä ei havaittu merkitseviä eroja kortisolipitoisuuksissa missään vaiheessa mittausjaksoa. (Hulmi ym. 2005.) Hiilihydraattia ja proteiinia sisältävien aterioiden nauttiminen ennen tai välittömästi voimaharjoituksen jälkeen on siis todettu laskevan harjoituksen aiheuttamaa testosteronipitoisuuden nousua verrattuna syömättömään tilaan. Syy tähän ei ole tarkalleen tiedossa (Bloomer ym. 2000, Hulmi ym. 2005), mutta voi löytyä osin testosteronin tuotannon ja erityksen laskusta ja/tai kasvaneesta testosteronin puhdistumasta tai hormonin tehokammasta siirtymisestä lihassoluun (Hulmi ym. 2005).

Schumm tutkimusryhmineen (2008) tarkasteli lepotilassa ja voimaharjoituksen jälkeen nautitun hiilihydraattijuoman vaikutuksia veren hormonipitoisuuksiin. Koeryhmänä oli voimaharjoitelleita miehiä, jotka jaettiin hiilihydraatti- ja plaseboryhmään. Hormonipitoisuuksien muutoksia tarkasteltiin tunnin ajanjaksoilla sekä lepotilassa että voimaharjoituksen yhteydessä. Ryhmä ei havainnut merkitseviä eroja veren testosteroni- ja kortisolipitoisuuksissa verrattuna ennen juomista mitattuihin arvoihin eikä ryhmien välillä lepotilassa nautitun juoman yhteydessä. Sen sijaan voimaharjoittelun yhteydessä tutkijat havaitsivat molempien juomia nauttineiden veren testosteronipitoisuuden nousevan välittömästi voimaharjoituksen jälkeen verrattuna ennen harjoitusta mitattuihin arvoihin. Lisäksi tutkijat havaitsivat hiilihydraattijuoman laskevan testosteronipitoisuutta alle perustason 60 minuuttia voimaharjoituksen jälkeen. Merkitseviä eroja ryhmien välille ei kuitenkaan löytynyt missään vaiheessa 60 minuutin seurantajakson aikana. Ryhmä ei havainnut eroja kortisolitasoissa verrattuna perustason eikä ryhmien välillä niin lepotilassa kuin voimaharjoittelunkaan yhteydessä. (Schumm ym. 2008.)

Proteiinilisän pitempiaikaisen käytön vaikutuksia veren hormonivasteisiin voimaharjoittelun yhteydessä on tutkittu etenkin välttämättömien aminohappojen osalta. Esimerkiksi Kraemer ryhmineen (2009) sekä Sharp ja Pearson (2010) tutkivat omissa tutkimuksissaan välttämättömien aminohappojen vaikutusta voimaharjoitelleiden miesten veren hormonipitoisuuksiin voimaharjoitusten yhteydessä 12 ja 4 viikon ravintoaineiden nauttimisen aikana. Kraemer ryhmineen (2009) havaitsi välttämättömiä aminohappoja sisältävän ravintolisän nostavan lepotilan ja voimaharjoituksen aikaisia veren testosteronipitoisuuksia korkeammalle verrattuna yhtä paljon proteiinia sisältävään ei-välttämättömiä aminohappoja sisältävään ravintolisään. Välttämättömiä aminohappoja sisältävän ravintolisän havaittiin lisäksi laskevan veren lepokortisolipitoisuuksia 12 viikon tutkimusjakson aikana. Sharp & Pearson (2010) havaitsivat omassa tutkimuksessaan samankaltaisia tuloksia todetessaan kolmen viikon välttämättömiä aminohappoja sisältävien ravintolisätablettien nauttimisen nostavan voimaharjoituksen aikaisia ja jälkeisiä veren testosteronipitoisuuksia sekä laskevan vastaavia kortisolipitoisuuksia. Verrokkina käytettiin plasebotabletteja nauttineita henkilöitä. Pitemmällä ajanjaksolla eritoten välttämättömien aminohappojen nauttimisella näyttäisi olevan hyödyllisiä vaikutuksia haluttaessa parantaa voimaharjoittelun aiheuttamaa anabolista stimulusta (Kraemer ym. 2009, Sharp & Pearson 2010).

Kestävyysharjoittelun puolella esimerkiksi Miller ryhmineen (2002) tutki erilaisten juomakoostumusten vaikutusta veren hormonipitoisuuksiin kahden tunnin kestävyysjuoksusuorituksen aikana. Nuoret miehet nauttivat suorituksen aikana joko proteiinia ja hiilihydraattia sisältävää juomaa, pelkkää hiilihydraattia sisältävää juomaa tai keinotekoisesti makeutettua vettä. Tutkimusryhmä havaitsi koehenkilöiden veren testosteronipitoisuuksien olevan koholla heti suorituksen jälkeen verrattuna ennen suoritusta mitattuihin arvoihin sekä vastaavasti huomasivat kortisolitasojen laskeneen. Tilastollisesti merkitseviä eroja eri juomien välillä ei kuitenkaan havaittu testosteronin eikä kortisolin kohdalla. Voi olla mahdollista, että ryhmien välille olisi kehittynyt eroja, jos tarkastelua olisi jatkettu pidempään esimerkiksi muutaman tunnin ajan suorituksen jälkeen. Nyt eroja tarkasteltiin vain välittömästi suorituksen jälkeen. (Miller ym. 2002.)

Ravinnon vaikutusta yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun aiheuttamiin hormonaalisiin vasteisiin on myös pyritty selvittämään. Betts ja muut tutkijat (2011) tarkastelivat proteiinia ja hiilihydraattia sisältävän juoman sekä pelkän hiilihydraattijuoman nauttimisen aiheuttamia eroja hormonipitoisuuksissa yhteensä kahden tunnin kestävyys- ja voimaharjoituksen sekä seuraavan yön aikana. Juomat sisälsivät yhtä paljon energiaa ja henkilöiden testivuorokauden muutkin ateriat olivat säännöstelltyjä ja samanlaisia henkilöiden välillä. Tutkijat eivät havainneet juomien aiheuttavan eroja ryhmien välillä testosteronipitoisuuksissa harjoituksen tai yhdeksän tunnin palautumisjakson aikana. Kortisolin kohdalla vasteet olivat molemmissa ryhmissä samat harjoituksen ja palautusjakson alkuosan aikana, mutta sekä proteiinia että hiilihydraattia nauttineiden kortisolitasojen havaittiin olevan hieman korkeampia palautumisjakson viimeisten tuntien ajan. (Betts ym. 2011.)

4.3 Muut tekijät

Naissukupuoli. Naisten reaktiot hormonivasteisiin liikuntasuoritusten yhteydessä eroavat jonkin verran miesten reaktioista erityisesti testosteronin kohdalla. Naisilla ei ole kiveksiä ja siten testosteronia tuottavia Leydigin soluja, joiden on todettu olevan miehillä pääasiallinen testosteronipitoisuuden kasvattaja harjoittelun yhteydessä. Pääasiassa

naisten hormonaaliset vasteet ovatkin samankaltaisia kuin miesten, ainoastaan testosteronin kohdalla pitoisuudet ovat huomattavasti pienempiä miesten arvoihin verrattuna. Joissakin tutkimuksissa on havaittu naisten veren vapaan testosteronin pitoisuuden nousua voimaharjoittelun yhteydessä, mutta osassa tutkimuksia testosteronipitoisuus on pysynyt miehistä poiketen muuttumattomana. Tutkimuksissa, joissa testattiin erilaisten voimaharjoitteluintensiteettien ja työmäärien eroja, ei havaittu eroja naisten testosteronipitoisuuksissa erilaisten akuuttien harjoitusten jälkeen. Pitkäaikaisessa voimaharjoittelussa harjoitusten laadulla on kuitenkin havaittu olevan vaikutusta, sillä korkeaintensiteettinen voimaharjoittelu nosti naisten testosteronipitoisuuksia levossa huomattavasti verrattuna matalampitehoiseen harjoitteluun useamman viikon jaksoilla. (Vingren ym. 2010.) Tsai tutkimusryhmineen (1991) havaitsivat, että kestävyysurheilijanaissilla oli suuremmat veren kortisolipitoisuudet verrattuna miesurheilijoihin kilpailukauden ulkopuolella, mikä kertoo mahdollisista sukupuolten välisistä eroista kortisolin kohdalla.

Ikä ja harjoittelutausta. Ikä vaikuttaa merkittävästi elimistön testosteronin tuotantoon. Lapsilla on erittäin pienet veren testosteronipitoisuudet, kunnes ne nousevat murrosiässä erityisesti pojilla ja hieman myös tytöillä. Miehillä testosteronipitoisuuden on todettu laskevan 35–40 ikävuodesta alkaen noin 1-3 % vuodessa, johtaen lopulta hyvin alhaisiin lepotestosteronipitoisuuksiin iän karttuessa. Myös naisilla veren testosteronipitoisuus laskee hiljalleen kohti vaihdevuotia, jonka jälkeen testosteronipitoisuudessa havaitaan noin 60 % lasku muutamien vuosien kuluttua kuukautiskierron päättymisestä.

Myös harjoittelun aikaansaama hormonaalinen vaste eroaa paljon iästä riippuen. Pojilla ei havaita harjoituksen jälkeistä testosteronipitoisuuden nousua, vaikka murrosiän seurauksena veren lepotestosteronipitoisuudet olisivatkin jo nousseet aikuisten miesten tasolle. Tämä johtunee mahdollisesti poikien kivessolujen kyvyttömyydestä tuottaa testosteronia nopeasti verenkiertoon. (Vingren ym. 2010.) Keski-ikäisillä ja vanhemmilla miehillä (ikä > 38 vuotta) voimaharjoittelu aiheuttaa veren testosteronipitoisuuden nousua, mutta vaste ei ole yhtä voimakas kuin nuoremmilla miehillä (20–30 vuotta). Keski-ikäisten ja vanhempien harjoittelemattomien naisten testosteronipitoisuuksien ei todettu nousevan lainkaan perustasolta voimaharjoituksen yhteydessä akuuteissa tilanteissa. On kuitenkin havaittu, että pitkäaikaisen voimaharjoittelujakson aikana harjoituksen jälkeiset testosteronitasot nousevat sekä nuorilla (19–vuotiaat) että iäkkäillä (69–vuotiaat) naisilla. Harjoitteluun tottumisella näyttää siten olevan vaikutusta ainakin naisten testo-

steronivasteisiin voimaharjoittelun yhteydessä. (Vingren ym. 2010.) Hackney (1996) raportoi taas omassa artikkelissaan havainneensa kestävyysharjoitelleiden miesten omaavan harjoittelemattomia matalammat veren testosteronipitoisuudet lepotilassa.

Silverman ja Mazzeo (1996) havaitsivat iän vaikuttavan miesten kortisolipitoisuuksiin niin, että nuorilla (noin 23 vuotta) oli keski-ikäisiä (noin 45 vuotta) ja vanhoja (noin 65 vuotta) suuremmat veren kortisolipitoisuudet lepotilassa. Nuoremmilla miehillä todettiin myös suuremmat maksimaaliset kortisolipitoisuudet portaittaisen kestävyystestin aikana verrattuna keski-ikäisiin ja vanhoihin miehiin. Suhteutettuna lepotason arvoihin kaikkien ikäryhmien kortisolivasteet kestävyysharjoitukseen olivat kuitenkin samankaltaiset. Samassa tutkimuksessa havaittiin myös harjoitustaustan vaikuttavan kortisoliarvoihin sillä jokaisessa ikäryhmässä lepokortisolipitoisuudet olivat suuremmat harjoitelleilla kuin harjoittelemattomilla. Lisäksi maksimaaliset kortisolipitoisuudet olivat merkittävästi suurempia nuorten ja keski-ikäisten miesten ryhmissä verrattuna vanhoihin miehiin. (Silverman & Mazzeo 1996.) Myös naisurheilijoiden kortisolitasojen on todettu olevan liikuntaa harrastamattomien tasoja korkeammat (Tsai ym. 1991).

Vuorokausirythmi. Sirkadiaanirytmillä eli vuorokausirytmillä on myös vaikutusta testosteronin ja kortisolin eritykseen. Sirkadiaanirythmeillä tarkoitetaan biologisia toimintoja, jotka toistavat itseään noin 24 tunnin välein. Suurinta osaa nisäkkäiden sirkadiaanisista rytmeistä säätelee hypotalamuksen etulohkon tumake. Elimistön hormonien eritystä säätelee lähes aina myös tiettyntyyppinen rytmisyys, jonka pituus vaihtelee muutamista minuuteista ja tunneista aina viikkoon, kuukauteen ja jopa useampaan kuukauteen vuodenaikoj mukailleen. Sekä testosteronin että kortisolin erityksessä vaikuttaa sirkadiaanirythmi, jossa molempia erittyy eniten aamulla päivän aktiviteettien alkaessa. Vastaavasti molempien hormonien pitoisuus laskee iltaa kohti mentäessä ja yön aikana. Kortisolipitoisuuden nousu aamulla kiihdyttää aineenvaihduntaa tehostamalla glukoneogeneesiä ja proteiinien käyttöä ravintoaineena proteiinien hajotuksen avulla. Testosteronipitoisuuden nousu samaan aikaan voi olla yritys tasapainottaa kortisolin katabolista vaikutusta elimistössä. Harjoittelun yhteydessä tapahtuviin hormonaalisiin vasteisiin saattaa siten vaikuttaa vuorokaudenaika jolloin harjoitellaan. Iltapäivällä tapahtuvan voimaharjoittelun on todettu aiheuttavan hieman suuremman testosteronipitoisuuden nousun esimerkiksi aamuharjoitteluun verrattuna. Saattaa siis olla, että harjoittelemalla tiettyyn kel-

lonaikaan voidaan optimaalisia hormonivasteita tehostaa, mikä johtaa parempaan kehittymiseen. (Hayes ym. 2010.)

Nestetasapaino. Myös nestetasapainolla on todettu olevan vaikutusta hormonipitoisuuksiin erityisesti liikuntasuorituksen yhteydessä. Tutkijat ovat havainneet nestevajeen nostavan harjoituksen jälkeisiä kortisoli- sekä adrenaliini- ja noradrenaliinitasoa kestävyysuoritusyhteydessä. On selvää, että nestevaje nostaa katabolista aineenvaihduntaa ja mahdollisesti laskee anabolista aineenvaihduntaa kevyttehoisen kestävyysuoritusyhteydessä. (Judelson ym. 2008.) Judelson ryhmä (2008) tutki lisäksi nestevajeen vaikutusta voimaharjoitteluärsyksen aikaansaamiin hormonivasteisiin. Tutkijat havaitsivat 4,6 % nestevajeen (kehonpainosta) kasvattavan voimakkaasti harjoittelun aiheuttamaa katabolisten hormonien, erityisesti kortisolin, pitoisuuksien nousua sekä muuttavan harjoituksen jälkeisiä anabolisten hormonien vasteita. Lisäksi tutkimuksessa havaittiin nestevajeen nostavan verenkierron kiertävien ravintoaineiden kuten glukosin ja glyserolin pitoisuuksien nousua. Tutkimustulokset siten osoittavat, että nestetasapainon ylläpito on tärkeä tekijä haluttaessa saada aikaan mahdollisimman kehittävä hormonaalinen vaste sekä kestävyys- että voimaharjoittelun yhteydessä. (Judelson ym. 2008.)

5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS

Tutkimusongelmia oli kaksi: (1) vaikuttaako proteiininsaannin määrän lisääminen veren hormonipitoisuuksiin (testosteroni, kortisoli) ja SHBG:n levossa intensiivisen 12 vuorokauden voima- ja nopeusharjoittelujakson aikana ja (2) yksittäisestä hypertrofisesta voimaharjoituksesta palautumiseen 20–30 -vuotiailla teholajien urheilijoilla. Tutkimuksen tarkoituksena oli verrata proteiinilisäryhmää (3,0 g/painokilo/vrk; puolet normaali-ravinnosta ja puolet proteiinilisästä) ryhmään, jolla päivittäinen proteiininsaanti oli normaalin ravinnon kautta urheilijoiden yleisten suositusten mukainen (1,5 g/painokilo/vrk). Plaseboryhmä nautti lisäravinteenaan hiilihydraattijuomaa, jonka energiasisältö oli lähes vastaava proteiinijuomien kanssa.

Hypoteesit:

1. Hypoteesi: Proteiinilisää, joka sisältää sekä välttämättömiä että ei-välttämättömiä aminohappoja, nauttineiden urheilijoiden 12 vuorokauden voima- ja nopeusharjoittelujakson jälkeinen veren testosteronipitoisuus levossa on koholla verrattuna hiilihydraattiravintolisää nauttineiden arvoihin.
2. Hypoteesi: Proteiinilisää, joka sisältää sekä välttämättömiä että ei-välttämättömiä aminohappoja, nauttineiden urheilijoiden 12 vuorokauden voima- ja nopeusharjoittelujakson jälkeinen veren kortisolipitoisuus levossa on matalammalla verrattuna hiilihydraattiravintolisää nauttineiden arvoihin.

Perustelu. Esimerkiksi Kraemerin ym. (2009) sekä Sharpin ja Pearsonin (2010) tutkimuksissa havaittiin pitempajaksoisen (12 ja 4 viikkoa) erityisesti haaraketjuisia aminohappoja sisältävän proteiinilisän nauttimisen nostavan miesten levon testosteronipitoisuuksia ja pitävän lepokortisolipitoisuudet ennallaan tai laskevan niitä voimaharjoituksen aikana ja sen jälkeen.

3. Hypoteesi: Ryhmien välillä ei havaita eroa veren testosteronipitoisuuksissa akuutisti yhden kovan voimaharjoituksen aikana ja siitä palautumisen aikana tai mahdollisesti proteiiniryhmällä havaitaan hieman alhaisemmat testosteronipitoisuudet.
4. Hypoteesi: Ryhmien välillä ei havaita eroa veren kortisolipitoisuuksissa akuutisti yhden kovan voimaharjoituksen aikana ja siitä palautumisen aikana.

Perustelu. Tutkimuksissa on havaittu ennen voimaharjoitusta nautitun proteiinijuoman laskevan veren testosteronipitoisuuksia akuutisti harjoituksen jälkeen verrattuna plaseboa nauttineisiin (Bloomer ym. 2000; Hulmi ym. 2005; Schumm ym. 2008). Lisäksi hiilihydraatin nauttimisen on todettu laskevan (Bloomer ym. 2000) veren testosteronipitoisuutta tai pitävän sen samana (Schumm ym. 2008) voimaharjoituksen jälkeen verrattuna plaseboon. Kortisolipitoisuuksiin nautituilla ravintoaineilla ei näytä olevan vaikutusta akuutisti voimaharjoituksen jälkeen (Bloomer ym. 2000; Hulmi ym. 2005; Schumm ym. 2008).

6 MENETELMÄT

6.1 Koehenkilöt

Koehenkilöinä oli 16 miestä, jotka olivat teholajien urheilijoita. Lajeina heillä oli yleisurheilu (n = 13) ja pesäpallo (n = 3). Yleisurheilijoista suurin osa oli pikajuoksijoita (n = 7), mutta mukana oli myös heittolajien (n = 3) ja hyppylajien urheilijoita (n = 3). Koehenkilöiden taustatiedot ovat esitetty taulukossa 1. Ennen tutkimusjakson alkua koehenkilöt lukivat koehenkilötiedotteen ja allekirjoittavat suostumuksensa tutkimukseen osallistumisesta. Tutkimus oli Jyväskylän yliopiston eettisen toimikunnan hyväksymä.

TAULUKKO 1. Koehenkilöiden taustatiedot.

	Proteiiniryhmä (n = 8)	Hiilihydraattiryhmä (n = 8)
Ikä (v)	22,5 ± 4,4	24,8 ± 6,5
Pituus (cm)	183,1 ± 6,2	179,9 ± 6,2
Paino (kg)	78,0 ± 8,8	80,1 ± 9,8
Rasvaprosentti (%)	13,0 ± 1,9	14,4 ± 2,4

6.2 Koeasetelma

Koehenkilöt jaettiin satunnaisesti kahteen ryhmään: proteiinilisäryhmään (proteiiniryhmä, n = 8) ja plasebo-ryhmään (hiilihydraattiryhmä, n = 8). Koehenkilöt toteuttivat 12 vuorokauden voima- ja nopeusharjoittelujakson (mittausasetelma, kuva 3), jonka aikana koehenkilöt tekivät yhteensä kolme korkeaintensiivistä harjoitusta: nopeusharjoituksen, maksimivoimaharjoituksen ja hypertrofisen maksimivoimaharjoituksen. Myös ravinnon käyttö suunniteltiin jokaiselle urheilijalle jakson aikana. Tutkimusjakson jokaisena päivänä proteiiniryhmä nautti neljä kertaa päivässä proteiinilisäjuoman ja hiilihydraattiryhmä plasebo-juoman. Tutkimuksen aikana proteiiniryhmän päivittäinen proteiinien saanti pyrittiin saamaan 3,0 g/painokilo/vrk, josta puolet ravinnosta ja puolet juomista, ja hiilihydraattiryhmän 1,5 g/painokilo/vrk.

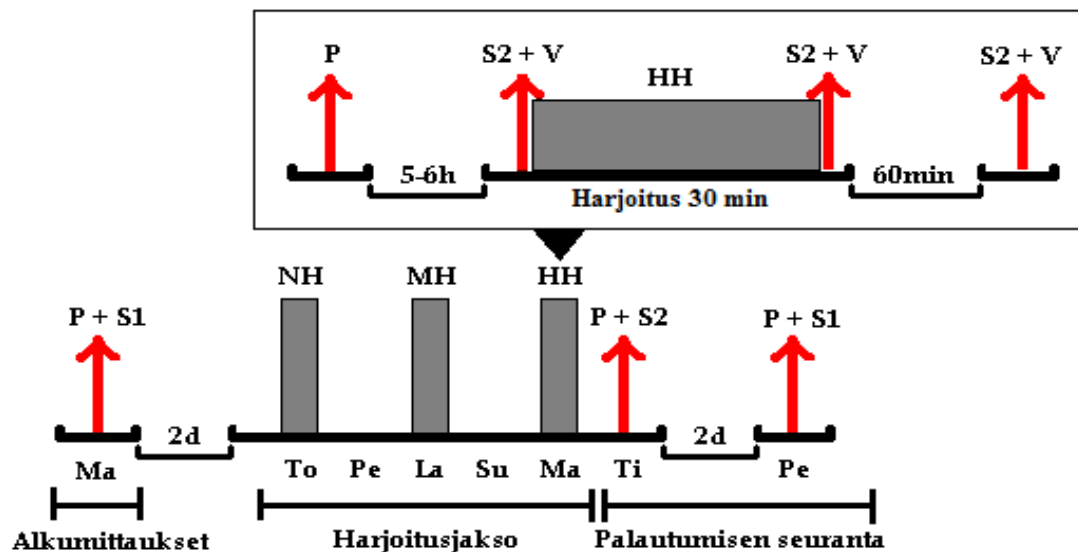
Ennen tutkimusjakson alkua koehenkilöt pitivät kolmen vuorokauden ajan ruokapäiväkirjaa (kaksi arkipäivää ja yksi viikonlopun päivä), johon he kirjasivat kaikki nauttimansa ruuat ja juomat määrineen. Ruokapäiväkirjat tarkasteltiin Nutri-Flow -ohjelmaa hyväksikäyttäen erityisesti keskittyen urheilijan proteiininsaantiin. Urheilijoille annettiin ruokatottumuksista palautetta ja jokaista ohjattiin nauttimaan proteiinia 1,5 g/painokilo/vrk. Tämän jälkeen koehenkilöt osallistuivat alkumittauksiin, joissa mitattiin heidän fyysinen suorituskykynsä 20 metrin juoksussa, kevennyshypyissä ja jalkaprässimaksimissa sekä haettiin sopivia painoja harjoituksia varten. Alkumittausten aamuna koehenkilöt antoivat paastoverinäytteen. Alkumittausten jälkeen koehenkilöt ottivat vastaan proteiini- tai placebojuomajauheen, ja ohjeet jauheen nauttimista varten. Tutkimus suoritettiin kaksoissokkokeena eli koehenkilöt ja tutkijat eivät tienneet kumpaa jauhetta kukin urheilija sai.

Kolmantena vuorokautena alkumittauksista koehenkilöt suorittivat nopeusharjoituksen ja tästä kahden vuorokauden kuluttua maksimivoimaharjoituksen. Urheilijat tekivät harjoitukset omatoimisesti annettujen ohjeiden mukaan. Kaksi vuorokautta maksimivoimaharjoituksen jälkeen koehenkilöt suorittivat valvotusti hypertrofisen harjoituksen. Harjoituspäivän aamuna koehenkilöt antoivat paastoverinäytteen. Henkilöt antoivat lisäksi ennen iltapäivällä ollutta harjoitusta verinäytteen ja lisäksi heidän fyysinen suorituskykynsä mitattiin kevennyshypyissä ja jalkaprässillä. Tämän jälkeen alkoi itse harjoitus, joka kesti kokonaisuudessaan puoli tuntia. Välittömästi harjoituksen jälkeen koehenkilöt antoivat verinäytteen ja heidän fyysinen suorituskykynsä mitattiin uudelleen. Harjoituksen aikana urheilijoiden piti nauttia 3 dl vettä ja harjoituksen jälkeisen verinäytteenoton jälkeen proteiini- tai placebojuoman 3 desilitraan vettä sekoitettuna. Kun harjoituksen päättymisestä oli kulunut tunti, antoivat urheilijat vielä yhden verinäytteen sekä heidän fyysinen suorituskykynsä mitattiin jälleen. Harjoitusten sisältö on kuvattu taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Harjoitusten sisältö (RM = repetition maximum = toistomaksimi).

Nopeusharjoitus (NH)	Maksimivoimaharjoitus (MH)	Hypertrof. voimaharjoitus (HH)
3x4x40m (Palautus 3 min / 6 min)	Rinnalleveto 3x3RM (Pal 3 min) Jalkaprässi 4x3RM Polven koukistus 2x8RM	Rinnalleveto 3x10RM (Pal 2 min) Jalkaprässi 4x10RM Polven koukistus 2x10RM

Hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeisenä päivänä urheilijat kävivät antamassa paastoverinäytteen sekä heidän fyysinen suorituskykynsä mitattiin kevennyshypyillä ja jalkaprässillä. Mittaukset pyrittiin tekemään iltapäivällä, tasan vuorokausi edellisen päivän harjoituksen jälkeen. Tämän jälkeen urheilijoilla oli kaksi palautuspäivää ja kolmannen palautuspäivän aamuna he antoivat viimeisen paastoverinäytteensä sekä heidän fyysinen suorituskykynsä mitattiin. Näissä loppumittauksissa myös 20 metrin juoksu testattiin. Kuva 3 havainnollistaa mittauprotokollaa.



KUVA 3. Mittausasetelma, P = paastoverinäyte (verinäyte aamulla), S1 = kaikki suorituskyky-mittaukset, S2 = suorituskykymittaukset (ei juoksu), V = verinäyte, NH = nopeusharjoitus, MH = maksimivoimaharjoitus, HH = hypertrofinen voimaharjoitus.

Ravintolisät

Tutkimusjakson jokaisena päivänä koehenkilöt nauttivat neljä kertaa vuorokaudessa lisäravinnejuoman (Manninen Nutraceuticals Oy, Oulu). Harjoituspäivinä ensimmäinen

annos otettiin aamupalan yhteydessä, toinen ennen harjoitusta, kolmas harjoituksen jälkeen ja viimeinen iltapalan yhteydessä. Lepopäivinä ensimmäinen annos otettiin aamupalan, toinen lounaan, kolmas päivällisen ja neljäs iltapalan yhteydessä. Proteiiniryhmän juoma sisälsi pääosin proteiinia (kerta-annoksena noin 28g) ja hiilihydraattiryhmän pääosin hiilihydraattia (maltodekstriiniä, kerta-annoksena noin 30g). Taulukossa 3 on esitetty lisäravinnejuomien ravintosisältö.

TAULUKKO 3. Proteiini- ja plasebolisän ravintosisältö.

	PRO		PLA	
	1 annos	vrk annos	1 annos	vrk annos
Energia (kcal)	140	560	120	480
Hiilihydraatti (g)	5,6	22,4	29,6	118,4
Proteiini (g)	27,6	110,4	0,2	0,8
Rasva (g)	2,5	10	0,1	0,4

Ravintolisien tarkoituksena oli nostaa proteiiniryhmän päivittäinen proteiinien saanti noin 3,0 g/painokilo/vrk ja plaseboryhmän 1,5g/painokilo/vrk. Ravintolisät annettiin koehenkilöille jauheina, josta koehenkilöt itse mittasivat ja sekoittivat jauheannoksen 2-3 desilitraan vettä. Proteiini- ja hiilihydraattijauheet olivat maustamattomia ja lisäravinnejuomat makeutettiin kaakaojauheella niin, ettei proteiini- ja hiilihydraattiravintolisän maussa ollut havaittavissa merkittävää eroa.

Ruokapäiväkirjat

Koehenkilöt pitivät koko tutkimusjakson ajan sekä harjoituspäiväkirjaa, että ruokapäiväkirjaa (liite 1). Ruokapäiväkirjaan kirjattiin kaikki päivän aikana nautitut ruuat ja juomat sekä aamulla mitattu paastotilan kehonpaino. Ruokapäiväkirja analysoitiin Nutri-Flow -ohjelmalla ja ohjelman avulla annettiin palaute ja ohjeet ruokailuun harjoitusjakson ajalle. Ravinto-ohjeet perustuivat yleisiin suomalaisiin ravitsemussuosituksiin (Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2005) ja voima- ja teholaajien urheilijoiden ravitsemussuosituksiin (Slater & Phillips 2011). Poikkeuksena yleisistä ravitsemussuosituksista oli proteiininsaanti, joka oli tutkimuksessa molemmilla ryhmillä urheilijoiden ravitsemussuositusten mukainen 1,6 g/painokilo/vrk (Phillips ym. 2007). Tämä on korkeampi

kuin yleisten ravitsemussuositusten mukainen proteiinisaanti 0,8 g/painokilo/vrk. Koehenkilöt täyttivät ruokapäiväkirjaa koko tutkimusjakson ajan eli yhteensä 11 – 12 vuorokautta. Alkumittausten jälkeen koehenkilöt aloittivat proteiini- tai plasebolisän nauttimisen päivittäin tutkimusjakson loppuun saakka (yhteensä 12 vuorokautta).

6.3 Aineiston keräys

Koehenkilöt suorittivat seuraavat hermolihasjärjestelmän suorituskyvyn mittaukset yhteensä kuusi kertaa (katso kuva 3, S1 = kaikki suorituskykymittaukset, S2 = suorituskykymittaukset (ei juoksu)):

1. 20 m juoksun aika 10 m:n alkukiihdytyksellä (vain alku- ja loppumittauksessa)
2. Kevennyshyppy
3. Kevennyshyppy lisäpainoilla (20, 40 ja 60 kg)
4. Jalkaprässi (1RM)

Tässä työssä keskitytään ainoastaan urheilijoiden jalkaprässisuorituksiin. Muita suorituskykymuuttujia tarkastellaan osana suurempaa tutkimusta. Jalkaprässin ykköstoistomaksimi (1RM) suoritettiin järjestyksessään aina viimeisenä suorituskykymittauksista. Aluksi suoritettiin kaksi lämmittelysarjaa (5-10 toistoa 50–70 % arvioidusta ykkösmaksimista) ja kaksi lähestymissarjaa (2-4 toistoa 70–90 % arvioidusta ykkösmaksimista), jonka jälkeen ykköstoistomaksimia haettiin nostamalla yksi toisto kerrallaan kahden minuutin palautuksella kunnes ykköstoistomaksimi saavutettiin. Heti ja tunti hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen suoritetuissa maksimivoimatesteissä lämmittely- ja lähestymissarjoja ei suoritettu, vaan ykköstoistomaksimitesti tehtiin heti kevennyshyppytestien jälkeen. Polvikulma jalkaprässin ykkösmaksimitestissä oli keskimäärin 70 astetta.

Viimeisenä harjoituspäivänä eli hypertrofisen voimaharjoituksen päivänä koehenkilöt tulivat paastoverinäytteeseen aamulla klo 7-9 välillä, jonka jälkeen koehenkilöt söivät aamupalan ja klo 11–13 välillä lounaan. Aterioiden ravintosisältö oli kontrolloitu (liite 2). Koehenkilöt tekivät hypertrofisen voimaharjoituksen klo 14–17 välillä. Ennen hypertrofista voimaharjoitusta koehenkilöiltä otettiin laskimo- ja sormenpääverinäytteet ja koehenkilöt tekivät suorituskykymittaukset (kevennyshyppy, kevennyshyppy lisäpai-

noilla ja jalkaprässi 1RM). Välittömästi hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen sekä tunti harjoituksen jälkeen koehenkilöiltä otettiin samat verinäytteet ja koehenkilöt tekivät samat suorituskykymittaukset kuin ennen harjoitusta.. Liitteessä 2 on kuvattu tarkemmin hypertrofisen päivän kulku sekä ateriat.

Laskimoverinäytteet otettiin neljä kertaa aamuisin paastoverinäytteenä (Kuva 3, P = paastoverinäyte aamuisin ja V = verinäyte): alkumittauksessa, ennen hypertrofista voimaharjoitusta, ensimmäisenä palautumispäivänä ja loppumittauksissa. Laskimoverinäyte otettiin myös ennen hypertrofista voimaharjoitusta, heti ja tunti harjoituksen jälkeen ja sen lisäksi sormenpääverinäyte otettiin viimeisen harjoituksen eli hypertrofisen voimaharjoituksen yhteydessä kolme kertaa: ennen hypertrofista voimaharjoitusta, heti ja tunti harjoituksen jälkeen.

Verinäytteistä analysoitiin aminohappopitoisuudet, seerumin hormonipitoisuudet (testosteroni ja kortisoli), SHBG, kreatiinikinaasi, laktaatti, pH ja perusverenkuva. Runsaat suorituskykymittaukset ja mitattavat muuttujat olivat osa suurempaa tutkimusprotokollaa (Jaakko Tornbergin Pro Gradu-työ), mutta tässä työssä keskitytään tarkastelemaan ainoastaan eri jauhejuomien vaikutusta jalkaprässimaksimiin sekä veren hormonipitoisuuksiin (testosteroni, kortisoli) ja SHBG:hen.

6.4 Aineiston analysointi

Ruokapäiväkirja-analyysit. Ruokapäiväkirjat analysoitiin Internet-pohjaisella Nutri-Flow -ohjelmalla. Ohjelmaan kirjattiin kaikki koehenkilön ruokapäiväkirjaansa merkitsemät ruuat ja juomat määrineen, joko tarkasti grammoina ja litroina tai arvioituina mittoina kuten lautasellisina tai kourallisina. Ennen harjoitusjaksoa koehenkilöiltä kerättiin ruokapäiväkirjat kolmen päivän ajalta, jotta saatiin selville heidän normaalielämän ravintoaineiden saantimäärät. Nutri-Flow analysoi kolmen päivän ruokailut ja määrittää pää- ja sivuravintoaineiden saantimäärät, minkä perusteella koehenkilöille annettiin palautetta ja ohjeistettiin nauttimaan tutkimuksen kannalta oikea määrä proteiinia (1,5 g/kg/vrk). Koehenkilöiden koko tutkimusjakson pitämät ruokapäiväkirjat analysoitiin vastaavasti ja analyysien perusteella saatiin selville koehenkilöryhmien ravintoaineiden saannit koko tutkimusjakson ajalta.

Laskimoverinäytteet. Laskimoverinäytteitä otettiin käsivarren laskimosta 2 ml ja 3,5 ml vakuumpiputkiin. Seeruminäytteet sentrifugoitiin 10 min 3500 rpm, jonka jälkeen niitä säilytettiin -20 C°:ssa kuljetukseen ja analysointiin asti. Hormonipitoisuudet määritettiin seerumista Immulite 1000-analysaattorilla (Siemens MedicalSolutionsDiagnostics, LA, USA), jonka toiminta perustuu kemiluminesenssiin. Laitteen erottelukyky kortisolille on 5,5 nmol/l ja variaatiokerroin (CV) on 7,4 %. Testosteronille erottelukyky on 0,5 nmol/l ja variaatiokerroin on 5,7 %.

Verinäytteiden jatkokäsittelystä Liikuntabiologian laitoksella vastasi kokenut laboratorionhoitaja ja hän myös otti verinäytteet Jyväskylässä tehdyissä mittauksissa. Verinäytteet Oulussa ja Raahessa otti sairaanhoitaja, joka vastasi näytteiden jatkokäsittelystä ja lähettämisestä Jyväskylään.

Koehenkilöiden plasmatilavuuksien muutoksia tarkasteltiin hypertrofisen harjoituksen yhteydessä otetuista näytteistä (ennen harjoitusta, jälkeen harjoituksen ja tunti jälkeen harjoituksen) Dillin ja Costillin menetelmällä (1978) hyödyntäen näytteiden hemoglobiini- ja hematokriittipitoisuuksia.

6.5 Tilastolliset analyysit

Tulosten tilastolliset analyysit ja kuvaajat suoritettiin Microsoft Excel 2007 (Microsoft Corporation, Yhdysvallat) ja SPSS 19.0 (Statistical Package for the Social Sciences) (SPSS Inc., Yhdysvallat) tietokoneohjelmilla. Tilastollisissa vertailuissa ryhmien välillä käytettiin riippumattomien ryhmien t-testiä ja ryhmän sisällä tehtävissä vertailuissa eri mittaustilanteiden välillä parillista t-testiä. Lisäksi ravintoaineiden ja hormonipitoisuuksien yhteyksiä tarkasteltaessa käytettiin Pearsonin korrelaatioanalyysiä. Merkitsevyyden raja oli $p < 0,05$.

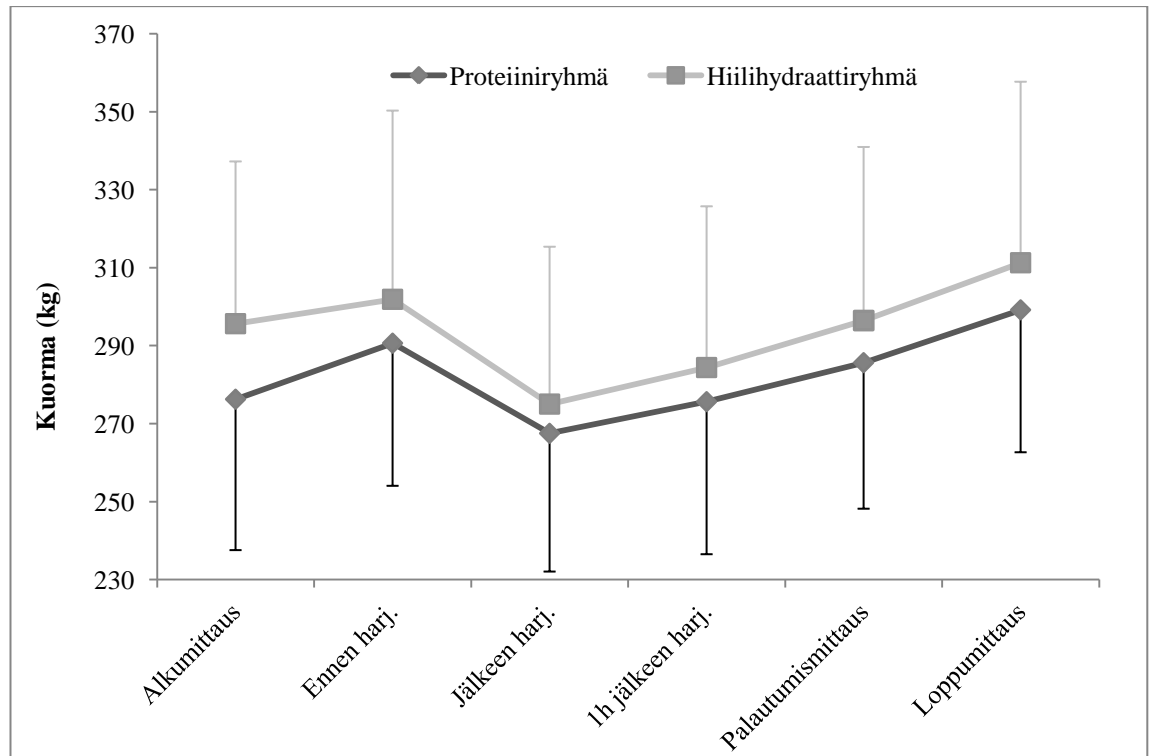
7 TULOKSET

Ravinto. Ravintotulokset perusravintoaineiden osalta on esitetty taulukossa 3. Taulukon arvoihin on lisätty lisäravinteiden mukana saadut ravintoainepitoisuudet. Vuorokauden kokonaisproteiinin (g/vrk) saannissa sekä proteiininsaannissa painokiloa kohti (g/kg/vrk) havaittiin tilastollisesti merkitsevät erot proteiini- ja hiilihydraattiryhmien välillä ($p = 0,001$ molemmissa). Muiden ravintoaineiden ja energiansaannin kohdalla merkitseviä eroja ryhmien välillä ei havaittu.

TAULUKKO 3. Taulukossa on esitetty proteiini- ja hiilihydraattiryhmän ravinnonsaanti keskiarvoineen ja keskihajontoineen harjoittelujakson ajalta. Arvoissa ovat yhdistettynä normaali-ravinnosta ja lisäravinnejuomista saatavat ravintoaineet.

		Energia (kcal/vrk)	Energia (kcal/kg/vrk)	Proteiini (g/vrk)	Proteiini (g/kg/vrk)	Hiilihydr. (g/vrk)	Hiilihydr. (g/kg/vrk)	Rasva (g/vrk)	Rasva (g/kg/vrk)
Proteiini- ryhmä	k.arvo	3254	41,6	254	3,3	328	4,2	109	1,4
	k.haj.	549	4,0	34	0,4	86	1,1	26	0,2
Hiilihydr. ryhmä	k.arvo	3001	37,4	126	1,6	404	5,0	93	1,2
	k.haj.	508	5,2	32	0,3	71	0,9	20	0,2

Jalkaprässin ykköstoistomaksimi. Proteiiniryhmän jalkaprässin ykköstoistomaksimi oli tutkimusjakson alussa 276 ± 39 kg ja hiilihydraattiryhmän 296 ± 42 kg. Sekä hiilihydraatti- että proteiiniryhmässä jalkaprässimaksimi laski hypertrofisen harjoituksen jälkeen merkitsevästi verrattuna harjoitusta edeltäviin arvoihin (proteiiniryhmä 291 ± 37 kg vs. 268 ± 35 kg ja hiilihydraattiryhmä 302 ± 18 kg vs. 275 ± 40 kg). Molemmissa ryhmissä jalkaprässimaksimi nousi merkitsevästi tunti harjoituksen ja palautusmittausten sekä palautusmittausten ja loppumittausten välillä ($p < 0,05$). Loppumittauksissa proteiiniryhmän ykköstoistomaksimi oli 299 ± 37 kg ja hiilihydraattiryhmällä 311 ± 46 kg. Molempien ryhmien ykköstoistomaksimi kasvoi tilastollisesti merkitsevästi alku- ja loppumittausten välillä. Ryhmien välillä ei kuitenkaan havaittu merkitseviä eroja jalkaprässin maksimivoimassa missään vaiheessa mittauksia. Jalkaprässin tulokset on esitetty kuvassa 4.



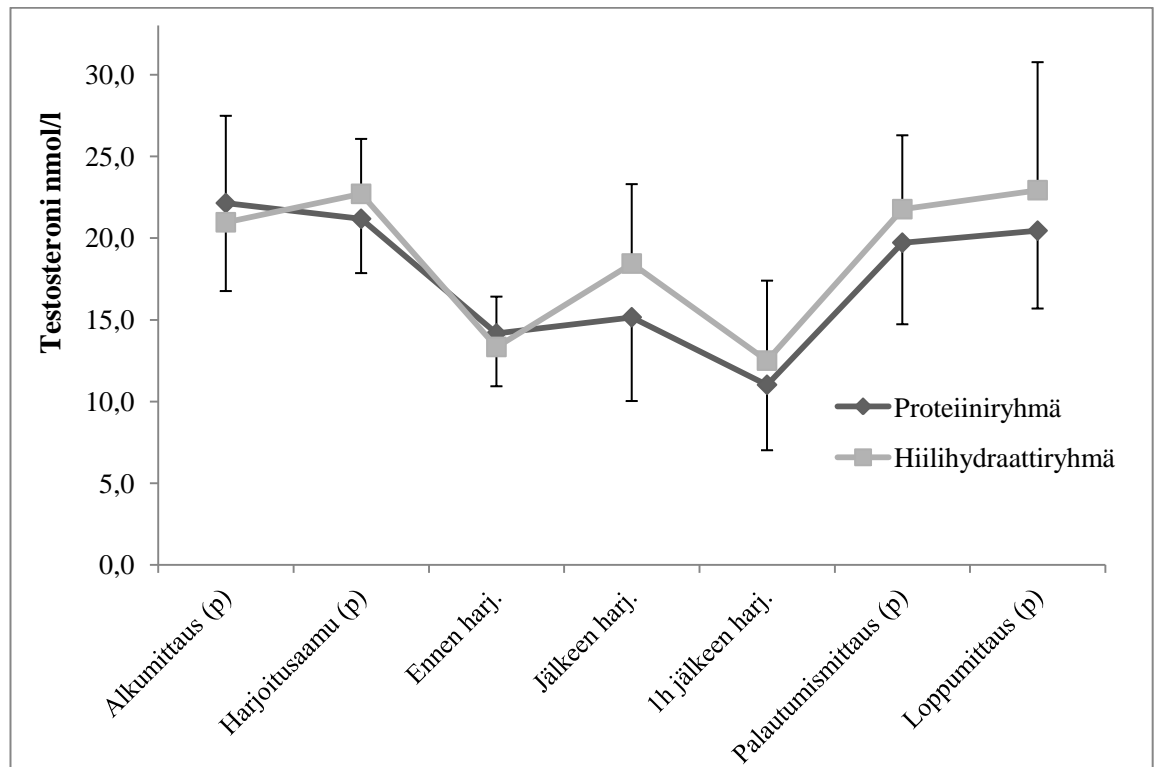
KUVA 4. Jalkaprässin maksimivoimat proteiini- ja hiilihydraattiryhmän keskiarvojen mukaan. Ei merkitseviä eroja ryhmien välillä.

Plasmatilavuuden muutokset. Hypertrofisen harjoituksen yhteydessä tarkastellut plasmatilavuuden muutokset vaihtelivat - 4:stä + 4 prosenttiin. Proteiini-ryhmän ennen ja jälkeen harjoituksen plasmatilavuudet erosivat toisistaan keskimäärin $1,52 \pm 1,95$ % sekä ennen ja tunti harjoituksen jälkeen $-0,94 \pm 1,47$ %. Hiilihydraattiryhmän vastaavat luvut olivat $1,27 \pm 1,51$ % ja $-1,77 \pm 1,91$ %. Muutokset plasmatilavuuksissa olivat niin pieniä, että ne eivät aiheuttaneet tilastollisesti merkitseviä eroja hormonipitoisuuksiin. Näin ollen tutkimuksen hormonipitoisuuksia ei ole korjattu plasmatilavuuksien mukaan.

Testosteroni. Ryhmien välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja seerumin testosteronin absoluuttisissa pitoisuuksissa missään mittausajankohdassa. Proteiini-ryhmän testosteronipitoisuus oli alkumittauksissa $22,1 \pm 5,4$ nmol/l ja loppumittauksissa $20,5 \pm 4,8$ nmol/l. Aamun paastoarvoista (alkumittaus, harjoitusaamu, palautusmittaus ja loppumittaus) kuitenkin ainoastaan alkumittauksen ja palautumismittauksen testosteronipitoisuudet erosivat merkitsevästi toisistaan. Välittömästi harjoituksen jälkeen mitattu proteiini-ryhmän testosteronipitoisuus ($15,2 \pm 5,1$ nmol/l) ei eronnut ennen hypertrofista harjoitusta mitatusta arvosta ($14,2 \pm 3,2$ nmol/l), mutta tunti harjoituksen jälkeen mitattu arvo ($11,0 \pm 4,0$ nmol/l) oli laskenut ja erosi merkitsevästi ($p = 0,001$) ennen harjoitusta

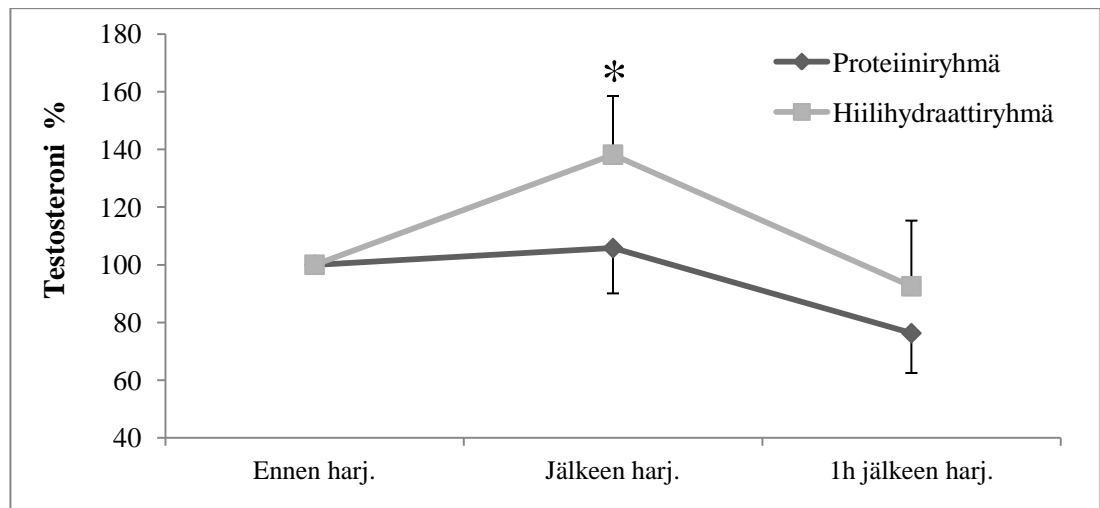
mitatusta arvosta. Lisäksi proteiiniryhmän välittömästi harjoituksen jälkeen sekä tunti harjoituksen jälkeen mitatut arvot erosivat merkitsevästi toisistaan ($p = 0,009$).

Hiilihydraattiryhmällä veren absoluuttiset testosteronipitoisuudet eivät eronneet merkitsevästi minkään paastonäytteen välillä. Alkumittausten testosteronipitoisuus oli $21,0 \pm 6,5$ nmol/l ja loppumittauksissa pitoisuus oli $22,9 \pm 7,8$ nmol/l. Hiilihydraattiryhmän testosteronipitoisuus nousi merkitsevästi ($p = 0,002$) välittömästi harjoituksen jälkeen ($18,4 \pm 4,9$ nmol/l) ennen harjoitusta ($13,3 \pm 3,1$ nmol/l) mitattuun arvoon verrattuna. Lisäksi testosteronipitoisuudessa havaittiin lasku ($p = 0,001$) harjoituksen jälkeen ja tästä tunnin kuluttua mitattujen arvojen ($12,5 \pm 4,9$ nmol/l) välillä. Absoluuttiset testosteronipitoisuudet kummassakin ryhmässä on esitetty kuvassa 5.



KUVA 5. Veren absoluuttiset testosteronipitoisuudet proteiini- ja hiilihydraattiryhmässä. Ryhmien välillä ei ollut merkitseviä eroja. P = paastonäyte.

Testosteronipitoisuuden suhteelliset muutokset ryhmien välillä hypertrofisen harjoituksen yhteydessä erosivat tilastollisesti merkitsevästi välittömästi harjoituksen jälkeen ($p = 0,003$). Suhteelliset muutokset on esitetty kuvassa 6.

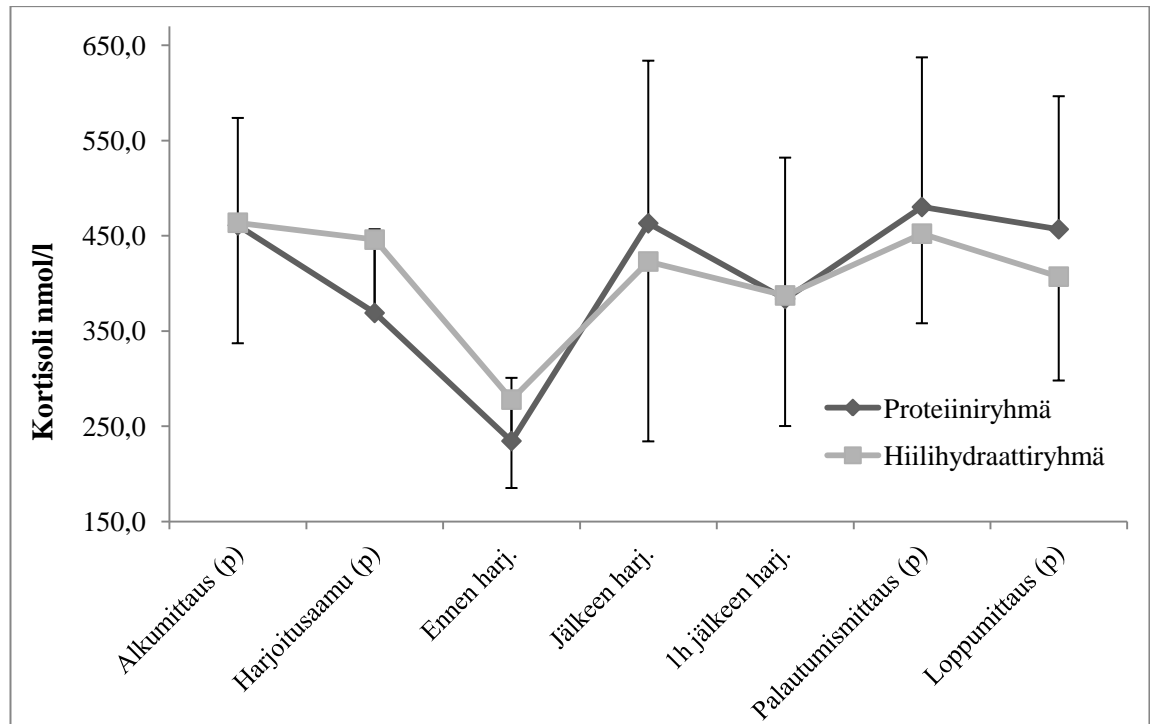


KUVA 6. Veren suhteelliset testosteronipitoisuudet hypertrofisen harjoituksen yhteydessä.

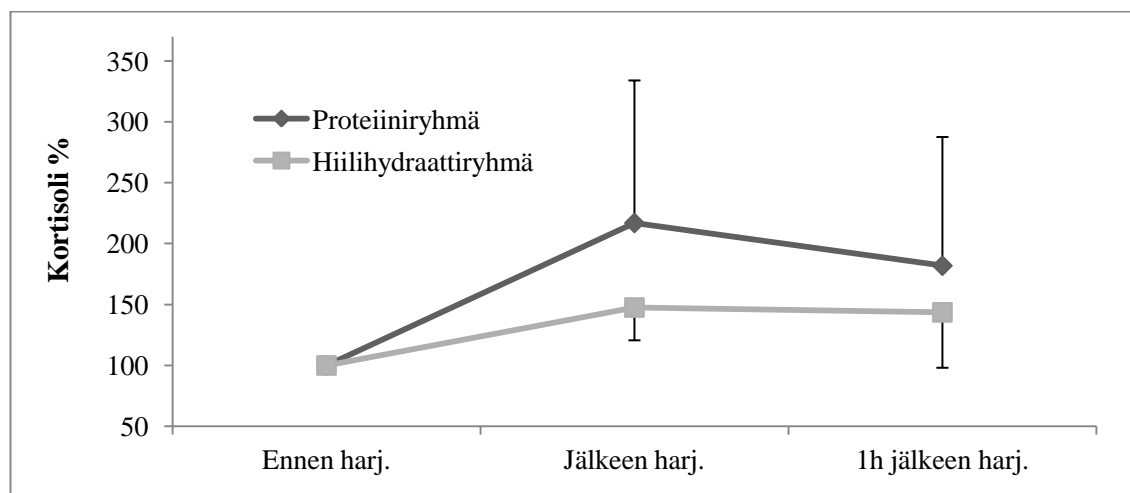
* $p = 0,003$

Kortisoli. Proteiini- ja hiilihydraattiryhmän välillä ei havaittu merkitseviä eroja veren kortisolipitoisuuksissa missään mittaustilanteessa (kuva 7). Proteiini-ryhmän veren kortisolipitoisuus oli alkumittauksissa 461 ± 113 nmol/l ja loppumittauksissa 457 ± 140 nmol/l. Tilastollista eroa näiden välillä ei ollut. Proteiini-ryhmän paastomittauksissa harjoitusaamun kortisolipitoisuuden todettiin olevan pienempi ($p = 0,033$) kuin alkumittauksissa. Ryhmän veren kortisolipitoisuus nousi harjoituksen aikana (463 ± 171 nmol/l) verrattuna ennen harjoitusta mitattuun arvoon (234 ± 66 nmol/l) ($p = 0,013$). Tunti harjoituksen jälkeen (384 ± 148 nmol/l) kortisolitasot olivat jo laskusuunnassa, mutta ero harjoituksen jälkeiseen ei ollut tilastollisesti merkitsevää.

Hiilihydraattiryhmällä mitkään paastokortisolitasot eivät eronneet merkitsevästi toisistaan. Alkumittausten kortisolipitoisuus oli 464 ± 127 nmol/l ja loppumittausten 406 ± 110 nmol/l. Hiilihydraattiryhmän kortisolitasojen todettiin nousevan harjoituksen aikana (423 ± 189 nmol/l) ennen sitä mitattuun arvoon verrattuna (278 ± 93 nmol/l) ($p = 0,005$) ja pysyvän koholla tunti harjoituksen jälkeenkin (387 ± 137 nmol/l) ($p = 0,014$), mutta harjoituksen jälkeen mitatuilla arvoilla ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa keskenään. Myöskään kortisolitasojen suhteellisilla muutoksilla harjoituksen yhteydessä ei havaittu merkitsevää eroa ryhmien välillä (kuva 8).



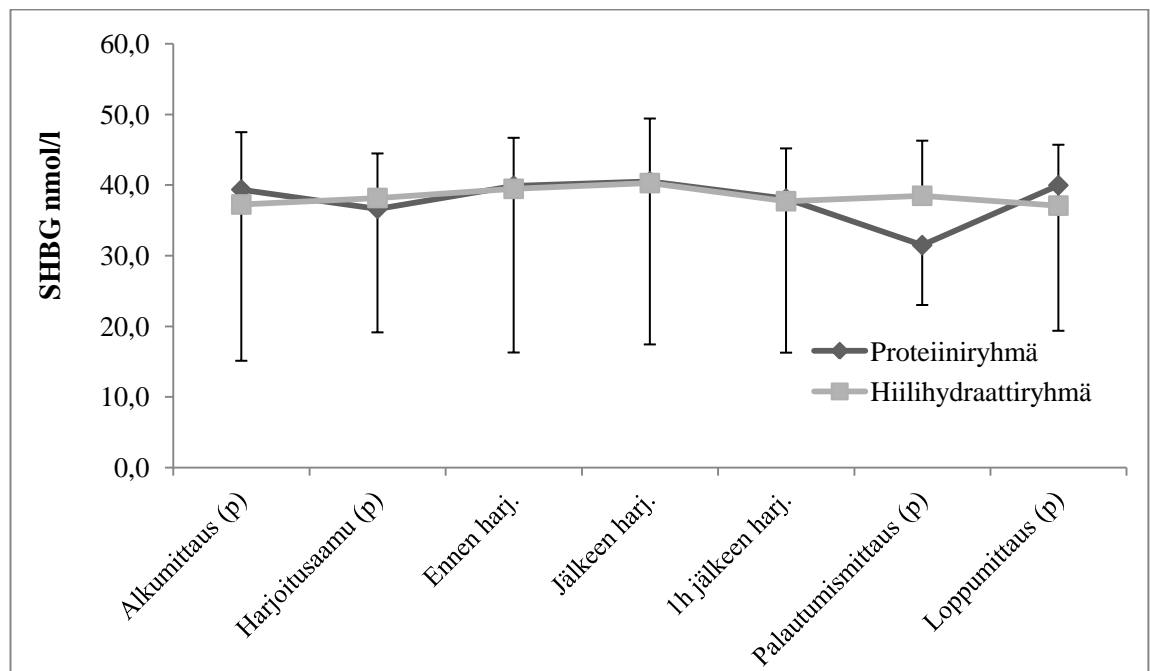
KUVA 7. Veren absoluuttiset kortisolipitoisuudet proteiini- ja hiilihydraattiryhmässä. Ryhmien välillä ei ollut merkitseviä eroja. P = paastonäyte.



KUVA 8. Veren suhteelliset kortisolipitoisuudet hypertrofisen harjoituksen yhteydessä. Ryhmien välillä ei ollut merkitseviä eroja.

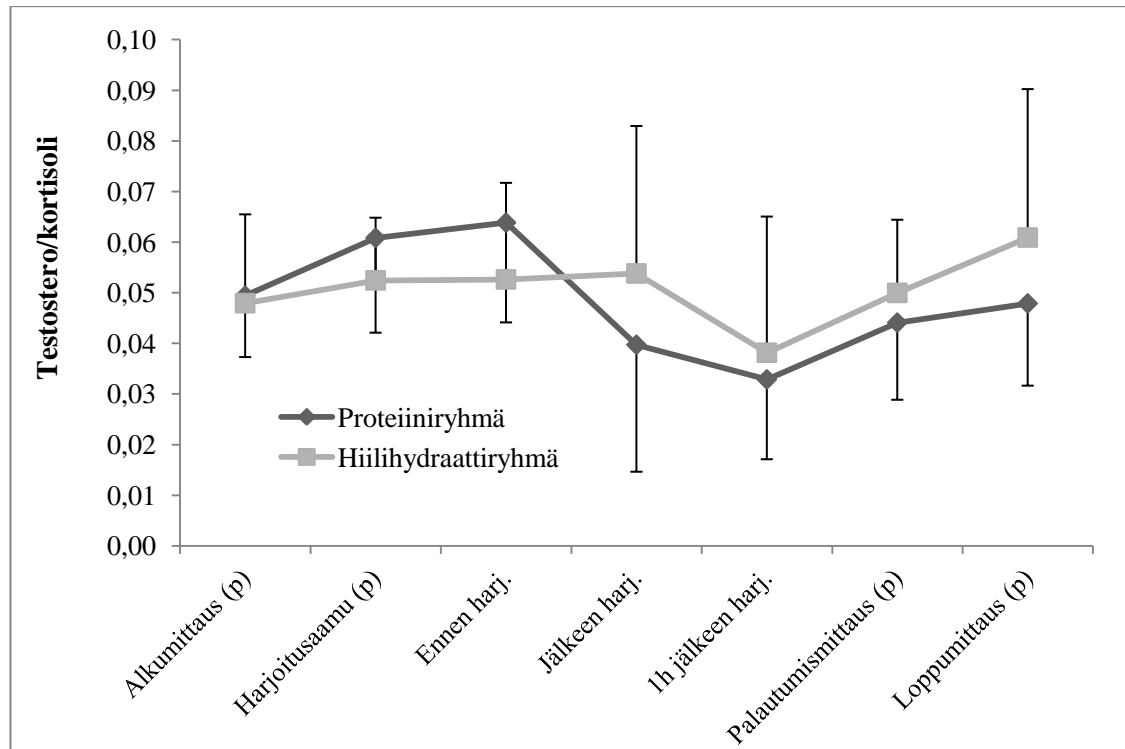
SHBG. SHBG-pitoisuuksissa (SHBG = sex hormone binding globulin) ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä minkään mittaustilanteen kohdalla. Sekä proteiini- että hiilihydraattiryhmien veren SHBG-pitoisuudet eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi toisistaan verrattaessa muutoksia ryhmän sisällä eri ajankohtien välillä. Proteiiniryhmän alkumittausten SHBG-pitoisuus oli $39,3 \pm 24,2$ nmol/l ja loppumittaus-

ten $40,0 \pm 20,6$ nmol/l. Hiilihydraattiryhmän vastaavat $37,2 \pm 10,2$ ja $37,1 \pm 8,6$ nmol/l. Hypertrofisen harjoituksen yhteydessä proteiiniryhmän pitoisuudet olivat ennen, jälkeen ja tunti harjoituksen jälkeen $39,9 \pm 7,2$; $40,5 \pm 23,1$ ja $38,1 \pm 21,8$ nmol/l ja hiilihydraattiryhmän $39,5 \pm 7,2$; $40,3 \pm 9,1$ ja $37,7 \pm 7,5$ nmol/l. SHBG-pitoisuudet on esitetty kuvassa 7.



KUVA 9. Veren absoluuttiset SHBG-pitoisuudet proteiini- ja hiilihydraattiryhmässä. Ryhmien välillä ei ollut merkitseviä eroja. P = paastonäyte.

Testosteroni-kortisoli -suhde. Ryhmien välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja testosteronin ja kortisolin välisessä suhdeluvussa missään mittauksessa (kuva 8). Proteiiniryhmän suhde oli alkumittauksissa $0,049 \pm 0,012$ ja loppumittauksissa $0,048 \pm 0,016$ ja hiilihydraattiryhmällä $0,048 \pm 0,018$ ja $0,061 \pm 0,029$. Paastomittauksien välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja kummassakaan ryhmässä. Proteiiniryhmällä testosteroni-kortisoli -suhteen havaittiin laskeneen ($p = 0,033$) hypertrofisen harjoituksen jälkeen ($0,040 \pm 0,025$) verrattuna ennen harjoitusta mitattuun arvoon ($0,064 \pm 0,020$) ja suhde pysyi merkitsevästi alhaisempana ($p = 0,003$) tunti harjoituksen jälkeenkin ($0,033 \pm 0,016$). Hiilihydraattiryhmän suhde ennen harjoitusta oli $0,053 \pm 0,019$. Tunti harjoituksen jälkeen suhdeluku ($0,038 \pm 0,027$) oli pienempi kuin välittömästi harjoituksen jälkeen ($0,054 \pm 0,029$) ($p = 0,017$).

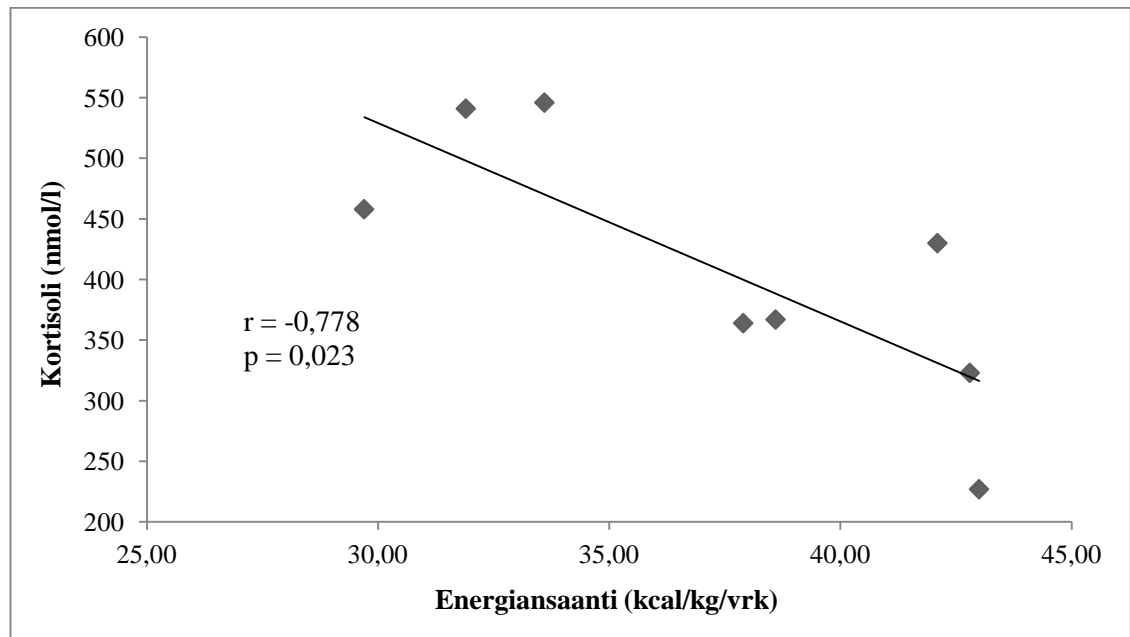


KUVA 10. Veren testosteroni-kortisoli -suhde proteiini- ja hiilihydraattiryhmän keskiarvojen mukaan. Ei merkitseviä eroja ryhmien välillä. P = paastonäyte.

Ravinnon ja hormonipitoisuuksien välinen yhteys. Työssä tarkasteltiin myös ravinnon ja hormonipitoisuuksien välistä mahdollista yhteyttä. Korrelaatioanalyyseissä tarkasteltiin ravinnon energiapitoisuuden, rasvan- ja proteiininsaannin suhdetta veren kokonais-testosteronin, vapaan testosteronin (testosteroni-SHBG-suhde) sekä kokonaiskortisoli pitoisuuksien suhteen. Energian-, proteiinin- ja rasvansaantia tarkasteltiin harjoitusjakson ajalta vuorokautta kohden ja arvot suhteutettiin koehenkilöiden painoon (kcal/kg/vrk, g/kg/vrk). Ravintoainelukemia verrattiin harjoitusjakson viimeisiin hormonipitoisuuksiin eli loppumittauksen arvoihin ja niitä tarkasteltiin yhteisesti kaikkien koehenkilöiden kohdalla sekä erikseen ryhmien ollessa erottava tekijä.

Koko koehenkilöjoukkoa tarkasteltaessa energian-, rasvan- ja proteiininsaannit eivät korreloineet tilastollisesti merkitsevästi kokonaistestosteronin, vapaan testosteronin eikä kortisolin suhteen. Korrelaatiokerroin oli suurin kortisolin ja energiansaannin välillä ($r = -0,291$, $p = 0,274$). Ainoastaan hiilihydraattiryhmän arvoja tarkasteltaessa löydettiin merkitsevä yhteys ryhmän energiansaannin sekä kortisolipitoisuuden välille ($r = -0,778$, $p = 0,023$) (kuva 11). Minkään muun välillä merkitseviä yhteyksiä ei kuitenkaan havaittu hiilihydraattiryhmässä. Myöskään proteiiniryhmän arvoissa ei havaittu merkitseviä

yhteyksiä. Suurin korrelaatiokerroin oli proteiiniryhmässä testosteronin ja ravinnon rasvapitoisuuden välillä ($r = 0,484$, $p = 0,224$).



KUVA 11. Hiilihydraattiryhmän loppumittauksen kortisolipitoisuuden ja energiansaannin välinen yhteys (r = Pearsonin korrelaatiokerroin, p = merkitsevyystaso).

8 POHDINTA

Päätulokset. Tutkimuksen päähavainto oli, että erilainen proteiinisaanti ei vaikuttanut teholajin urheilijoiden jalkojen ojentajien maksimivoimaan, testosteroni-, kortisoli- ja SHBG -pitoisuuksiin eikä testosteroni-kortisoli -suhteeseen levossa 12 vuorokauden intensiivisen harjoittelujakson aikana eikä myöskään yhden hypertrofisen voimaharjoituksen yhteydessä. Testosteronin suhteellisen pitoisuuden lisääntymisen havaittiin kuitenkin olevan proteiiniryhmällä vähäisempää hiilihydraattiryhmään verrattuna yhden hypertrofisen voimaharjoituksen aikana. Hiilihydraattiryhmän energiansaannin ja kortisolipitoisuuden välillä oli negatiivinen korrelaatio.

Testosteroni. Aiemmissä tutkimuksissa proteiinilisän pitkäaikaisen käytön on todettu nostavan hieman lepotason testosteronipitoisuuksia voimaharjoittelua harrastamattomien miesten keskuudessa kontrolliryhmiin verrattuna (Sharp & Pearson 2010) tai aikais-tavan hieman voimaharjoittelun synnyttämää lepotestosteronitason nousua (Kraemer ym. 2009). Tässä 12 vuorokauden kestoisessa lyhyessä tutkimusjaksossa ei kuitenkaan havaittu eroja proteiini- ja hiilihydraattiryhmän välillä veren kokonaistestosteronipitoisuuksissa lepotilanteissa mitatuissa paastonäytteissä. Myöskään alku- ja loppumittausten paastoarvoissa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien sisällä. Tätä voi selittää osaltaan se, että tässä tutkimuksessa käytettiin koehenkilöinä aktiivisesti harrastavia teholajien urheilijoita, jotka olivat tottuneet voimaharjoitteluun, kun taas ylläkuva-tuissa tutkimuksissa koehenkilöinä olivat voimaharjoittelua harrastamattomat henkilöt. Näin ollen tämän tutkimuksen koehenkilöt olivat jo tottuneet voimaharjoitteluun ja ke-hon pitkäaikaiset adaptaatiot hormonitoiminnassa olivat jo tapahtuneet tutkimusjakson alkaessa, eikä lyhyt harjoitusjakso ehtinyt mahdollisesti saada aikaan enää lisää muutos-ta asiaan. Toisaalta tässä tutkimuksessa oli myös varsin lyhyt aikajakso (12 vrk), jolloin koehenkilöiden ravinnonsaantia ohjattiin. Kraemer ym. (2009) tutkimuksessa prote-iinilisää nautittiin jopa 12 viikkoa ja Sharp ja Pearsonin (2010) tutkimuksessakin yh-teensä neljä viikkoa. Voi siten olla mahdollista, ettei tämän tutkimuksen lyhyt aikajakso ollut riittävän pitkä aikaansaamaan eroja aktiiviurheilijoiden lepotilan testosteronipitoisuuksiin ryhmien välille.

Akuutisti ennen voimaharjoitusta (Hulmi ym. 2005) tai välittömästi sen jälkeen (Bloomer ym. 2000) nautitun proteiinilisän on todettu laskevan harjoituksen aikaansaamaa testosteronitason nousua verrattuna plasebon nauttimiseen. Tämä voi mahdollisesti johtua testosteronin tuotannon/erityksen laskusta, tehokkaammasta aineenvaihdunnasta tai hormonin tehokkaammasta siirtymisestä lihassoluihin (Hulmi ym. 2005). Tässä tutkimuksessa muutama tunti ennen harjoitusta ja heti harjoituksen jälkeen nautituilla proteiinilisillä ei havaittu olevan vaikutusta yhden kovan hypertrofisen voimaharjoituksen aikaisiin veren absoluuttisiin testosteronipitoisuuksiin, sillä proteiini- ja hiilihydraattiryhmän välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja ennen harjoitusta, harjoituksen jälkeen tai tunti harjoituksen jälkeen mitatuissa testosteronipitoisuuksissa. Hiilihydraattijuomaa nauttineilla veren testosteronipitoisuus kuitenkin nousi merkitsevästi ($p = 0,002$) harjoituksen aikana, kun taas proteiinijuomaa nauttineilla nousu oli vain lievä eikä ollut tilastollisesti merkitsevä. Vastaava ilmiö voidaan todeta myös tarkasteltaessa testosteronipitoisuuksien suhteellisia muutoksia välittömästi ja tunti harjoituksen jälkeen verrattuna ennen harjoitusta mitattuun arvoon. Tässä välittömästi harjoituksen jälkeen havaitaan hiilihydraattiryhmän suhteellisen testosteronipitoisuuden olevan merkitsevästi korkeampi kuin proteiiniryhmän ($p = 0,003$). Tämä antaa viitteitä siitä, että proteiinilisän nauttiminen on tässä tutkimuksessa vaikuttanut urheilijoiden voimaharjoittelun aikaansaamaan testosteroninousuun sitä vähentävästi.

Kortisoli. Proteiinilisän pitkäaikaisen käytön on pitkän voimaharjoittelujakson yhteydessä havaittu laskevan veren lepokortisolipitoisuuksia mitattaessa ennen yksittäisiä harjoituksia (Kraemer ym. 2009) sekä koko harjoitusjakson aikana (Sharp & Pearson 2010). Tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan havaittu eroja ryhmien välillä veren absoluuttisissa kortisolipitoisuuksissa tutkimusjakson missään vaiheessa eikä tilastollisesti merkitseviä muutoksia kortisolipitoisuuksissa alku- ja loppumittausten välillä kummassakaan ryhmässä. Tähän saattoi testosteronipitoisuuksien tavoin vaikuttaa tutkimusjakson lyhyys ja koehenkilöiden urheilutausta sillä edellä mainitut tutkimukset oli tehty voimaharjoitteluun tottumattomille. Yhden harjoituksen yhteydessä tarkasteltuna, kortisolin on aiemmissa tutkimuksissa todettu käyttäytyvän samalla tavalla riippumatta siitä, onko nautittu proteiinia sisältävää ravintoa vai plaseboa (Bloomer ym. 2000; Hulmi ym. 2005). Aiempien tutkimusten mukaisesti tässäkin tutkimuksessa ei havaittu eroja veren absoluuttisissa kortisolipitoisuuksissa hypertrofisen voimaharjoituksen aikana ryhmien välillä, vaan harjoitus aiheutti samankaltaisen vasteen molemmissa ryhmissä.

Myöskään kortisolitasojen suhteellisissa muutoksissa ei havaittu merkitseviä eroja ryhmien välillä.

Testosteroni-kortisoli -suhde. Testosteronin ja kortisolin välisessä suhteessa ei havaittu merkitseviä eroja ryhmien välillä missään tilanteessa, mutta hiilihydraattiryhmällä harjoituksen aikaansaama suhteen lasku oli lievempää kuin proteiiniryhmällä. Vastavnlaisia tuloksia on saanut myös Bloomer tutkimusryhmineen (2000). Ryhmä havaitsi harjoituksen yhteydessä nautitun hiilihydraattipitoisen juoman nauttineiden testosteroni-kortisoli -suhteen olevan merkitsevästi korkeampi verrattuna yhdistettyä hiilihydraatti-proteiinijuomaa nauttineisiin. Hiilihydraatti siten näyttää nostavan harjoituksen jälkeistä testosteronitasoa ja laskevan kortisolitasoa. Testosteronin ja kortisolin välisen suhteen on ajateltu osoittavan elimistön anabolian ja katabolian välistä suhdetta voimaharjoittelun yhteydessä. Oletus ei kuitenkaan ole täydellinen anabolian/katabolian kuvaaja, sillä tutkimustulokset ja tulkinnat aiheesta ovat ristiriitaisia. (Kraemer & Ratamess 2005.) Suoria johtopäätöksiä testosteronin ja kortisolin välisen suhteen merkityksestä elimistön tilan kuvaajana ei voitane tehdä, ja tämän tutkimuksen mukaan ravinnolla on varsin vähän vaikutusta ainakin lyhyellä ajanjaksolla.

Työssä tarkasteltiin myös koehenkilöiden ravinnon ja hormonipitoisuuksien välisiä yhteyksiä. Koehenkilöiden energian- rasvan- ja proteiininsaannin painokiloa ja vuorokautta kohden sekä veren kokonaistestosteronin, vapaan testosteronin (kokonaistestosteroni/SHBG) ja kortisolipitoisuuden välisiä yhteyksiä tarkasteltiin korrelaatioanalyysin avulla. Aiemmassa tutkimuksessa on havaittu energian-, rasvan- ja proteiininsaannin korreloivan positiivisesti veren vapaan testosteronin kanssa ainakin iäkkäiden voimaharjoittelua harrastavien miesten keskuudessa (Sallinen 2007). Koko tutkimuksen ajan veren SHBG-pitoisuudet pysyivät lähes muuttumattomina, joten vapaan ja kokonaistestosteronin määrä pysyi suhteellisesti samana koko jakson ajan. Näin ollen olisi ollut oletettavaa havaita aiemman tutkimuksen mukainen yhteys niin vapaan testosteronin ja ravinnon kuin kokonaistestosteronin ja ravinnon välillä. Ainut tilastollisesti merkitsevä yhteys havaittiin kuitenkin ainoastaan pelkän hiilihydraattiryhmän kortisolipitoisuuden ja energiansaannin kohdalla siten, että mitä enemmän energiaa nautittiin, sitä pienempi kortisolitaso oli. Diaz tutkimusryhmineen (2010) havaitsi saman hiihtäjillä kahden vuorokauden raskaan kilpailun aikana; vähemmän energiaa nauttineilla urheilijoilla oli korkeammat plasman kortisolipitoisuudet sekä heillä todettiin enemmän soluvaurioita. Li-

an vähäinen energiansaanti kovan harjoittelun yhteydessä voi siten laskea suorituskykyä ja aiheuttaa vammoja (Diaz ym. 2010).

Tutkimuksen hypoteesina oli, että veren testosteronipitoisuus ei muutu tai laskee vähän proteiinilisää nauttineilla plaseboryhmään verrattuna ja että kortisolipitoisuuksissa ei havaita eroja ryhmien välillä akuutisti yhden kovan voimaharjoituksen yhteydessä. Tutkimuksen tulokset vastaavatkin melko hyvin aiempien tutkimusten perusteella asetettuja oletuksia, sillä testosteronin suhteellisissa arvoissa havaittiin proteiinilisan vähentävän harjoituksen aikaansaamaa testosteronitason nousua. Kortisolitasoissa ei havaittu ravinnon aiheuttamia muutoksia hypertrofisen harjoituksen aikana. Lisäksi hypoteesina oli, että veren testosteronipitoisuudet olisivat koko harjoitusjakson jälkeen korkeammat proteiinilisää nauttineilla kuin verrokkiryhmällä. Vastaavasti oletettiin, että proteiinin nauttiminen laskisi veren kortisolipitoisuuksia jakson aikana. Tällaisia tuloksia tutkimuksessa ei kuitenkaan havaittu ja syitä voi olla useita. Eräs niistä on aiemminkin mainittu tutkimusjakson lyhyys. Kaksitoista vuorokautta toteutettu ruokavalio ei mitään ilmeisimmin riittänyt aiheuttamaan hypoteesin mukaisia pitkäaikaismuutoksia veren testosteroni- ja kortisolipitoisuuksiin. Toisena suurena tekijänä voidaan mainita koehenkilöiden vähyys, sillä osallistujajoukko jäi toivottua pienemmäksi ja näin ollen tilastolliset analyysit jäivät tehottomammiksi.

Tutkimuksen metodinen arviointi. Tutkimuksessa oli selkeä ero proteiinin saannissa, sillä proteiiniryhmä sai valkuaisaineita noin kaksi kertaa enemmän painokiloa ja vuorokautta kohden hiilihydraattiryhmään verrattuna. Energiansaannissa tai muissa ravintoaineissa ei tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä havaittu, joten ainut muuttuja tutkimuksessa on todella ollut koehenkilöiden proteiinin saanti. Myöskään jalkojen ojentajien maksimivoimassa harjoitusjakson aikana ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä missään vaiheessa ja voimakuvaajat käyttäytyivät hyvin samankaltaisesti koko jakson ajan. Näyttää siis siltä, että harjoitusjakso on aiheuttanut samanlaiset hermolihasjärjestelmälliset vasteet koko tutkimusjoukolle. Virhelähteitä mittauksiin kuitenkin sisältyy. Ruokapäiväkirjojen täyttö koko 12 vuorokauden ajan ei välttämättä ole ollut yhtä huolellista koko jakson ajan ja virheitä ruokamäärien kirjaamisessa on saattanut olla joidenkin koehenkilöiden kohdalla paljonkin. Virheitä on saattanut tapahtua myös ruokapäiväkirjojen tietojen jatkokäsittelyssä. On myös vaikea sanoa onko jokainen koehenkilö saanut puristettua kaikissa harjoituksissa täyden itsestään. Kaikki

osallistujat olivat kuitenkin aktiivisesti harrastavia urheilijoita, joille tutkimusjakson aikainen harjoittelu oli jo ennestään tuttua. Hormonipitoisuuksiin on saattanut aiheuttaa virhettä jonkin verran henkilöiden nestetasapainojen muutokset. Tätä pyrittiin minimoimaan erityisesti hypertrofisen harjoituksen yhteydessä määräämällä nautitut nestemäärät. Lisäksi hypertrofisen harjoituksen aikaisia plasmatilavuuden muutoksia tarkasteltiin Dillin ja Costillin (1974) menetelmän mukaisesti. Plasmatilavuusmuutokset olivat niin pieniä, etteivät ne aiheuttanee eroja tuloksiin. Myös normaaliravinnon vaikutukset hypertrofisen päivän hormonipitoisuuksiin pyrittiin minimoimaan ohjeistamalla henkilöt nauttimaan samat ravintoainemäärät tiettyyn aikaan ennen harjoitusta. Lisätutkimukset aiheesta suuremmalla koehenkilöjoukolla ja hieman pidemmällä tutkimusjaksolla olisivat mielenkiintoisia ja antaisivat tarkempaa lisätietoa aiheesta.

Johtopäätökset. Tutkimuksen perusteella näyttää siltä, että proteiinin saannin kasvattaminen kaksinkertaiseksi lyhyen 12 vuorokauden jakson ajaksi intensiivisen voima- ja nopeusharjoittelun yhteydessä ei riitä aikaansaamaan muutoksia maksimivoimassa, veren lepotalan testosteroni- ja kortisolipitoisuuksissa eikä yhden intensiivisen hypertrofisen voimaharjoituksen vasteissa. Proteiinin saannin lisäämisellä saattaa kuitenkin olla vaikutusta lyhytaikaisestikin käytettynä erityisesti veren testosteronivasteen nousun vähentämiseen hypertrofisen voimaharjoituksen yhteydessä.

9 LÄHTEET

- Betts, J., Beelen, M., Stokes, K., Saris, W. & van Loon, L. 2011. Endocrine responses during overnight recovery from exercise: Impact of nutrition and relationships with muscle protein synthesis. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 21, 398–409.
- Borg, P., Fogelholm, M. & Hiilloskorpi, H. 2007. Liikkujan ravitseminen – teoriasta käytäntöön. 2. Painos. Edita, Helsinki.
- Bloomer, R., Sforzo, G. & Keller, B. 2000. Effects of meal form and composition on plasma testosterone, cortisol and insulin following resistance exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 10, 415–424.
- Consitt, L., Copeland, J., & Tremblay, M. 2002. Endogenous anabolic hormone responses to endurance versus resistance exercise and training in women. *Sports Medicine* 32, 1–22.
- Crewther, B., Cook, C., Cardinale, M., Weatherby, R. & Lowe, T. 2011. Two Emerging Concepts for Elite Athletes - The Short-Term Effects of Testosterone and Cortisol on the Neuromuscular System and the Dose-Response Training Role of these Endogenous Hormones. *Sports Medicine* 41, 103–123.
- Diaz, E., Ruiz, F., Hoyos, I., Zubero, J., Gravina, L., Gil, J., Irazusta, J. & Gil, S. 2010. Cell damage, antioxidant status, and cortisol levels related to nutrition in ski mountaineering during a two-day race. *Journal of Sports Science and Medicine* 9, 338-346.
- Dill, D. & Costill, D. 1974. Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma, and red cells in dehydration. *Journal of Applied Physiology* 37, 247–248.
- Fry, A., Kraemer, J. & Ramsey, L. 1998. Pituitary-adrenal-gonadal responses to high-intensity resistance exercise overtraining. *Journal of Applied Physiology* 85, 2352–2359.
- Guyton, A. & Hall, J. 2000. *Textbook of medical physiology*. 10. painos. (kuva painoksesta 11.) W. B. Saunders Company USA, 875–879.
- Hackney, A. 1996. Testosterone, the hypothalamo-pituitary-testicular axis, and endurance exercise training: a review. *Biology of Sport* 13, 85–98.

- Halson, S. & Jeukendrup, A. 2004. Does overtraining exist? - An analysis of overreaching and overtraining research. *Sports Medicine* 34, 967–98.
- Hargreaves, M. & Snow, R. 2001. Amino acids and endurance exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 11, 134–145.
- Hayes, L., Bickerstaff, G. & Baker, J. 2010. Interactions of cortisol, testosterone, and resistance training: influence of circadian rhythms. *Chronobiology International* , 27, 675–705.
- Heikkinen, A., Alaranta, A., Helenius, I., Vasankari, T. 2011. Dietary supplementation habits and perceptions of supplement use among elite Finnish athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 21(4), 271–279.
- Hulmi, J., Volek, J., Selänne, H. & Mero, A. 2005. Protein ingestion prior to strength exercise affects blood hormones and metabolism. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 37, 1990–1997.
- Häkkinen, K., Keskinen, K., Alén, M., Komi, P. & Kauhanen, H. 1989. Serum hormone concentrations during prolonged training in elite endurance-trained and strength-trained athletes. *European Journal of Applied Physiology* 59, 233–238.
- Judelson, D., Maresh, C., Yamamoto, L., Farrell, M., Armstrong, M., Kraemer, W., Volek, J., Spiering, B., Casa, D. & Anderson, J. 2008. Effect of hydration state on resistance exercise-induced endocrine marker of anabolism, catabolism, and metabolism. *Journal of Applied Physiology* 105, 816–824.
- Kraemer, W., Hatfield, D., Volek, J., Fragala, M., Vingren, J., Anderson, J., Spiering, B., Thomas, G., Ho, J., Quann, E., Izquierdo, M., Häkkinen, K. & Maresh, C. 2009. Effects of amino acids supplement on physiological adaptations to resistance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 41, 1111–1121.
- Kraemer, W. & Ratamess, N. 2005. Hormonal Responses and Adaptations to Resistance Exercise and Training. *Sports Medicine* 35, 339–361.
- Kraemer, W. & Rogol, A. (toim.) 2005. The endocrine system in sport and exercise. Blackwell Publishing Ltd. USA, 8–23.
- McArdle, W., Katch, F. & Katch, V. 2007. Exercise physiology – Energy, nutrition and human performance. Lippincott Williams & Wilkins USA, 419–424.
- Millard-Stafford, M., Childers, L., Conger, S., Kampfer, A., & Rahnert, J. 2008. Recovery nutrition: Timing and composition after endurance exercise. *Current Sports Medicine Reports* 4, 193–201.

- Miller, S., Maresh, C., Armstrong, L., Ebbeling, C., Lennon, S. & Rodrigues, N. 2002. Metabolic response to provision of mixed protein-carbohydrate supplementation during endurance exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 12, 384–397.
- Maso, F., Lac, G., Filaire, E., Michaux, O. & Robert, A. 2004. Salivary testosterone and cortisol in rugby players: correlation with psychological overtraining items. *British Journal of Sports Medicine* 38, 260-263.
- Nienstedt, W., Hänninen, O., Arstila, A., & Björkqvist, S-E. 2008. Ihmisen fysiologia ja anatomia. Werner Söderström Osakeyhtiö Helsinki, 418.
- Phillips, S. M., Moore D. R., Tang J. 2007. A critical examination of dietary protein requirements, benefits, and excesses in athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 17, 58–76.
- Putman, P., Antypa, N., Crysovergi, P. & van der Does, W. 2010. Exogenous cortisol acutely influences motivated decision making in healthy young men. *Psychopharmacology* 208, 257–263.
- Rossi, S., Buford, T., McMillan, J., Kovacs, M. & Marshall, E. 2010. Nutritional strategies and immune function. *Strength and Conditioning Journal* 32(6), 65–70.
- Sallinen, J. 2007. Dietary intake and strength training adaptation in 50-70 year old men and women. *Jyväskylän yliopisto*, 67.
- Schumm, S., Triplett, N., McBride, J. & Dumke, C. 2008. Hormonal response to carbohydrate supplementation at rest and after resistance exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 18, 260–280.
- Sharp, C. & Pearson, D. 2010. Amino acid supplements and recovery from high-intensity resistance training. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 24, 1125–1130.
- Silverman, H. & Mazzeo, R. 1996. Hormonal responses to maximal and submaximal exercise in trained and untrained men of various ages. *Journal of Gerontology* 51, 30–37.
- Slater, G. & Phillips, S. M. 2011. Nutrition guidelines for strength sports: Sprinting, weightlifting, throwing events, and bodybuilding, *Journal of Sports Sciences* 29, 67-77.
- Tsai, L., Johansson, C., Pousette, Å., Tegelman, R., Carlström, K. Hemmingsson P. 1991. Cortisol and androgen concentrations in female and male elite endurance

athletes in relation to physical activity. *European Journal of Applied Physiology* 63, 308–311.

Urhausen, A. & Kindermann, W. 2002. Diagnosis of overtraining - What tools do we have? *Sports Medicine* 32, 95–102.

Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2005. Suomalaiset ravitsemussuositukset – Ravinto ja liikunta tasapainoon. Edita Prima Oy Helsinki, 20.

Vingren, J., Kraemer, W., Ratamess, N., Anderson, J., Volek, J. & Maresh, C. 2010. Testosterone physiology in resistance exercise and training. *Sports Medicine* 40, 1037–1053.

10 LIITTEET

LIITE 1

RUOKA – JA LIIKUNTAPÄIVÄKIRJA

Nimi: _____

Ruokapäiväkirjan avulla selvitetään, miten syöt ja juot tutkimusjakson aikana. Kirjanpidosta huolimatta, yritä pitää ruokavaliosi ja ruoka-aikasi mahdollisimman tavanomaisena. On tärkeää, että merkitset ruokapäiväkirjaan kaiken, mitä syöt ja juot kolmen vuorokauden aikana (joista yksi lauantai tai sunnuntai), jotta saisimme normaaleista ruokailutavoistasi ja ruokavaliostasi luotettavan kuvan. Merkitse lisäksi päivittäiset liikuntasuorituksesi samaan kaavioon. Huomioithan, että **tutkimusjakson aikana (alkaa ensimmäisestä vuorokaudesta ravintopäiväkirjassa) koehenkilöt eivät saa käyttää muita ravintolisiä kuin vitamiini – ja kivennäisainevalmisteet.**

Tavallisesti käyttämiesi ruoka-aineiden nimi ja rasvapitoisuus:

Leipärasva:	Merkki _____	Rasva% _____
Ruoanvalmistusrasva:	Merkki _____	Rasva% _____
Leivontarasva:	Merkki _____	Rasva% _____
Juusto(t):	Merkki _____	Rasva% _____
	Merkki _____	Rasva% _____
Leikkele(et):	Merkki _____	Rasva% _____
	Merkki _____	Rasva% _____
Maito/piimä:	Merkki _____	Rasva% _____
	Merkki _____	Rasva% _____
Jogurtti/viili:	Merkki _____	Rasva% _____
	Merkki _____	Rasva% _____
Suola:	Merkki _____	

Ruokapäiväkirjan täyttöohjeet

Merkitse lomakkeelle kaikki, mitä syöt ja juot sekä liikuntasuorituksesi **kolmen vuorokauden aikana**. Lisäksi mittaa ja merkitse painosi (paastotilanteessa) jokaiselta aamulta. Ohessa on malliksi yksi täytetty ruokapäiväkirjan sivu.

Pidäthän ruokapäiväkirjaa aina mukanasasi, näin voit täyttää sitä heti kunkin ruokailun jälkeen. Kirjoita ylös myös kellonaika, jolloin söit sekä ruokailupaikka. Merkitse jokaiselle sivulle päivämäärä ja nimesi. Aloita jokainen päivä uudelta sivulta. Yhteen päivään voi käyttää useampia sivuja, ja mikäli sivut loppuvat kesken, voi ruokapäiväkirjan täyttöä jatkaa erilliselle paperille.

Merkitse ruokapäiväkirjaan jokainen nauttimasi ruoka ja juoma omalle rivilleen. Ilmoita ruokien ja juomien laatu mahdollisimman tarkkaan, esim. rasvaton maito, kevytmaito, pannukahvi, tonnikala (säilötty öljyssä), omena (kotimainen, kuorineen) jne. Kerro myös ruoan valmistustapa mikäli mahdollista, esim. muikut (paistettu voissa), kesäkeitto (kevytmaitoon), peruna (keitetty). Kirjoita itse valmistamastasi ruoasta käyttämäsi resepti lomakkeen kääntöpuolelle. Näin saamme mahdollisimman tarkan kuvan kyseisen ruoan koostumuksesta.

Ilmoita elintarvikkeista tuotteen kauppanimi, esim. Ruispala-leipä, Arki jogurtti. Merkitse myös tuotteen valmistaja, esim. Vaasan, Valio jne. Ilmoita lisäksi kunkin ruoan kohdalla sen rasvapitoisuus tai se, onko se makeutettu sokerilla vai makeutusaineella, esim. luonnonjogurtti (rasvaton), Keiju 70 %, mustikkakeitto (makeutettu sokerilla).

Ilmoita nauttimasi ruoan/juoman määrä mahdollisimman tarkasti. Pyri ilmoittamaan ruokamäärät grammoina aina, kun se on mahdollista (joko punnitsemalla, tai jos muuten tiedät ruoan painon tarkkaan esim. tuotteen pakkausmerkintöjen perusteella). Käyttömäärät voi ilmoittaa myös talousmittoina eli desilitroina, tee- tai ruokalusikallisina, kahvikuppeina, lasillisina, lautasellisina jne. Perunat ja hedelmät voit ilmoittaa myös kappaleittain (ellet voi punnita tarkkaa painoa), mutta kuvaile tuotteen kokoa (iso, keskikokoinen, pieni). Juustot, leikkeleet, leivät ja vihannekset voit ilmoittaa tarvittaessa siivuina, esim. kurkku; 6 viipaletta. Ilmoita leikkeleistä myös niiden paksuus (ohut, normaali, paksu). Vinkki: Voit aluksi mitata esim. kotona käyttämäsi lasin/kahvikupin/mukin tilavuuden, jolloin pystyt ilmoittamaan kotona nauttimiesi juomien määrät suoraan desilitroina.

Malli lomakkeen täyttöstä. **Huom.** Pyri ilmoittamaan syömäsi ruokamäärä grammoina aina, kun se on mahdollista.

Aika klo	Paikka	Ruoat ja juomat (valmistustapa, ruoanvalmistuksessa käytetty rasva ja neste), Läikkuasuoritukset (harjoitustyypit, kesto)	Määrä (g, dl, kpl jne.)
08.05	koti	Vaasan ruispalat	1 viipale (27,5 g)
		Arla kermajuusto 17 %	2 sivua
		Keiju 40 % margariini	2 tl
		tomaatti	4 sivua
		suodatinkahvi	1,5 dl
		kevytmaito	2 rkl
11.30	koti	lihapullat, nautajauheliha (17 % rasvaa), paistettu voissa	135 g
		peruna, kuorineen keitetty, keitinvedessä suolaa	75 g
		Valio rasvaton maito	1,7 dl
		grahamsämpylä, tehty kevytmaitoon	2 kpl (keskikokoinen)
		Valio Aamupala Raikas 12 %	2 viipaleta, 8 g
		Valio Oivariini 75 % (normaalisuolainen)	2 tl
		Saarioinen italiansalaatti (normaalirasvainen)	1 rkl
		salaatti (tomaatti-kurkku-lehtisalaatti)	75 g
14.30	hipposhaali	voimaharjoitus 60 min	
18.00	koti	Pirkka muromysli	1,5 dl
		Valio mustikkakeitto	2 dl
		suodatinkahvi	1 kkp
		Ingman kahvikerma 19 %	1 rkl
		sokeri	2 palaa
		Jyväshyvä kaurakeksi	2 kpl
		Rainbow omenatäysmehu	3,5 dl
		Devisol 10 mikrog	1 tabletti
21.30	koti	omena (kotimainen, kuorineen)	1 kpl, 160 g
		Valio rasvaton maito	1,7 dl
		Vaasan ruispalat	1 viipale (27,5 g)

LIITE 2

HYPERTROFINEN VOIMAHARJOITUSPÄIVÄ

klo 7-9 Paastoverinäyte, jonka jälkeen aamupala (vaihtoehto 1 tai 2):

Aamupalavaihtoehto 1

neljän viljan puuro 70 g eli reilu 2 dl (kuivapaino)
rypsiöljyä ruokalusikka (13 g)
kevytmaito 4 dl
banaani keskikokoinen (noin 120 g)

Aamupalavaihtoehto 2

Vaasan ruispalat 4 viipaletta
margariini (60 %) neljä annosta (noin 24 g)
juusto edam tms. (17 %) 4 viipaletta (noin 32 g)
appelsiinimehu (tai muu tuoremehu) 4 dl

klo 10 Ravintolisäjuoma sekoitettuna 3dl veteen

klo 12 Lounas (vaihtoehto 1 tai 2)

Lounasvaihtoehto 1

tumma riisi 100 g eli noin 1,2 dl (kuivapaino)
broilerin fileesuikale 150 g (+ kastike)
rypsiöljyä ruokalusikka (13 g) paistamiseen
appelsiinimehu (tai muu tuoremehu) 4 dl

Lounasvaihtoehto 2

peruna, keskikokoisia 7 kpl, noin 420 g
paistijauheliha (10 % rasvaa) 200 g (+ kastike, huom. paista ilman lisättyä rasvaa)
appelsiinimehu (tai muu tuoremehu) 5 dl

klo 13.30 Ravintolisäjuoma sekoitettuna 3dl veteen (puoli tuntia ennen harjoitusta)

klo 14-16 Hypertrofinen voimaharjoitus (sis. mittaukset PRE ja POST)

1. Verinäyte PRE (laskimo ja sormenpää)
2. Lämmittely 20min
3. Mittaukset PRE (kevennyshyppy, kevennyshyppy lisäpainoilla (20,40 ja 60kg) ja jalkaprässi 1RM)
4. Hypertrofinen voimaharjoitus
 - rinnalleveto 3x10RM, palautus 2min
 - jalkaprässi 4x10RM, palautus 2min
 - polven koukistus 2x10RM, palautus 2min
5. Verinäyte POST (laskimo ja sormenpää) 2min harjoituksen jälkeen
6. Mittaukset POST (kevennyshyppy, kevennyshyppy lisäpainoilla (20, 40 ja 60kg) ja jalkaprässi 1RM)

- klo 16 Ravintolisäjuoma sekoitettuna 3dl veteen (heti POST- mittausten jälkeen)**
- klo 17 Verinäyte ja mittaukset POST 1h (kevennyshyppy, kevennyshyppy lisäpainoilla (20,40 ja 60kg) ja jalkaprässi 1RM)**
- klo 18 Päivällinen**
- klo 20 Iltapala ja ravintolisäjuoma sekoitettuna 3dl veteen**