

**PROTEIINILISÄN VAIKUTUS TEHOLAJIEN URHEILIJOIDEN
SUORITUSKYKYYN JA PALAUTUMISEEN 12 VUOROKAUDEN
INTENSIIVISELLÄ HARJOITTELUJAKSOLLA**

Jaakko Tornberg

Valmennus- ja testausoppi

Pro-gradu tutkielma

Syksy 2012

Liikuntabiologian laitos

Työn ohjaajat:

Antti Mero

Keijo Häkkinen

Juha Hulmi

TIIVISTELMÄ

Jaakko Tornberg, 2012. Proteiinilisän vaikutus teholajien urheilijoiden suorituskykyyn ja palautumiseen 12 vuorokauden intensiivisellä harjoittelujaksolla. Valmennus- ja testausopin pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto, liikuntabiologian laitos. 99s.

Urheilijoiden optimaalisen proteiinin saannin määrästä, proteiinien laadusta ja nauttimisen ajoituksesta harjoittelussa on tieteellisessä kirjallisuudessa erilaisia näkemyksiä. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia neljä kertaa vuorokaudessa nautittavan proteiinin ravintolisän (kaksinkertaistaa proteiinin saannin vuorokausimäärän) vaikutusta teholajien urheilijoiden suorituskykyyn ja palautumiseen intensiivisellä 12 vuorokauden harjoittelujaksolla.

Koehenkilöinä oli teholajien urheilijoita, jotka jaettiin satunnaisesti proteiini - (n=8) ja plaseboryhmään (n=8). He nauttivat neljä kertaa vuorokaudessa ravintolisäjuoman, joka sisälsi proteiiniryhmällä pääosin maitoheraproteiinia (annoksessa 28g proteiinia ja 5g hiilihydraattia) ja plaseboryhmällä vain hiilihydraattia (annoksessa 29g hiilihydraattia ja 0g proteiinia). Koehenkilöt suorittivat alkumittausten jälkeen 12 vuorokauden harjoittelujakson sisältäen kolme maksimaalista harjoitusta (nopeus-, maksimivoima- ja hypertrofisvoimaharjoitus) joiden välissä oli aina yksi lepopäivä. Nopeusharjoitus (NH) sisälsi 3 x 4 x 40m:n juoksuja 90 – 98 %:n (maksimista) nopeudella. Hermostollinen maksimivoimaharjoitus (MH) sisälsi kolme sarjaa rinnallevettoa (3RM, RM = toistomaksimi), neljä sarjaa jalkaprässillä (3RM) ja kaksi sarjaa polven koukistuksia (8RM). Hypertrofinen voimaharjoitus (HH) sisälsi samat harjoitteet ja saman verran sarjoja kuin MH:ssa, mutta sarjojen toistot olivat 10RM ja palautumisaika aika 2 min (MH:ssa 3 min). Harjoittelujakson jälkeen palautumista seurattiin yhteensä neljän vuorokauden ajan. Jalkaprässin ykköstoistomaksimi, kevennyshyppy ja kevennyshyppy lisäpainoilla (20kg, 40kg ja 60kg) mitattiin ennen harjoittelujakson alkua, ennen hypertrofista voimaharjoitusta, heti ja tunti hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen sekä 24 ja 96 tuntia hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen. Nopeustesti suoritettiin vain alku- ja loppumittauksissa. Verinäytteet otettiin kyynperlaskimosta aamulla paastotilanteessa neljä kertaa (ennen harjoittelujakson alkua, hypertrofisena voimaharjoituspäivänä, vuorokausi ja neljä vuorokautta hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen) ja lisäksi hypertrofisen voimaharjoituksen yhteydessä laskimoverinäyte ja sormenpääverinäyte (laktaattipitoisuus) kolme kertaa (ennen harjoitusta sekä heti ja tunti harjoituksen jälkeen). Laskimoverinäytteistä analysoitiin kreatiinikinaasi, hemoglobiini, hematokriitti, testosteroni-, kortisoli-, ja SHBG - pitoisuudet ja aminohapoista seerumin haaraketjuiset aminohapot (leusiini, valiini ja isoleusiini) sekä glutamiini, alaniini, tyrosiini, histidiini ja fenyylialanyyni PNMR (proton nuclear magnetic resonance) spektroskopia -menetelmällä. Lisäksi koehenkilöt arvioivat palautumistaan ja lihasarkuutta VAS -janan (Visual Analog Scale eli visuaalinen analoginen asteikko 100 mm) avulla päivittäin koko tutkimusjakson ajan.

Proteiiniryhmän proteiinin saanti oli harjoittelujaksolla $3,3 \pm 0,4$ g / kg /vrk ja plaseboryhmän $1,6 \pm 0,3$ g / kg /vrk. Kevennyshyppytulokset laski välittömästi hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen tilastollisesti merkitsevästi ($p = 0,013$) enemmän plaseboryhmällä (lasku $17,9 \pm 4,8$ %) kuin proteiiniryhmällä (lasku $12,9 \pm 5,4$ %). Muissa palautumisen ajankohdissa kevennyshyppytuloksissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä. Jalkaprässin ykköstoistomaksimissa, kevennyshyppyissä lisäpainoilla ja nopeustestissä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä. Tunti hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen mitattu laktaattipitoisuus oli plaseboryhmällä merkitsevästi korkeampi kuin proteiiniryhmällä ($p = 0,032$). Proteiiniryhmällä plasman haaraketjuisten aminohappojen sekä fenyylialanyynin, alaniinin ja tyrosiinin pitoisuudet olivat tilastollisesti merkitsevästi korkeammat ennen, heti ja tunti jälkeen voimaharjoituksen kuin plaseboryhmällä. Lisäksi haaraketjuisten aminohappojen pitoisuudella oli melko vahva korrelaatio ($r=0,575$, $p=0,020$) kevennyshyppytulokseen heti voimaharjoituksen jälkeisessä palautumisvaiheessa, kun korrelaatioanalyysiin otettiin mukaan molemmat ryhmät (n=16). Palautumis- ja lihasarkuustuntemuksissa sekä lihasvauriomuuttujassa (kreatiinikinaasipitoisuus) ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä missään mittausajankohdassa, mutta palautumistuntemuksissa harjoitusjakson jälkeen proteiiniryhmä oli täysin palautunut vuorokautta plaseboryhmää nopeammin.

Tutkimuksen tulokset osoittavat, että proteiinilisä vähentää kovan voimaharjoituksen aiheuttamaa räjähtävän voimantuottokyvyn laskua teholajien urheilijoilla ja myös nopeuttaa palautumistuntemusta intensiivisellä harjoitusjaksolla. Tämän vuoksi proteiinilisän käyttöä voidaan suositella teholajien urheilijoille etenkin kovalla voimaharjoittelujaksolla.

Avainsanat: proteiinimetabolia, aminohappo, palautuminen, voimaharjoittelu

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ	2
1 JOHDANTO	5
2 AMINOHAPOT JA PROTEIINIT ELIMISTÖSSÄ	8
2.1. Yleistä aminohapoista ja proteiineista	8
2.1.1. Aminohappojen kemiallinen rakenne	8
2.1.2. Proteiinien rakenne	9
2.1.3. Aminohappojen ja proteiinien määrä elimistössä	9
2.2. Aminohappojen ja proteiinien tehtävät	11
2.3. Proteiinitarve	11
3 TEHOLAJIN HARJOITTELU, PALAUTUMINEN JA PROTEIINIMETABOLIA..	14
3.1. Pikajuoksusuoritus	14
3.2. Proteiinimetabolia ja kuormituksesta palautuminen	17
3.2.1. Kuormituksen akuutit vasteet ja adaptaatiot proteiinimetaboliaan	18
3.2.2. Palautuminen eri kuormituksista	20
3.3. Ravinnon ja kuormituksen yhteisvaikutukset proteiinimetaboliaan ja palautumiseen	23
3.3.1. Proteiiniravintolisien vaikutukset proteiinimetaboliaan	23
3.3.2. Proteiiniravintolisien vaikutukset palautumiseen	27
3.3.3. Hiilihydraattien vaikutukset	30
4 HERAPROTEIINIVALMISTEET	32
4.1. Heraproteiinien vaikutus proteiinimetaboliaan	32
4.2. Heraproteiinin muut vaikutukset	34
5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT	35
6 MENETELMÄT	37
6.1. Koehenkilöt	37
6.2. Koeasetelma	37

6.3. Aineiston keräys.....	40
6.4. Aineiston analysointi.....	43
6.5. Tilastollinen analysointi.....	44
7 TULOKSET	45
7.1. Ravinto	45
7.2. Kuormitus.....	45
7.3. Hermolihasjärjestelmän suorituskyky.....	47
7.3. Laktaattipitoisuus, hormonit ja kreatiinikinaasi.....	51
7.5. Aminohappopitoisuudet	54
7.5. Palautumistuntemukset ja lihasarkuus	59
8 POHDINTA	62
8.1. Ravinto	62
8.2. Hermolihasjärjestelmän suorituskyky.....	63
8.3. Verimuuttujat	67
8.4. Tuntemukset.....	73
8.5. Yhteenveto ja johtopäätökset	76
9 KIITOKSET.....	75
10 LÄHTEET.....	76
Liitteet	86

1 JOHDANTO

Harjoitusten välinen palautuminen on tärkeä osa urheilijoiden harjoittelua. Harjoituksen sisällön lisäksi etenkin harjoituksen yhteydessä nautittava ravinto vaikuttaa harjoituksen vasteisiin ja harjoituksesta palautumiseen. (esim. Burke 2004). Proteiiniravintolisien käyttö urheilijoiden keskuudessa on varsin yleistä, sillä esimerkiksi Suomen maajoukkueurheilijoista vuonna 2009 noin 40 % ilmoitti käyttävänsä proteiiniravintolisää. Yleisin syy ravintolisien käyttöön urheilijoiden keskuudessa on juuri tavoite nopeampaan palautumiseen harjoitusten jälkeen. (Heikkinen ym. 2011)

Yleisten ravintosuositusten mukaan ihmisen proteiinintarve on 0,8 g / kg / vrk:ssa (Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2005). Urheilijoiden proteiinintarve on kuitenkin monimutkaisempi asia, sillä proteiinintarve etenkin urheilijoiden kohdalla, ei ole sama asia kuin proteiinien optimaalinen saanti (Tipton & Wolfe 2004) Tämän vuoksi suuremmalla kuin saantisuositusten mukaisella proteiinien saannilla on suotuisia vaikutuksia mm. lihasten hypertrofiaan ja palautumiseen eri harjoituksista (esim. Phillips ym. 2007, Tarnopolsky ym 1992). Määrän lisäksi proteiinin laadulla ja proteiinin nauttimisen ajoituksella on merkitystä proteiinimetabolian kannalta (esim. Burd ym. 2009). Proteiinien nauttiminen ennen ja jälkeen harjoituksen on useissa tutkimuksessa osoitettu olevan tehokkain tapa proteiinisynteesin lisäämisen ja proteiinin hajotuksen vähentämisen optimoimiseksi (Hulmi 2010). Eri proteiineista erityisesti maidon heraproteiinit ovat laadultaan hyviä proteiineja, sillä ne sisältävät runsaasti haaraketjuisia aminohappoja, jotka ovat suuressa roolissa lihaksen proteiinimetaboliassa. (Ha & Zemel 2003).

Aikaisemmin on tutkittu proteiiniaineenvaihduntaa paljon yksittäisen voima-, nopeus- ja kestävyysharjoituksen yhteydessä (mm. Miller ym. 2003, Bird ym. 2006, Hartmann 2007, Coffey ym. 2010, Williams ym. 2003) tai pitkillä harjoittelujaksoilla (mm. Cribb ym. 2007, Hartmann ym. 2007, Hulmi ym. 2009, Ferguson- Stegall ym. 2011). Tämän työn tarkoituksena oli tutkia proteiiniravintolisän vaikutusta teholajien urheilijoiden palautumiseen ja suorituskykyyn lyhyellä 12 vuorokauden intensiivisellä mikroharjoittelujaksolla. Tavoitteena oli erityisesti selvittää onko urheilijoiden proteiininsaantisuosituksia ylittävästä proteiininsaannista (3 g / kg / vrk, puolet normaaliravinnosta) hyötyä teholajien urheilijoiden aminohappo- ja proteiiniaineenvaihdunnassa jo näin lyhyen harjoitte

lujakson aikana. Proteiiniryhmää verrattiin tutkimuksessa plaseboryhmään, joka sai normaaliravinnon proteiinia 1,5 g / kg / vrk:ssa, joka on useimpien tutkimusten mukaan riittävä proteiininsaanti myös voima- ja teholajien urheilijoille. (mm. Phillips ym. 2007).

2 AMINOHAPOT JA PROTEIINIT ELIMISTÖSSÄ

2.1. Yleistä aminohapoista ja proteiineista

Proteiinien rakenneosia eli aminohappoja on kaikkiaan 20, ja ne voidaan jakaa välttämättömiin ja ei-välttämättömiin aminohappoihin (taulukko 1) (Guyton 2006, 852 - 853). Välttämättömiä aminohappoja elimistö ei pysty itse valmistamaan, joten ne tulee saada ravinnosta. Ei-välttämättömiä aminohappoja ei ole sen sijaan pakollista saada ravinnosta vaan elimistö pystyy niitä itse syntetisoimaan. (Eagle 1959). Aminohapoista arginiini ja histidiini ovat välttämättömiä vain lapsille. (Guyton 2006)

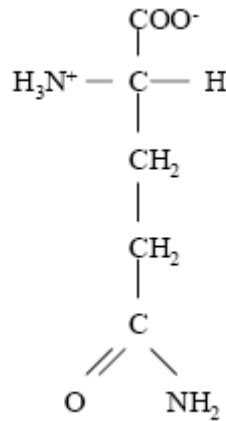
TAULUKKO 1. Välttämättömät ja ei – välttämättömät aminohapot (mukailtu Guyton 2006, 653)

Välttämättömät aminohapot	Ei – välttämättömät aminohapot
Leusiini	Prolini
Isoleusiini	Glysiini
Lysiini	Alaniini
Metioniini	Seriini
Treoniini	Kysteiini
Valiini	Aspartaatti
Tryptofaani	Asparagriini
Fenyylialanyini	Glutamaatti
Arginiini	Glutamiini
Histidiini	Tyrosiini

2.1.1. Aminohappojen kemiallinen rakenne

Aminohapot koostuvat aminoryhmästä (-NH₂) ja karboksyyliiryhmästä (-COOH) sekä sivuketjusta, jotka ovat kaikki sitoutuneet samaan hiiliatomiin. Aminohappojen sivuketjun rakenne vaikuttaa aminohappojen kemiallisiin ominaisuuksiin. Sivuketjun perusteella aminohapot voidaan luokitella neljään ryhmään: pooliset, poolittomat, emäksiset ja happamat. Kuvassa 1 olevan aminohapon (glutamiini) sivuketju on poolinen. Sivuketjun

lisäksi myös aminohapon kolmiulotteisella rakenteella on merkitystä aminohapon toimintaan (Campbell 1999).



KUVA 1. Glutamiinin kemiallinen rakenne. (Mukailtu kohteesta Campbell 1999)

2.1.2. Proteiinien rakenne

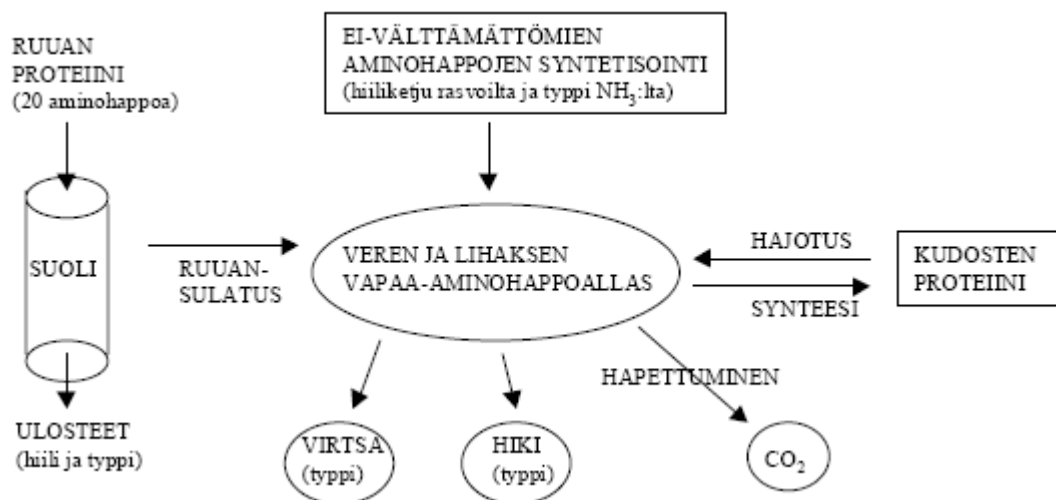
Proteiinit koostuvat useista peptidisidoksin liitoksissa olevista aminohapoista. Kaksi aminohappoa toisiinsa liittyneenä on dipeptidi ja kolme vastaavasti tripeptidi. Kun aminohappoja on liittynyt yhteen useita, kutsutaan tätä polypeptidiksi. Aminohappojen yhdistelmästä puhutaan proteiineina, kun vähintään 50 aminohappoa on liittynyt yhteen kolmiulotteiseksi rakenteeksi. Aminohappojen määrä proteiineissa vaihtelee suuresti ja parhaimmillaan proteiinien sisältämien aminohappojen määrä voi olla jopa satoja tuhansia. Proteiinien ominaisuudet riippuvat sen sisältämistä aminohapoista, niiden määrästä ja järjestyksestä. (McArdle ym. 2010, 31 - 32)

2.1.3. Aminohappojen ja proteiinien määrä elimistössä

Esimerkiksi 70 kg:n miehen painosta noin 10 - 12 kg on proteiineja, joista luurankolihasisto sisältää 6-8 kg:aa proteiineja eli 60 - 75 %:a kokonaismäärästä. Solujen sisällä aminohapoista syntesisoidaan proteiineja, joten vapaiden aminohappojen määrä elimistössä on pieni. Vapaita aminohappoja kutsutaan aminohappoaltaaksi ja sen suuruus on noin 210 g. Vapaista aminohapoista noin 120 g on lihaksessa ja vain noin 5 g on verenkierrossa. (Wagenmakers 2001) Vapaista aminohapoista suurin osa on glutamiinia. Esi-

merkiksi luurankolihasen vapaista aminohapoista n. 60 %:a on glutamiinia. (DiPasquale 1997, 131.) Kaiken kaikkiaan eri aminohappojen pitoisuudet plasmassa vaihtelevat suuresti välillä 20 – 500 $\mu\text{mol/l}$. (Mutanen & Voutilainen 1999, 129 - 130) Tietyn aminohapon määrä verenkierrrossa riippuu mm. ravinnosta ja solujen aminohappojen sisään-otosta. (Lemon 2001)

Proteiineja syntetisoidaan ja hajotetaan tarpeiden mukaan, joten vapaan aminohappoaltaan ja proteiinien välillä on jatkuvaa vaihtoa (kuva 2). Vapaaseen aminohappoaltaaseen tulee aminohappoja ravinnon mukana, kudosten proteiinien hajottamisesta tai aminohappojen synteesistä, joka on siis mahdollista vain ei-välttämättömillä aminohapoilla. Aminohappoja taas poistuu aminohappoaltaasta neljällä tavalla: erityis suolistoon, uusien proteiinien muodostus, hapetus ja muuttaminen hiilihydraateiksi ja rasvoiksi. (Lemon 2001). On arvioitu, että vapaa aminohappoallas vaihtuu keskimäärin kuusi kertaa päivässä (Mero 1999).



KUVA 2. Aminohappokinetiikka elimistössä. (mukailtu kohteesta Lemon 2000)

Proteiinipitoisen ruuan nauttiminen kasvattaa plasman aminohappopitoisuutta vain vähäisen määrän. Tämä johtuu pääosin kahdesta syystä. Ensinnäkin proteiinipitoisen ruuan imeytyminen vie yleensä noin 2 – 3 tuntia, jolloin aminohappoja imeytyy hiljalleen verenkiertoon ja lisäksi etenkin maksan solut absorboivat verenkierrosta ylimääräiset aminohapot 5 – 10 minuutissa, jonka takia aminohappopitoisuus veressä ei pääse kasvamaan. (Gyuton & Hall 2006, 854) Plasman aminohappopitoisuutta laskee myös hiilihydraattien nauttiminen, sillä hiilihydraatit parantavat useiden aminohappojen siirtymistä li-

hakseen insuliinivälitteisen kuljetusmekanismin kautta. (Mutanen & Voutilainen 1999, 127 – 128).

Proteiineja menetetään päivittäin vähintään 20 – 30 grammaa proteiinien deaminaatioreaktioiden ja hapettumisen seurauksena. (Guyton & Hall 2006, 857) Ulosteen mukana poistuu päivittäin yleensä vain 6 – 12 grammaa proteiineja, sillä proteiinien imeytyminen on todella tehokasta. (Mutanen & Voutilainen 1999). Myös munuaiset pystyvät reabsorboimaan proteiineja tehokkaasti virtsasta, joten virtsan proteiinipitoisuus on yleensä hyvin alhainen. Mikäli kuitenkin jonkun aminohapon pitoisuus nousee liian korkeaksi plasmassa, ylimäärä eritetään virtsaan. Koska aktiivisella kuljetuksella on yläraja, on siten myös aminohappojen reabsorboinnissa ylärajansa. (Guyton & Hall 2006, 816)

2.2. Aminohappojen ja proteiinien tehtävät

Aminohappoja ja proteiineja tarvitaan elimistössä lukuisissa eri tehtävissä. Proteiinien ja aminohappojen merkitys elimistön eri toiminnoissa on suuri ja esimerkiksi pelkästään proteiinisynteesiin menee keskimäärin jopa 27% päivittäisestä lepoenergiankulutuksesta. (Ganong 2001, 277). Proteiineja ja aminohappoja tarvitaan elimistössä proteiinisynteesiin, sen säätelyyn ja proteiinikatabolian säätelyyn lisäksi muun muassa energiantuottoon, rakenne-, entsyymi-, kuljetus-, hormoni-, ja immuuniproteiinien sekä monien muiden tyyppiä sisältävien tai ei-sisältävien aineiden synteesiin. (Groff & Gropper 2000, 187 – 189). Proteiinimetaboliasta on kerrottu tarkemmin kappaleessa 3.

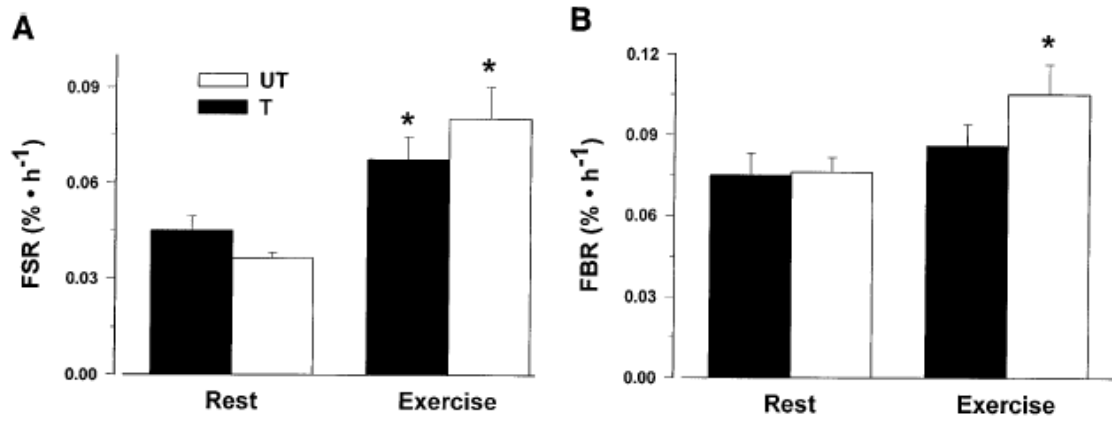
2.3. Proteiinitarve

Proteiinitarve tarkoittaa yleisen määrityksen mukaan vähimmäismäärää proteiineja, joka tyydyttää ihmisen aineenvaihdunnallisen tarpeen ja ylläpitää kehon koostumusta. (Tipton & Wolfe 2004). Valtion ravitsemusneuvottelukunnan suositusten (2005) mukaan tavallisen ihmisen proteiinien saanti tulisi olla 10 – 20 % päivän kokonaisenergiasta. Järkevämpää on kuitenkin ilmoittaa proteiinitarve kehon massaan suhteutettuna. Tällöin tavallisen ihmisen proteiinisuositus on 0,8 g / painokilo / vrk. Tämä suositus on tehty kui-

tenkin ihmisille, jotka eivät liiku erityisen paljon ja siksi se ei todennäköisesti riitä urheilijoiden tarpeeseen. (Manninen 2002, 35)

Proteiinitarpeen suuruuteen vaikuttaa muun muassa liikunta (intensiteetti, kesto ja laji), kokonaisenergiansaanti, ravinnon proteiinien laatu, harjoittelutausta, ikä ja sukupuoli. (Lemon 2000) Liikuntasuorituksen energiantuotossa keskimäärin vain noin viisi prosenttia energiasta saadaan proteiineista, mutta liikunnan intensiteetin ja keston lisääminen lisää myös proteiinien käyttöä energianlähteenä. (Hargreaves & Snow 2001). Kestävyyssurheilijoiden lisääntyntä proteiinitarvetta onkin perusteltu lisääntyneellä proteiinin käytölle energiaksi, kun taas voimaharjoittelijoiden proteiinitarpeen kasvun perusteena ovat lähinnä proteiinisynteesi ja lihasmassan ylläpito. (Tarnopolsky ym. 1992). Typpitasapainoon perustuvien tutkimusten perusteella on arvioitu, että kestävyysurheilijoiden proteiinitarve on 1,2 – 1,4 g / kg vuorokaudessa ja voimalajien urheilijoilla 1,6 – 1,8 g / kg. (Lemon 2000). Nämä suositukset eivät ole suuresti muuttuneet viime vuosina ja esimerkiksi Phillips ym. 2007 mukaan proteiinitarve voimaurheilijoilla 1,2 – 1,7 g / kg ja kestävyysurheilijoilla 1,2 – 1,4 g / kg. Urheilijoiden proteiinitarve ei ole kuitenkaan yksinkertainen asia, sillä typpitasapainotutkimuksilla tehdyt proteiinitarpeen arviot eivät ole sama asia kuin proteiinien optimaalinen saanti (Tipton & Wolfe 2004) ja siksi voi hyvinkin olla, että typpitasapainoarvioita suuremmilla proteiinien saannilla voi olla suotuisia vaikutuksia mm. lihasten hypertrofiaan ja palautumiseen. (Tarnopolsky ym 1992)

Kaikki tutkimukset eivät kuitenkaan tue urheilijoiden suurempaa proteiininsaantisuositusta, sillä joidenkin tutkimusten mukaan useimmat urheilijat näyttäisivät saavan riittävästi proteiineja ravinnostaan ja kokonaisenergiansaannin merkitys voi olla jopa tärkeämpi typpitasapainon ylläpidossa kuin proteiininsaannin. (Tipton & Wolfe 2004) Lisäksi on esitetty, että proteiinitarve vähenee voimaharjoittelun edetessä, koska säännöllinen harjoittelu saa yksilöt käyttämään proteiinit tehokkaammin hyväkseen (Rennie 2001) ja myös voimaharjoituksen aiheuttama vaste proteiinisynteesiin ja proteiinin hajoitukseen pienenee harjoittelun edetessä (kuva 3). (Phillips ym 1999).



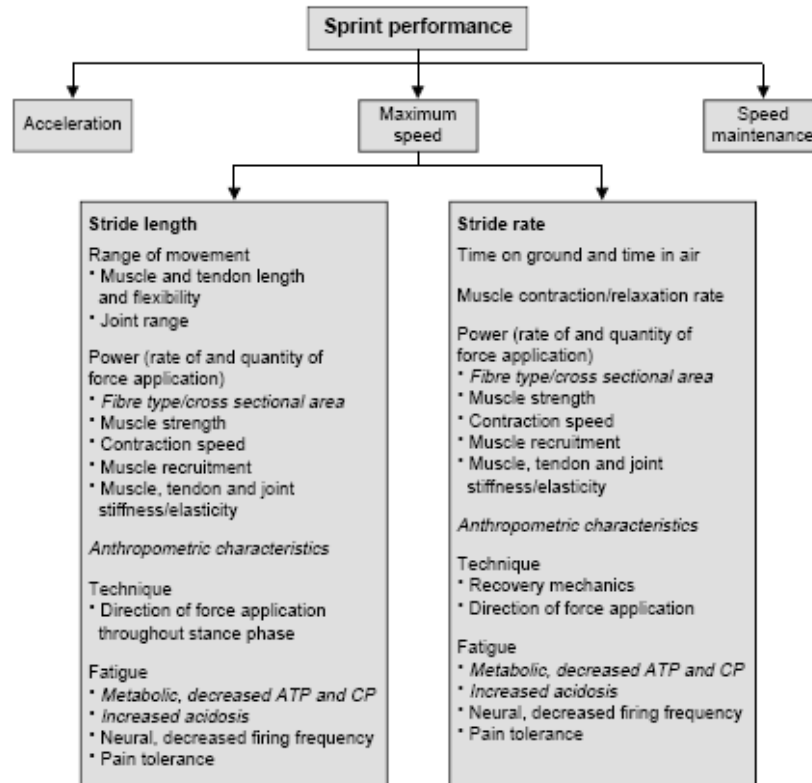
KUVA 3. Lihaksen proteiinisynteesi (A) ja proteiininhajotus (B) levossa ja voimakuormituksen jälkeen voimaharjoittelutaustaisella (T) ja ei-harjoittelutaustaisella koehenkilöillä (UT). (Phillips ym 1999)

3 TEHOLAJIN HARJOITTELU, PALAUTUMINEN JA PROTEIINIMETABOLIA

Teholajiksi kutsutaan lajia, jossa maksimivoimantuottokykyä tärkeämpi ominaisuus on tehontuottokyky. Pikajuoksu on hyvä esimerkki teholajista, sillä pikajuoksuosuudessa voimantuotto tapahtuu erittäin lyhyellä kontaktiajalla. Pikajuoksijan harjoitteluun kuuluu olennaisena osana maksimi – ja nopeusvoimaharjoittelu, joista maksimivoimaharjoittelu sisältää hermostollisen ja hypertrofisen maksimivoiman kehittämisen ja nopeusvoimaharjoittelu sisältää liikenopeusspesifisen ja liikespesifisen nopeusvoiman kehittämisen (Delecluse ym. 1997).

3.2. Pikajuoksuosuus

Pikajuoksu voidaan määrittellä nopeaksi ja syklisteksi, korkeintaan 15 sekunnin maksimaalisen intensiteetin suorituksiksi, joka koostuu kolmesta eri vaiheesta: kiihdytys, maksiminopeus ja nopeuden ylläpito. Kaikissa pikajuoksun vaiheissa juoksunopeus riippuu yksinkertaisesti askeltiheyden ja askelpituuden tulosta. Näihin molempiin vaikuttaa kuitenkin monet osatekijät, kuten tehontuottokyky, antropometria, tekniikka ja väsymys. (kuva 4). (Ross ym. 2001)

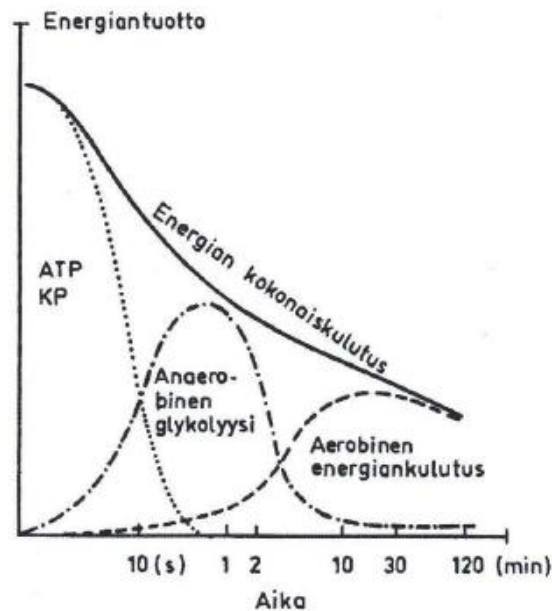


KUVA 4. Pikajuoksusuoritukseen vaikuttavat tekijät. (Ross ym. 2001)

Pikajuoksujuoksijalta vaaditaan kykyä tuottaa suurta voimaa erittäin lyhyessä ajassa. Tutkimusten mukaan askelkontaktien välisellä ajalla ei ole merkittävää eroa nopeiden ja hitaiden juoksijoiden välillä, joten juoksunopeuden ero syntyy voimantuotosta askelkontaktin jarrutus- ja työntövaiheissa. Nopeammat pikajuoksijat pystyvät samalla tai jopa lyhyemmällä kontaktiajalla tuottamaan suuremman voimaimpulssin kuin hitaammat juoksijat. (Weyand ym. 2000) Voimantuottoajat ovat kiihdytyksen alkuvaiheessa 140-180ms ja lyhenevät juoksunopeuden kasvaessa ollen maksiminopeuden vaiheessa huippupikajuoksijoilla 80-100ms. (Mero ym. 1992)

Pikajuoksuosuorituksen energiantuottovaatimukset. Lajeissa, joissa tarvitaan lyhytkestoista maksimaalista voimantuottonopeutta, suurin osa energiasta saadaan lihaksen välittömistä energianlähteistä eli lihaksen adenosiniinifosfaatista (ATP:sta) ja kreatiinifosfaatista (kuva 5). Kuitenkin jo 100 m:n matkalla ATP:n tuottamiseen tarvitaan myös lihasten anaerobista glykolyysiä, koska kreatiinifosfaattivarastot riittävät maksimaalisessa suorituksessa vain noin 5-6 sekunnin ajaksi. (Hirvonen ym. 1987). Voimaharjoitusten energiantuottovaatimukset riippuvat harjoituksen intensiteetistä ja kestosta. Esimerkiksi hypertrofisessa voimaharjoituksessa, jossa sarjojen kesto on yleensä 20 – 60 sekuntia,

painottuu energiantuottotavoista eniten anaerobinen glykolyysi, kun taas nopeusvoimaharjoituksissa, jossa sarjojen kestot ovat lyhyempiä, korostuu välittömien energianlähteiden käyttö. (Häkkinen 1990).



KUVA 5. Energianlähteiden käyttö korkeaintensiteetisessä kuormituksessa. (Keul ym. 1969 teoksessa Häkkinen 1990 s.20)

Pikajuoksijan harjoitteet

Pikajuoksijoiden harjoitteet voidaan karkeasti jakaa kolmeen osaan: juoksu- ja juoksunomaiset harjoitteet, voimaharjoitteet sekä muut harjoitteet. Keskeisimmässä osassa harjoittelussa ovat juoksu- ja juoksunomaiset harjoitteet ja voimaharjoitteet. Muut harjoitteet, joihin kuuluvat mm. palauttavat harjoitteet, täydentävät harjoittelua ja ovat siksi myös tärkeä osa pikajuoksijan harjoittelua. (Mero ym. 1987.)

Juoksu- ja juoksunomaiset harjoitteet. Nopeus- ja nopeuskestävyys harjoittelu tehdään lajisuorituksena nopeuden ja nopeuskestävyyden eri luokittelujen mukaan. Juoksu harjoittelu suoritetaan pääosin radalla, mutta kestävyystyyppejä tai palauttavia juoksu harjoituksia juostaan myös muilla alustoilla (esim. pururata tai nurmikko). Muita juoksunomaisia harjoitteita ovat juoksunomaiset koordinaatioliikkeet ja pikajuoksun eri variaatiot. Koordinaatioliikkeitä ovat mm. polvennosto-kävely ja -juoksu, pakarajuoksu,

tripling ja kuopaisuhyppely. Koordinaatioliikkeitä voidaan tehdä myös lisäpainojen kanssa (esim. painoliivit tai nilkkapainot). (Mero ym. 1987.)

Voimaharjoitteet. Voimaharjoittelu jaotellaan tavoitteiden mukaan eri voimantuotto-ominaisuuksia kehittäviin osa-alueisiin kuten nopeus-, maksimi- ja kestovoimaharjoittelu. Näistä maksimivoimaharjoittelu voidaan edelleen jakaa hermostolliseen ja hypertrofiseen voimaharjoitteluun. Hermostollinen maksimivoimaharjoittelu kehittää maksimivoimaa lihaksen hermostollisen ohjausmekanismien kautta, kun taas hypertrofinen voimaharjoittelu kehittää maksimivoimaa vaikuttamalla etenkin lihasten rakenteellisiin ominaisuuksiin. (esim. Häkkinen 1990). Pikajuoksijan voimaharjoittelussa korostuu nopeusvoiman ja maksimivoiman harjoittaminen. Pikajuoksijan voimaharjoittelun voidaan jakaa liikkeiden osalta neljään ryhmään, joilla harjoitetaan lajinomaisesti voiman eri osa-alueita. Nämä ryhmät ovat: voimaharjoitteet levytangoilla ja voimakoneilla, eteenpäin suuntautuvat hyppyt, ylöspäin suuntautuvat hyppyt ja muut voimaharjoitteet, kuten keskivartalolihasen erilaiset voimaharjoitteet. (Mero ym. 1987.)

3.2. Proteiinimetabolia ja kuormituksesta palautuminen

Proteiinimetabolia sisältää proteiinisynteesin ja proteiinien hajotuksen. Proteiinitasapaino on positiivinen, kun proteiinisynteesi on proteiinin hajoamista suurempaa. Luurankolihasen proteiinimetabolia säätelee mm. lihasmassan ylläpitoa ja myös eri kuormituksesta palautumiseen vaikuttaa suuresti lihaksen proteiinisynteesin ja proteiinin hajotuksen välinen tasapaino. Lepotilassa pitkän ravinnottoman jakson jälkeen lihaksen proteiinitasapaino on negatiivinen, mutta muuttuu ravinnon ja/tai kuormituksen vaikutuksesta positiiviseksi. (mm. Kumar ym. 2009) Esimerkiksi lihaksen kasvua eli hypertrofiaa voi tapahtua vain, kun proteiinitasapaino on positiivinen eli lihaksen proteiinisynteesi on proteiinin hajoamista suurempaa. (Biolo ym. 1995)

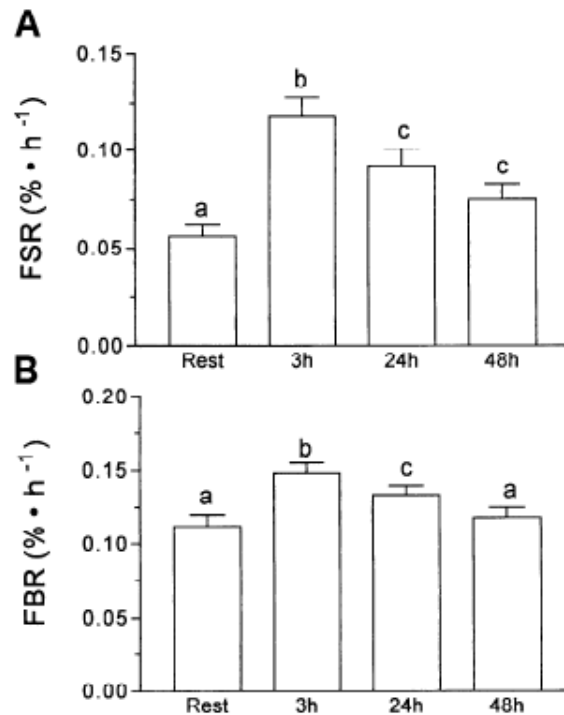
Proteiinisynteesi. Monivaiheisessa proteiinisynteesissä tumen DNA molekyylin sisältämän spesifin informaation avulla kootaan tarvittavat proteiinit. Proteiinisynteesi sisältää tumassa tapahtuvan lähetti-RNA:n muodostuksen (transkriptio), soluliman pinnalla tapahtuvan siirtäjä-RNA:n toiminnan (translaatio) ja sen jälkeisen modifionnin, jossa val-

mistuneesta aminohappoketjuista muokataan toimivia proteiineja. (Guyton 2006, 33 – 35) Yleisesti transkriptiovaihe säätelee proteiinien synteesikapasiteettia. (Layman 2002).

Proteiinien hajotuksessa kokonaiset proteiinit pilkotaan alkuperäisiksi aminohapoiksi tarkoin säädellyssä monivaiheisessa prosessissa. Se koostuu proteiinien hydrolyysistä, jossa entsyymien avulla proteiinit hajotetaan takaisin aminohapoiksi ja myös niiden jatkohajotuksesta. Luurankoli hasten proteiiniaineenvaihduntaan vaikuttaa monet tekijät, kuten fyysinen aktiivisuus, ravinto, hormonit ja sairaudet. (Rasmussen & Phillips 2003).

3.2.1. Kuormituksen akuutit vasteet ja adaptaatiot proteiinimetaboliaan

Fyysinen kuormitus vaikuttaa proteiinimetaboliaan ja esimerkiksi kova liikuntakuormitus voi lisätä luurankoli hasten proteiinisynteesiä jopa 100%:a. (Phillips ym. 1997, Biolo ym. 1995, Welle ym. 1999) Proteiinisynteesiä voi olla harjoitustaustasta riippuen perustasoa korkeampi jopa 48 tuntia voimaharjoituksen jälkeen. (Tarnopolsky ym. 1992, Phillips ym. 1997). Voimaharjoituksen vaikutuksesta myös proteiinien hajotus lisääntyy (Tipton & Wolfe 2001) ja ilman ravintoa lihaksen proteiinitasapaino pysyy negatiivisena. (Biolo ym. 1995, Phillips ym.1997) Phillips ym. 1997 tutkimuksessa kovan voimaharjoituksen jälkeinen proteiinien hajotus (kuva 6B) oli lepotasoa korkeampi kolme tuntia ja 24 tuntia voimakuormituksen jälkeen, mutta 48 tuntia kuormituksen jälkeen oli lepotasolla, kun taas proteiinisynteesi (kuva 6A) oli vielä 48 tuntia kuormituksen jälkeenkin lepotasoa korkeampi.

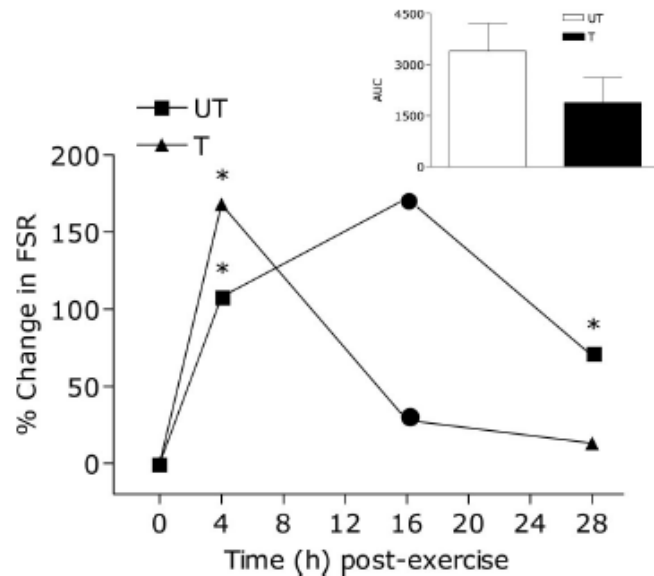


KUVA 6A ja 6B. Lihaksen proteiinisynteesi (A) ja proteiinien hajotus (B) levossa ja voimakuormituksen jälkeen. Tilastollisesti merkitsevät erot on merkitty niin, että eri kirjainten välillä on aina merkitsevä ero. (Phillips ym. 1997)

Akuutit muutokset plasman aminohappopitoisuuksissa. Pitkänen ym. 2002 tutki voimaharjoituksen ja kahden erilaisen juoksuharjoituksen vasteita plasman aminohappopitoisuuksiin teholajien (n = 11) urheilijoilla. Voimaharjoitus oli 90 minuuttia kestävä hypertofinen koko kehoa kuormittava harjoitus. Lyhyt juoksuharjoitus koostui kahdestatoista 60m:n juoksusta 120 sekunnin palautuksella ja pitkä juoksuharjoitus 20 sekunnin juoksuista 100 sekunnin palautuksella. Tulosten mukaan voimaharjoitus aiheutti kahteen muuhun harjoituksen verrattuna erilaisen vasteen aminohappopitoisuuksissa, sillä voimaharjoitus laski kaikkien aminohappojen pitoisuuksia plasmassa, kun taas juoksuharjoitusten vaikutuksesta alaniini ja glutamaattipitoisuudet nousivat plasmassa. Lyhyen juoksuharjoituksen jälkeen myös arginiinin ja tauriinin pitoisuudet nousivat plasmassa. Huomioitavaa kuitenkin oli, että kaikki harjoitukset laskivat niiden välttämättömien aminohappojen määrää, jotka pääosin vaikuttavat lihaksen anaboliseen tilaan.

Voimaharjoituksen akuutin lihaksen proteiinisynteesin kasvu on tutkimusten mukaan vähäisempää voimaharjoittelua harrastaneilla kuin harjoittelemattomilla. (Phillips ym. 1999) Tang ym. (2009) tutkimuksen mukaan koehenkilöiden jalkalihasten proteiinisyn-

teesien välillä oli eroa, kun vain toista jalkaa oli harjoitettu kahdeksan viikon ajan (kuva 7). Harjoitelleen jalan proteiinisynteesi oli suurempaa kuin harjoittelemattoman jalan neljä tuntia harjoituksen jälkeen, mutta oli laskenut lähelle perustasoa 16 tuntia kuormituksen jälkeen. Harjoittelemattoman jalan proteiinisynteesi oli sen sijaan korkeampi 16 tuntia kuormituksen jälkeen ja vielä perustasoa korkeammalla 28 tuntia kuormituksen jälkeen. (Tang ym. 2009)



KUVA 7. Lihaksen proteiinisynteesi yksittäisen voimaharjoituksen jälkeen voimaharjoittelutauksella jalalla (T) ja ei-voimaharjoittelutauksella jalalla (UT). (Tang ym.2009)

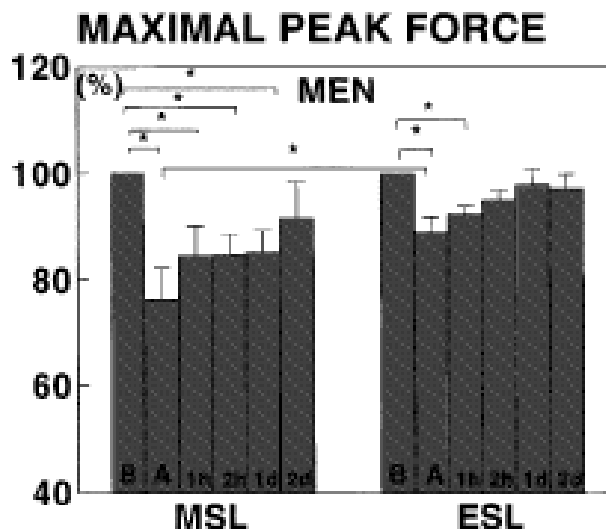
Hypertrofisen voimaharjoittelun aikaansaama lihasten kasvu on tulosta toistuneista kovista voimaharjoituksista, jotka nostavat lihaksen proteiinisynteesin proteiinin hajotusta suuremmaksi. Lihaksen hypertrofia johtuneekin enemmän toistuvien kuormitusten aiheuttamista yksittäisten harjoitusten kumuloituneesta vaikutuksesta lihakseen kuin proteiinisynteesin perustason noususta. (Tipton & Wolfe 2001)

3.2.2. Palautuminen eri kuormituksista

Palautuminen raskaasta kuormituksesta tapahtuu monivaiheisesti. Nopeimmin palautuvat välittömät energiavarastot, joiden palautumien vie harjoituksesta riippuen 2 – 5 minuuttia (Bompa 1999), kun taas hitaimmin palautuvien parametrien kuten hermoston ja lihasvaurioiden palautuminen voi viedä jopa 4 – 8 päivää. (Nicol ym. 2006)

Kuormituksen aiheuttama väsymys ja siitä palautuminen riippuu etenkin harjoitustyyppistä (Komi & Viitasalo 1977), harjoituksen volyymista (Häkkinen ym 1988), lihassolujaumasta (Thorstensson and Karlsson 1976) ja harjoittelutaustasta. (Häkkinen & Myllylä 1990). Hermolihasjärjestelmän väsymys johtuu joko sentraalisista tai perifeeraalisista tekijöistä. Sentraalinen väsyminen tarkoittaa hermoston väsymistä eli heikentyntä lihasten aktivointia, kun taas periferisen väsyminen tarkoittaa lihassolun alentunutta supistumiskykyä, joka voi johtua mm. heikentyneestä lihassolukalvon ärsyntyntymisestä, vähentyneestä kalsiumin vapautumisesta, huonontuneesta kalsiumin kiinnittymisestä troponiiniin tai heikentyneestä poikittaissiltojen kiinnittymisestä. (Vollestad ym. 1997).

Voimaharjoitustyypeistä hypertrofinen voimaharjoitus aiheuttaa suuremman hermolihasjärjestelmän suorituskyvyn heikkenemisen (kuva 8) ja sen myötä myös hitaamman suorituskyvyn palautumisen kuin nopeusvoimaharjoitus. (Linnamo ym. 2005) Linnamon ym. (1998) tutkimuksessa jalkojen maksimaalinen isometrinen voimantuotto nopeusvoimatyypin harjoituksen jälkeen oli täysin palautunut jo kaksi tuntia harjoituksen jälkeen, kun taas hypertrofisen voimaharjoituksen vaikutuksesta voimantuotto oli vielä kaksi vuorokautta harjoituksen jälkeen merkittävästi alhaisempi kuin ennen harjoitusta. Suorituskyvyn täydellinen palautuminen erittäin kovasta voimaharjoituksesta voikin viedä jopa yli 72 tuntia (Zatsiorsky ym 1995.)



KUVA 8. Isometrisen maksimivoimantuoton muutokset submaksimaalisen (submax), hypertrofisen (heavy) ja nopeusvoimatyypin (explosive) voimaharjoituksen vaikutuksesta. B = ennen harjoitusta, A = harjoituksen jälkeen 1h = tunti harjoituksen jälkeen, 2h = 2 tuntia harjoituksen jälkeen. (Linnamo ym 2005).

Raskas kuormitus johtaa usein suorituskyvyn alenemisen lisäksi myös lihassolujen mikrovaurioihin ja lihasten kipeytymiseen (Friden ym. 1992), jotka ilmenevät viiveellä kuormituksen jälkeen. (mm. Connolly ym 2003) Lihassolujen mikrovaurioihin liittyvät myös voimantuoton heikkeneminen, nivelen liikelaajuuden pieneneminen ja jäykkyyden lisääntyminen, lihaksen proteiinien lisääntyminen veressä, lihasten turvotus ja lihasarkuuden lisääntyminen. (Warren ym. 1999) Kuormitustyyppi vaikuttaa lihasvaurioiden syntyyn. Onkin havaittu, että eksentrisen kuormituksen jälkeen syntyy enemmän lihasvaurioita kuin konsentrisen, vaikka absoluuttisissa kuormissa ei olisikaan eroa. (Gibala ym. 1995).

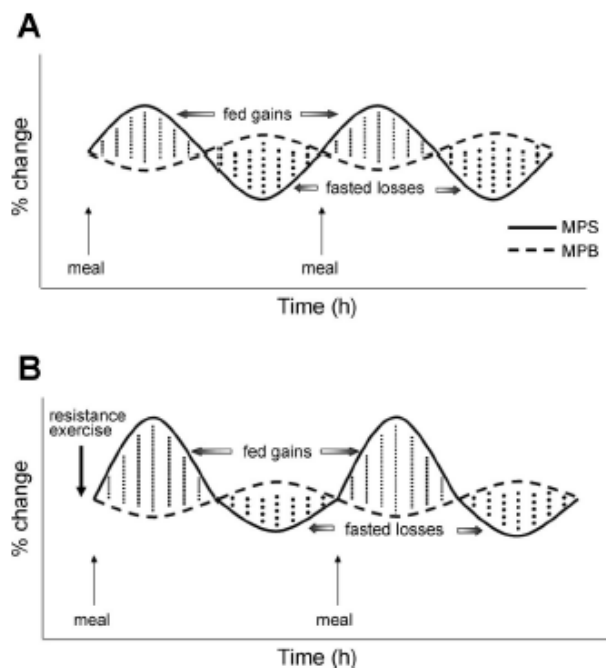
Myöhästynyt lihasarkuus eli DOMS (delayed onset muscle soreness) tarkoittaa harjoituksen jälkeistä lihasarkuutta. Se koetaan usein vasta tunteja kovan kuormituksen jälkeen ja on suurimmillaan yleensä 24 – 48 tuntia kuormituksen jälkeen. Lihasarkuuden syynä pidetään lihasten mikrovaurioiden synnyttämää tulehdustilaa, joka saa vapaat hermopäätteet aktivoitumaan ja aikaansaa paikallisen kivun tuntemuksen. (Connolly ym. 2003)

Lihassoluvaurioiden arviointimenetelmät. Kuormituksen aiheuttamaan lihassoluvaurioihin on käytetty monia eri arviointimenetelmiä. Lihasvaurioita voidaan arvioida suoraan lihasbiopsian avulla, mutta käytetyimpiä arviointimenetelmiä ovat epäsuorat menetelmät, joihin kuuluvat suorituskykymuuttujat sekä lihaksen turvotuksen, jäykkyyden ja arkuuden arviointi. Lisäksi erittäin suosittu lihasvaurioiden arviointimenetelmä on mitata veren lihassoluproteiinien kuten kreatiinikinaasin (CK), myoglobiinin ja laktaattidehydrogenaasin (LDH) pitoisuuksia, sillä niiden on havaittu nousevan lihassoluvaurioita aiheuttavan kuormituksen seurauksena. (Connolly ym 2003).

Lihasarakuustuntemusten ja voimantunteen arviointiin on käytetty erilaisia numeraalisia asteikkoja ja janoja. Visuaalista analogista asteikkoa (”visual analog scale” eli VAS) on useissa tutkimuksissa käytetty lihasarkuuden arviointiin ja sillä on monia etuja numeraaliseen arviointimenetelmiin verrattuna. VAS – janalle koehenkilöt merkitsevät rastin tuntemusten suuruuden mukaan ja siten asteikko on portaaton. (Warren ym. 1999) Muita VAS -menetelmän etuja ovat hyvä toistettavuus ja se, että tulokset voidaan esittää suhteasteikolla. (Bijut ym. 2001)

3.3. Ravinnon ja kuormituksen yhteisvaikutukset proteiinimetaboliaan ja palautumiseen

Ravinto, kuormitus ja hormonaalinen säätely ovat keskeisiä lihaksen proteiinimetabolian stimuluksia. Ravinnon kokonaisuutta pitää huomioida kaikkien kolmen makroryhmän (proteiinit, hiilihydraatit ja rasva) kannalta. Näiden tekijöiden huomioiminen on tärkeää, jotta pystytään ylläpitämään proteiinien nettotasapainoa positiivisena niin, että esim. lihaksen hypertrofiaa tapahtuisi (kuva 9A). Etenkin kuormituksen jälkeisen ravinnon merkitys on positiivisen proteiinimetabolian kannalta merkittävä (kuva 9B). Proteiinien ja erityisesti niiden sisältämien välttämättömien aminohappojen on osoitettu tehostavan proteiinisynteesiä ja vähentävän proteiinien hajotusta voimakuormituksen jälkeen. (mm. Burd ym. 2009, Miller ym. 2003, Bird ym. 2006, Hartmann ym. 2007)



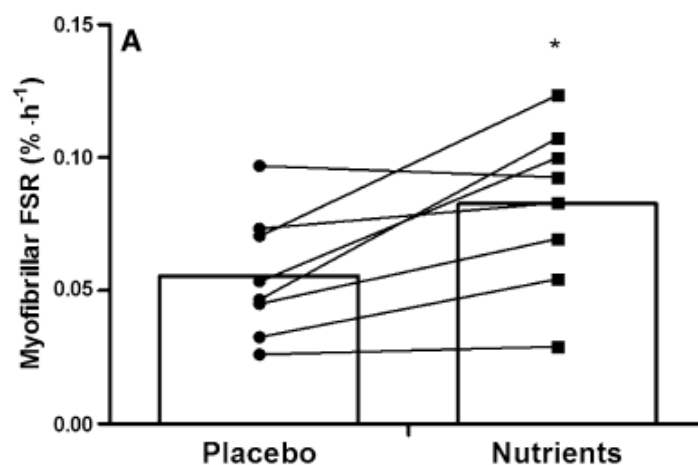
KUVA 9A ja 9B. Ravinnon vaikutus lihaksen proteiinimetaboliaan (A) sekä ravinnon ja kuormituksen yhteisvaikutukset proteiinimetaboliaan (B). (Burd ym.2009)

3.3.1. Proteiineravintolisien vaikutukset proteiinimetaboliaan

Proteiinivalmisteita on yleisesti kolmessa muodossa: kokonaiset proteiinit, proteiinihydrolysaatit ja vapaat aminohapot. Kokonaisia proteiinivalmisteita ovat esim. maidon kaseiini ja myös normaali ruoka sisältää kokonaisia proteiineja. Proteiinihydrolysaatit sisältävät tri- ja dipeptideja ja vapaita aminohappoja. Proteiinihydrolysaattien etu on niiden

imeytymisnopeudessa, joka on suurempi kuin kokonaisissa proteiineissa tai yksittäisissä aminohapoissa. (Manninen 2004) Erilaiset hydrolysaatit kasvattavat myös insuliinipitoisuutta tehokkaasti yhdessä hiilihydraattien kanssa. (van Loon ym. 2000) Proteiinivalmisteita on markkinoilla useissa eri muodoissa. Suosituimmat ovat valmiit juomat, proteiini jauheet ja -patukat sekä kapselit. Proteiinivalmisteissa on eroja myös valmistustekniikoiden välillä, joka vaikuttaa mm. valmisteiden proteiinipitoisuuteen ja proteiinien säilyvyyteen sekä suojaravintoaineiden ja rasvapitoisuuteen. (Hoffmann & Falvo 2004).

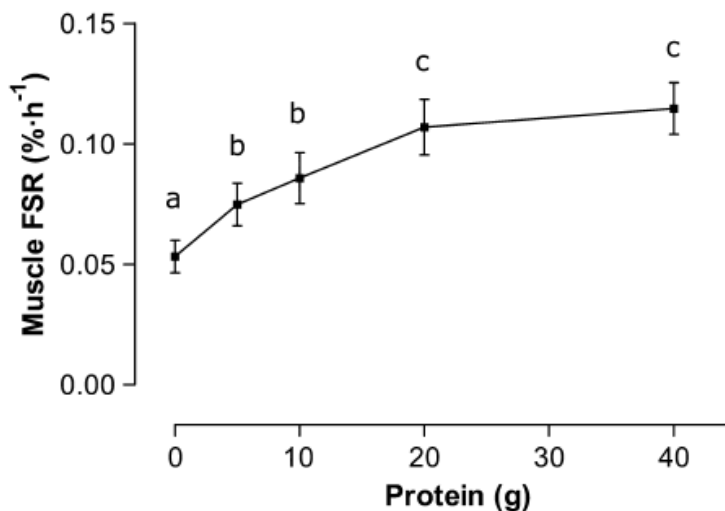
Proteiinilisän nautittuna harjoitusten yhteydessä on useissa tutkimuksissa osoitettu lisäävän proteiinisynteesiä ja mahdollisesti myös vähentävän proteiinien hajotusta voimaharjoituksen jälkeen (mm. Miller ym. 2003, Bird ym. 2006, Hartmann 2007) ja pitkällä aikavälillä tehostavan lihasten hypertrofiaa voimaharjoittelun vaikutuksesta (mm. Cribb ym. 2007, Hartmann ym. 2007, Hulmi ym. 2009) Lisäksi kestävyyskuormituksen yhteydessä proteiinilisällä on osoitettu olevan suotuista vaikutus palautumiseen yksittäisistä kestävyyskuormituksissa (Williams ym. 2003) ja myös pitemmällä aikavälillä lihasten aerobisissa adaptaatioissa. (Ferguson- Stegall ym. 2011) Uusimmat tutkimukset osoittavat proteiinilisän tehostavan proteiinisynteesiä myös nopeustyyppisissä kuormituksissa (Coffey ym. 2010) Coffeyn ym. (2010) tutkimuksen mukaan ennen suoritusta nautittu proteiinilisäjuoma lisäsi proteiinisynteesiä merkittävästi enemmän kuin energiaton placebojuoma nopeustyyppisen kuormituksen jälkeen (kuva 10). Kuormitus sisälsi 10 kuuden sekunnin maksimaalista suoritusta polkupyöräergometrillä 54 sekunnin palautuksella.



KUVA 10. Proteiinilisän vaikutus lihaksen proteiinisynteesiin nopeusharjoituksen jälkeen, Nutrients = proteiiniryhmä, n = 8. (Coffey ym. 2010)

Aminohappojen vaikutus proteiinimetaboliaan. Proteiinisynteesillä ja aminohappojen saatavuudella on tutkimusten mukaan vahva yhteys. Kun aminohappoja on enemmän tarjolla verenkierrossa, lisää se proteiinisynteesiä ja saa aikaan positiivisen proteiinitasapainon. Luurankolihasen proteiinanabolian stimulointi voi tapahtua silloin ainakin kahdella tavalla. Lihasten siirtäjä-RNA:n määrä on suurempi kuin aminohappojen määrä, joten aminohappojen suurempi määrä johtaa myös suurempaan aminohappojen siirtoon siirtäjä-RNA:lla. Toinen tapa on yksittäisten aminohappojen tai aminohapporyhmien toimiminen translaation aktivoijana. (Tipton & Wolfe 2001). Aminohapoista tosin vain välttämättömien aminohappojen nauttiminen voimakuormituksen jälkeen on osoitettu lisäävän proteiinisynteesiä (Borsheim ym. 2002) ja välttämättömistä aminohapoista leusiiniin on todettu yksistäänkin tehostavan voimaharjoituksen aiheuttamaa lihasten proteiinisynteesiä. Tämä tulos on saatu ihmisillä (Katsanos ym. 2006) ja myös rotilla (Anthony ym. 2000) tehdyissä tutkimuksissa. Lisäksi leusiini vaikuttaa mahdollisesti proteiinimetaboliaan myös vähentämällä lihaksen proteiinien hajotusta kuormitusten jälkeen. (Glynn ym. 2010). Ravintolisänä nautitun leusiinin vaikutustavoista proteiinisynteesin kasvattajana ja proteiinin hajotuksen vähentäjänä ei ole vielä riittävästi tieteellistä selitystä. (Glynn ym. 2010)

Proteiinin määrän vaikutus. Proteiinien määrän vaikutuksesta harjoituksen jälkeiseen proteiinimetaboliaan on tutkittu, mutta tarkkaa suositusta optimaalisesta määrästä ei vielä pystytä sanomaan. Børsheim ym. (2002) osoitti, että määrällisesti jo kuuden gramman välttämättömien aminohappojen nauttiminen voimaharjoituksen yhteydessä muutti lihaksen proteiinitasapainon positiiviseksi harjoituksen jälkeen. Se selittyi suurelta osin proteiinisynteesin lisääntymisellä, sillä proteiinien hajotus ei tällöin muuttunut. Proteiinien määrän ylärajaa proteiinimetabolian optimoimiseksi ei pystytä tarkasti sanomaan, mutta näyttäisi, että vähintään 20 - 40 g:n annoksella proteiinisynteesi saavuttaa maksimin, sillä tätä korkeammat proteiinin saannit eivät näyttäisi lisäävän proteiinisynteesiä. (Hulmi 2010) Tätä tukee Mooren ym. (2009) tutkimus, jossa tutkittiin proteiinilisän määrän vaikutusta kovan voimaharjoituksen jälkeiseen lihaksen proteiinisynteesiin (kuva 11). Välittömästi voimaharjoituksen jälkeen nautitun proteiinilisä annokset olivat 0, 5, 10, 20 ja 40 grammaa ja kuvaan merkityt kirjaimet osoittavat tilastollisesti merkitsevät eroja. Mooren ym. tutkimuksessa lihaksen proteiinisynteesi saavutti maksimiarvonsa 20 gramman annoksella ja 40 gramman annos ei enää lisännyt proteiinisynteesiä.



KUVA 11. Proteiinilisän määrän vaikutus proteiinisynteesiin voimaharjoituksen jälkeen. Muscle FSR = lihaksen proteiinisynteesi. Eri kirjaimet (a,b ja c) kuvaajan yläpuolella kuvaavat merkitseviä eroja määrien välillä. (Moore ym. 2009).

Proteiinin nauttimisen ajoituksen merkitys. Proteiinilisän ajoituksen vaikutuksesta voimakuormituksen jälkeiseen proteiinisynteesiin ja proteiinin hajotukseen on tutkittu laajasti viime vuosina. Näyttäisi siltä, että välittömästi ennen tai jälkeen harjoituksen nautitut proteiinilisät tehostaisivat proteiinisynteesiä ja vähentäisivät proteiini hajotusta tehokkaammin kuin muuhun aikaan päivästä nautitut lisät. (Hulmi 2010, Burd ym. 2009) Syynä tähän voi olla lihasten tehostunut verenkierto harjoituksen vaikutuksesta ja sitä myötä parantunut aminohappojen ja muiden proteiinimetaboliaan vaikuttavien ravinteiden kuljetus lihaksissa. (Burd ym. 2009) Hulmi ym. (2009) myös osoitti, että proteiinilisä nautittuna ennen ja välittömästi harjoituksen jälkeen kasvatti 21 viikon voimaharjoittelun aikana lihasten poikkipinta-alaa enemmän kuin placebo-ryhmän, vaikka molempien ryhmien päivittäinen proteiinisaanti oli korkea (1,4 - 1,5g / painokilo / vrk) tutkimusjakson ajan.

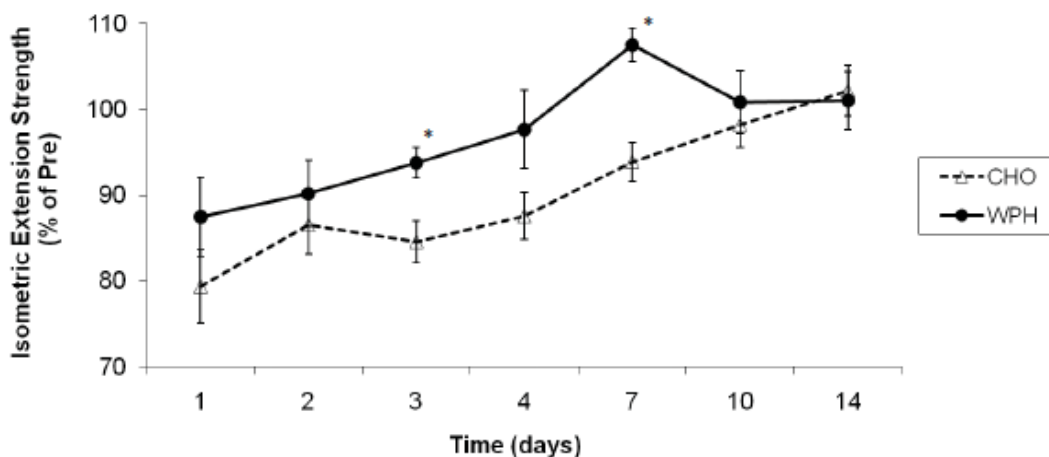
On kuitenkin myös tutkimuksia, joiden mukaan proteiinilisän ajoituksella ei ole merkitystä lihaksen proteiinimetaboliaan. Esimerkiksi Hoffmanin ym. (2009) voimaurheilijoilla tehdyssä kymmenen viikon harjoittelututkimuksessa toinen ryhmä nautti proteiinilisän voimaharjoitusten yhteydessä ja toinen ryhmä saman määrän aamulla ja illalla. Ryhmien

välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja niin voiman kehittymisessä kuin kehonkoostumuksessa.

3.3.2. Proteiiniravintolisien vaikutukset palautumiseen

Useat tutkimukset ovat osoittaneet proteiini- tai aminohappolisän nopeuttavan suorituskyvyn palautumista (Buckley ym. 2010, Cockburn 2008, Cooke ym. 2010) ja vähentävän lihasarkuutta kovasta voimaharjoituksesta (Buckley ym. 2010; Hoffman 2010, Cockburn 2008), kun palautumista on seurattu 1 – 14 vuorokautta harjoituksen jälkeen. (Etheridge ym. 2008; Nosaka ym. 2006; Cockburn 2008, Cooke ym. 2010, Hoffman 2010). Proteiinilisän vaikutuksia palautumiseen on tutkittu pääosin eksentrisiä liikkeitä sisältävien kovien voimaharjoituksen yhteydessä (Buckley ym. 2010, Cockburn 2008, Cooke ym. 2010) vertaamalla proteiinilisää joko hiilihydraattilisään (Buckley ym. 2010; Hoffman 2010, Cooke ym. 2010, Cockburn 2008) tai energiattomaan plaseboon (Buckley ym. 2010). Kaikki tutkimukset eivät kuitenkaan tue proteiinilisän suorituskyvyn palautumista nopeuttavaa (Stock ym. 2011, Kirby ym. 2011, Roberts ym. 2011) tai lihasarkuutta vähentävää vaikutusta (Stock ym. 2011, Kirby ym. 2011).

Suorituskyvyn palautuminen. Cooken ym. (2010) tutkimuksessa proteiinilisäryhmän suorituskyky isometrisessä maksimivoimatestissä palautui hiilihydraattiryhmää nopeammin kovan eksentrisen voimaharjoituksen jälkeen (kuva 12). Proteiiniryhmän maksimaalinen isometrinen voimantuotto oli täysin palautunut neljä vuorokautta harjoituksen jälkeen, kun hiilihydraattiryhmän vasta kymmenen vuorokautta harjoituksen jälkeen.

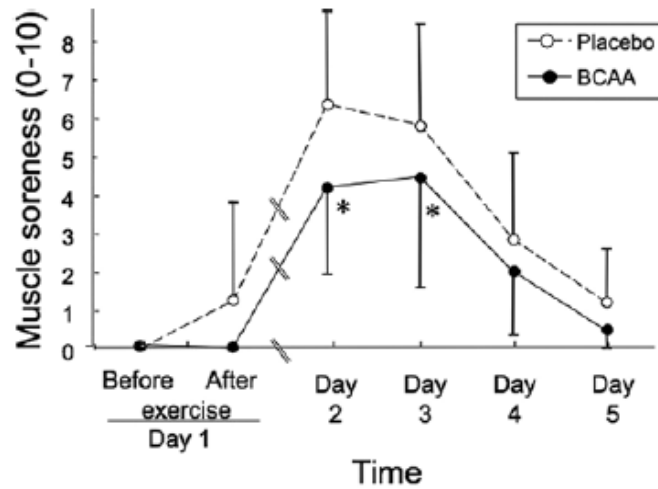


KUVA 12. Proteiinilisän vaikutus maksimaaliseen isometriseen polven ojennukseen eksentrisen voimaharjoituksen jälkeen. CHO = hiilihydraattiryhmä, WPH = proteiiniryhmä. * = tilastollisesti merkitsevät erot ryhmien välillä. (Cooke ym. 2010)

Myös Hoffmannin ym. (2010) tutkimuksessa voimaurheilijoiden hermolihasjärjestelmän suorituskyvyn palautuminen hypertrofisesta kyykkyliikkeitä sisältäneestä harjoituksesta oli nopeampaa ryhmällä, joka nautti proteiiniravintolisän ennen ja jälkeen harjoituksen kuin ryhmällä, joka nautti pelkästään hiilihydraattia sisältäneen ravintolisän. Stockin ym. (2011) ja Roberts ym. (2011) tutkimusten mukaan proteiini- tai aminohappolisällä ei sen sijaan ole vaikutusta maksimivoiman palautumiseen kovan voimaharjoituksen jälkeen. Yksi mahdollinen selitys ristiriitaisiin tuloksiin on tutkimusasetelmien erilaisuus etenkin ravintolisäjakson pituuden suhteen. Useat tutkimukset, joissa proteiinilisiä on nautittu pelkästään yksittäisen voimaharjoituksen yhteydessä, ei ole löydetty tilastollisesti merkitseviä eroja proteiini- ja hiilihydraattiryhmän välillä (Roberts ym 2011, Stock ym. 2011). Kun proteiinilisiä on otettu pitemmän jakson ajan, tutkimukset ovat osoittaneet proteiinilisän positiivisia vaikutuksia niin maksimivoiman palautumisessa (Cooke ym. 2010, Ratamess ym. 2003) kuin lihasvauriomuuttujissa (Sharp ym. 2010).

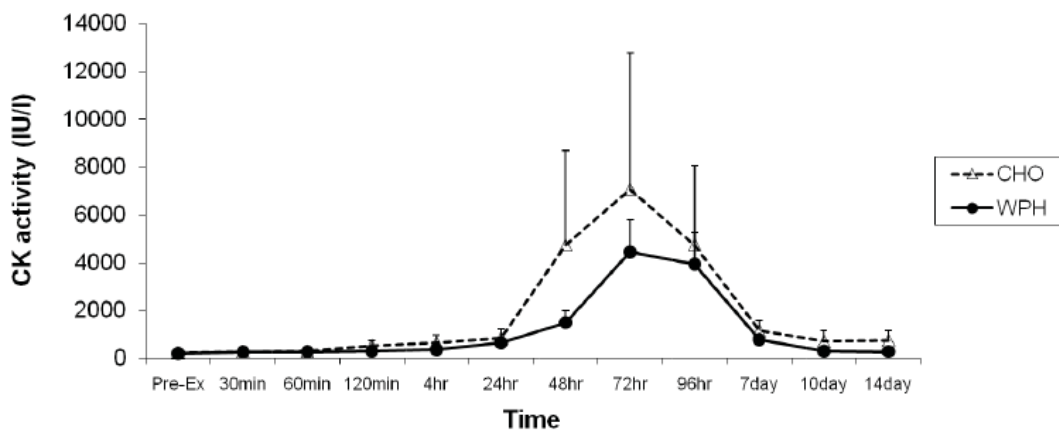
Lihasarkeus ja lihasvaurioiden palautuminen. Proteiiniravintolisän on osoitettu vähentävän harjoituksen jälkeistä lihasarkeutta (Buckley ym. 2010), ja myös lihassoluvauriota, joka on arvioitu lihassoluproteiinien: kreatiinikinaasin, laktaattidehydrogenaasin tai myoglobiinin pitoisuuksien avulla. (Baty ym. 2007, Cockburn 2008, Sharp ym. 2010). Proteiinilisän on jossain tutkimuksissa nopeuttanut suorituskyvyn palautumista, vaikka lihasvaurio- tai lihasarkeusmuuttujissa ei ole ollut tilastollisesti merkitseviä eroja proteiiniryhmän ja plaseboryhmän välillä. (Hoffman 2010). Shimomura ym. (2010) tutkimus

osoitti, että haaraketjuisia aminohappoja sisältänyt ravintolisä vähentää voimaharjoituksen jälkeistä lihasarkuutta 2 ja 3 vuorokautta harjoituksen jälkeen. (kuva 13).



KUVA 13. Aminohappolisän vaikutus lihasarkuuteen kovan eksentrisen voimaharjoituksen jälkeen. (Shimomura ym. 2010)

Joidenkin tutkimusten mukaan proteiini- tai aminohappolisällä ei ole vaikutusta harjoituksen jälkeiseen lihasarkuuteen (Stock ym. 2010) tai lihasvaurioihin kreatiinikinaasipitoisuuden avulla arvioituna. (Kirby ym. 2011, Cooke ym. 2010) Cooken ym. (2010) tutkimuksessa voimaharjoituksen jälkeisessä kreatiinikinaasipitoisuudessa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja proteiini- ja plaseboryhmän välillä (kuva 14), vaikka samaan aikaan LDH- pitoisuus oli suuntaa-antavasti ($p = 0,064$) alhaisempi proteiiniryhmällä plaseboryhmään verrattuna.



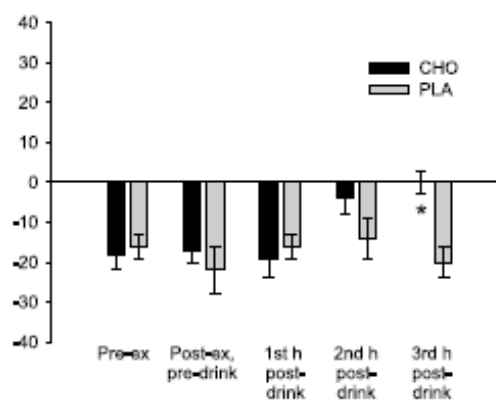
KUVA 14. Proteiini- ja hiilihydraattilisän vaikutus voimaharjoituksen jälkeiseen kreatiinikinaasipitoisuuteen. WPH = proteiiniryhmä, CHO = hiilihydraattiryhmä. (Cooke ym. 2010).

Kreatiinikinaasipitoisuuden luotettavuutta lihasvaurion arvioinnissa heikentää se, että vaikka se on epäsuora lihasvauriomarkkeri, sen pitoisuus plasmassa vaihtelee suuresti eri yksilöiden välillä, mikä voi osaltaan vaikuttaa tilastollisesti merkitsevien erojen löytymiseen eri ryhmien välillä. (Cooke ym. 2010, Buckley ym. 2008) Lisäksi kreatiinikinaasipitoisuuden suuruudella ei ole suoraa yhteyttä suorituskykymuuttujien kanssa (Connolly ym. 2003).

Proteiinilisän positiivinen vaikutus hermolihasjärjestelmän suorituskyvyn palautumiseen ja lihasarkuuden ja -vaurioiden vähentämiseen voi johtua yksinkertaisesti siitä, että suurentunut aminohappojen saatavuus mahdollistaa lihaksen anabolisemman tilan (Hulmi 2010) ja mahdollisesti myös aminohappojen antikatabolisesta vaikutuksesta vähentämällä myofibrillaaristen proteiinien hajoamista. (Bird ym. 2006, Tipton and Wolfe 2001).

3.3.3. Hiilihydraattien vaikutukset

Hiilihydraattien nauttimisen on osoitettu edistävän lihasglykokeenin palautumista voimaharjoituksen jälkeen, mutta yksinään antavan vain pienen positiivisen vasteen lihaksen proteiinimetaboliaan. (Koopman ym. 2007). Kovan voimaharjoituksen yhteydessä hiilihydraattien nauttiminen voi vähentää proteiinien hajotusta, mutta ei merkittävästi lisää proteiinisynteesiä. (Miller ym. 2003, Børsheim ym. 2004). Børsheim ym. 2004 tutkimuksessa pelkän hiilihydraatin nauttiminen voimaharjoituksen yhteydessä muutti lihaksen proteiinimetaboliaa positiivisempaan suuntaan (kuva 15), mutta vaikutus ei ollut riittävä saamaan proteiinitasapainoa positiiviseksi, vaikka hiilihydraatin saanti (100g) oli määrällisesti erittäin suurta.



KUVA 15. Hiilihydraatin vaikutus proteiinisynteesin ja proteiinin hajotukseen väliseen tasapainoon voimaharjoituksen jälkeen. (Børsheim ym. 2004)

Useimmissa tutkimuksissa yksinään hiilihydraatin nauttiminen voimaharjoituksen jälkeen ei ole lisännyt proteiinisynteesiä eikä vähentänyt proteiinien hajotusta voimaharjoituksen yhteydessä yhtä paljon kuin pelkkää proteiinia sisältänyt juoma tai proteiinia ja hiilihydraattia sisältäneet juomat (Miller ym. 2003, Bird ym. 2006, Hartmann 2007)

Hiilihydraatin ja proteiinien yhteisvaikutukset proteiinimetaboliaan. Hiilihydraatin nauttiminen proteiinin lisänä on sen sijaan joidenkin tutkimusten perusteella osoitettu tehostavan lihasten proteiinisynteesiä ja vähentävän proteiinin hajotusta enemmän kuin pelkän proteiinin tai hiilihydraatin nauttiminen. (Bird 2006, Miller ym. 2003) Lisäksi hiilihydraatti-proteiinilisän nauttiminen on osoitettu tehostavan kuormituksen jälkeistä glykogeenivarastojen täydentämistä enemmän kuin pelkästään hiilihydraatin nauttiminen. (Berardi ym 2006). Miller ym. 2003 mukaan hiilihydraattien ja proteiinien yhteisvaikutus proteiinimetaboliaan voi olla jopa yhtä suuri kuin niiden yksittäisvaikutusten summa. Hiilihydraattien ja proteiinien yhteisvaikutuksesta proteiinimetaboliaan on myös ristiriitaisia tutkimustuloksia. Esimerkiksi Koopmanin (2007) tutkimuksen mukaan hiilihydraatin nauttiminen proteiinin lisäksi ei lisännyt kovan voimakuormituksen jälkeistä lihaksen proteiinisynteesiä tai vähentänyt proteiinin hajotusta, kun proteiini ja hiilihydraattiryhmää verrattiin pelkkään proteiiniryhmään. Onkin mahdollista, että pelkästään proteiinin nauttiminen kuormituksen yhteydessä riittää optimoimaan proteiinisynteesin kasvun ja proteiinin hajotuksen minimoimisen, jos vain proteiinin saanti on riittävän suurta. (van Loon ym. 2000) Tällöin hiilihydraattien rooli kuormituksesta palautumisen edistämässä liittyisi pääosin energiavarastojen tehokkaampaan täydentämiseen. (Koopman 2007)

4 HERAPROTEIINIVALMISTEET

Maito sisältää kahdenlaista proteiinia; kaseiinia 80 % ja heraa 20 %. (Hoffman & Falvo 2004). Heraproteiinista puhuttaessa tarkoitetaan itse asiassa monia eri proteiineja, sillä heraproteiini on sekoitus useista proteiineista ja peptideistä, kuten α -laktalbumiini, β -laktoglobuliini, immunoglobuliinit, lysotsyymi, laktoferrini, laktoferrisiini ja glykoma-kropeptidit (Ha & Zemel 2003). Hera on ominaisuuksiensa perusteella nimitetty ”nopeaksi” proteiiniksi, koska se imeytyy nopeammin kuin monet muut proteiinit. (Hoffman & Falvo 2004, Morifuji ym. 2010)

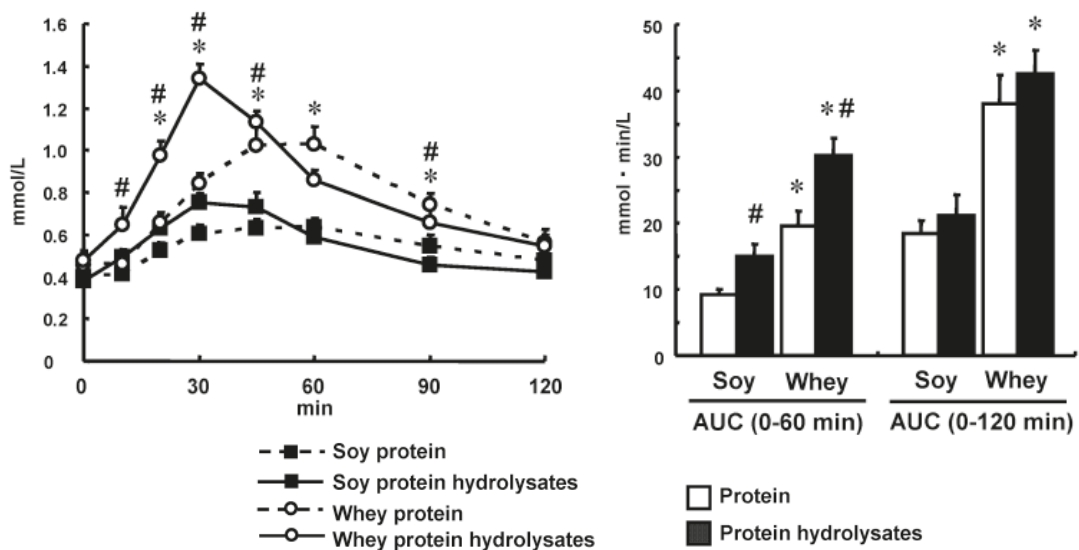
4.1. Heraproteiinien vaikutus proteiinimetaboliaan

Viime vuosina proteiinien laadun merkitystä on tutkittu laajasti. Heraproteiini sisältää erityisen runsaasti haaraketjuisia ja muita välttämättömiä aminohappoja (taulukko 2) ja siksi sitä pidetään yleisesti jopa parhaimpana proteiinilähteenä. (Ha & Zemel 2003). Esimerkiksi kaseiinin tai soijaan verrattuna herassa on enemmän leusiinia, jonka on osoitettu olevan tärkein yksittäinen aminohappo proteiinisynteesin aktivoinnissa. (Glynn ym. 2010)

TAULUKKO 2. Eri proteiinivalmisteiden välttämättömien aminohappojen pitoisuuksia, Total BCAAs = haaraketjuiset aminohapot, Total EAAs = välttämättömät aminohapot (Bucci & Unlu 2000)

ESSENTIAL AMINO ACID	MILK PROTEIN ISOLATE	WHEY PROTEIN ISOLATE	WHEY PROTEIN HYDROL.	CASEIN	SOY PROTEIN ISOLATE	EGG PROTEIN
Isoleucine	4.4	6.1	5.5	4.7	4.9	5.7
Leucine	10.3	12.2	14.2	8.9	8.2	8.4
Lysine	8.1	10.2	10.2	7.6	6.3	6.8
Methionine	3.3	3.3	2.4	3.0	1.3	3.4
Phenylalanine	5.0	3.0	3.8	5.1	5.2	5.8
Threonine	4.5	6.8	5.5	4.4	3.8	4.6
Tryptophan	1.4	1.8	2.3	1.2	1.3	1.2
Valine	5.7	5.9	5.9	5.9	5.0	6.4
Total BCAAs	20.4	24.2	25.6	19.5	18.1	20.4
Total EAAs	42.7	49.2	49.8	40.7	36.0	42.3

Kuvassa 16 on esitetty hera – ja soijaproteiinien vaikutus plasman haaraketjuisten aminohappojen pitoisuuksiin lepotilanteessa. Morifujin ym (2010) vertailussa oli proteiinilähteitä, jotka sisälsivät joko kokonaista hera – tai soijaproteiinia tai hera - ja soijaproteiinihydrolysaatteja. Suurimman ja nopeimman vasteen plasman aminohappopitoisuudessa ja plasman haaraketjuisten aminohappojen pitoisuudessa saivat aikaan heraproteiinihydrolysaatit ja kokonaiset heraproteiinit. (Morifuji ym 2010).

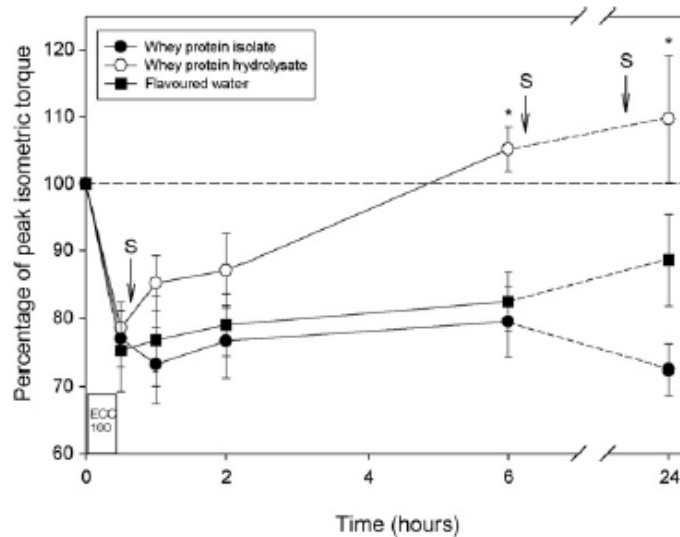


KUVA 16. Hera- ja soijaproteiinien sekä hydrolysaattien vaikutus plasman haaraketjuisten aminohappojen pitoisuuksiin lepotilanteessa. (Morifuji ym. 2010).

Tang ym. 2008 osoitti, että hera on tehokkaampi proteiini kuin soija tai kaseiini lihaksen proteiinisynteesiin kasvattajana niin levossa kuin voimakuormituksen jälkeen vähintään kolme tuntia proteiinin nauttimisen jälkeen. Myös pidempiaikaiset tutkimukset ovat osoittaneet heran olevan tehokkaampi lihaksen proteiinisynteesin kasvattaja ja sitä kautta suuremman lihaksen hypertrofian stimuloija kuin soija tai kaseiini. Toisaalta on myös tutkimuksia, joissa proteiinin laadulla ei ollut vaikutusta tuloksiin. (Hulmi 2010)

Vaikutus palautumiseen. Eri proteiinilähteiden merkitystä palautumiseen on tutkittu varsin vähän, sillä palautumistutkimuksissa vertailuryhminä on yleisimmin käytetty joko hiilihydraattiryhmää (Hoffman 2010, Cooke ym. 2010, Cockburn 2008) tai energiatonta ravintolisäryhmää (Buckley ym. 2010). Buckley ym. (2010) tutkimuksessa eksentrisen voimaharjoituksen jälkeistä palautumisesta verrattiin kokonaista heraproteiinia, heraproteiinihydrolysaattia ja energiatonta plaseboa (kuva 17). Näistä heraproteiinihydrolysaat-

tiryhmän suorituskyky isometrisessä maksimivoimatestissä palautui merkitsevästi nopeammin kuin muiden ryhmien.



KUVA 17. Kokonaisten heraproteiinien, heraproteiinihydrolysaattien ja veden vaikutus isometrisen maksimivoiman palautumiseen eksentrisen voimaharjoituksen jälkeen. (Buckley ym. 2010)

Onkin mahdollista, että koska proteiinin laadulla on tutkitusti merkitystä kuormituksen proteiinin synteesissä ja hajotuksessa (mm. Tang ym. 2008), on proteiinin laadulla merkitystä myös eri kuormituksista palautumiseen. (Hulmi 2010).

4.2. Heraproteiinin muut vaikutukset

Heraproteiinilla on positiivisia vaikutuksia rasituksen jälkeiseen hiilihydraattiaineenvaihduntaan stimuloimalla lihaksen glukoosin ottoa ja glykogeenin muodostumista. (Manninen 2009) Heran sisältämällä bioaktiivisilla yhdisteillä kuten laktoferrini, laktoferrisiini ja lysotsyymiin saattavat vaikuttaa positiivisesti immuunisysteemiin ja voivat sitä kautta olla hyödyllisiä urheilijoilla esimerkiksi kovan harjoitusjakson aikana. Immuni- teetin lisäksi heran proteiineilla on glykomakropeptidien kautta mahalaukun terveyttä edistäviä vaikutuksia. (Ha & Zemel 2003). Herassa on myös paljon vitamiineja ja mine- raaleja (Hoffman & Falvo 2004) ja antioksidanteja kuten laktoferrini ja laktoferrisiini. (Ha & Zemel 2003). Hall ym. 2003 tutkimus osoitti heraproteiinin nauttimisen lisäävän kylläisyyden tunnetta enemmän kuin kaseiiniproteiinin ja heran sisältämä suuri määrä kalsiumia voi lisätä lipolyysiä ja sen avulla vähentää kehon rasvamäärää. (Ha & Zemel 2003).

5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT

Tutkimuksen tarkoitus oli selvittää proteiinilisän vaikutusta 12 vuorokauden intensiivisestä harjoittelujaksosta palautumiseen teholajien urheilijoilla. Tutkimusasetelmassa proteiinilisäryhmää (proteiininsaannin suunnitelma 3 g/painokilo/vrk; puolet normaaliravinnosta ja puolet proteiinilisästä) verrattiin plaseboryhmään, jolla päivittäinen proteiininsaanti on normaalin ravinnon kautta urheilijoiden yleisten suositusten mukainen (suunnitelma 1,5 g/painokilo/vrk). Tarkoituksena oli selvittää, muuttaako proteiinilisä harjoittelujakson akuutteja vasteita ja palautumista sekä onko mahdollisista muutoksista hyötyä urheilijan suorituskykyyn.

Tutkimusongelmat:

1. Miten proteiinilisä vaikuttaa hermolihasjärjestelmän suorituskyvyn palautumiseen 12 vuorokauden intensiivisen harjoittelujakson aikana ja jälkeen?

Hypoteesi: Proteiinilisä nopeuttaa harjoittelujakson jälkeistä maksimi- ja nopeusvoimantuottokyvyn palautumista.

Perustelu: Useat tutkimukset ovat osoittaneet, että proteiinilisä voi nopeuttaa suorituskyvyn palautumista niin yksittäisissä voimaharjoituksissa (mm. Cockburn 2008), kuin pidemmällä harjoittelujaksoilla (mm. Cooke ym. 2010). Proteiinilisällä on lisäksi osoitettu olevan positiivisia vaikutuksia suorituskykyyn, vaikka proteiininsaanti olisi jo normaalin ravinnon kautta suurta. (Witard ym. 2011).

2. Miten proteiinilisä vaikuttaa veren aminohappopitoisuuksiin ja niiden palautumiseen 12 vuorokauden intensiivisen harjoittelujakson aikana ja jälkeen?

Hypoteesi: Proteiinilisä nostaa akuutisti veren aminohappopitoisuuksia, mutta lepotason aminohappopitoisuuksiin proteiinilisällä ei ole vaikutusta.

Perustelu: Yksittäisen proteiini- tai aminohappoannoksen on osoitettu nostavan akuutisti veren aminohappopitoisuuksia niin lepotilanteessa kuin voimakkuormituksen yhteydessä. (Mero ym. 2008, 2009). Täysin vastaavalla asetelmalla tehtyä tutkimusta ei ole, mutta

aiempien harjoittelututkimusten perusteella näyttäisi, että tässä tutkimuksessa käytettävä proteiinin saanti (1,5 g / painokilo / vrk) on riittävä ylläpitämään lepotason aminohappopitoisuuksia etenkin lyhyellä harjoitusjaksolla.

3. Miten proteiinilisä vaikuttaa veren hormonipitoisuuksiin ja niiden palautumiseen 12 vuorokauden intensiivisen harjoittelujakson aikana ja jälkeen?

Hypoteesi: Proteiinilisä nostaa lepotason testosteronipitoisuuksia, mutta ei vaikuta lepotason kortisolipitoisuuksiin. Voimaharjoituksen yhteydessä proteiinilisä vähentää testosteronipitoisuuden akuuttia nousua. Voimaharjoituksen akuutteihin kortisolivasteisiin proteiinilisällä ei ole vaikutusta.

Perustelu: Proteiinilisän on osoitettu nostavan lepotason testosteronipitoisuutta useita viikkoja kestäväen voimaharjoittelujakson aikana ja samanaikaisesti proteiinilisällä ei ole ollut vaikutusta lepotason kortisolipitoisuuteen. (Kraemer ym. 2009, Sharp & Pearson 2010). Proteiinilisä vaikuttaa voimaharjoituksen akuutteihin testosteronivasteisiin vähentämällä voimaharjoituksen aiheuttamaa testosteronipitoisuuden nousua. (mm. Hulmi ym. 2005) Kortisolipitoisuuksiin proteiinilisällä ei ole akuuttia vaikutusta voimaharjoituksen yhteydessä (Hulmi ym. 2005).

4. Miten proteiinilisä vaikuttaa lihasarkuuteen ja palautumisen kokemiseen 12 vuorokauden intensiivisen harjoittelujakson aikana ja jälkeen?

Hypoteesi: Proteiinilisä vähentää lihasarkuutta ja vaikuttaa positiivisesti palautumistuntemuksiin harjoittelujakson jälkeen.

Perustelu: Proteiinilisän on osoitettu vähentävän kovan voimaharjoituksen aiheuttamaa lihasarkuutta (Buckley ym. 2010) ja myös nopeuttavan lihassoluvaurioiden palautumista, joita on arvioitu lihassoluproteiinien: kreatiiniikinaasin, laktaattidehydrogenaasin tai myoglobiinin pitoisuuksien avulla. (Baty ym. 2007, Cockburn 2008, Sharp ym. 2010).

6 MENETELMÄT

6.1. Koehenkilöt

Koehenkilöinä oli 16 miestä, jotka olivat kansallisen tason teholajien urheilijoita. Lajeina heillä oli yleisurheilu (n=13) ja pesäpallo (n=3). Yleisurheilijoista suurin osa oli pikajuoksijoita (n=7, 100m:n ennätykset 10,54 – 11,40s, keskiarvo 10,98s) Mukana oli myös heittolajien urheilijoita (n=3) ja hyppylajien urheilijoita (n=3). Koehenkilöiden taustatiedot ovat esitetty taulukossa 3. Ennen tutkimusjakson alkua koehenkilöt lukivat koehenkilötiedotteen ja allekirjoittavat suostumuksensa tutkimukseen osallistumisesta (liite 1). Tutkimus oli saanut Jyväskylän yliopiston Eettisen toimikunnan hyväksymän lausunnon.

TAULUKKO 3. Koehenkilöiden taustatiedot.

	Proteiinilisäryhmä (n=8)	Plaseboryhmä (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 (%) ^a	13,0 ± 1,9	14,4 ± 2,4
Kevennyshyppy (cm)	55,6 ± 6,0	56,3 ± 5,1
Lajitausta:		
Pikajuoksu	n = 4	n = 3
Hyppylaji (pituus/seiväs)	n = 2	n = 1
Heittolaji (keihäs/kuula)	n = 1	n = 2
Pesäpallo	n = 1	n = 2

^a rasvaprosentti laskettu neljän ihopoimun mittauksilla (Durnin & Womersley 1967).

6.2. Koeasetelma

Koehenkilöt jaettiin satunnaisesti kahteen ryhmään: proteiinilisäryhmään (PRO, n = 8) ja plasebo-ryhmään (PLA, n = 8). Tutkimus toteutettiin kaksoissokkokeena ja se suoritettiin kolmella eri paikkakunnalla: Jyväskylässä (n = 4), Oulussa (n = 6) ja Raahessa (n = 6). Marraskuun ja joulukuun aikana 2011 koehenkilöt toteuttivat 12 vuorokauden harjoittelujakson, jonka aikana he tekivät alkumittausten jälkeen yhteensä kolme korkeaintensiivistä harjoitusta: nopeusharjoitus, maksimivoimaharjoitus ja hypertrofinen maksimivoimaharjoitus. Harjoittelujakson viimeisen harjoituksen jälkeen koehenkilöiden palautumista seurattiin neljän vuorokauden ajan.

Harjoitukset

Kaksi vuorokautta alkumittausten jälkeen alkoi varsinainen harjoittelujakso. Harjoitusten sisältö on kuvattu taulukossa 4. Ensimmäinen harjoitus oli nopeusharjoitus, joka sisälsi 20 minuutin verryttelyn jälkeen kolme sarjaa neljä kertaa 40m:n juoksua. Palautus juoksujen välissä oli kolme minuuttia ja sarjojen välissä kuusi minuuttia. Ensimmäinen sarja juosti lenkkareilla vauhdin ollessa 90 – 95 % vetomatkan ennätyksestä ja kaksi viimeistä sarjaa piikkareilla kovemmallalla vauhdilla (95 – 98 %). Juoksunopeutta kontrolloitiin valokennojen avulla (Newtest Oy, Oulu). Nopeusharjoituspäivää seurasi yksi lepopäivä, jonka jälkeen oli vuorossa maksimivoimaharjoitus. Se sisälsi kolme liikettä: rinnalleveton, jalkaprässin ja polven koukistuksen. Rinnallevetoa tehtiin kolme sarjaa kolmella toistolla (3RM eli kolmostoistomaksimi) 90 %:lla ykköstoistomaksimista. Jalkaprässi tehtiin myös kolme sarjaa kolme toistoa 95 %:lla ykköstoistomaksimista. Viimeisenä liikkeenä oli polven koukistus, jota tehtiin kaksi sarjaa kahdeksalla toistolla. Palautus sarjojen ja liikkeiden välillä oli kolme minuuttia. Maksimivoimaharjoituksen jälkeen oli myös yksi lepopäivä ja viimeisenä harjoituksena oli hypertrofinen voimaharjoitus, joka sisälsi samat voimaliikkeet kuin maksimivoimaharjoituksessa, mutta toistoja oli sarjoissa kymmenen (10RM) ja palautus sarjojen välissä oli aina kaksi minuuttia. Hypertrofisen voimaharjoitus sisälsi myös mittauksia, joista lisää kohdassa 6.3. Aineiston keräys.

TAULUKKO 4. Harjoitusten sisältö.

Nopeusharjoitus (NH)	Maksimivoimaharjoitus (MH)	Hypetr. voimaharjoitus (HH)
3x4x40m	Rinnalle veto 3x3RM	Rinnalle veto 3x10RM
(palautus 3 min / 6 min)	Jalkaprässi 4x3RM	Jalkaprässi 4x10RM
	Polven koukistus 2x8RM	Polven koukistus 2x10RM
	(palautus 3 min)	(palautus 2 min)

Ravintolisät

Tutkimusjakson jokaisena päivänä koehenkilöt nauttivat neljä kertaa vuorokaudessa ravintolisäjuoman (Manninen Nutraceuticals Oy, Oulu) niin, että harjoituspäivinä (taulukko 5) ensimmäinen annos otettiin aamupalan yhteydessä, toinen 30 minuuttia ennen harjoitusta, kolmas heti harjoituksen jälkeen ja viimeinen iltapalan yhteydessä. Lepopäivinä ensimmäinen annos otettiin aamupalan, toinen lounaan, kolmas päivällisen ja neljäs iltapalan yhteydessä.

TAULUKKO 5. Ravintolisäjuomien nauttimisajankohdat harjoitus- ja lepopäivinä.

	Harjoituspäivä	Lepopäivä
1. annos	klo 9	klo 9
2. annos	klo 13.30 (puoli tuntia ennen harjoitusta)	klo 12
3. annos	klo 15.30 (heti harjoituksen jälkeen)	klo 17
4. annos	klo 20	klo 20

Proteiiniryhmän ravintolisäjuoma sisälsi pääosin proteiinia (kerta-annoksena 27,6 g) ja plaseboryhmän ravintolisäjuoma sisälsi pääosin hiilihydraattia (maltodekstriiniä, kerta-annoksena 29,6 g). Taulukossa 6 on esitetty ravintolisäjuomien ravintosisältö. Proteiiniravintolisän tarkka ravintosisältö on esitetty liitteessä 2.

TAULUKKO 6. Proteiinilisän 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

Normaalin ravinnon ja 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 ravintolisäjuomat makeutettiin kaakaojauheella niin, että proteiiniravintolisän ja hiilihydraattiravintolisän maussa ei ollut merkittävää eroa.

Ruokapäiväkirja

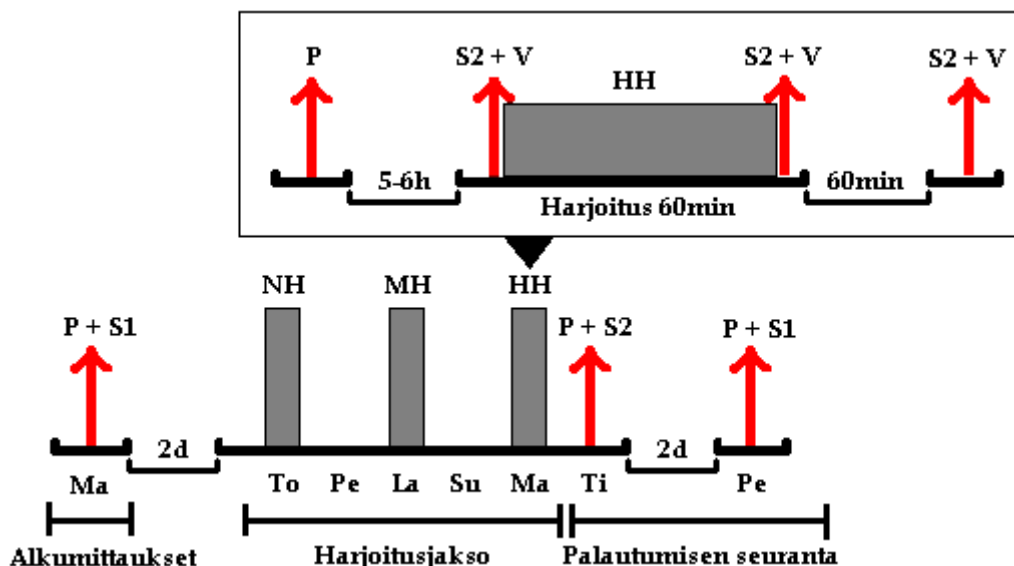
Koehenkilöt harjoittelivat valvotusti ja pitivät sekä harjoituspäiväkirjaa että ruokapäiväkirjaa (ruoka- ja liikuntapäiväkirja, LIITE 3). Ruokapäiväkirjaan kirjattiin päivän kaikki syödyt ruuat ja juomat sekä aamulla mitattu paastotilan kehonpaino. Koehenkilöt täyttivät ruokapäiväkirjaa ennen harjoittelujaksoa kolmen päivän ajan, joista kaksi oli arkipäivää ja yksi viikonlopun päivä. Ruokapäiväkirja analysoitiin Nutri Flow -ohjelmalla ja ohjelman avulla annettiin palaute ja ohjeet ruokailuun harjoittelujakson ajalle. Ravinto-ohjeet perustuivat yleisiin suomalaisiin ravitsemussuosituksiin (Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2005) ja voima- ja teholarajien urheilijoiden ravintosuosituksiin (Slater & Phillips 2011). Poikkeuksena yleisistä ravitsemussuosituksista oli proteiinin saanti, joka

oli tutkimuksessa molemmilla ryhmillä normaalista ravinnosta urheilijoiden ravitsemussuosituksen mukainen 1,5g / painokilo / vrk (Phillips ym. 2004, 2007). Tämä on korkeampi kuin yleisten ravitsemussuosituksen mukainen proteiininsaanti 0,8g / painokilo / vrk. Koehenkilöt täyttivät ruokapäiväkirjaa koko tutkimusjakson ajan eli yhteensä 12 vuorokautta.

6.3. Aineiston keräys

Hermolihasjärjestelmän suorituskyky

Hermolihasjärjestelmän suorituskykyä mitattiin nopeus-, nopeusvoima- ja maksimivoimatesteillä. Koehenkilöt suorittavat hermolihasjärjestelmän suorituskyvyn mittaukset yhteensä kuusi kertaa (kuva 18, S1 = kaikki suorituskykymittaukset, S2 = suorituskykymittaukset ilman nopeustestiä) lukuun ottamatta nopeustestiä, joka tehtiin loukkaantumisriskin minimoimiseksi vain alku- ja loppumittauksissa. Hermolihasjärjestelmän suorituskykyä mitattiin ennen harjoittelujakson alkua, ennen hypertrofista voimaharjoitusta, heti ja tunti hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen, vuorokausi hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen sekä neljä vuorokautta hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen. Alku- ja loppumittauksissa suorituskykymittausten suoritusjärjestys oli niin, että ensin nopeustesti, sitten nopeusvoimatestit ja viimeisinä maksimivoimatesti ja muissa mittauksissa suoritusjärjestys oli: nopeusvoimatestit ja sen jälkeen maksimivoimatesti.



KUVA 18. Mittausasetelma, P = paastoverinäyte (verinäyte aamulla), S1 = kaikki suorituskykymittaukset, S2 = suorituskykymittaukset ilman nopeustestiä, V = verinäyte, NH = nopeusharjoitus, MH = maksimivoimaharjoitus, HH = hypertrofinen voimaharjoitus.

Nopeustestinä oli 20m:n juoksu 10m:n kiihdytyksellä. Koehenkilöt saivat suorittaa omaoimisen 20 minuutin verryttelyn ennen nopeustestin alkua. Verryttely sisälsi kevyttä hölkkää, aktiivista venyttelyä ja kiihdytysjuoksua. Nopeustesti suoritettiin lähtemällä pystyasennosta omasta lähdöstä. Testi suoritettiin alku- ja loppumittauksissa kolme kertaa ja nopein juoksu kummastakin mittauksesta kirjattiin tulokseksi. Palautumisaika juoksujen välillä oli pitkä eli 6 - 9 minuuttia. Juoksu aika mitattiin valokennoilla (Newtest Oy, Oulu) 0,01 sekunnin tarkkuudella. Jalkineina nopeustesteissä käytettiin piikka-reita.

Nopeusvoimatesteinä oli kevennyshyppy sekä kevennyshyppyt lisäpainoilla (20, 40 ja 60kg). Kevennyshyppy suoritettiin kädet lantiolla ja esikevennyks suoritettiin polvikulmalla, jolla koehenkilöt olivat tottuneet kevennyshyppyjä hyppäämään. Koehenkilöt suorittivat mittauksissa kolme hyppyä minuutin palautuksella ilman lisäkuormaa. Kevennyshyppyt lisäpainoilla suoritettiin levytanko niskan takana. Lisäpainohyppyissä koehenkilöille sallittiin kaksi yritystä jokaista lisäpainoa kohden. Nopeusvoimatestien suoritusjärjestys oli aina 1. kevennyshyppy, 2. kevennyshyppy 20kg:n lisäpainolla, 3. kevennyshyppy 40kg:n lisäpainolla ja 4. kevennyshyppy 60kg:n lisäpainolla.

Maksimivoimatestinä oli jalkaprässin ykköstoistomaksimi (1RM). Se suoritettiin järjestyksessään aina viimeisenä suorituskykymittauksista. Vaikka muut testit toimivat samalla valmistavana suorituksena maksimivoimatestille, suoritettiin maksimivoimatesteissä 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 suoritettiin heti nopeusvoimatestien jälkeen. Polvikulma jalkaprässin ykkösmaksimitestissä oli 70 astetta.

Verinäytteet

Laskimoverinäytteet otettiin neljä kertaa aamuisin paastoverinäytteenä (kuva 7): alkumittauksessa, ennen hypertrofista voimaharjoitusta, ensimmäisenä palautumispäivänä ja loppumittauksissa. Laskimoverinäyte otettiin myös ennen hypertrofista voimaharjoitusta, heti ja tunti harjoituksen jälkeen ja sen lisäksi sormenpääverinäyte otettiin laktaatin määrittämistä varten viimeisen harjoituksen eli hypertrofisen voimaharjoituksen yhteydessä kolme kertaa: ennen hypertrofista voimaharjoitusta, heti ja tunti harjoituksen jälkeen.

Mittaukset hypertrofisen voimaharjoituksen yhteydessä

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, joiden ravintosisältö oli kontrolloitu (liite 4). Koehenkilöt tekivät hypertrofisen voimaharjoituksen klo 14 - 17 välillä. Ennen hypertrofista voimaharjoitusta koehenkilöiltä otettiin laskimo- ja sormenpääverinäyte ja koehenkilöt tekivät suorituskykymittaukset (kevennyshyppy, kevennyshyppy lisäpainoilla ja jalkaprässi 1RM). Voimaharjoituksen aikana koehenkilöiden piti nauttia 3 dl vettä. Välittömästi hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen sekä tunti harjoituksen jälkeen koehenkilöiltä otettiin samat verinäytteet ja koehenkilöt tekivät samat suorituskykymittaukset kuin ennen harjoitusta. Koehenkilöt nauttivat ravintolisän, joka oli sekoitettu 3dl:n vettä, aamupalan jälkeen, 30 minuuttia ennen harjoituksen alkua, 10 minuuttia harjoituksen jälkeen sekä illalla iltapalan yhteydessä. Hypertrofisen voimaharjoituspäivän kulku ja ravintosisältö on kuvattu liitteessä 4.

6.4. Aineiston analysointi

Verinäytteet

Verinäytteiden jatkokäsittelystä Liikuntabiologian laitoksella vastasi kokenut laboratori-onhoitaja ja hän myös otti verinäytteet Jyväskylässä tehdyissä mittauksissa. Verinäytteet Oulussa ja Raahessa otti sairaanhoitaja, joka vastasi näytteiden jatkokäsittelystä ja lähettämisestä Jyväskylään. Aminohappoanalyysit tehtiin yhteistyössä Oulun ja Kuopion yliopistojen kanssa, muut analyysit tehtiin Liikuntabiologian laitoksella Jyväskylässä.

Laskimoverinäytteet. Laskimoverinäytteitä otettiin käsivarren laskimosta 2ml ja 3,5ml vakuumpiputkiin. Seeruminäytteet sentrifugoitiin 10min 3500 rpm, jonka jälkeen niitä säilytettiin -20 C°:ssa kuljetukseen ja analysointiin asti. Hormonipitoisuudet määritettiin seerumista Immulite 1000 -analysaattorilla (Siemens Medical Solutions Diagnostics, 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 %. Kreatiinikinaasipitoisuus määritettiin seerumista Vitros DT60 - analysaattorilla (Ortho-Clinical Diagnostics, Inc., Rochester, NY, USA). Aminohappoanalyysi tehtiin Kuopion yliopistossa protoni NMR spektroskopiamenetelmällä. Analyysiin tarvittiin näytettä kohden seerumia 500 mikrolitraa ja analyysi suoritettiin SampleJet – laitteella (Bruker BioSpin GmbH, Saksa). Menetelmällä analysoitiin kahdeksan eri aminohapon pitoisuudet seerumista: haaraketjuiset aminohapot (leusiini, isoleusiini ja valiini) sekä glutamiini, alaniini, tyrosiini, histidiniini ja fenyylialanyini.

Sormenpäöverinäytteet. Verinäytteet laktaatin analysoimiseksi otettiin sormenpäältä hepariiniputkeen, joita säilytettiin eppendorf -putkissa analysointiin asti. Analysointi suoritettiin Biosen C-line-analysaattorilla (Fennolab, Vantaa, Finland).

Kevennyshyppy

Kevennyshyppyjen nousukorkeuden määrittämisessä käytettiin Newtest Oy:n (Powertimer 300) keskusyksikköä ja kontaktimattoa. Se laskee hyppyjen nousukorkeudet lentoajasta kaavalla $gt^2 / 8$. Kevennyshyppyjen tulokset ilmoitettiin 0,1 cm:n tarkkuudella.

Lihasarkeus- ja palautumistuntemukset

Lihasarkeus- ja palautumistuntemuksia koehenkilöt arvioivat päivittäin ensimmäisestä harjoituspäivästä lähtien aina loppumittauspäivään asti. Arviointi tehtiin aamupäivisin ja siihen käytettiin 100mm:n VAS- janaa (liite 5). Visual Analog Scale (VAS) -janalle koehenkilöt merkitsivät rastian tuntemuksien mukaan ja tulokset saatiin mittaamalla rastian sijainti janalla.

6.5. Tilastollinen analysointi

Tilastolliset analyysit suoritettiin PASW Statistics 18 - (IBM, Armonk, NY, US) ja Microsoft Excel 2010 – ohjelmalla. Ryhmien välisessä vertailussa käytettiin riippumattomien otosten t-testiä ja ryhmien sisäisen vertailussa parittaista t-testiä. Lisäksi tutkittiin aminohappopitoisuuksien yhteyttä suorituskykyymuuttujiin käyttäen Pearsonin korrelaatioanalyysiä. Tutkimuksen tilastollisen merkitsevyyden raja oli $p \leq 0,05$. Tilastollisesti merkitseviä eroja on kuvattu symbolilla *, kun merkitsevä ero oli saman ryhmän kahden eri mittausajankohdan välillä ja symbolilla #, kun proteiini- ja plaseboryhmän välillä oli merkitsevä ero. Symbolien lukumäärä kuvaa merkitsevyyden suuruutta siten, että * = $p \leq 0.05$, ** = $p \leq 0.01$ ja *** = $p \leq 0.001$ ja # vastaavasti. Tulokset ovat esitetty keskiarvoina ja keskihajontoina (\pm SD).

7 TULOKSET

7.1. Ravinto

Taulukossa 7 on esitetty koehenkiöiden ruokapäiväkirjatulokset ennen harjoittelujaksoa ja sen ajalta. Tulokset sisältävät ravintolisäjuomista saadun ravinnon (taulukko 6). Harjoitusjakson aikana proteiinilisäryhmän proteiininsaanti oli tilastollisesti merkitsevästi korkeampi ($p < 0,001$) kuin plaseboryhmän ja plaseboryhmän hiilihydraatin saanti tilastollisesti merkitsevästi korkeampi kuin proteiiniryhmän ($p < 0,001$). Normaalin ravinnossa, eli ravinnossa ilman ravintolisiä, ryhmien välillä ei ole tilastollisesti merkitseviä eroja missään ravintomuuttujassa.

TAULUKKO 7. Koehenkilöiden ruokapäiväkirjatulokset ennen harjoittelujaksoa ja harjoittelujakson ajalta.

	PRO (n=8)		PLA (n=8)	
	Ennen	Aikana	Ennen	Aikana
E (kcal/day)	2931 ± 553	3254 ± 549	2782 ± 704	3001 ± 508
E (kcal/kg/day)	38,0 ± 8,1	41,6 ± 4,0	34,4 ± 6,8	37,4 ± 5,4
Prot (g/day)	169 ± 44	254 ± 34***#	157 ± 54	126 ± 32
Prot (g/kg/day)	2,2 ± 0,7	3,3 ± 0,4***#	1,9 ± 0,5	1,6 ± 0,3
CHO (g/day)	306 ± 97	328 ± 86	309 ± 75	404 ± 72***#
CHO (g/kg/day)	4,0 ± 1,3	4,2 ± 1,1	3,8 ± 0,8	5,0 ± 0,9***#
Fat (g/day)	106 ± 25	109 ± 26	98 ± 29	93 ± 20
Fat (g/kg/day)	1,4 ± 0,3	1,4 ± 0,2	1,2 ± 0,3	1,2 ± 0,2

* = tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,001$) ennen – tulokseen. # = tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,001$) PRO- ja PLA –ryhmän välillä.

7.2. Kuormitus

Koehenkilöiden nopeusharjoituksen juoksunopeudet on esitetty taulukossa 8. Suhteelliset juoksunopeudet saatiin vertaamalla alkumittausten juokсутuloksia nopeusharjoituksen juokсутuloksiin.

TAULUKKO 8. Suhteelliset juoksunopeudet nopeusharjoituksessa.

	PRO (n=8)	PLA (n=8)
1. Sarjan keskiarvo	91,2 ± 2,7	91,3 ± 2,0
2. Sarjan keskiarvo	95,7 ± 1,2	95,0 ± 2,0
3. Sarjan keskiarvo	98,2 ± 1,8	97,5 ± 1,4

Taulukossa 9 on esitetty maksimivoimaharjoituksen kuormat ja niiden suhteellinen osuus ykköstoistomaksimista ja taulukossa 10 on esitetty hypertrofisen voimaharjoituksen kuormat ja suhteelliset osuudet maksimista sekä toistot, jotka koehenkilöt pystyivät ilman avustusta suorittamaan.

TAULUKKO 9. Maksimivoimaharjoituksen kuormat ja suhteelliset osuudet ykköstoistomaksimista sekä kokonaistyömäärät eri sarjoissa.

	PRO (n=8)		PLA (n=8)	
	kg	%	kg	%
Rinnalleveto 1. sarja	87,5 ± 16,1	90,1 ± 1,5	89,4 ± 12,4	86,6 ± 4,0
Rinnalleveto 2. sarja	88,3 ± 16,3	90,9 ± 2,1	89,4 ± 12,4	86,6 ± 4,0
Rinnalleveto 3. sarja	89,6 ± 16,2	92,3 ± 3,3	90,0 ± 13,4	87,1 ± 4,8
Jalkaprässi 1. sarja	247,9 ± 32,6	92,4 ± 1,3	268,1 ± 44,4	91,0 ± 5,6
Jalkaprässi 2. sarja	255,0 ± 37,3	95,0 ± 4,8	273,1 ± 39,9	93,2 ± 3,3
Jalkaprässi 3. sarja	257,1 ± 35,5	96,0 ± 5,6	271,3 ± 36,8	92,6 ± 3,3
Jalkaprässi 4. sarja	257,9 ± 35,1	96,3 ± 5,6	267,5 ± 34,9	91,3 ± 5,1
Polven koukistus 1.sarja	45,0 ± 15,3	75,4 ± 5,4	41,3 ± 16,4	77,2 ± 9,9
Polven koukistus 2.sarja	44,3 ± 15,7	74,0 ± 5,3	41,3 ± 16,4	77,2 ± 9,9
Kokonaistyömäärä:				
(kuorma x sarja x toistot)				
Rinnalleveto (kg)	796 ± 147		806 ± 115	
Jalkaprässi (kg)	3081 ± 422		3237 ± 468	
Polven koukistus (kg)	712 ± 240		664 ± 256	

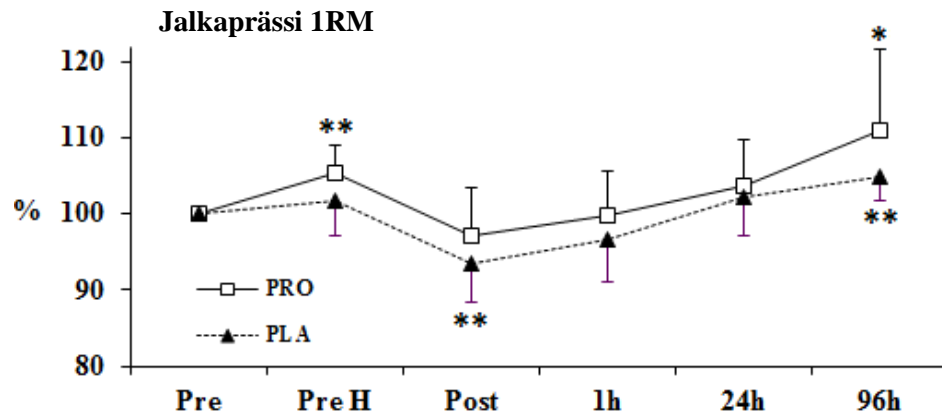
TAULUKKO 10. Hypertrofisen voimaharjoituksen kuormat, onnistuneet toistot ja suhteelliset osuudet ykköstoistomaksimista sekä kokonaistyömäärät eri sarjoissa.

	PRO (n=8)			PLA (n=8)		
	kg	toistot	%	kg	toistot	%
Rinnalleveto 1. sarja	69,2 ± 12,4	10,0 ± 0,0	71,5 ± 7,3	72,5 ± 10,0	9,9 ± 0,4	70,1 ± 3,3
Rinnalleveto 2. sarja	66,7 ± 13,3	10,0 ± 0,0	68,6 ± 5,8	70,6 ± 10,2	10,0 ± 0,0	67,9 ± 2,4
Rinnalleveto 3. sarja	65,0 ± 11,8	9,7 ± 0,5	68,6 ± 5,8	70,0 ± 10,4	9,5 ± 0,9	67,9 ± 2,4
Jalkaprässi 1. sarja	234,3 ± 33,0	8,3 ± 2,6	87,5 ± 6,4	243,8 ± 40,9	8,3 ± 2,5	83,1 ± 7,5
Jalkaprässi 2. sarja	222,9 ± 27,4	9,6 ± 1,1	83,3 ± 4,1	232,5 ± 41,5	9,5 ± 1,4	78,7 ± 7,3
Jalkaprässi 3. sarja	222,9 ± 30,3	10,0 ± 0,0	83,2 ± 5,0	232,5 ± 39,7	9,8 ± 0,7	78,8 ± 6,3
Jalkaprässi 4. sarja	217,5 ± 30,0	10,0 ± 0,0	82,4 ± 5,3	232,5 ± 38,6	9,9 ± 0,4	78,9 ± 6,1
Polven koukistus 1.sarja	41,4 ± 14,9	10,0 ± 0,0	69,0 ± 9,6	38,1 ± 17,9	10,0 ± 0,0	70,0 ± 11,3
Polven koukistus 2.sarja	40,7 ± 15,1	10,0 ± 0,0	67,9 ± 11,0	36,9 ± 17,9	9,6 ± 0,7	67,1 ± 12,1
Kokonaistyömäärä:						
Rinnalleveto (kg)	2010 ± 370			2220 ± 305		
Jalkaprässi (kg)	8271 ± 1152			8778 ± 1444		
Polven koukistus (kg)	820 ± 296			767 ± 359		

7.3. Hermolihasjärjestelmän suorituskyky

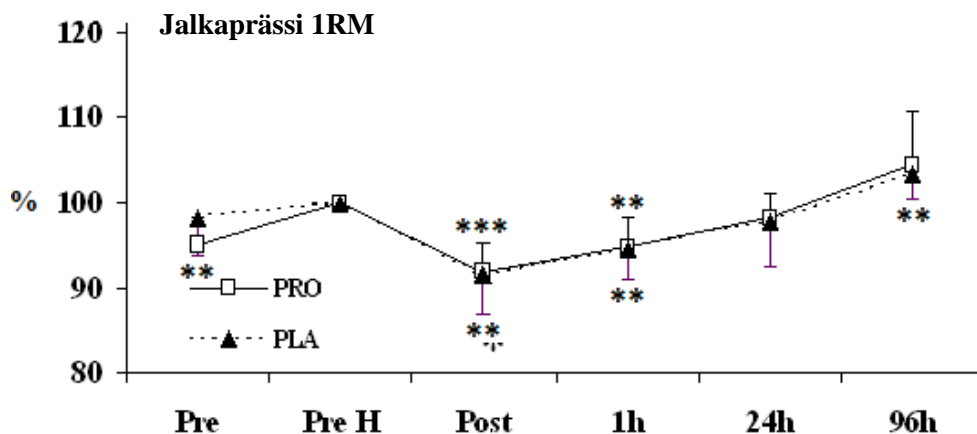
Jalkaprässin ykköstoistomaksimi

Jalkaprässin ykköstoistomaksimissa (1RM) ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja proteiini – ja plaseboryhmän välillä missään mittausajankohdassa (kuva 19 ja 20). Kun jalkaprässituloksia verrataan suhteellisesti alkumittausarvoon (kuva 19), proteiiniryhmällä jalkaprässitulos oli merkitsevästi korkeampi ennen hypertrofista harjoitusta ($p < 0,01$) ja myös korkeampi loppumittauksessa ($p < 0,01$) verrattuna alkumittaukseen. Plaseboryhmällä jalkaprässitulos oli tilastollisesti merkitsevästi alhaisempi ($p < 0,01$) hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen ja loppumittaustulos oli merkitsevästi korkeampi ($p < 0,01$) kuin alkumittaustulos.



KUVA 19. Jalkaprässin ykköstoistomaksimin suhteelliset tulokset alkumittaustulokseen (PRE) verrattuna. * = tilastollisesti merkitsevä ero alkumittaustulokseen. Pre = alkumittaus, Pre H = ennen hypertrofista harjoitusta, Post = heti hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen, 1h = tunti hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen, 24h = 24 tuntia hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen, 96h = 96 tuntia hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen.

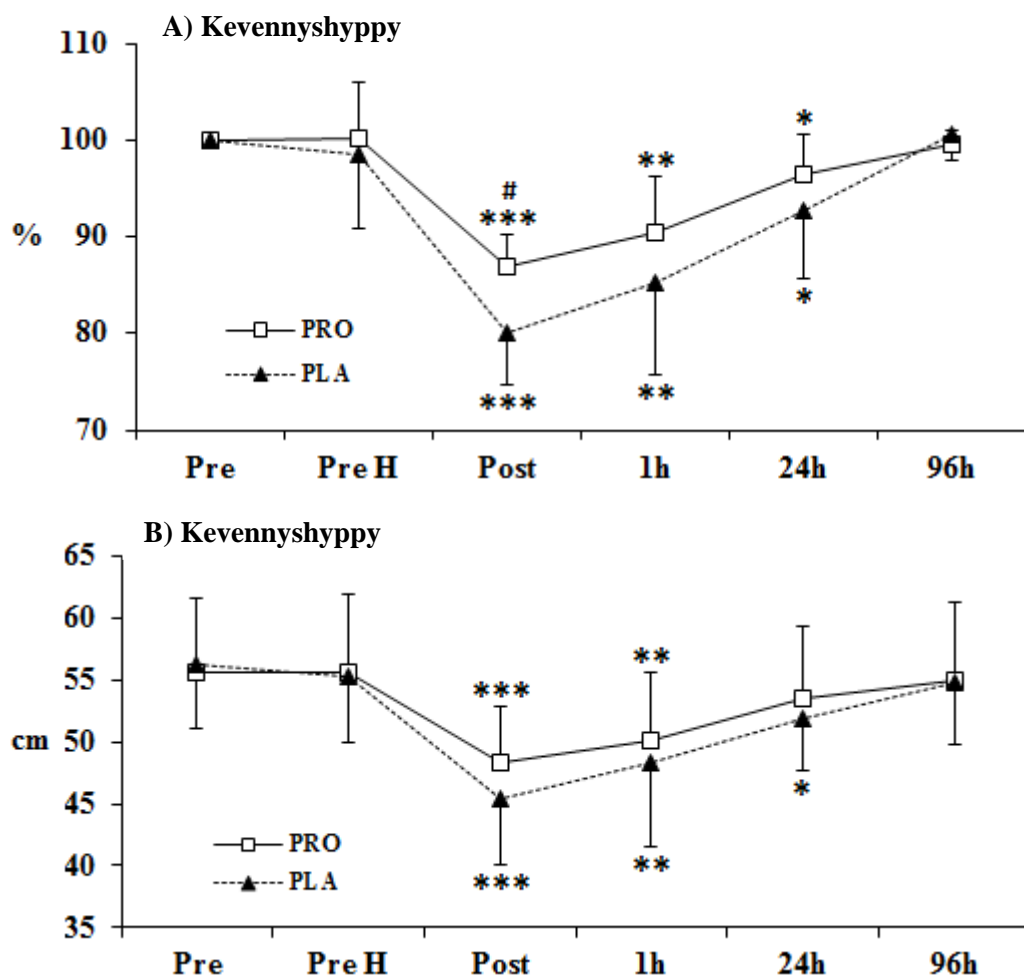
Kun jalkaprässituloksia verrataan suhteellisesti ennen hypertrofista harjoitusta mitattuun arvoon (kuva 20), jalkaprässitulokset laskevat tilastollisesti merkitsevästi (PRO: $p < 0,001$ ja PLA: $p < 0,01$) hypertrofisen voimaharjoituksen vaikutuksesta molemmissa ryhmissä ja on alentunut vielä tunti harjoituksen jälkeen ($p < 0,01$). Jalkaprässitulokset eivät enää vuorokausi hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen eroa ennen hypertrofista voimaharjoitusta mitatusta tuloksesta kummankaan ryhmän osalta.



KUVA 20. Jalkaprässin ykköstoistomaksimin suhteelliset tulokset ennen hypertrofista harjoitusta tulokseen (PRE H) verrattuna. * = tilastollisesti merkitsevä ero alkumittaustulokseen. Pre = alkumittaus, Pre H = ennen hypertrofista harjoitusta, Post = heti hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen, 1h = tunti hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen, 24h = 24 tuntia hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen, 96h = 96 tuntia hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen.

Kevennyshyppy

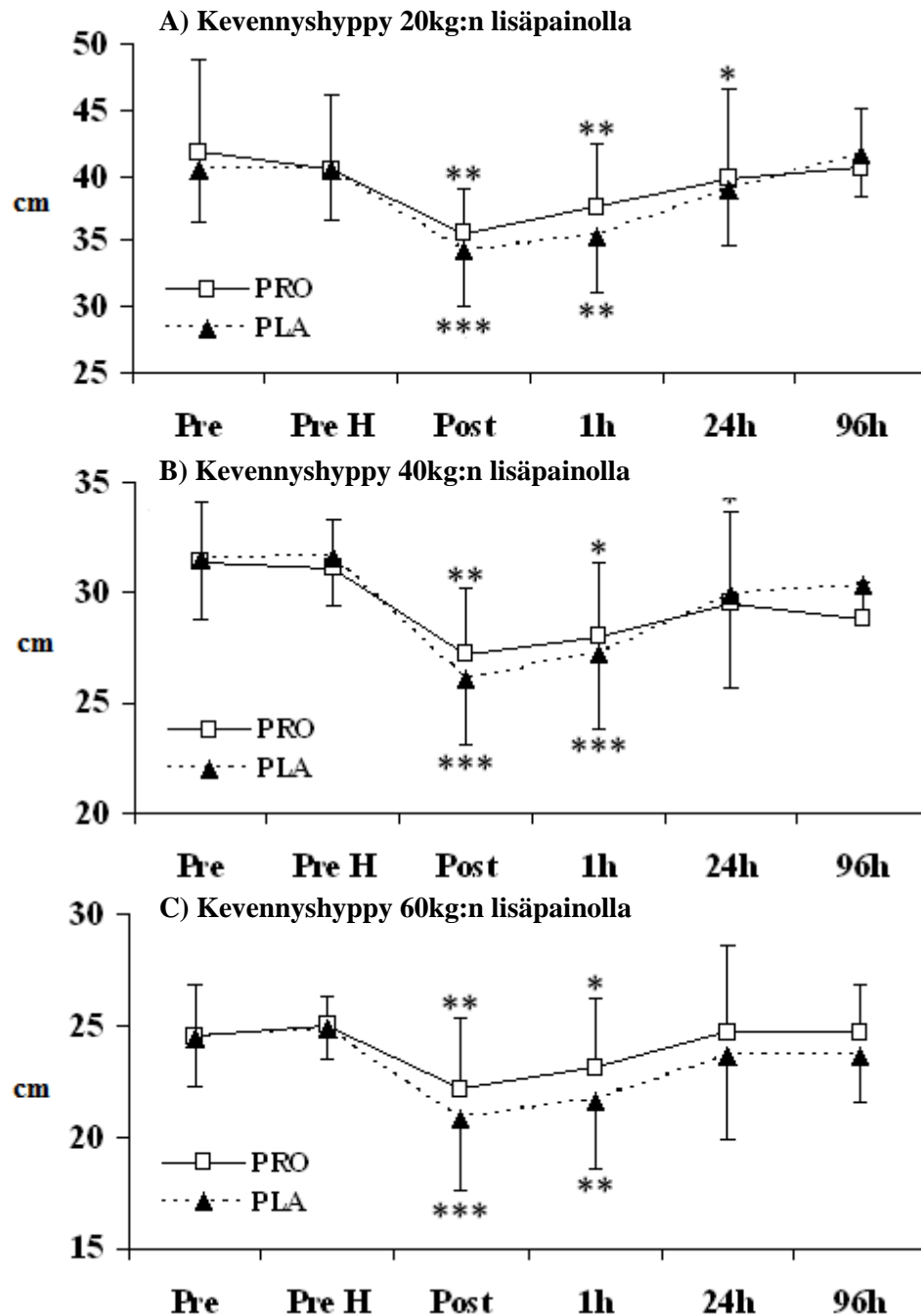
Kevennyshyppytulokset laski hypertrofisen voimaharjoituksen vaikutuksesta tilastollisesti merkitsevästi molemmissa ryhmissä ($p < 0,001$) ja lasku oli tilastollisesti merkitsevästi suurempaa plaseboryhmällä proteiiniiniryhmään verrattuna ($p < 0,01$), kun verrataan suhteellisia hyppytuloksia toisiinsa. (kuva 21A). Kun tuloksia tarkastellaan absoluuttisina arvoina (kuva 21B), ei ryhmien välillä ole tilastollisesti merkitseviä eroja, mutta 24 tuntia voimakuormituksen jälkeen proteiiniiniryhmän tulokset eivät erää tilastollisesti eroa alkumittausarvosta, kun taas plaseboryhmän tulokset ovat edelleen alkumittausarvoa alhaisemmat ($p < 0,05$).



KUVA 21A ja 21B. Kevennyshypyn A) suhteelliset ja B) absoluuttiset tulokset. * = tilastollisesti merkitsevä ero pre – tasoon verrattuna, # = tilastollisesti merkitsevä ero proteiini (PRO) - ja plaseboryhmän (PLA) välillä. Pre = alkumittaus, Pre H = ennen hypertrofista harjoitusta, Post = heti hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen, 1h = tunti hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen, 24h = 24 tuntia hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen, 96h = 96 tuntia hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen.

Kevennyshyppy lisäpainoilla

Kevennyshyppyt lisäpainoilla suoritettiin 20kg, 40kg ja 60kg:n lisäpainoilla. Proteiini ja plaseboryhmän välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja millään lisäpainokuormalla niin absoluuttisissa (kuva 22A, B ja C) kuin suhteellisissa tuloksissa.

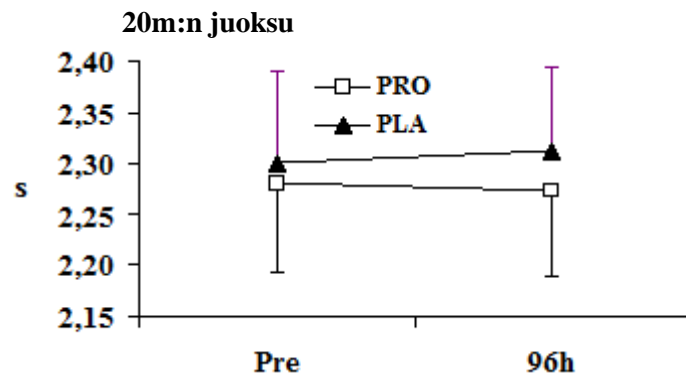


KUVA 22A, B ja C Kevennyshyppyt lisäpainoilla tulokset. A) 20kg:n lisäpaino, B) 40kg:n lisäpaino ja C) 60kg:n lisäpainotulokset. * = tilastollisesti ($p < 0,05$) merkitsevä ero pre – tasoon verrattuna. Pre = alkumittaus, Pre H = ennen hypertrofista harjoitusta, Post = heti hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen, 1h = tunti hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen, 24h = 24 tuntia

hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen, 96h = 96 tuntia hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen

20m:n juoksu

Juoksutestissä, joka suoritettiin vain alku- ja loppumittauksissa, proteiini- ja plaseboryhmän välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja eikä myöskään ryhmien sisäisiä eroja alku- ja loppumittauksissa (kuva 23).



KUVA 23. 20m:n juoksun tulokset. Pre = tulos alkumittauksissa, 96h = tulos 96 tuntia hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen.

7.3. Laktaattipitoisuus, hormonit ja kreatiinikinaasi

Laktaatti

Veren laktaattipitoisuus mitattiin ennen hypertrofista voimaharjoitusta, heti harjoituksen jälkeen ja tunti harjoituksen jälkeen (taulukko 11). Tunti hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen laktaattipitoisuus oli proteiiniryhmällä palautunut ennen harjoitusta - tasolle, mutta plaseboryhmällä laktaattipitoisuus oli tilastollisesti merkitsevästi korkeampi kuin ennen harjoitusta ($p < 0,001$) ja myös korkeampi proteiiniryhmään verrattuna ($p < 0,05$)

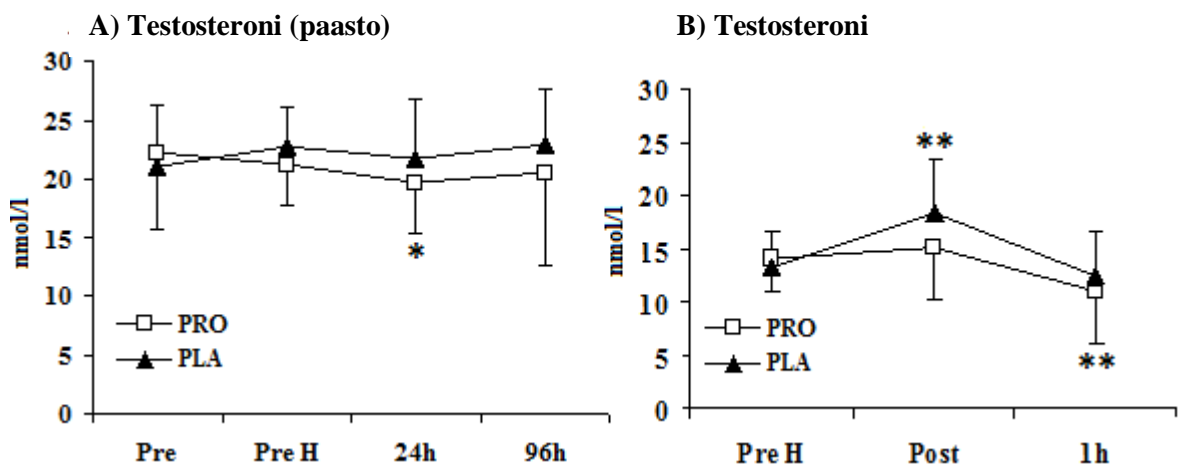
TAULUKKO 11. Laktaattipitoisuudet (mmol/l) ennen, heti jälkeen ja tunti jälkeen hypertrofisen voimaharjoituksen.

	PRO	PLA
Laktaatti ennen	1,6 ± 0,4	1,4 ± 0,2
Laktaatti heti jälkeen	13,3 ± 2,8*	14,5 ± 3,3*
Laktaatti tunti jälkeen	1,8 ± 0,5	2,3 ± 0,5#*

= tilastollisesti ($p < 0,05$) merkitsevä ero proteiini (PRO) - ja plaseboryhmän (PLA) välillä, * = tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,05$) alkumittausarvoon verrattuna

Testosteroni

Hormonivasteissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja proteiini- ja plaseboryhmän välillä testosteronin eikä kortisolin osalta. Kuvassa 24A on esitetty tulokset seerumin testosteronipitoisuudet paastomittauksissa ja kuvassa 24B on testosteronipitoisuudet ennen hypertrofista voimaharjoitusta, heti ja tunti jälkeen hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen. Hypertrofisen voimaharjoituksen vaikutuksesta plaseboryhmän testosteronipitoisuus nousi tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,01$), mutta tunti harjoituksen jälkeen laski jo ennen harjoitusta tasolle. Proteiiniryhmän testosteronipitoisuus ei sen sijaan noussut hypertrofisen voimaharjoituksen vaikutuksesta ja oli tilastollisesti merkitsevästi alhaisempi ($p < 0,01$) tunti jälkeen harjoituksen verrattuna ennen harjoitusta mittaukseen.

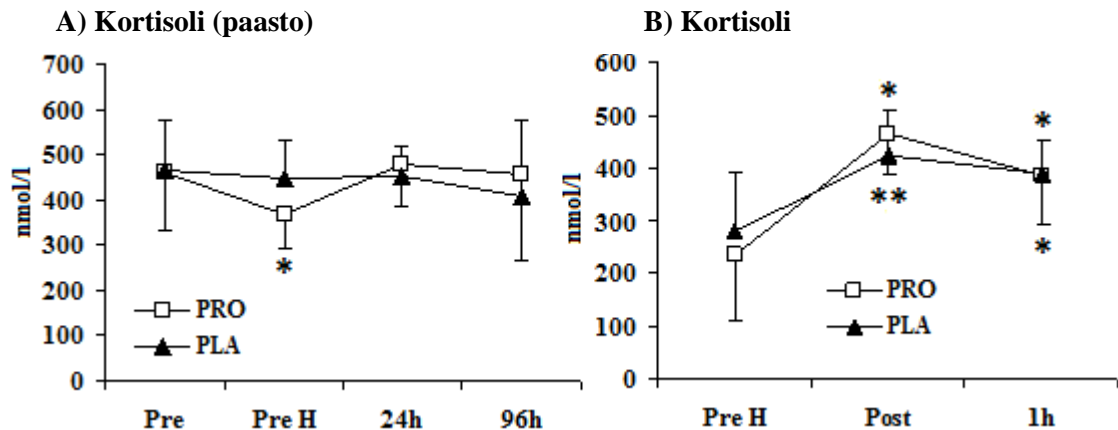


KUVA 24A ja 24B. Seerumin testosteronipitoisuudet A) paastomittauksissa, B) Hypertrofisen voimaharjoituksen yhteydessä * = tilastollisesti merkitsevä ero alkumittausarvoon. ($p < 0,05$). Pre = alkumittaus, Pre H = ennen hypertrofista harjoitusta, Post = heti hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen, 1h = tunti hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen, 24h = 24 tuntia hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen, 96h = 96 tuntia hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen.

Kortisoli

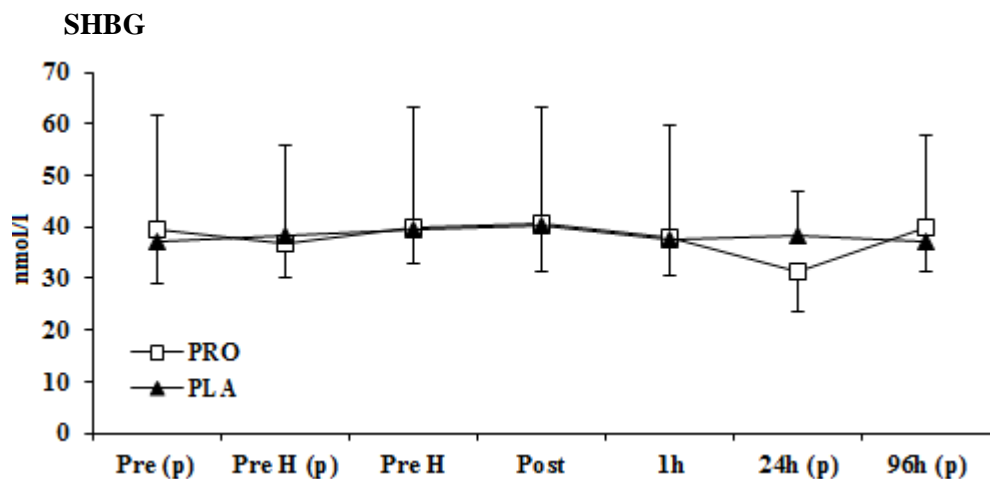
Kuvassa 25A on esitetty seerumin kortisolipitoisuudet paastomittauksissa ja kuvassa 25B seerumin kortisolipitoisuudet hypertrofisen voimaharjoituksen yhteydessä. Paastomittauksissa hypertrofisena voimaharjoituspäivän aamulla proteiiniryhmän kortisolipitoisuus oli tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,05$) alhaisempi kuin alkumittauspäivänä ja myös suuntaa-antavasti alhaisempi ($p = 0,081$) kuin plaseboryhmällä. Hypertrofisen voimaharjoitus sai aikaan tilastollisesti merkitsevän (PRO: $p < 0,01$ ja PLA: $p = 0,01$) kortisolipitoisuuden nousun molemmilla ryhmillä ja tunti harjoituksen jälkeen plasebo-

ryhmän ($p < 0,05$) ja proteiini-ryhmän ($p < 0,05$) kortisolipitoisuudet olivat vielä merkittävästi korkeampia kuin ennen harjoitusta.



KUVA 25A ja 25B. Seerumin kortisolipitoisuudet A) paastomittauksissa, B) hypertrofisen voimaharjoituksen yhteydessä * = tilastollisesti merkitsevä ero alkumittausarvoon.. Pre = alkumittaus, Pre H = ennen hypertrofista harjoitusta, Post = heti hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen, 1h = tunti hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen, 24h = 24 tuntia hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen, 96h = 96 tuntia hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen.

Kuvassa 26 on esitetty seerumin SHBG – pitoisuudet (SHBG = sex hormone binding globulin). SHBG – pitoisuuksissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä millään mittausajankohdalla. Myöskään ryhmien sisällä SHBG – pitoisuuksissa ei ollut merkitseviä eroja eri mittausajankohtien välillä.

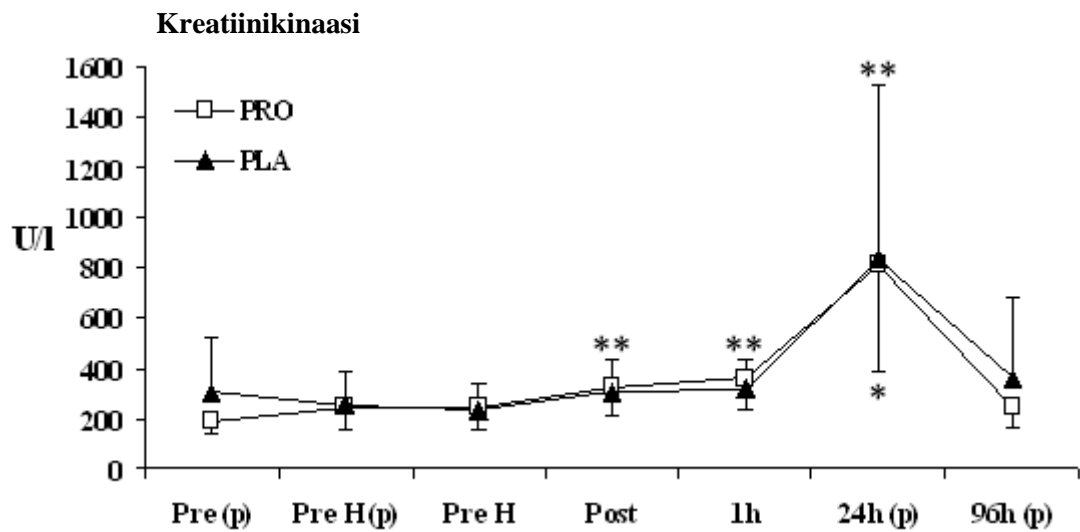


KUVA 26. SHBG - pitoisuus eri tutkimusjakson vaiheissa. Pre (p) = paastoverinäyte alkumittauspäivänä. Pre H (p) = paastoverinäyte hypertrofisena voimaharjoituspäivänä, Pre H = verinäyte ennen hypertrofista voimaharjoitusta, Post = heti jälkeen hypertrofisen voimaharjoituksen, 1h = tunti jälkeen hypertrofisen voimaharjoituksen, 24h (p) = paastoverinäyte 24 tuntia hypertrofi-

sen voimaharjoituksen jälkeen, 96h = paastoverinäyte 96 tuntia hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen.

Kreatiinikinaasi

Kreatiinikinaasipitoisuus kohosi hypertrofisen voimaharjoituksen vaikutuksesta ja pitoisuus oli korkeimmillaan molemmissa ryhmissä vuorokausi hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen (kuva 27). Loppumittauksissa kreatiinikinaasipitoisuus oli laskenut alkumittauksen tasolle molempien ryhmien osalta. Ryhmien välille ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja keskenään millään mittausajankohdalla.



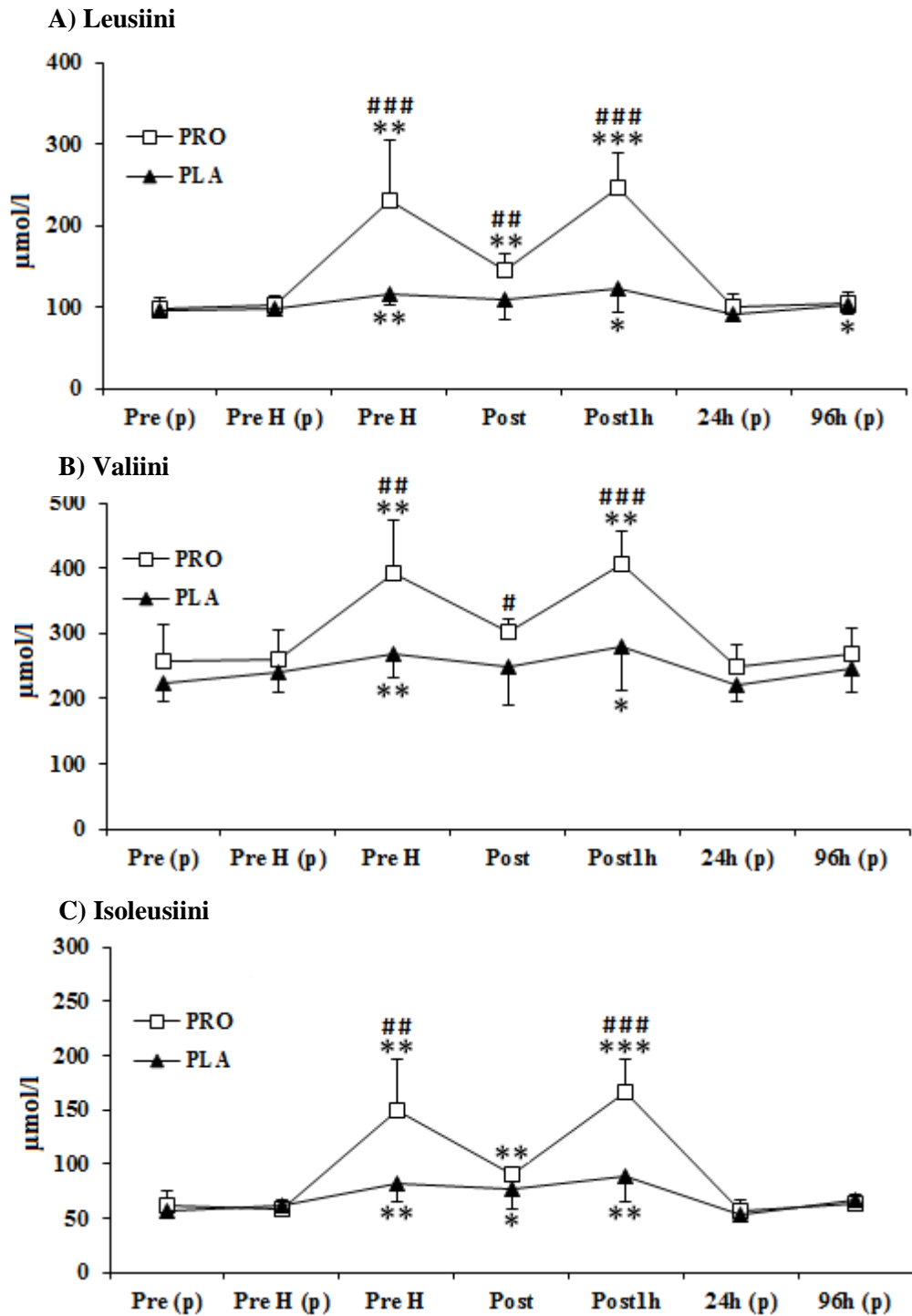
KUVA 27. Kreatiinikinaasipitoisuus (U/l eli yksikköä litrassa) eri tutkimusjakson vaiheissa. Pre (p) = paastoverinäyte alkumittauspäivänä. Pre H (p) = paastoverinäyte hypertrofisena voimaharjoituspäivänä, Pre H = verinäyte ennen hypertrofista voimaharjoitusta, Post = heti jälkeen hypertrofisen voimaharjoituksen, 1h = tunti jälkeen hypertrofisen voimaharjoituksen, 24h (p) = paastoverinäyte 24 tuntia hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen, 96h = paastoverinäyte 96 tuntia hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen. * = tilastollisesti merkitsevä ero alkumittausarvoon. ($p < 0,05$).

7.5. Aminohappopitoisuudet

Haaraketjuiset aminohapot

Seerumin leusiinipitoisuus (kuva 28A) ja valiinipitoisuus (kuva 28B) oli tilastollisesti merkitsevästi suurempi proteiiniyryhmällä plaseboryhmään verrattuna ennen hypertrofisen voimaharjoituksen alkua ($p < 0,001$ ja $p < 0,01$), heti voimaharjoituksen jälkeen ($p <$

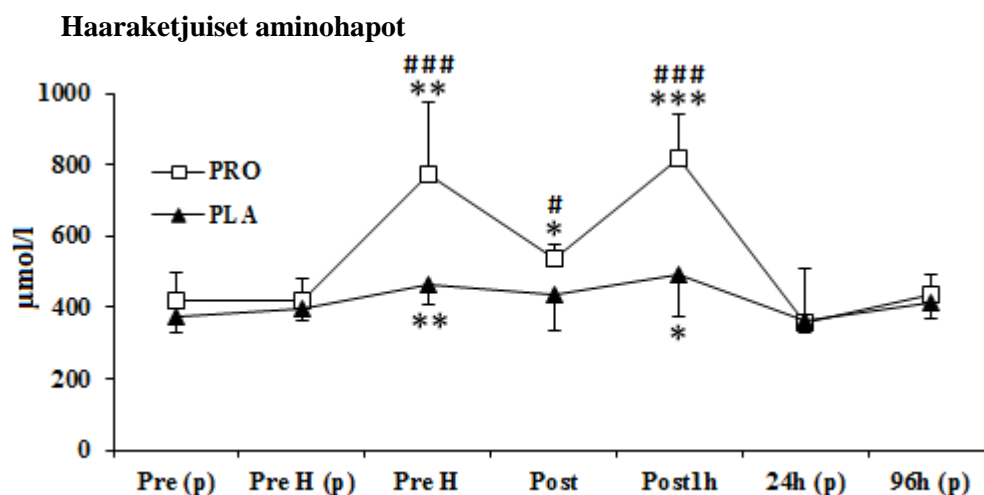
0,01 ja $p < 0,05$) ja tunti voimaharjoituksen jälkeen ($p < 0,001$ ja $p < 0,001$). Myös seerumin isoleusiinipitoisuus oli merkitsevästi korkeampi proteiiniryhmällä ennen voimaharjoitusta ($p < 0,01$) ja tunti voimaharjoituksen jälkeen ($p < 0,001$). Paastomittauksissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja proteiini- ja plaseboryhmän välillä leusiini-, valiini- ja isoleusiinipitoisuuksissa.



KUVA 28A, 28B ja 28C. Seerumin A) leusiinipitoisuus B) valiinipitoisuus ja C) isoleusiinipitoisuus. Pre (p) = paastoverinäyte alkumittauspäivänä. Pre H (p) = paastoverinäyte hypertrofisena

voimaharjoituspäivänä, Pre H = verinäyte ennen hypertrofista voimaharjoitusta, Post = heti jälkeen hypertrofisen voimaharjoituksen, 1h = tunti jälkeen hypertrofisen voimaharjoituksen, 24h (p) = paastoverinäyte 24 tuntia hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen, 96h = paastoverinäyte 96 tuntia hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen. * = tilastollisesti merkitsevä ero alkumittausarvoon. ($p < 0,05$).

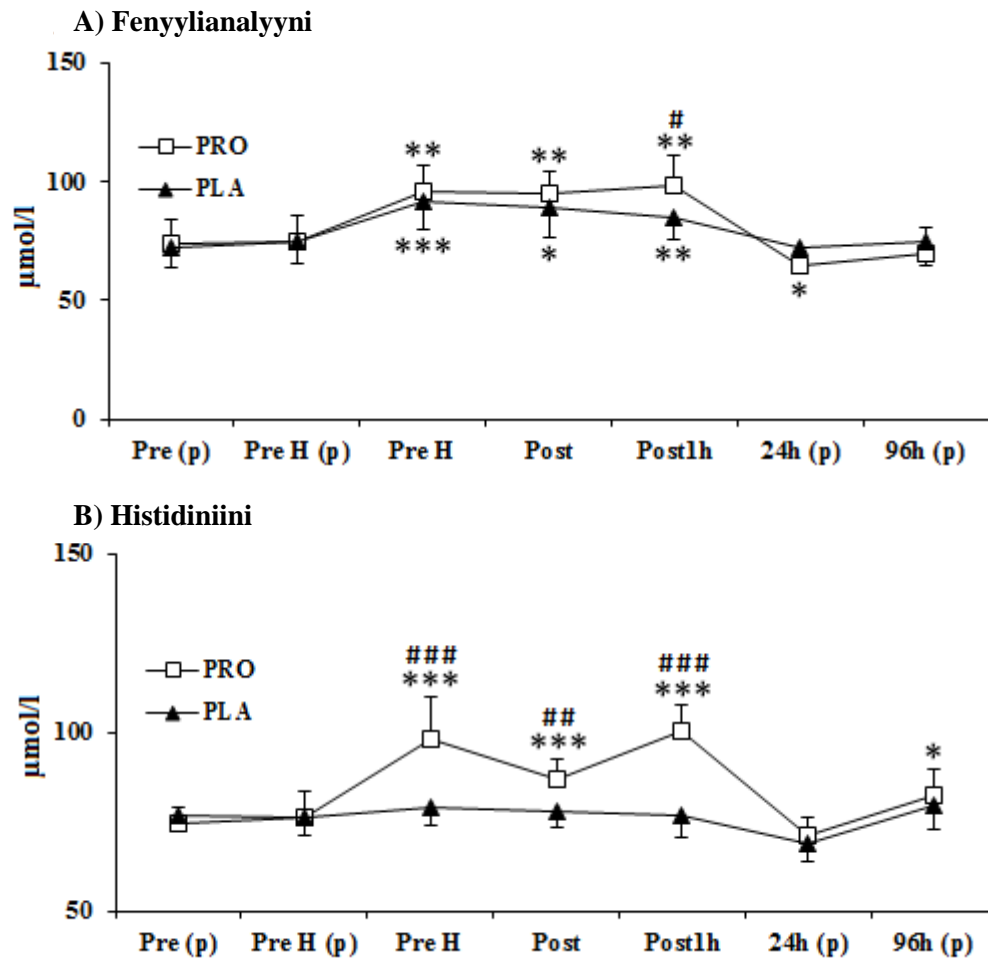
Kuvassa 29 on esitetty haaraketjuisten aminohappojen (leusiini, valiini ja isoleusiini) kokonaispitoisuus seerumissa. Proteiiniryhmällä pitoisuus on tilastollisesti merkitsevästi suurempi ennen voimaharjoitusta ($p = 0,001$), heti ($p = 0,017$) ja tunti voimaharjoituksen jälkeen ($p < 0,001$). Paastomittauksissa ei ollut merkitseviä eroja ryhmien välillä.



KUVA 29. Seerumin haaraketjuisten aminohappojen pitoisuus. Pre (p) = paastoverinäyte alkumittauspäivänä. Pre H (p) = paastoverinäyte hypertrofisena voimaharjoituspäivänä, Pre H = verinäyte ennen hypertrofista voimaharjoitusta, Post = heti jälkeen hypertrofisen voimaharjoituksen, 1h = tunti jälkeen hypertrofisen voimaharjoituksen, 24h (p) = paastoverinäyte 24 tuntia hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen, 96h = paastoverinäyte 96 tuntia hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen. * = tilastollisesti merkitsevä ero alkumittausarvoon. ($p < 0,05$).

Muut välttämättömät aminohapot

Seerumin fenyylialyynipitoisuus (kuva 30A) oli merkitsevästi korkeampi proteiiniryhmällä plaseboryhmään verrattuna ennen voimaharjoitusta ($p = 0,001$), heti ($p = 0,002$) ja tunti voimaharjoituksen jälkeen ($p = 0,001$). Lisäksi seerumin histidiinipitoisuus (kuva 30B) oli merkitsevästi ($p = 0,028$) korkeampi proteiiniryhmällä tunti harjoituksen jälkeen. Muissa mittausajankohdissa fenyylialyyni- ja histidiinipitoisuudella ei ollut merkitseviä eroja ryhmien välillä.

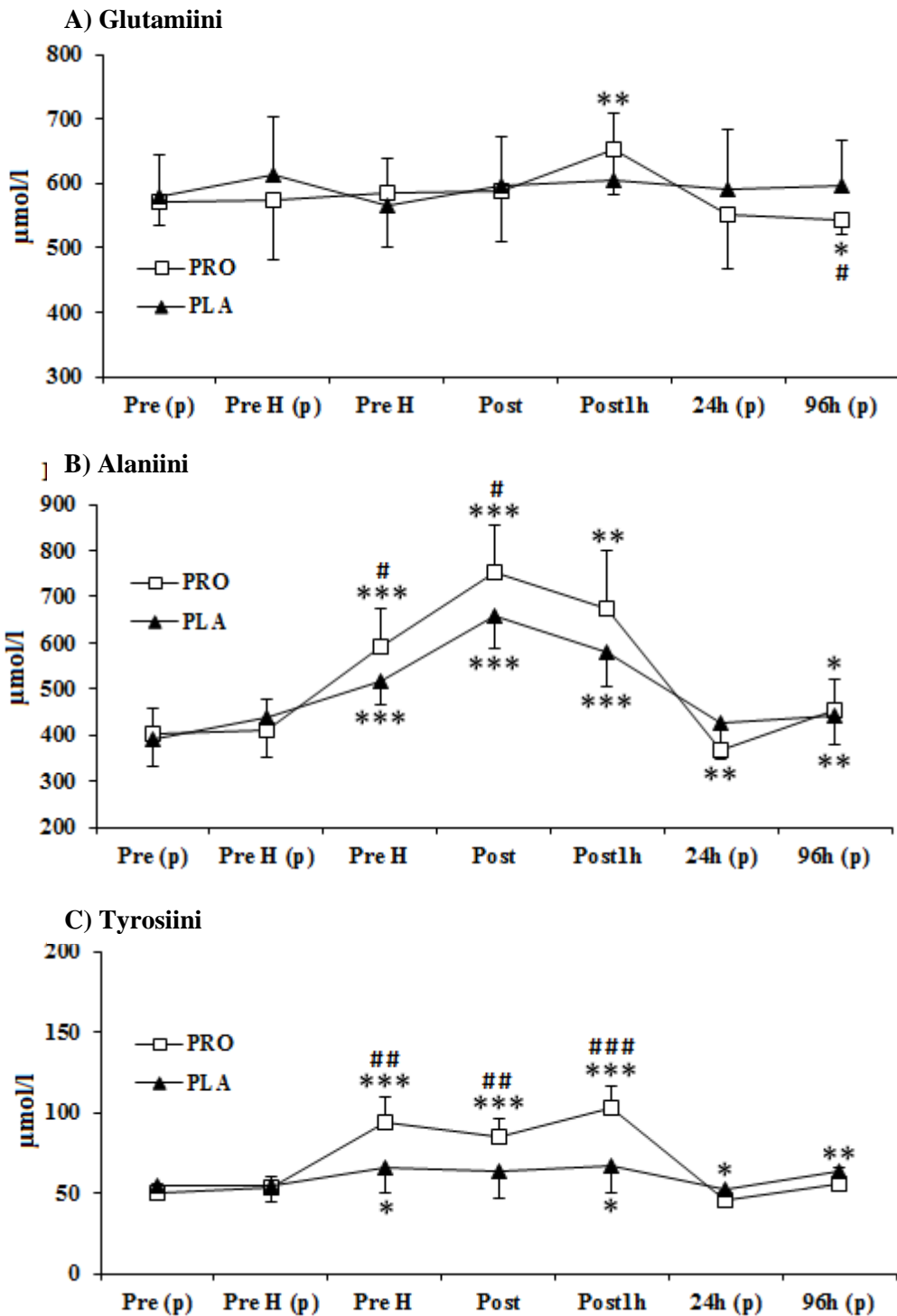


KUVA 30A ja 30B. Seerumin A) fenyylialanyynipitoisuus ja B) histidiniinipitoisuus. Pre (p) = paastoverinäyte alkumittauspäivänä. Pre H (p) = paastoverinäyte hypertrofisena voimaharjoituspäivänä, Pre H = verinäyte ennen hypertrofista voimaharjoitusta, Post = heti jälkeen hypertrofisen voimaharjoituksen, 1h = tunti jälkeen hypertrofisen voimaharjoituksen, 24h (p) = paastoverinäyte 24 tuntia hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen, 96h = paastoverinäyte 96 tuntia hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen. * = tilastollisesti merkitsevä ero alkumittausarvoon. (p<0,05).

Ei välttämättömät aminohapot

Seerumin glutamiinipitoisuus (kuva 31A) oli plaseboryhmällä tilastollisesti merkitsevästi suurempi (p = 0,047) kuin proteiiniryhmällä loppumittauksissa eli 96 tuntia kovan voimaharjoituksen jälkeen. Seerumin alaniinipitoisuus (kuva 31B) oli merkitsevästi korkeampi proteiiniryhmällä ennen voimaharjoitusta (p = 0,043) ja heti voimaharjoituksen jälkeen (p = 0,046). Seerumin tyrosiinipitoisuus (kuva 31C) oli myös merkitsevästi kor-

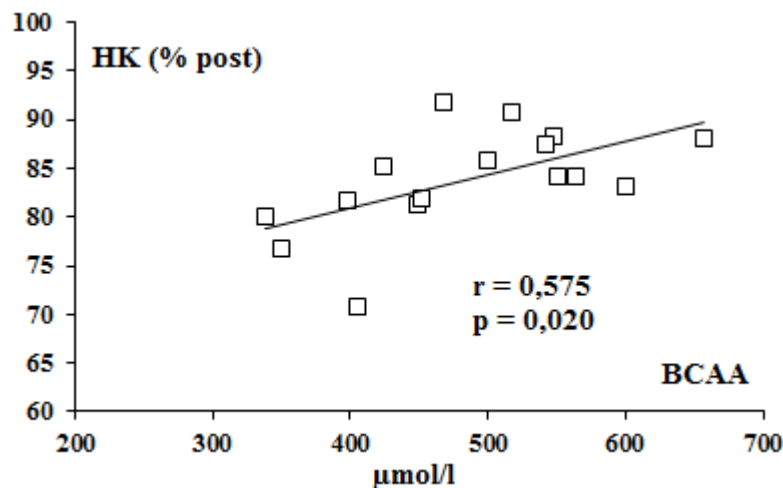
keampi proteiiniiryhmällä ennen voimaharjoituksen ($p = 0,003$), heti ($p = 0,01$) ja tunti voimaharjoituksen jälkeen ($p = 0,001$).



KUVA 31A, 31B ja 31C. Seerumin A) glutamiinipitoisuus, B) alaniinipitoisuus ja C) tyrosiinipitoisuus. Pre (p) = paastoverinäyte alkumittauspäivänä. Pre H (p) = paastoverinäyte hypertrofisena voimaharjoituspäivänä, Pre H = verinäyte ennen hypertrofista voimaharjoitusta, Post = heti jälkeen hypertrofisen voimaharjoituksen, 1h = tunti jälkeen hypertrofisen voimaharjoituksen, 24h (p) = paastoverinäyte 24 tuntia hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen, 96h = paastoveri-

näyte 96 tuntia hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen. * = tilastollisesti merkitsevä ero alkumittausarvoon. ($p < 0,05$).

Aminohappopitoisuuksien yhteys suorituskyykyyn. Korrelaatioanalyysissä tarkasteltiin aminohappopitoisuuksien yhteyttä suhteellisiin (alkumittausarvoon verrattuna) suorituskyykyymuuttujiin eri mittausajankohdilla. Korrelaatioanalyysissä käytettiin ryhmien yhdistettyjä tuloksia ($n = 16$). Haaraketjuisten aminohappojen pitoisuuden ja suhteellisten kevennyshyppytulosten välillä ($r = 0,575$, $p = 0,020$) oli tilastollisesti merkitsevä melko vahva korrelaatio heti voimaharjoituksen jälkeen (kuva 21). Post – mittausajankohdassa yksittäisistä aminohapoista valiinilla ($r = 0,606$, $p = 0,013$) ja tyrosiinilla ($r = 0,614$, $p = 0,011$) oli vahva ja isoleusiinilla ($r = 0,553$, $p = 0,026$) oli melko vahva korrelaatio suhteellisen kevennyshyppytuloksen kanssa. Muilla aminohapoilla ei ollut tilastollisesti merkitseviä korrelaatioita suorituskyykyymuuttujien kanssa.

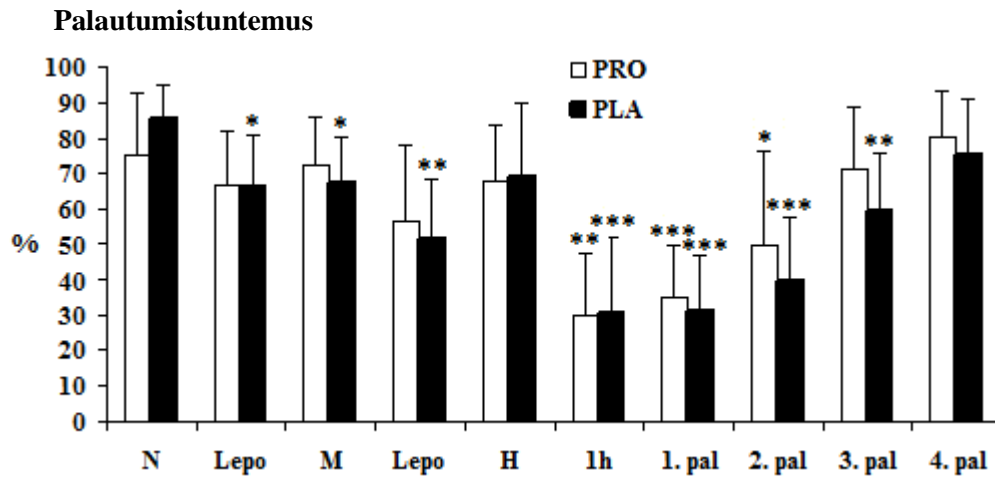


KUVA 32. Suhteellisen kevennyshypyn (HK %) ja haaraketjuisten aminohappojen (BCAA) välinen yhteys heti voimaharjoituksen jälkeen (r = Pearsonin korrelaatiokerroin, p = merkitsevyystaso) yhdistetyn koehenkilöjoukon ($n = 16$) tuloksiin.

7.5. Palautumistuntemukset ja lihasarkuus

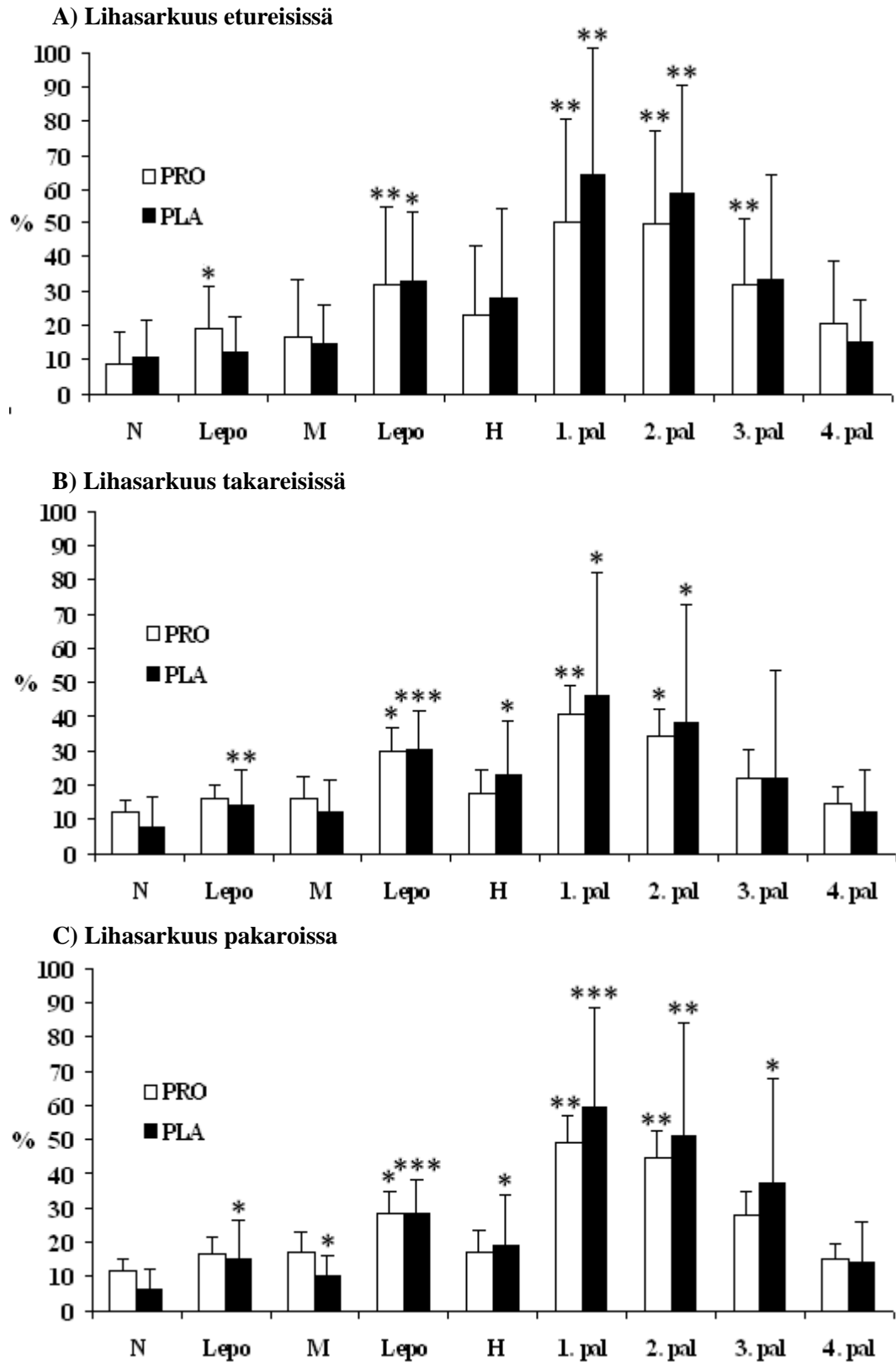
Palautumistuntemukset VAS – janalla mitattuna eivät ryhmien välisessä vertailussa eronneet tilastollisesti merkitsevästi missään vaiheessa tutkimusjaksoa (kuva 33). Kun palautumistuntemustuloksia verrataan alkumittausarvoon, plaseboryhmän koehenkilöt tunsivat palautuneensa hypertrofisesta voimaharjoituksesta täysin vasta neljäntenä palau-

tumispäivänä, kun taas proteiiniryhmän palautumistuntemukset eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi enää kolmantena palautumispäivänä alkutilanteesta.



KUVA 33. Palautumistuntemukset VAS – janan avulla mitattuna (100 % tarkoittaa täydellistä palautumistunnetta). N = nopeusharjoituspäivän aamu, M = maksimivoimaharjoituspäivän aamu, H = hypertrofisvoimaharjoituspäivän aamu, 1h = tunti hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen, 1. pal = ensimmäinen palautuspäivä, 2. pal = toinen palautumispäivä jne. * = tilastollisesti merkitsevä ero nopeusharjoituspäivän aamuun verrattuna.

Lihasarkuutta arvioitiin myös VAS – janan avulla. Kuvassa 34 on esitetty lihasarkuustulokset etureisien (A), takareisien (B) ja pakaroiden osalta (C). Ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja missään tutkitussa lihasryhmässä. Maksimivoimaharjoitus sai aikaan lihasarkuutta molemmissa ryhmissä niin etureisissä, takareisissä kuin pakaroissakin. Proteiiniryhmän koehenkilöt eivät tunteneet enää lihasarkuutta hypertrofisena voimaharjoituspäivänä, kun taas plaseboryhmän koehenkilöillä takareisien ja pakaroiden lihasarkuus oli vielä merkitsevästi suurempi ($p < 0,05$) kuin alkumittauspäivänä. Hypertrofisen voimaharjoitus sai aikaan molempien ryhmien koehenkilöillä lihasarkuutta, josta palautuminen tapahtui lihasryhmästä riippuen kahdessa tai kolmessa vuorokaudessa. Neljäntenä päivänä hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen molempien ryhmien koehenkilöt eivät enää tunteneet lihasarkuutta missään tutkitussa lihasryhmässä.



KUVA 34A, 34B ja 34C. Lihasarkuustuntemukset VAS – janalla A) etureidet, B) takareidet ja C) pakarot. N = nopeusharjoituspäivän aamu, M = maksimivoimaharjoituspäivän aamu, H = hypertrofisvoimaharjoituspäivän aamu, 1h = tunti hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen, 1. pal = ensimmäinen palautuspäivä, 2. pal = toinen palautumispäivä jne. * = tilastollisesti merkitsevä ero nopeusharjoituspäivän aamuun verrattuna.

8 POHDINTA

Tutkimuksen keskeisin löydös oli, että proteiinilisä vähensi kovan voimaharjoituksen aiheuttamaa akuuttia räjähtävän voimantuottokyvyn laskua teholajien urheilijoilla. Lisäksi proteiiniryhmän laktaattipitoisuus palautui plaseboryhmää nopeammin perustasolle voimaharjoituksen jälkeen. Huomioitavaa oli myös se, että palautumistuntemuksissa ei ollut eroja ryhmien välisessä vertailussa, mutta kun tuntemuksia verrattiin alkumittausarvoon, proteiiniryhmän koehenkilöt tunsivat täysin palautuneensa vuorokautta plaseboryhmää nopeammin. Sen sijaan lihasvaurio- ja lihasarkuusmuuttujiin proteiinilisällä ei tässä tutkimuksessa ollut vaikutusta.

8.1. Ravinto

Proteiini- ja hiilihydraattiryhmän normaaliravinnossa, eli ravinnossa ilman ravintolisä, ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja keskenään. Näin ollen tilastollisesti merkitsevät erot ryhmien välisessä ravinnossa tulivat tutkimuksen tavoitteiden mukaisesti ravintolisien vaikutuksesta. Ravintolisät nostivat proteiiniryhmän proteiinisaannin tutkimusjakson ajaksi keskimäärin 3,3 g:aan / painokilo / vrk:ssa, kun plaseboryhmän proteiinisaanti oli keskimäärin 1,6 g / painokilo / vrk:ssa. Huomioitava asia koehenkilöiden ravinnossa tutkimusjakson ajalta on se, että molempien ryhmien proteiinisaanti oli normaaliravinnon kautta hyvin suurta (plaseboryhmällä keskiarvo 1,6 g / painokilo / vrk ja proteiiniryhmällä 1,9 g / painokilo / vrk) eli molemmilla ryhmillä proteiinisaanti oli yli kaksinkertainen verrattuna yleisten ravintosuositusten (Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2005) mukaiseen proteiinisaantiin (0,8 g / painokilo / vrk) ja myös riittävä verrattuna voimaurheilijoiden proteiinisaantisuositukseen (1,2 – 1,7 g / painokilo /vrk) (esim. Phillips ym. 2007, Tarnopolsky ym. 1992). Aikaisemmissa proteiinilisätutkimuksissa plaseboryhmän proteiinisaanti on vaihdellut melko paljon, ollen alhaisimmillaan yleisten suositusten mukainen eli 0,8 g / painokilo / vrk (Sharp ym. 2010) ja suurimmillaan jopa yli 2,0 g / painokilo /vrk (Hoffman ym. 2010). Yksittäinen proteiinilisäannos sisälsi proteiinia 29,6 grammaa ja se nautittiin harjoitusten yhteydessä puoli tuntia ennen ja heti harjoituksen jälkeen. Aiempien tutkimustulosten perusteella näyttäisi, että 20 - 30 grammaa proteiinia on riittävä määrä maksimoimaan proteiinisynteesi voimakuormituksen yhteydessä. (Moore ym.,. 2009; Hulmi 2010).

Koehenkilöiden energiansaanti tutkimusjaksolla oli samalla tasolla kuin muissa teholajien urheilijoilla tehdyissä tutkimuksissa, joissa keskiarvoinen energiansaanti on ollut välillä 3000 – 3300 kcal / vrk (mm. Hoffmann 2007, Hoffman ym. 2010). Energiansaanti koehenkilöillä tutkimusjakson ajan oli keskimäärin hieman korkeampi (keskiarvo proteiiniryhmällä ennen 2931 ± 553 kcal / vrk ja tutkimusjakson ajan 3254 ± 549 kcal / vrk, plaseboryhmällä vastaavasti 2782 ± 704 kcal / vrk ja 3001 ± 508 kcal / vrk) kuin ennen tutkimusjaksoa, vaikka tilastollisesti merkitsevää eroa ei näissä ollut. Normaali ravinnosta saatu energiamäärä oli koehenkilöillä tutkimusjakson ajan hieman alhaisempi kuin ennen tutkimusjaksoa, mutta ravintolisistä saatu energiamäärä nosti tutkimusjakson aikaista energiansaantia. Ravintolisät olivat energiamäärältään hyvin samankaltaisia, joskin proteiiniravintolisä sisälsi energiaa hieman enemmän (yksi annos 140kcal vs 120kcal) kuin plasebolisä. Proteiini- ja plasebolisää maustettiin kaakaojauheella, jotta ravintolisistä saatiin maultaan ja koostumukseltaan mahdollisimman samanlaisia. Kaakaojauhe lisäsi näin ollen proteiinilisän yhden annoksen hiilihydraattiosuutta yhdestä grammasta 5,6 grammaan.

8.2. Hermolihasjärjestelmän suorituskyky

Jalkaprässi. Tässä tutkimuksessa maksimivoiman mittarina käytettiin dynaamista maksimivoiman testiä jalkaprässillä. Maksimivoimaa on useissa voimaharjoittelututkimuksissa mitattu isometrisillä maksimivoimatesteillä (Cooke ym. 2010, Ahtiainen ym. 2003), mutta myös dynaamisilla maksimivoimatesteillä (Ratamess ym. 2003, Hoffman 2007, Hoffman 2010). Tässä tutkimuksessa hypertrofisen voimaharjoituksen vaikutuksesta dynaaminen jalkaprässitulok laski merkitsevästi molemmissa ryhmissä (lasku proteiiniryhmässä $8,0 \pm 3,3$ % ja plaseboryhmässä $8,6 \pm 4,5$ %) ja oli merkitsevästi alentunut vielä tunti harjoituksen jälkeen, mutta ei enää vuorokausi harjoituksen jälkeen. Vastaavanlaisen hypertrofisen voimaharjoituksen on aiemmin osoitettu aiheuttavan 20 - 30 %:n laskun isometrisessä maksimaalisessa voimantuotossa (Häkkinen & Pakarinen 1993, Häkkinen 1994, Ahtiainen ym. 2003), ja josta täydellinen palautuminen on vienyt 2 - 3 vuorokautta. (Ahtiainen ym. 2003). Tässä tutkimuksessa voimaharjoituksen jälkeinen maksimivoiman heikkeneminen oli odotettua pienempi (alle 10 %:a), mikä todennäköisesti johtuu pääosin viiveestä voimaharjoituksen ja maksimaalisen voimantuoton mittaamisen välillä. Tässä tutkimuksessa suorituskykymuuttujia oli yhteensä viisi ja jalka-

prässitesti suoritettiin näistä testeistä aina viimeisenä eli ajallisesti noin viisi minuuttia voimaharjoituksen viimeisen sarjan jälkeen. Viivettä eli palautumisaikaa lisäsi myös se, että ykköstoistomaksimin testaaminen luotettavasti edellyttää vähintään 3-5 yritystä. Lisäksi voimaharjoitus sisälsi vielä viimeisenä liikkeenä polven koukistuksen, joka aktivoi pääosin takareisi- ja pakaralihaksia. Näistä syistä johtuen koehenkilöiden suorituskyky oli todennäköisesti jonkin verran palautunut, kun he suorittivat voimaharjoituksen jälkeisiä maksimivoimatestejä jalkaprässillä. Kaikilla koehenkilöillä testien suoritusjärjestys ja palautumisaika oli kuitenkin sama, joten tulosten vertailuun ryhmien välillä tällä ei ollut merkitystä.

Aiemmat tutkimustulokset proteiinilisän vaikutuksesta maksimivoiman palautumiseen ovat ristiriitaisia. On olemassa useita tutkimuksia, joiden mukaan proteiini- tai aminohappolisän nopeutti suorituskyvyn palautumista (Buckley ym. 2010, Cockburn 2008, Cooke ym. 2010, Ratamess ym. 2003), kun suorituskyvyn palautumista seurattiin 1 – 14 vuorokautta harjoituksen jälkeen. (Etheridge ym. 2008; Nosaka ym. 2006; Cockburn 2008, Cooke ym. 2010, Hoffman 2010). Joissain tutkimuksissa proteiinilisä nopeutti yksittäisen kovan voimaharjoituksen jälkeistä maksimivoimantuoton palautumista jopa useita vuorokausia niin harjoittelemattomilla (Cooke ym. 2010) kuin teholajien urheilijoilla (Hoffman ym. 2010, Ratamess ym. 2003). Toisaalta, joidenkin tutkimusten mukaan proteiinilisällä ei ole vaikutusta kuormituksen jälkeiseen maksimivoimantuoton palautumiseen urheilijoilla (Stock ym. 2011, Kirby ym 2011, Roberts ym. 2011). Myöskään tässä tutkimuksessa maksimivoimantuotossa ja sen palautumisessa ei ollut eroja proteiini- ja plaseboryhmien välillä. Proteiinilisän vaikutusmekanismit voimantuoton palautumisen nopeuttamiseksi liittyvät mahdollisesti proteiinilisän vaikutukseen proteiinimetaboliaan, vähentämällä etenkin proteiinin hajotusta voimaharjoituksen yhteydessä (Bird ym. 2006). Myös harjoituksen aiheuttamien lihasvaurioiden nopeamman palautumisen on ehdotettu olevan nopeamman maksimivoimantuottokyvyn palautumisen taustalla. (Hoffman ym. 2010). Tässä tutkimuksessa proteiinilisällä ei ollut merkittävää vaikutusta maksimivoimantuottoon mahdollisesti siksi, että plaseboryhmän proteiininsaanti oli riittävän korkea ja näin edellä mainittuja riittävän suuria muutoksia proteiinimetaboliassa ei ryhmien välillä tapahtunut. Tätä teoriaa tukee se, että plaseboryhmän proteiininsaantimäärän (1,6 g / kg / vrk) on aiemmin voimalajien urheilijoilla osoitettu olevan riittävä pitämään proteiinimetabolian tasoa kuvaava typpitasapaino positiivisena kovan harjoittelujakson aikana. (Tarnopolsky ym. 1992).

Jalkaprässitulokset ennen hypertrofista voimaharjoitusta osoittavat, että molemmat ryhmät olivat palautuneet kahdesta aiemmasta harjoituksesta ennen hypertrofisen voimaharjoituksen alkua. Mielenkiintoinen tulos oli kuitenkin se, että proteiiniryhmän jalkaprässitulokset ennen hypertrofista harjoitusta oli tilastollisesti merkitsevästi parempi kuin alkumittauksissa, kun taas plaseboryhmän tulos ennen hypertrofista harjoitusta ei eronnut alkumittauksista. Tämä viittaisi siihen, että proteiinilisällä voi olla positiivinen vaikutus kovan harjoitusviikon aikaiseen maksimivoimantuoton muutokseen. Myös Ratamesin ym. (2003) tutkimuksessa aminohappolisällä oli positiivisia vaikutuksia voimalajien urheilijoiden maksimivoimantuottoon neljän viikon kovalla harjoitusjaksolla, sillä aminohappolisä vähensi merkitsevästi maksimivoimantuoton heikkenemistä ensimmäisen harjoitusviikon aikana.

Kevennyshyppy. Kevennyshyppy kuvastaa jalkojen ojentajalihasten räjähtää voimantuotokykyä. (esim. Delecluse ym 1997). Hypertrofisen voimaharjoitus aiheutti suorituskyvyn laskun kevennyshyppytuloksissa molempien ryhmien osalta. Suorituskyvyn lasku kevennyshyppyssä oli kuitenkin tilastollisesti merkitsevästi suurempaa plaseboryhmällä (lasku $17,9 \pm 4,8$ %) proteiiniryhmään verrattuna (lasku $12,9 \pm 5,4$ %). Proteiinilisä siis tämän tuloksen perusteella vähensi merkitsevästi räjähtävän voimantuotokyvyn laskua kovassa voimaharjoituksessa. Tämä on varsin merkittävä tulos, etenkin teholajien urheilijoille, joille harjoituksen suorittaminen mahdollisimman suurella teholla on oleellista harjoituksissa. (esim. Pitkänen ym. 2002) Vaikka täysin vastaavia tutkimuksia ei ole aiemmin tehty, on proteiinilisän hyödyistä tehontuotokykyyn olemassa tutkimuksia. Ratamesin ym. (2003) neljän viikon voimaharjoittelututkimuksessa aminohappolisä vähensi tehontuotokyvyn heikkenemistä kovan harjoitusjakson aikana, vaikkakin loppumittauksissa ei suorituskyvyssä ollut merkitseviä eroja ryhmien välillä. Hulmin (2004) tutkimuksessa kevennyshyppytuloksissa kovan voimaharjoituksen jälkeen ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa proteiini- ja plaseboryhmän välillä, mutta suuntaa-antavasti ($p = 0,12$) kevennyshyppytulokset laski vähemmän proteiiniryhmällä heti kuormituksen jälkeen. Hulmin tutkimuksessa koehenkilöillä oli voimaharjoittelusta ja proteiiniryhmää verrattiin tutkimuksessa energiattomaan plaseboryhmään. Hulmin (2004) mukaan ryhmien välinen ero kevennyshyppytuloksessa voimaharjoituksen jälkeen voi selittyä ainakin osittain proteiinin aikaansaaman lihasglykokeenin säästön ansiosta. Tämän tutkimuksen perusteella proteiiniryhmän parempi kevennyshyppytulokset ei todennäköisesti

johdu lihasglykokeenistä, koska proteiiniryhmää verrattiin isoenergiseen hiilihydraatti-ryhmään eikä energiattomaan plaseboon.

Yksi mahdollinen selitys proteiinilisän positiiviseen vaikutukseen väsymisen vähentämisessä voi olla heraproteiinin runsaasti sisältämien haaraketjuisten aminohappojen vaikutus sentraaliseen väsymykseen (Blomstrand 2006). Tutkimukset ovat osoittaneet, että etenkin erittäin kovissa kestävyyskuormituksissa haaraketjuisten aminohappojen saanti voi vähentää kuormituksen aiheuttamaa sentraalista väsymystä (Mittleman ym. 1998, Blomstrand 1991) ja myös väsymisen tunnetta (Blomstrand 1997). Teorian mukaan haaraketjuisten aminohappojen nauttiminen kuormituksen yhteydessä lisää haaraketjuisten aminohappojen pitoisuutta plasmassa. Tämä vähentää samalla tryptofaanin pitoisuutta plasmassa ja sen vaikutusta aivoihin, joka vähentää serotoniinin eli 5-hydroksitryptamiinin (5-HT) synteesiä. Serotoniinin synteesin hidastuminen vähentää sentraalista väsymistä kuormituksessa (Blomstrand 2006). Haaraketjuisten aminohappojen ja sentraalisen väsymisen vähentymisen yhteyttä ei ole tiettävästi kuitenkaan tutkittu voimakkuormitustutkimuksissa. Witardin ym. (2011) kolmen viikon kestävyysharjoittelututkimuksessa tutkimusasetelma oli proteiininisaannin osalta samankaltainen (proteiiniryhmä 3,0g / painokilo / vrk vs plaseboryhmä 1,5g / painokilo / vrk) kuin tässä tutkimuksessa. Witardin tutkimuksessa proteiininisaannin kaksinkertaistamisella oli positiivisia vaikutuksia kestävyys suorituskyvyn ylläpitoon ja myös väsymistuntemuksiin kovan harjoitusjakson aikana. Lisätutkimuksia kuitenkin tarvitaan proteiinilisän vaikutuksista sentraaliseen väsymykseen ja palautumiseen myös voima- ja nopeustyypisissä kuormituksissa.

Tunti kuormituksen jälkeen plaseboryhmän kevennyshyppytulokset oli palautunut hieman, ollen $87,3 \pm 7,3$ % ennen harjoitusta tulokseen verrattuna. Proteiiniryhmän tulos oli keskiarvon mukaan parempi ($90,4 \pm 4,1$ % ennen harjoitusta tulokseen verrattuna) kuin plaseboryhmän, mutta ryhmien välillä ei enää ollut tilastollisesti merkitsevää eroa ($p = 0,26$). Kevennyshyppytulokset ei kummassakaan ryhmässä ollut täysin palautunut vielä 24 tuntia kuormituksen jälkeen ja myös tällöin ryhmien välinen ero ei ollut merkitsevä ($p = 0,17$). Näiden tulosten perusteella voidaan sanoa, että vaikka proteiinilisä vähentää kovan voimaharjoituksen aiheuttamaa räjähtävän voimantuoton heikkenemistä, näyttäisi, ettei tällä ole yhtä merkittävää vaikutusta suorituskyvyn palautumiseen seuraavan vuorokauden aikana.

Kevennyshyppyt lisäpainolla. Lisäpainoilla suoritetuissa kevennyshypyissä ei ollut merkitseviä eroja ryhmien välillä, vaikka tuloksissa oli sama trendi kuin kevennyshyppytuloksissa ilman kuormaa eli keskiarvoisesti proteiiniryhmän tulokset olivat parempia heti ja myös tunti hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen. Hulmin (2004) tutkimuksessa lisäpainolla suoritettussa kevennyshypyssä oli tilastollisesti merkitsevä ero heti voimakuormituksen jälkeen proteiiniryhmän eduksi. Tässä tutkimuksessa lisäpainohyppyjen tuloksiin vaikutti mahdollisesti se, että kevennyshyppyt lisäpainoilla ei ollut täysin tuttu liike kaikille. Tämän vuoksi lisäpainohypyissä saattoi olla mukana ylimääräistä varovaisuutta etenkin suurimmilla lisäkuormilla. Huomioitava oli myös se, että lisäpainohypyissä suorituskyvyn lasku ei ollut suhteellisestikaan niin suurta kuin kevennyshypyissä ilman lisäkuormaa. Lisäksi koska lisäpainoina käytettiin vain absoluuttisia eikä painoon suhteutettuja kuormia, oli kuorman vaikutus eri painoisille koehenkilöille erilainen.

8.3. Verimuuttujat

Laktaattipitoisuus. Hypertrofisen voimaharjoitus oli erittäin kova, mistä kertoo veren laktaattipitoisuuden korkeat arvot (13 – 16 mmol/l) heti voimaharjoituksen jälkeen. Nämä tulokset ovat hyvin samansuuruisia tuloksia kuin muissa kovissa hypertrofisissa voimaharjoituksissa mitatut laktaattiarvot. (esim. Kraemer ym. 1998, Baty ym. 2007). Tunti hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen proteiiniryhmän laktaattiarvot olivat palautuneet ennen harjoitusta tasolle, mutta plaseboryhmän laktaattipitoisuus oli vielä merkitsevästi korkeampi kuin ennen harjoitusta ja myös korkeampi kuin proteiiniryhmän laktaattipitoisuus. Tämä on mielenkiintoinen tulos ja viittaisi siihen, että proteiinilisä voi nopeuttaa laktaatin poistumista verenkierrosta harjoituksen jälkeen. Harjoitusvolyyymi ei selitä tätä tulosta, sillä harjoitusvolyyymeissa ei ollut eroja ryhmien välillä niin yksittäisissä harjoituksissa kuin kaikkien harjoitusten yhteenlasketussa kokonaisvolyyymissa. Onkin mahdollista, että erittäin suuri proteiininsaanti vähentää veren laktaattipitoisuutta lisäämällä vetyionien määrää proteiinien lisääntyneen hapetuksen seurauksena (Greenhaff ym. 1988). Aiemmat tutkimukset eivät kuitenkaan täysin tue proteiinilisän vaikutusta laktaattipitoisuuteen, sillä kun proteiiniryhmää on verrattu isoenergiseen hiilihydraattiryhmään (mm. Baty ym. 2007) ei laktaattipitoisuuksissa ole ollut merkitseviä eroja ryhmien välillä. Hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeisen laktaattipitoisuuden on osoitettu tunnin kuluessa laskevan lähtötasolle niin proteiiniryhmän kuin plaseboryhmän osalta. (Baty ym. 2007). Toisaalta Kraemerin ym. (1998) tutkimuksen tulokset osoittivat, että

kovan voimaharjoituksen jälkeiseen laktaattipitoisuuden laskuun vaikutti ennen kuormitusta syöty ravintolisä. Erona tähän tutkimukseen oli kuitenkin se, että ravintolisänä Kraemerin tutkimuksessa toimi hiilihydraatti-proteiiniyhdistelmä ja plasebona energiaton ravintolisä.

Kreatiinikinaasipitoisuus. Proteiinilisällä on aiempien tutkimusten perusteella osoitettu olevan positiivinen vaikutus harjoitusten aiheuttamiin lihasvauriomuuttujiin, kuten kreatiinikinaasi (CK) -, laktaattidehydrogenaasi (LDH) – tai myoglobiinipitoisuuksiin. (Baty ym. 2007, Cockburn 2008). Kaikki tutkimukset eivät kuitenkaan tue tätä teoriaa, vaan niiden mukaan proteiinilisällä ei ole merkitsevää vaikutusta harjoituksen aiheuttamiin lihasvaurioihin ja niiden palautumiseen. (Buckley ym. 2010, Roberts ym. 2011, Cooke ym. 2010). Esimerkiksi Cooken ym. (2010) tutkimuksessa kreatiinikinaasipitoisuutta mitattiin 24, 48, 72 ja 96 tuntia sekä 7 ja 10 ja 14 päivää kovan voimaharjoituksen jälkeen ja kreatiinikinaasipitoisuuden huippu oli proteiini- ja plaseboryhmällä 72 tuntia kuormituksen jälkeen. Tässä tutkimuksessa kreatiinikinaasipitoisuutta mitattiin vain 24 ja 96 tuntia kuormituksen jälkeen. Onkin mahdollista, että kreatiinikinaasipitoisuuksien korkeimmat arvot olisivat olleet 2 – 3 vuorokautta kuormituksen jälkeen eli mittausajankohitamme väliin. Eri tutkimuksissa kreatiinikinaasipitoisuuksien korkeimpien arvojen vaihteluväli on ollut varsin laaja, vaihdellen kuudesta tunnista (Baty ym. 2007) aina jopa seitsemään vuorokauteen asti. (Linnamo ym. 2000). Tähän vaikuttaa etenkin harjoituksen kuormitustapa, intensiteetti ja harjoitustausta. (Warren ym, 1999). Kreatiinikinaasipitoisuuden luotettavuutta lihasvaurioiden mittaamisessa heikentää se, että kreatiinikinaasipitoisuudella on suuri yksilöllinen vaihtelu. (Connolly ym. 2003). Näin ollen kreatiinipitoisuudessa ei välttämättä ole tilastollisesti merkitsevää eroa ryhmien välillä, vaikka samoissa mittauksissa muilla lihasvauriomuuttujilla ero olisikin. (Cooke ym. 2010). Tässä tutkimuksessa kreatiinikinaasipitoisuuksien perusteella näyttäisi, että proteiinilisällä ei ole vaikutusta kovan harjoitusviikon jälkeisiin lihasvaurioiden syntyyn ja niiden palautumiseen teholajien urheilijoilla, kun proteiininsaanti normaaliravinnosta on jo valmiiksi korkea.

Seerumin hormonit. Seerumin hormonivasteissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä, kun tuloksia verrattiin absoluuttisina tuloksina eri ajankohdilla. Kuitenkin suhteellisesti verrattuna proteiini- ja plaseboryhmän testosteroni- ja kortisolivasteet erosivat hypertrofisen voimaharjoituksen yhteydessä. Aiemmat tutkimukset ovat osoit-

taneet, että voimaharjoitus aiheuttaa akuutin nousun niin testosteronipitoisuudessa (Kraemer ym. 1998, Kraemer & Ratamess 2005) ja kortisolipitoisuudessa (Kraemer & Ratamess 2005) ja palautuvan perustasolle 60 minuutin kuluessa. (Kraemer ym. 1998). Harjoituksen yhteydessä nautitun proteiinilisän on osoitettu vähentävän kovan voimaharjoituksen aiheuttamaa akuuttia testosteronipitoisuuden nousua voimaharjoittelutaustaisilla koehenkilöillä (Hulmi ym. 2005, Bloomer ym. 2000). Myös tässä tutkimuksessa proteiiniryhmän testosteronipitoisuuden suhteellinen nousu voimaharjoituksessa oli merkittävästi vähäisempää kuin plaseboryhmällä. Ilmiön syytä ja merkitystä harjoituksen kokonaisvasteeseen elimistölle ei täysin tunneta, mutta mahdolliset syyt voivat olla proteiinilisän aiheuttama testosteronin tuotannon lasku, tehokkaampi aineenvaihdunta tai testosteronin tehokkaampi siirtyminen lihassoluihin. (Hulmi ym. 2005) Lisäksi tunti harjoituksen jälkeen proteiiniryhmän suhteellinen testosteronipitoisuus oli jo merkittävästi alhaisempi kuin ennen harjoitusta, kun taas plaseboryhmällä testosteronipitoisuus ei eronnut ennen harjoitusta arvosta. Esimerkiksi Hulmin ym. (2005) tutkimuksessa proteiiniryhmän testosteronipitoisuus ei kovan voimaharjoituksen jälkeen laskenut alhaisemmaksi kuin se oli ennen harjoitusta. Proteiini- ja plaseboryhmän seerumin kortisolipitoisuudet eivät eronneet tilastollisesti merkittävästi millään mittausajankohdalla. Myöskään aiemmissa tutkimuksissa proteiinilisällä ei ole ollut vaikutusta voimaharjoituksen aiheuttamiin akuuttiin vasteeseen kortisolipitoisuudessa. (mm. Hulmi ym. 2005). SHBG (eli sukupuolihormoneja sitova globuliini) – pitoisuuksissa ei ollut eroja ryhmien välillä eikä pitoisuuksissa tapahtunut ryhmien sisäisessä vertailussa muutoksia tutkimusjakson aikana. SHBG on tärkein testosteronin kuljettajaproteiini, johon noin 44 – 60 % seerumin kokonais-testosteronista on sitoutunut. (Vingren ym. 2010.)

Paastomittausten eli lepotason testosteroni- ja kortisolipitoisuuksissa ei tässä tutkimuksessa ollut eroja proteiini- ja plaseboryhmien välillä. Aiempien tutkimusten mukaan proteiinilisällä voi olla positiivisia vaikutusta lepotason testosteroni- ja kortisolipitoisuuksiin. (mm. Sharp & Pearson 2010) Pitkäaikainen proteiinilisän käyttö harjoittelun yhteydessä voi vähentää lepotason kortisolipitoisuutta (Sharp & Pearson 2010) ja nostaa lepotason testosteronipitoisuutta (Sharp & Pearson 2010). Toisaalta joidenkin tutkimusten mukaan korkea proteiininsaanti voi laskea lepotason testosteronipitoisuutta. (Volek ym. 1997) Tässä tutkimuksissa lepotason testosteroni- ja kortisolipitoisuuksissa ei ollut eroja ryhmien välillä mahdollisesti siksi, että harjoitusjakso oli niin lyhyt (12 vrk) ja ryhmien välinen ero proteiininsaannissa oli liian pieni. Seerumin testosteroni- ja kortisolipitoi-

suuden suhdetta on käytetty kehon anabolisen tilan kuvaajana palautumistutkimuksissa (Adlercreutz ym. 1986). On kuitenkin osoitettu, että testosteroni/kortisoli -suhde ei välttämättä kuvaa palautumisen tilaa luotettavasti hyvin lyhyellä ajanjaksolla. (Hoffman ym. 2010). Tosin Häkkinen ym. (1988b) osoittivat, että seerumin testosteronipitoisuuden vaihtelut olivat yhteydessä voimakuormituksen kovuuteen viikon intensiivisen harjoitusjakson aikana painonnostajilla.

Aminohappopitoisuudet. Tämän tutkimuksen proteiinilisäannoksessa oli 29 g proteiinia, joka sisälsi yhteensä 15 g välttämättömiä aminohappoja ja 14 g ei välttämättömiä aminohappoja. Yksittäisistä aminohapoista eniten oli glutamiinia (4,9 g) ja leusiinia (3,5 g). Haaraketjuisia aminohappoja oli annosta kohden yhteensä 6,7 g. Tutkimuksessa käytetyillä menetelmillä pystyttiin mittaamaan seerumista kahdeksan aminohapon pitoisuudet. Näihin kuuluivat kaikki haaraketjuiset aminohapot (leusiini, isoleusiini ja valiini), välttämättömistä aminohapoista lisäksi fenyylialanyini ja histidiini sekä ei välttämättömistä glutamiini, tyrosiini ja alaniini. Aminohapoista suurimman mielenkiinnon kohteena voima- ja nopeusharjoittelututkimuksessa ovat haaraketjuiset aminohapot, ja niistä etenkin leusiini, koska ne ovat useimpien tutkimusten mukaan tärkeimmät aminohapot lihaksen kuormitukseen liittyvässä proteiinimetaboliassa (mm. Borsheim ym. 2002, Glynn ym. 2010).

Haaraketjuisten aminohappojen pitoisuudet olivat proteiiniryhmällä korkeammat kuin plaseboryhmällä ennen hypertrofista voimaharjoitusta, heti voimaharjoituksen jälkeen ja tunti voimaharjoituksen jälkeen. Seerumin haaraketjuisten aminohappojen pitoisuus on osoitettu lepotilanteessa saavuttavan maksimiarvonsa 30 – 70 min aminohappojen (Mero ym. 2008, 2009) tai proteiinin (Morifuji ym 2010) nauttimisen jälkeen ja laskevan perustasolle kahden tunnin kuluessa. Voimaharjoitus viivästyttää aminohappojen korkeimman huipun saavuttamista aminohaposta riippuen 10 - 30 minuuttia (Mero ym. 2008, 2009). Tässä tutkimuksessa ravintolisät nautittiin 30 min ennen voimaharjoituksen alkua ja 10 min voimaharjoituksen jälkeen, joten voimaharjoituksen aikana seerumin aminohappopitoisuus oli proteiiniryhmällä suurimmillaan. Post -mittauksessa proteiiniryhmän haaraketjuisten aminohappojen pitoisuus oli alhaisempi kuin ennen harjoituksen alkua, mutta korkeampi kuin paastomittauksissa ja myös korkeampi kuin plaseboryhmällä. Pitkänen ym. 2002 tutki nopeus-, voima- ja nopeuskestävyys harjoitusten akuuttia vaikutusta aminohappopitoisuuksiin teholajien urheilijoilla. Kaikki kolme harjoitusta laskivat haaraket-

juisten aminohappojen pitoisuuksia, mutta voimaharjoituksessa haaraketjuisten aminohappojen pitoisuudet laskivat suhteellisesti eniten (23 %). (Pitkänen ym. 2002) Tässä tutkimuksessa haaraketjuisten aminohappojen pitoisuudet laskivat voimaharjoituksen vaikutuksesta proteiiniryhmällä keskimäärin 30 %:ia ja plaseboryhmällä 6,5 %:ia. Kuitenkin voimaharjoituksen jälkeen proteiiniryhmän aminohappopitoisuus oli edelleen korkeampi kuin plaseboryhmän, sillä proteiiniryhmän haaraketjuisten aminohappojen pitoisuudet olivat ennen harjoitusta miltei kaksinkertaiset plaseboryhmään verrattuna. Nämä tulokset osoittavat, että proteiinilisä ennen voimaharjoitusta nostaa tehokkaasti haaraketjuisten aminohappojen pitoisuuksia veressä ja myös tehostaa aminohappojen käyttöä harjoituksen yhteydessä. Meron ym. (1997) tutkimuksessa sen sijaan viiden viikon kova harjoittelujakso laski teholajien urheilijoiden haaraketjuisten aminohappojen lepotason pitoisuuksia, vaikka proteiininsaanti jakson aikana oli keskimäärin 1,26 g / painokilo / vrk. Jakson aikana leusiinipitoisuus laski 20%:a, isoleusiinipitoisuus 21%:a ja valiinipitoisuus 18%:ia. Tässä tutkimuksessa haaraketjuisten aminohappojen lepotason pitoisuuksissa ei ollut merkitseviä eroja ryhmien tai eri mittauskertojen välillä kummankaan ryhmän osalta. Suurimmat erot Meron (1997) tutkimukseen ovat tutkimusjakson pituus ja vuorokautinen proteiininsaanti. Näyttäisi, että myös plaseboryhmän proteiininsaanti (1,6 g / painokilo / vrk) on riittävää ylläpitämään haaraketjuisten aminohappojen lepotason pitoisuuksia teholajien urheilijoilla ainakin lyhyen harjoitusjakson (12 vrk) ajan. Lisäksi proteiininsaannin kaksinkertaistamisella ei tämän tutkimuksen perusteella ole vaikutusta haaraketjuisten aminohappojen lepotason pitoisuuksiin.

Tutkimuksen muissa välttämättömien aminohappojen eli fenyylialanyynin ja histidiinin pitoisuuksissa voimaharjoituksen yhteydessä oli myös merkitseviä eroja proteiiniryhmän ja plaseboryhmän välillä proteiiniryhmän eduksi, tosin fenyylialanyynin osalta vain tunti harjoituksen jälkeen -arvossa. Mielenkiintoisesti tässä tutkimuksessa oli se, että fenyylialanyynin pitoisuus ei kuitenkaan laskenut voimaharjoituksen vaikutuksesta kummankaan ryhmän osalta, kun Pitkäsen ym. (2002) tutkimuksessa kova voimaharjoitus aiheutti fenyylialanyynin pitoisuudessa 17 %:n laskun. Ei välttämättömistä aminohapoista tässä tutkimuksessa tutkittiin kehon yleisimpien aminohappojen eli glutamiinin ja alaniinin lisäksi tyrosiinin pitoisuutta. Näistä alaniini- ja tyrosiinipitoisuudet olivat voimaharjoituksen yhteydessä proteiiniryhmällä suuremmat kuin plaseboryhmällä. Glutamiinipitoisuudessa ei sen sijaan ollut eroja ryhmien välillä kuin loppumittauksessa ja siinä glutamiinipitoisuus oli mielenkiintoisesti korkeampi plaseboryhmällä kuin prote-

iiniryhmällä. Glutamiini on kehon yleisin aminohappo ja sen suurin varasto on lihaksessa (Hiscock & Pedersen 2002). Glutamiini on osallisena mm. happo-emästasapainon säätelyssä ja glukoneogeenisissä ja toimii typen kuljettajana eri elinten välillä sekä energianlähteenä soluille (Holecek 2002). Plasman glutamiinipitoisuus vaihtelee suuresti, ollen yleensä välillä 500-1200 $\mu\text{mol/l}$. Glutamiinipitoisuutta on osoitettu olevan yhteydessä myös urheilijan ylikuormitustilaan. Ylikuormitustilassa veren glutamiinipitoisuus laskee yleensä alle 450 $\mu\text{mol/l}$:aan. (Kingsbury ym. 1998). Tässä tutkimuksessa kummankaan ryhmän koehenkilöiden glutamiinipitoisuudet eivät laskeneet missään vaiheessa alle 450 $\mu\text{mol/l}$:aan. Lisäksi ei välttämättömillä aminohapoilla ei tutkimusten mukaan ole yhtä suurta merkitystä lihaksen proteiinimetaboliassa kuin välttämättömillä ja etenkin haaraketjuisilla aminohapoilla. (mm. Borsheim ym. 2002).

Työssä tarkasteltiin myös aminohappopitoisuuksien yhteyttä suorituskykyyn. Korrelaatioanalyysiä varten ryhmien tulokset yhdistettiin. Mielenkiintoisesti vahvimmat yhteydet olivat haaraketjuisten aminohappojen pitoisuuksilla ja suhteellisella kevennyshyppytuloksella heti voimaharjoituksen jälkeen. Samalla mittausajankohdalla oli myös tilastollisesti merkitsevä ero proteiini- ja plaseboryhmän välillä suhteellisissa kevennyshyppytuloksissa. Korrelaatioiden perusteella haaraketjuisten aminohappojen pitoisuudet ovat siis merkittäviä selittäjiä heti voimaharjoituksen jälkeiseen ryhmien väliseen eroon kevennyshyppytuloksessa. Selitysosuus oli haaraketjuisten aminohappojen ja suhteellisen kevennyshyppytuloksen välillä voimaharjoituksen jälkeen n. 0.35 eli voidaan spekuloida, että 35 %:ia palautumisesta selittyi korkeammilla veren haaraketjuisten aminohappojen pitoisuuksilla. Maksimivoimantuoton ja aminohappopitoisuuksien välillä ei sen sijaan löytynyt merkitsevää yhteyttä millään mittausajankohdalla. Aminohappotulosten perusteella proteiinilisän ajoituksella on suuri merkitys tuloksiin. Koska lepotason tuloksissa ei ollut eroja ryhmien välillä, voidaan ajatella, että proteiininsaannin ajoituksella on jopa suurempi merkitys harjoituksen vasteisiin kuin vuorokauden kokonaisproteiininsaannilla varsinkin jos proteiininsaanti normaalin ravinnon kautta on riittävän suurta. Proteiinilisän ajoituksen ja määrän vaikutusta eri harjoitusten vasteisiin vaatii lisätutkimusta ennen kuin tarkempia proteiininsaantisuosituksia urheilijoille voidaan antaa.

8.4. Tunteukset

Lihasarakuus. Lihasarakuus - ja palautumistunteuksia mitattiin tässä tutkimuksessa VAS-janan avulla, jonka on osoitettu olevan luotettava ja käytännöllinen mittari subjektiivisten tunteusten ja kivun mittaamisessa etenkin suurella koehenkilöjoukolla. (Warren ym. 1999, Todd ym. 1996). Lihasarakuustunteuksissa ei tässä tutkimuksessa ollut tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä. Kaikki harjoitukset aiheuttivat molemmissa ryhmissä lihasarkuutta ja näistä hypertrofinen voimaharjoitus aiheutti odotetusti harjoituksista suurimman lihasarkuuden molemmissa ryhmissä. Lihasarakuus oli suurimmillaan 24 ja 48 tuntia hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen. Aiemmat tutkimukset ovat osoittaneet, että lihasarkuus on suurimmillaan juuri 24 - 48 tuntia kovan voimaharjoituksen jälkeen. (Connolly ym. 2003) Aiempien tutkimusten tulokset proteiinilisän vaikutuksesta harjoituksen jälkeiseen lihasarkuuteen ovat olleet ristiriitaisia. Proteiinilisän on osoitettu vähentävän harjoituksen jälkeistä lihasarkuutta etenkin kestävyystyyppisten kuormitusten yhteydessä, mutta myös voimakuormituksissa (Buckley ym. 2010, Shimomura ym. 2010). Useissa voimaharjoittelututkimuksissa (mm. Cockburn ym. 2008) lihasarkuudessa ei ole kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitseviä eroja proteiini- ja plaseboryhmän välillä. Yksi mahdollinen syy ristiriitaisiin tutkimustuloksiin on lihasarkuuden mittausmenetelmät. Lihasarakuutta arvioidaan aina subjektiivisesti, kun esimerkiksi lihasvaurioita mitataan biokemiallisesti tai histologisesti. Menetelmien eroa kuvastaa hyvin Cockburnin ym. (2008) tutkimuksen tulokset, joiden mukaan lihasarkuudessa ei ollut merkitsevää eroa proteiini- ja plaseboryhmän välillä, vaikka samanaikaisesti lihasarkuusmuuttujissa ja voimantuottokyvyn palautumisessa oli merkitsevä ero proteiiniryhmän eduksi.

Subjektiivinen palautuminen. Subjektiivista palautumisen tunnetta mitattiin samoissa ajankohdissa kuin lihasarkuuden arviointia. Myöskään palautumisen tunteuksissa ei ollut ryhmien välillä merkitseviä eroja keskenään. Kuitenkin proteiiniryhmän koehenkilöt tunsivat olevansa täysin palautuneita kolmantena päivänä hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen, kun taas hiilihydraattiryhmä tunsu palautuneensa täysin vasta neljä päivää hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen. Ryhmien välinen ero ei ole tällöin tilastollisesti merkitsevä ($p = 0.18$), mutta on huomioitava, että tässä tutkimuksessa suorituskyky- tai verimittauksia ei ollut kuin vuorokausi ja neljä vuorokautta harjoitusjakson jälkeen. Jos suorituskyky- ja lihasvauriomuuttujia olisi mitattu myös toisena ja palautumistunteus-

tulosten perusteella etenkin kolmantena palautumispäivänä harjoittelujakson jälkeen, olisi se antanut mielenkiintoista ja hyödyllistä lisätietoa. Harjoittelujakson aikana plaseboryhmän koehenkilöiden palautumistuntemukset olivat alkumittaustuntemuksia alhaisemmat kaikkina muina päivinä paitsi ennen hypertrofista voimaharjoitusta. Tämä viittaisi siihen, että proteiinilisä proteiiniryhmällä voi vaikuttaa palautumistuntemuksiin myös nopeus – ja maksimivoimakuormituksessa, koska heillä palautumistuntemukset olivat lähempänä lähtöarvon hyvää tasoa. Tämän tutkimuksen perusteella ei pystytä kuitenkaan sanomaan, mikä oli jakson aikaisempien harjoitusten kumulatiivinen vaikutus viimeisen harjoituksen vasteille.

8.5. Yhteenveto ja johtopäätökset

Tutkimuksen tulokset osoittivat, että proteiinilisällä oli suotuisia vaikutuksia teholajien urheilijoiden suorituskykyyn ja palautumiseen kovalla harjoittelujaksolla, vaikka proteiininsaanti oli molemmilla ryhmillä normaaliravinnon kautta urheilijoiden suositusten mukaista. Proteiinilisä vähensi kovan voimaharjoituksen aiheuttavaa räjähtävän voimantuottokyvyn laskua ja tuntemustulosten perusteella myös nopeutti palautumista kovasta harjoittelujaksosta. Tutkimuksen perusteella ei voi kuitenkaan sanoa millainen vaikutus proteiinilisällä on eri harjoitustyyppien akuutteihin vasteisiin. Tulevaisuudessa olisikin hyödyllistä tutkia proteiinilisän vaikutusta räjähtävään voimantuottoon nopeus- ja nopeusvoimatyypissä kuormituksissa. Lisäksi aminohappotulosten perusteella näyttäisi, että proteiinilisän nauttimisen ajoitus on suuressa roolissa harjoitusten akuuteissa vasteissa. Jatkotutkimuksia tulisikin tehdä proteiinin nauttimisen ajoituksen ja myös proteiinin laadun merkityksestä teholajien urheilijoiden suorituskykyyn ja palautumiseen. Tämä antaisi merkittävää lisätietoa teholajien urheilijoiden ravintosuositusten pohjalle.

Johtopäätökset. Proteiinilisä vähentää teholajien urheilijoilla kovan voimakuormituksen aiheuttamaa hetkellistä suorituskyvyn laskua räjähtävää voimantuottoa vaativassa suorituksessa, vaikka samanaikaisesti maksimivoimantuottoon proteiinilisästä ei näyttäisi olevan merkittävää hyötyä. Tämän tutkimuksen perusteella yleisten ravintosuositusten (0,8 g/kg/vrk) ja myös voimalajien urheilijoiden ravintosuositusten (1,6 g/kg/vrk) ylitämää proteiininsaantia voidaan suositella teholajien urheilijoille etenkin kovilla harjoitusjaksoilla, jolloin harjoitusohjelmaan kuuluu osana hypertrofinen voimaharjoittelu.

9 KIITOKSET

Haluan kiittää tutkimuksen toteuttamisesta Jyväskylän yliopiston liikuntabiologian laitosta ja ennen kaikkea koehenkilöitä, jotka osallistuivat tutkimukseeni. Lisäksi kiitän Kuopion ja Oulun yliopistoa yhteistyöstä verianalyyseissä. Suuret kiitokset haluan osoittaa työn pääohjaajalle Antti Merolle ja toiselle ohjaajalleni Keijo Häkkiselle, jotka auttoivat tutkimuksen toteuttamista kaikissa työn eri vaiheissa. Lisäksi haluan kiittää Jyväskylän liikuntabiologian laitoksen työntekijöistä erityisesti Risto Puurtista, joka mahdollisti työpanoksellaan tutkimuksen toteutumisen ja Juha Hulmia, joka toimi tärkeänä apuna niin tutkimuksen suunnittelussa kuin tulosten analysoimisessa. Suuret kiitokset osoitan Manninen Nutraceuticals Oy:lle, joka tuki tutkimusta lahjoittamalla tutkimukseen ravintolisät niin proteiini- kuin plaseboryhmälle. Haluan vielä erityisesti kiittää vaimoani Jenniä, joka henkisen tuen lisäksi toimi verinäytteenottojana Oulun ja Raahen mittauksissa. Haluan lopuksi kiittää tutkimuksen urheilijoiden valmentajia, Oulussa Jukka Väähäkangasta ja Raahessa Ilkka Kontinahoa, jotka toimivat paikkakunnillaan yhteyshenkilönäni ja auttoivat lukuisia tunteja tutkimuksen harjoituksissa ja mittauksissa.

10 LÄHTEET

- Adlercreutz H, Harkonen M, Kuoppasalmi K, Huhtaniemi I, Tikkanen H, Remes K, Dessypris A, Karvonen J 1986. Effect of training on plasma anabolic and catabolic steroid hormones and their response during physical exercise. *Int J Sports Med* 7(Suppl1):227–228
- Ahtiainen, J.P., Pakarinen, A., Kraemer, W.J. & Häkkinen, K. 2003. Acute hormonal and neuromuscular responses and recovery to forced vs. maximum repetitions multiple resistance exercises. *International Journal of Sports Medicine*, 24 (6), 410-418
- Anthony JC, Anthony TG, Kimball SR, Vary TC, Jefferson LS. 2000. Orally administered leucine stimulates protein synthesis in skeletal muscle of postabsorptive rats in association with increased formation. *J Nutr.* 130:139–45.
- Baty, J.J., Hwang, H., Ding, Z., Bernard, J.R., Wang, B., Kwon, B., and Ivy, J.L. 2007. The effect of a carbohydrate and protein supplement on resistance exercise performance, hormonal response, and muscle damage. *J. Strength Cond. Res.* 21: 321–329.
- Berardi, J.M., Price, T.B., Noreen, E.E., and Lemon, P.W.R. 2006. Postexercise muscle glycogen recovery enhanced with a carbohydrate- protein supplement. *Med. Sci. Sports Exerc.* 38(6):1106–1113.
- Bijut, P.E., Silver, W. & Gallagher, E.J. 2001. Reliability of the visual analog scale for measurement of acute pain. *Acad Emerg Med.* 8, 12, 1153-7
- Biolo, G., Maggi, S.P., Williams, B.D., Tipton, K.D. & Wolfe, R.R. 1995. Increased rates of muscle protein turnover and amino acid transport after resistance exercise in humans. *American Journal of Physiology: Endocrinology and Metabolism* 31, E541-E520.
- Bird SP, Tarpenning KM, Marino FE: 2006. Liquid carbohydrate/essential amino acid ingestion during a short-term bout of resistance exercise suppresses myofibrillar protein degradation. *Metabolism*, 55:570-577.
- Blomstrand E, Hassmen P, Ek S, Ekblom B, Newsholme EA. 1997. Influence of ingesting a solution of branched-chain amino acids on perceived exertion during exercise. *Acta Physiol Scand.*;159:41–9.
- Blomstrand E, Hassmen P, Ekblom B, Newsholme EA. 1991. Administration of branched-chain amino acids during sustained exercise - effects on performance

- and on plasma concentration of some amino acids. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.*;63:83–8.
- Boirie, Y., Dangin, M., Gachon, P., Vasson, M-P., Maubois, J-L. & Beaufrère, L. 1997. Slow and fast dietary proteins differently modulate postprandial protein accretion. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 23, 94, 26, 14930-14935.
- Bompa, T. O. 1999. *Periodization: theory and methodology of training*. 4th ed. Champaign (IL): Human Kinetics
- Børsheim E, Cree MG, Tipton KD, Elliott TA, Aarsland A, Wolfe RR. 2004. Effect of carbohydrate intake on net muscle protein synthesis during recovery from resistance exercise. *J Appl Physiol.*;96:674–8.
- Børsheim, E., Tipton, K.D., Wolf, S.E. & Wolfe, R.R. 2002. Essential amino acids and muscle protein recovery from resistance exercise. *American Journal of Physiology: Endocrinology and Metabolism* 283, E648-E657.
- Bucci L, Unlu L 2000. Proteins and amino acid supplements in exercise and sport. In *Energy-Yielding Macronutrients and Energy Metabolism in Sports Nutrition* Edited by: Driskell L, Wolinsky I. CRC Press: Boca Raton, FL:191-212.
- Buckley JD, Thomson RL, Coates AM, Howe PR, DeNichilo MO, Roney MK 2010. Supplementation with a whey protein hydrolysate enhances recovery of muscle force-generating capacity following eccentric exercise. *J Sci Med Sport*, 13:178-181.
- Burd NA, Tang JE, Moore DR, Phillips SM 2009: Exercise training and protein metabolism: influences of contraction, protein intake, and sex-based differences. *J Appl Physiol*, 106:1692-1701.
- Burke L. 2004: Fasting and recovery from exercise. *Br J Sports Med* 44:502-508.
- Cairns SP, Knicker AJ, Thompson MW, and Sjogaard G 2005. Evaluation of models used to study neuromuscular fatigue. *Exerc Sport Sci Rev* 33: 9–16,
- Campbell, M.K. 1999. *Biochemistry*. 3rd edition. Saunders College Publishing. Harcourt Brace College Publishers. Printed in the United States of America.
- Cockburn E, Hayes PR, French DN, Stevenson E, St Clair Gibson A 2008: Acute milk-based protein-CHO supplementation attenuates exercise-induced muscle damage. *Appl Physiol Nutr Metab*, 33:775-783.

- Connolly, D.A.J., Sayers, S.P. & Mchugh, M.P. 2003. Treatment and Prevention of Delayed Onset Muscle Soreness. *Journal of Strength and Conditioning Research* 17(1): 197–208
- Cooke M, Rybalka E, Stathis C, Cribb PJ, Hayes A. 2010. Whey protein isolate attenuates strength decline after eccentrically-induced muscle damage in healthy individuals. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 2010, 7:30
- Cribb PJ, Williams AD, Stathis CG, Carey MF, Hayes A 2007: Effects of whey isolate, creatine, and resistance training on muscle hypertrophy. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39:298-307
- Delecluse, C.H. 1997. Influence of strength training on sprint running performance. *Sport Medicine*, 24, 147- 156.
- Di Pasquale, M. 1997. Amino Acids and Proteins for the Athlete. The Anabolic Edge. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. Printed in the United States of America.
- Durnin J, Womersley Y. 1967. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurement on 481 men and women aged from 16 to 72 years, *British Journal of Nutrition*, 32, 77-97.
- Etheridge T, Philp A, Watt PW 2008: A single protein meal increases recovery of muscle function following an acute eccentric exercise bout. *Appl Physiol Nutr Metab*, 33:483-488.
- Ferguson-Stegall, McCleave E., Ding Z, Doerner P, Liu Y, Wang B, Healy M, Kleinert M, Dessard B, Lassiter D, Kammer L, and Ivy J. 2011 Aerobic Exercise Training Adaptations Are Increased by Postexercise Carbohydrate-Protein Supplementation. *Journal of Nutrition and Metabolism* Volume 2011, Article ID 623182, 11 pages doi:10.1155/2011/623182
- Friden, J. & Lieber, R. 1992. Structural and mechanical basis of exercise induced muscle injury. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24: 521-530.
- Ganong, W.F. 2001. *Review of Medical Physiology*. McGraw-Hill, New York.
- Gibala, M.J., MacDougall, J.D., Tarnopolsky, M.A., Stauber, W.T. & Elorriaga, A. 1995. Changes in human skeletal muscle ultrastructure and force production after acute resistance exercise. *J Appl Physiol* 78, 2, 702 - 708.
- Glynn E.L. Fry, C.S, Drummond, M., Timmerman, K., Dhanani, S., Volpi, E. and Rasmussen B.B. 2010 Excess Leucine Intake Enhances Muscle Anabolic Signaling but Not Net Protein. *Anabolism in Young Men and Women J. Nutr.* 140:1970-76

- Greenhaff, P.L., Gleeson, M. & Maughan, R.J. 1988. The effects of diet on muscle pH and metabolism during high intensity exercise. *European Journal of Applied Physiology* 57, 531-539.
- Groff, J.L. & Gropper, S.S. 2000. *Advanced Nutrition and Human Metabolism*. Wadsworth, USA.
- Guyton, A.C. & Hall, J.E. 2006. *Textbook of Medical Physiology*. 11th edition. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. Printed in the United States of America
- Ha, E. & Zemel, M.B. 2003. Functional properties of whey, whey components, and essential amino acids: mechanisms underlying health benefits for active people (Review). *Journal of Nutritional Biochemistry* 14, 251-258.
- Hall, W.L., Millward, D.J., Long, S.J. & Morgan, L.M. 2003. Casein and whey exert different effects on plasma amino acid profiles, gastrointestinal hormone secretion and appetite. *British Journal of Nutrition* 89, 239-248.
- Hargreaves, M. & Snow, R. 2001. Amino acids and endurance exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 11, 133-145.
- Hartman JW, Tang JE, Wilkinson SB, Tarnopolsky MA, Lawrence RL, Fullerton AV, Phillips SM. 2007. Consumption of fat-free fluid milk after resistance exercise promotes greater lean mass accretion than does consumption of soy or carbohydrate in young, novice, male weightlifters. *Am J Clin Nutr*, 86:373-381.
- Heikkinen A, Alaranta A, Helenius I, Vasankari T. 2011 Use of dietary supplements in Olympic athletes is decreasing: a follow-up study between 2002 and 2009. Heikkinen et al. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 2011, 8:1
- Hirvonen, J., Rehunen, S., Rusko, H. & Härkönen, M. 1987. Breakdown of high-energy phosphate compounds and lactate accumulation during short supramaximal exercise. *European journal of applied physiology*, 56, 253 – 259.
- Hiscock, N. & Pedersen, B.K. 2002. Exercise-induced immunodepression – plasma glutamine is not the link. *Journal of Applied Physiology*, 93, 813-822.
- Hoffman JR, Ratamess NA, Tranchina CP, Rashti SL, Kang J, Faigenbaum AD 2010: Effect of a proprietary protein supplement on recovery indices following resistance exercise in strength/power athletes. *Amino Acids*, 38:771-778.
- Hoffman JR, Ratamess NA, Kang J, Falvo J. Faigenbaum A. 2007. Effects of protein supplementation on muscular performance and resting hormonal changes in college football players. *Journal of Sports Science and Medicine* 6, 85-92

- Hoffman, J.R. & Falvo, M.J. 2004. Protein - which is best? *Journal of Sport Science and Medicine* 3, 3, 118-130.
- Holecek, M. 2002. Relation Between Glutamine, Branched-Chain Amino Acids, and Protein Metabolism. *Nutrition*, 18, 130-133.
- Hulmi, J.J., Lockwood, C., Stout, J.S., 2010 Effect of protein/essential amino acids and resistance training on skeletal muscle hypertrophy: A case for whey protein. Review. *Nutrition and Metabolism (London)* 17;7: 51
- Hulmi JJ, Kovanen V, Selänne H, Kraemer WJ, Häkkinen K, Mero AA 2009. Acute and long-term effects of resistance exercise with or without protein ingestion on muscle hypertrophy and gene expression. *Amino Acids* 37:297–308
- Hulmi, J.J., Ahtiainen, J., Kaasalainen, T., Pöllänen E, Häkkinen, K., Alen, M., Selänne, H., Kovanen, V., Mero A.A. 2007. Post-exercise myostatin and activin IIB mRNA levels: effects of strength training. *Medicine and Science in Sport and Exercise* 2007 Feb;39(2):289-297
- 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
- Hulmi, J.J. 2004. Voimaharjoitusta edeltävän hera-kaseinaattiyhdistelmän vaikutus seerumin hormoneihin ja energia-aineenvaihduntaan. Liikuntafysiologian Pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto. Liikuntabiologian laitos. 150 s
- Häkkinen K, Pakarinen A, Alen M, Kauhanen H, Komi P 1988a. Neuromuscular and hormonal responses in elite athletes to two successive strength training sessions in one day. *Eur J Appl Physiol* 57:133-139.
- Häkkinen, K., Pakarinen, A., A16n, M., Kauhanen, H. & Korni 1988b. Daily hormonal and neuromuscular responses to intensive strength training in 1 week. *International Journal of Sports Medicine* 9, 422 - 428.
- Häkkinen K. 1990. Voimaharjoittelun perusteet, vaikutusmekanismit, harjoitusmenetelmät ja ohjelmointi, Gummerus kirjapaino OY, Jyväskylä, 1990
- Häkkinen K, Myllylä E 1990. Acute effects of muscle fatigue and recovery on force production and relaxation in endurance, power and strength athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 30:5-12
- Häkkinen K, Pakarinen A 1993. Acute hormonal responses to two different fatiguing heavyresistanceprotocols in male athletes. *J Appl Physiol* Feb;74(2):882-7

- Häkkinen K 1994. Neuromuscular Fatigue in Males and Females during Strenuous Heavy Resistance Loading, *Electromyography and Clinical Neurophysiology*, 34:205-214.
- Katsanos CS, Kobayashi H, Sheffield-Moore M, Aarsland A, Wolfe RR 2006. A high proportion of leucine is required for optimal stimulation of the rate of muscle protein synthesis by essential amino acids in the elderly. *Am J Physiol Endocrinol Metab.*;291:E381–7.
- Keul J, Doll E, Keppeler D. *Muskelstoffwechsel*, Barth Verlag, Munchen, 1969
- Kingsbury, K.J., Kay, L. & Hjelm, M. 1998. Contrasting plasma free amino acid patterns in elite athletes: association with fatigue and infection. *British Journal of Sports Medicine*, 32, 25-33.
- Kirby T, Triplett T, Haines T, Skinner J, Fairbrother K and McBride J 2011. Effect of leucine supplementation on indices of muscle damage following drop jumps and resistance exercise. *Amino Acids* DOI 10.1007/s00726-011-0928-9.
- Komi P & Viitasalo J 1977. Changes in motor unit activity and metabolism in human skeletal muscle during and after repeated eccentric and concentric contractions. *Acta Physiol Scand* 100:246-254.
- Koopman R, Pennings B, Zorenc AH, van Loon LJ: 2007, Protein ingestion further augments S6K1 phosphorylation in skeletal muscle following resistance type exercise in males. *J Nutr* 137:1880-1886.
- Kraemer W.J. & Ratamess N.A. 2005. Hormonal Responses and Adaptations to Resistance Exercise and Training *Sports Med*; 35 (4): 339-361
- Kraemer WJ, Volek JS, Bush JA, Putukian M, Sebastianelli WJ 1998. Hormonal responses to consecutive days of heavy-resistance exercise with or without nutritional supplementation. *J Appl Physiol* 85:1544–1555
- Kumar V, Atherton P, Smith K, Rennie MJ 2009. Human muscle protein synthesis and breakdown during and after exercise. *J Appl Physiol* 106(6):2026–2039.
- Layman, D.K. 2002. Role of leucine in protein metabolism during exercise and recovery. *Canadian Journal of Applied Physiology* 27, 6, 646-662.
- Lemon, P.W.R. 2001. Effects of exercise on protein metabolism. Teoksessa Maughan, R.J. (toim.) *Nutrition in Sport: the Encyclopedia of Sports Medicine*. Blackwell Sciences Ltd, 133-152.

- Linnamo V, Häkkinen K, Komi PV, 1998. Neuromuscular fatigue and recovery in maximum strength loading versus explosive strength loading. *European Journal of Applied Physiology* 77(1–2):176–81
- Linnamo, V, Pakarinen A, Komi PV, Kraemer WJ, Häkkinen K. 2005. Acute hormonal responses to submaximal and maximal heavy resistance and explosive exercises in men and women. *Journal of Strength and Conditioning Research* 19(3), 566–571
- Manninen, A. 2004. Protein hydrolysates in sports and exercise: a brief review. *Journal of Sport Science and Medicine* 3, 60–63.
- Maughan, R.J. & Burke, L.M. 2002. *Sports nutrition*. Blackwell Science Ltd.
- McArdle, W.D., Katch, F.I. & Katch, V.L. 2010. *Exercise Physiology, Energy, Nutrition, and Human Performance*. 7th edition. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. Printed in the United States of America,
- Mero A, Leikas A, Knuutinen J, Hulmi J, Kovanen V. 2009. Effect of strength training session on plasma amino acid concentration following oral ingestion of leucine, BCAAs or glutamine in men. *Eur J Appl Physiol* 105:215–223.
- Mero A, Leikas A, Rinkinen N et al 2008. Effect of strength training session on plasma amino acid concentration following oral ingestion of arginine or taurine in men. *Amino Acids* 35:99–106.
- Mero, A 1999. Leucine supplementation and intensive training. *Sport Med* 27, 347–358.
- Mero A., Pitkänen H, Oja S., Komi P V., Pöntinen P J., and Takala T 1997. Leucine supplementation and serum amino acids, testosterone, cortisol and growth hormone in male power athletes during training. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 37: 137–145.
- Mero, A., Peltola E. & Saarela J. 1987. *Nopeus- ja nopeuskestävyys harjoittelu*. Jyväskylä. Gummerus Oy. Mero Oy.
- Miller SL, Tipton KD, Chinkes DL, Wolf SE, Wolfe RR. 2003. Independent and combined effects of amino acids and glucose after resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc.*;35:449–55.
- Mittleman KD, Ricci MR, Bailey SP 1998. Branched-chain amino acids prolong exercise during heat stress in men and women. *Med Sci Sports Exerc.*;30:83–91.
- Moore DR, Tang JE, Burd NA, Reresich T, Tarnopolsky MA, Phillips SM 2009. Differential stimulation of myofibrillar and sarcoplasmic protein synthesis with protein ingestion at rest and after resistance exercise. *J Physiol*, 587:897–904

- Morifuji M, Ishizaka M, Baba S, Fukuda K, Matsumoto H, Koga J, Kanegae M, Higuchi M 2010. Comparison of Different Sources and Degrees of Hydrolysis of Dietary protein: Effect of Plasma Amino Acids, Dipeptides, and Insulin Responses in Human Subjects. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 58:8788-8797
- Mutanen, M. & Voutilainen, E. 1999. Energiaravintoaineet, ravintokuitu ja alkoholi. Teoksessa Aro, A., Mutanen, M. & Uusitupa, M. (toim.) Ravitsemustiede. Duodecim. Hämeenlinna: Karisto Oy, 126-130, 132, 133.
- Nicol, V., Avela, J. & Komi P.V. 2006. The Stretch-Shortening Cycle: A Model to Study Naturally Occurring Neuromuscular Fatigue. *Sports Med* 36 (11): 977-999
- Nosaka K, Sacco P, Mawatari K 2006: Effects of amino acid supplementation on muscle soreness and damage. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 16:620-635.
- Phillips, SM, Moore DR, Tang J 2007. A critical examination of dietary protein requirements, benefits, and excesses in athletes. *Int J Sports Nutr Exerc Metab.*;17:S58–S76.
- Phillips, S.M., Tipton, K.D., Aarsland, A., Wolf, S.E. & Wolfe, R.R. 1997. Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans. *American Journal of Physiology: Endocrinology and Metabolism* 36, E99-E107.
- Phillips, S.M., Tipton, K.D., Ferrando, A.A. & Wolfe, R.R. 1999. Resistance training reduces the acute exercise-induced increase in muscle protein turnover. *American Journal of Physiology: Endocrinology and Metabolism* 39, E118-E124.
- Pitkänen, H., Mero, A., Oja, S.S., Komi, P.V., Pöntinen, P.J., Saransaari, P. & Takala, T. 2002. Serum amino acid responses to three different exercise sessions in male power athletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 42(4), 472-480.
- Rasmussen, B.B. & Phillips, S.M. 2003. Contractile and nutritional regulation of human muscle growth. *Exercise and Sport Sciences Reviews* 31, 3, 127-131.
- Ratamess NA, Kraemer WJ, Volek JS, et al., 2003. The effects of amino acid supplementation on muscular performance during resistance training overreaching. *J. Strength Cond. Res.*; 17:250-258
- Rennie MJ, Tipton KD 2000. Protein and amino acid metabolism during and after exercise and the effects of nutrition. *Annu Rev Nutr*, 20:457-483
- Rennie, M.J. 2001. Control of muscle protein synthesis as a result of contractile activity and amino acid availability: implications for protein requirements. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 11, S170-S176.

- Roberts S, Stokes, K, Trewartha S, Hogben P, Doyle J & Thompson D. 2011: Effect of combined carbohydrate-protein ingestion on markers of recovery after simulated rugby union match-play, *Journal of Sports Sciences*, 29:12, 1253-1262
- Roy, B.D., Tarnopolsky, M.A., MacDougall, J.D., Fowles, J. & Yarasheski, K.E. 1997. Effect of glucose supplement timing on protein metabolism after resistance training. *Journal of Applied Physiology* 82, 1882-1888.
- Sharp, C. & Pearson, D. 2010. Amino acid supplements and recovery from high-intensity resistance training. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 24, 1125-1130.
- Shimomura, Y., Inaguma, A., Watanabe, S., Yamamoto, Y., Muramatsu, Y., Bajotto, G. et al. 2010. Branched-chain amino acid supplementation before squat exercise and delayed onset muscle soreness. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 20, 236–244
- Slater G & Phillips S.M. 2011: Nutrition guidelines for strength sports: Sprinting, weightlifting, throwing events, and bodybuilding, *Journal of Sports Sciences*, 29:sup1, S67-S77.
- Stock MS, Young JC, Golding LA, Kruskall LJ, Tandy RD, Conway-Klaassen JM, Beck TW 2010. The effects of adding leucine to pre and postexercise carbohydrate beverages on acute muscle recovery from resistance training. *J Strength Cond Res* 24(8):2211–2219.
- Tang JE, Moore DR, Kujbida GW, Tarnopolsky MA, Phillips SM 2009: Ingestion of whey hydrolysate, casein, or soy protein isolate: effects on mixed muscle protein synthesis at rest and following resistance exercise in young men. *J Appl Physiol*, 107:987-992.
- Tarnopolsky, M.A., Atkinson, S.A., MacDougall, J.D., Chesley, A., Phillips, S. & Swarcz. 1992. Evaluation of protein requirements for trained strength athletes. *Journal of Applied Physiology* 73, 5, 1986-1995.
- Thorstensson A, Karlsson J. 1976. Fatiguability and fibre composition of human skeletal muscle. *Acta Physiol Scand*;98:318–22.
- Tipton, K.D. & Wolfe, R.R. 2004. Protein and amino acids for athletes. *Journal of Sport Sciences* 22, 65-79.
- Tipton, K.D. & Wolfe, R.R. 2001. Exercise, protein metabolism, and muscle growth. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 11, 109-132.

- Todd, K.H, Funk K.G, Funk J.P, & Bonacci, R.1996. Clinical significance of reported changes in pain severity. *Ann Emerg Med* 27, 485 - 489.
- van Loon, L.J.C., Saris, W.H.M., Verhagen, H. & Wagenmakers, A.J.M. 2000. Plasma insulin responses after ingestion of different amino acid or protein mixtures with carbohydrate. *American Journal of Clinical Nutrition* 72, 96-105.
- Wagenmakers, A.J.M. 2001. Amino acid metabolism in exercise. Teoksessa Maughan, R.J. (toim.) *Nutrition in Sport: the Encyclopedia of Sports Medicine*. Blackwell Sciences Ltd, 119-132.
- Wagenmakers, A.J.M. 1999. Tracers to investigate protein and amino acid metabolism in human subjects. *Proceedings of the Nutrition Society* 58, 4, 987-1000.
- Warren G.L., Lowe D.A. & Armstrong, R.B. 1999. Measurement tools used in the study of eccentric contraction-induced injury. *Sports Med* 27, 1, 43 - 48. Review.
- Welle, S., Bhatt, K. & Thornton, C.A. 1999. Stimulation of myofibrillar synthesis by exercise is mediated by more efficient translation of mRNA. *Journal of Applied Physiology* 86, 4, 1220-1225.
- Weyand, P.G., Sternlight, D.B., Bellizzi, M.J. & Wright, S. 2000. Faster top running speeds are achieved with greater ground forces not more rapid leg movements. *Journal of Applied Physiology* 89, 1991-1999.
- Williams, P. B. Raven, D. L. Fogt, and J. L. Ivy, 2003. Effects of recovery beverages on glycogen restoration and endurance exercise performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 17, no. 1, pp. 12–19, 2003.
- 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.
- Witard OC, Jackman SR, Kies AK, Jeukendrup AE, Tipton KD 2011. Effect of increased dietary protein on tolerance to intensified training. *Med Sci Sports Exerc.* Apr;43(4):598-607
- Volek JS, Kraemer WJ, Bush JA, Incledon T, Boetes M. 1997. Testosterone and cortisol in relationship to dietary nutrients and resistance exercise. *J Appl Physiol.* Jan;82(1):49-54.
- Vollestad. N. 1997. Measurement of human muscle fatigue. *Journal of Neuroscience. Methods* 74: 219-227.
- Zatsiorsky, V. 1995. *Science and practice of strength training*. Human Kinetics, USA.

LIITTEET

LIITE 1:

KOEHENKILÖTIEDOTE JA SUOSTUMUSLOMAKE

1. Tutkimuksen nimi

Proteiinilisän vaikutus teholajien urheilijoiden palautumiseen ja suorituskykyyn viikon kovassa harjoitusjaksossa

2. Tutkimuksen vastuullinen johtaja

Antti Mero
Professori
Liikuntabiologian laitos
PL 35 (VIV)
40014 Jyväskylän Yliopisto
Email: antti.mero@jyu.fi
Puh: 040-5408704

3. Tutkijoiden tiedot

Jaakko Tornberg
Liikuntabiologian laitoksen pro gradu -opiskelija
Email: jaakko.tornberg@jyu.fi
Puh: 044-3221583

Johanna Toivonen
Liikuntabiologian laitoksen kandi -opiskelija
Email: johanna.toivonen@jyu.fi
Puh: 050-3700414

Keijo Häkkinen
Professori
Liikuntabiologian laitoksen johtaja
Email: keijo.hakkinen@jyu.fi

Juha Hulmi
LitT, Liikuntabiologian laitos
Email: juha.hulmi@jyu.fi
Puh: 014-2602058, 040-8327001

Risto Puurtinen
Erikoislaboratoriomestari
Email: risto.puurtinen@jyu.fi
Puh: 040-2602080

4. Tutkimuksen taustatiedot

Tutkimuksen toteutus: Jyväskylän yliopisto, liikuntabiologian laitos.

Tutkimus alkaa marraskuussa 2011 ja valmistuu kevään 2012 aikana. Tutkimuksesta valmistuu yksi valmennus- ja testausopin Pro Gradu -tutkielma (Jaakko Tornberg), yksi

liikuntafysiologian kandidaatin tutkielma (Johanna Toivonen) ja vähintään yksi kansainvälinen tutkimusraportti.

5. Tutkimusaineiston säilyttäminen

Tutkimuksen vastuullinen tutkija vastaa tutkimusaineiston turvallisesta säilyttämisestä siten, etteivät tiedot tutkimuksesta ja yksittäisistä tutkittavista joudu ulkopuolisten käsiin. Tutkimuksessa kerättävä mittausaineistoa käsittelevät vain tutkimukseen osallistuvat tutkijat. Eettisen toimikunnan lausuntoa haettaessa on täytetty rekisteriseloste. Manuaalinen aineisto säilytetään lukitussa tilassa liikuntabiologian laitoksella. ATK:lla oleva aineisto on tutkijoiden omilla tietokoneilla, joihin pääsy edellyttää salasanan tunteamista. Tietokoneet säilytetään lukituissa tiloissa.

6. Tutkimuksen tarkoitus, tavoite ja merkitys

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää proteiinilisän vaikutusta teholajien urheilijoiden palautumiseen ja hermolihasjärjestelmän suorituskykyyn viikon kovalla harjoitusjaksolla. Tutkimus laajentaa tietoa proteiinilisän hyödyistä urheilijoiden palautumiseen ja suorituskykyyn. Tutkimuksen tulosten avulla urheilijat voivat saada hyödyllistä lisätietoa omasta suorituskyvystään ja siihen vaikuttavista tekijöistä.

7. Tutkimukseen liittyvät testit ja toimenpiteet

Koeasetelma: Koehenkilöinä on 18-35 –vuotiaita teholajien (yleisurheilu; pikajuoksu, hyppylajit ja keihäänheitto, pesäpallo) urheilijoita. Heidät jaetaan satunnaisesti kahteen ryhmään:

1. **Proteiinilisäryhmä:** Saa normaalin ruokavalion (jossa proteiinin saanti urheilijoille suositusten mukainen eli 1,5g/painokilo/vrk) lisäksi neljä kertaa vuorokaudessa proteiinilisäjuoman (noin 30g proteiinia) ja näin ollen kokonaisproteiinin saanti vuorokaudessa on n. 3g/painokilo.
2. **Kontrolliryhmä:** Syö normaali ruokavaliolla (proteiinien saanti 1,5g/painokilo/vrk) ja saa neljä kertaa vuorokaudessa juoman (isoenerginen juoma, sis. 0g proteiinia ja noin 30g hiilihydraattia).

Molemmat ryhmät suorittavat alkumittausten jälkeen viisi päivää kestävä harjoitusjakson, joka sisältää kolme harjoitusta järjestyksessä nopeusharjoitus, maksimivoimaharjoitus ja hypertrofinen voimaharjoitus. Harjoitusjakson aikana koehenkilöt toteuttavat ruokavaliota, joka annetaan yksilöllisesti niin, että proteiinien saanti on 1,5g/painokilo/vrk ja muuten ruokavalio on valtion ravitsemusneuvottelukunnan suositusten (2005) mukainen. Mittauspäivien ruokavalio vakioidaan kaikille koehenkilöille samanlaisiksi.

Harjoitusten sisältö:

1. Nopeusharjoitus

Nopeusharjoitus sisältää alkulämmittelyn lisäksi 3x4x40m juoksuharjoituksen, jossa juoksuvetojen välinen palautus 3min ja sarjapalautus 6min.

2. Maksimivoimaharjoitus

Maksimivoimaharjoituksessa on alkulämmittelyn lisäksi rinnalleveto 3x3RM, jalkaprässi 4x3RM ja jalkojen ojennus 2x8RM. Palautukset harjoituksessa ovat 3min/6min.

3. Hypertrofinen voimaharjoitus

Maksimivoimaharjoituksessa sisältää alkulämmittelyn lisäksi rinnalleveto 3x10RM, jalkaprässi 4x10RM ja jalkojen ojennus 2x10RM. Palautukset harjoituksessa ovat 2min.

Mittaukset:

Alkumittaus: Suoritetaan kolme päivää ennen harjoitusjakson alkua. Alkumittauksissa koehenkilöiltä otetaan aamulla paastoverinäyte. Verinäytteistä analysoidaan perusverenkuva, plasman aminohappopitoisuudet, hormonit (testosteroni ja kortisoli) ja kreaatiinikinaasi. Varsinaisissa alkumittauksissa koehenkilöt suorittavat nopeus ja nopeusvoimatestit: 20m:n juoksu (10m:n kiihdytyksellä) ja kevennyshyppy sekä kevennyshyppy lisäpainoilla (20kg, 40kg ja 60kg) sekä maksimivoimatestin jalkaprässillä. Alkumittauksissa lisäksi määritellään voimaharjoituksissa käytettävät painot. Alkumittausten yhteydessä koehenkilöillä annetaan ravintolisät ja ohjeet ruokavalioon harjoitusjakson ajaksi.

Mittaukset hypertrofisen voimaharjoituksen yhteydessä: Viimeisen harjoituksen eli hypertrofisessa voimaharjoituksen yhteydessä otetaan verinäytteet aamulla (paastoverinäyte), ennen harjoitusta ja heti harjoituksen jälkeen sekä tunti harjoituksen jälkeen. Suorituskykymittaukset (jalkaprässi 1RM, kevennyshyppy ja kevennyshyppy lisäpainoilla) tehdään ennen ja heti jälkeen sekä tunti harjoituksen jälkeen.

Palautumismittaukset: Viimeisestä voimaharjoituksesta yksi ja kolme vuorokautta jälkeen koehenkilöiltä otetaan paastoverinäyte sekä tehdään suorituskykymittaukset (jalkaprässi 1RM, kevennyshyppy ja kevennyshyppy lisäpainoilla, viimeisissä mittauksissa myös 20m:n juoksu).

Kyselyt: Ennen alkumittauksia koehenkilöt täyttävät ruokapäiväkirjaa kolmen päivän ajan. Harjoitusjakson aikana koehenkilöt arvioivat lihasarkuutta ja vireystilaa päivittäin VAS- janan avulla, jossa koehenkilö arvioi janalle merkittävällä rastilla lihasarkuuden ja vireystilan astetta.

Analysointi:

Biokemialliset analyysit. Verinäytteistä plasman aminohappopitoisuudet, kreaatiinikinaasi, perusverenkuva (hemoglobiini, hematokriitti, valkosolut, lasko) sekä seerumin testosteroni- ja kortisolipitoisuudet. Analyysit suoritetaan liikuntabiologian laitoksen laitteilla, lukuun ottamatta verinäytteiden plasman aminohappopitoisuuksia, jotka määritetään Oulun yliopistossa prof. Mika Ala-Korpelan johdolla.

Aineiston säilyttäminen. Manuaalinen aineisto säilytetään liikuntabiologian laitoksella lukituissa tiloissa ja sähköinen tieto on tutkijoiden tietokoneilla.

Tilastollinen analyysi suoritetaan SPSS- ja EXCEL –ohjelmilla, joiden avulla lasketaan keskiarvot, keskihajonnat ja testataan kahden ryhmän välisiä eroja.

8. Tutkimukseen liittyvät hyödyt ja riskit

Koehenkilöt saavat tutkimuksesta tietoa suoritus- ja palautumiskyvystään kovan harjoitusjakson jälkeen. Lisäksi he saavat kattavan ravintoanalyysin ja hyödyllistä tietoa veriarvoistaan (mm. perusverenkuva).

Testaukseen ja harjoituksiin liittyy joitakin riskejä testattavalle. Riskit liittyvät maksimaaliseen kuormitukseen. Testeissä saattaa tulla vaurioita tai vammoja tuki- ja liikuntaelimistöön kuten lihasten kipeytymiset ja lihasrevähdykset. Testit ovat kuitenkin ennestään tuttuja koehenkilöille. Kovassa kuormituksessa on aina olemassa sydämen ja/tai verenkiertoelimistön ylikuormittumisen vaara, mutta terveellä ihmisellä vakavien häiriöiden todennäköisyys on pieni. Verinäytteet ottaa kyynärlaskimosta siihen koulutettu henkilö, mutta otossa voi tulla pieniä mustelmia kyynärvarteen ja näytteen oton kohta voi olla arka muutaman päivän.

9. Tutkimustiedon käyttö

Tutkittavista kerätty tieto on luottamuksellista eikä sitä luovuteta tutkimusryhmän ulkopuolisille. Tutkimuksesta tehtävät raportit julkaistaan siten, että tietojen yhdistäminen tutkittavaan henkilöön ei ole mahdollista. Mikäli keskeytätte tutkimuksen, keskeyttämiin mennessä teistä kerättyjä tietoja ja tutkimustuloksia voidaan käyttää osana tutkimusaineistoa. Tutkimus on Jaakko Tornbergin pro gradu -tutkielma ja siitä valmistuu myös Johanna Toivosen kandidaatin tutkielma. Lisäksi tutkimuksesta julkaistaan vähintään yksi kansainvälinen tieteellinen raportti.

10. Tutkittavien oikeudet

Osallistuminen tutkimukseen on täysin vapaaehtoista. Tutkittavalla on oikeus kieltäytyä mistä tahansa mittauksesta, keskeyttää mittaukset tai perua osallistumisensa tutkimukseen missä tahansa mittausvaiheessa. Tutkittavalla on myös mahdollisuus milloin tahansa kysyä lisätietoja mittauksista mittaajilta ja tutkijoilta.

11. Vakuutukset

Jyväskylän yliopiston henkilökunta ja toiminta on vakuutettu. Vakuutus sisältää potilasvakuutuksen, toiminnanvastuuvakuutuksen ja vapaaehtoisen tapaturmavakuutuksen. Tutkimuksissa tutkittavat (koehenkilöt) on vakuutettu tutkimuksen ajan ulkoisen syyn aiheuttamien tapaturmien, vahinkojen ja vammojen varalta. Tapaturmavakuutus on voimassa mittauksissa ja niihin välittömästi liittyvillä matkoilla. Vakuutusyhtiöt eivät kuitenkaan korvaa äkillisen ponnistuksen aiheuttamaa lihas- tai jännerevähdyistä, ellei siihen liity ulkoista syytä. Tapaturmien ja sairastapausten välittömään ensiapuun mittauksissa on varauduttu tutkimusyksikössä. Laboratoriossa on ensiapuvälineet ja varusteet, joiden käyttöön henkilökunta on perehtynyt. Tutkittavalla olisi hyvä olla oma henkilökohtainen tapaturma/sairaus- ja henkivakuutus, koska tutkimusprojekteja varten vakuutusyhtiöt eivät myönnä täysin kattavaa vakuutusturvaa esim. sairauskohtauksien varalta.

**PROTEIINILISÄN VAIKUTUS TEHOLAJIEN URHEILI-
JOIDEN SUORITUSKYKYYN JA PALAUTUMISEEN VII-
KON KOVASSA HARJOITUSJAKSOSSA**

**TUTKITTAVAN SUOSTUMUS TUTKIMUKSEEN OSALLISTUMISES-
TA**

Olen perehtynyt tämän tutkimuksen tarkoitukseen ja sisältöön, tutkit-
taville aiheutuviin mahdollisiin haittoihin sekä tutkittavien oikeuksiin
ja vakuutusturvaan. Suostun osallistumaan mittauksiin ja toimenpitei-
siin annettujen ohjeiden mukaisesti. En osallistu mittauksiin flunssai-
sena, kuumeisena, toipilaana tai muuten huonovointisena. Voin halu-
tessani peruuttaa tai keskeyttää osallistumiseni tai kieltäytyä mittauk-
sista missä vaiheessa tahansa. Tutkimustuloksiani saa käyttää tieteelli-
seen raportointiin (esim. julkaisuihin) sellaisessa muodossa, jossa yksit-
täistä tutkittavaa ei voi tunnistaa.

Jyväskylässä _____ 2011. Puh no: _____

Tutkittavan allekirjoitus: _____

Jyväskylässä _____ 2011. Puh no: _____

Tutkijan allekirjoitus: _____

LIITE 2**PROTEIINIRAVINTOLISÄ****PROTAMOR 82 SBLI**

100g:aa proteiinilisäjauhetta sisältää

Proteiinia	79g
Hiilihydraattia	4g
Rasvaa	7g

Mineraalit:

Natrium	850mg
Kalium	250mg
Kalsium	250mg
Magnesium	40mg
Kloridi	600mg
Fosfori	300mg

Aminohappoprofili 100g:ssa proteiinijauhetta:

isoleusiini	5,5g
leusiini	12g
valiini	5,5g
haaraketjuiset yhteensä	23g

lysiini	9,7g
treoniini	5,6g
tryptofaani	2,2g
metioniini + kysteiini	5,3g
fenyylialaniini + tyrosiini	7,4g
välttämättömät yhteensä	53,2g

alaniini	5g
arginiini	2,8g
asparagiini	10,8g
glutamiini	16,9g
glysiini	2g
histidiini	2g
proliini	5,1g
seriini	5g

LIITE 3:**RUOKA – JA LIIKUNTAPÄIVÄKIRJA**

Nimi: _____

Ruokapäiväkirjan avulla selvitetään, miten syöt ja juot tutkimusjakson aikana. Kirjanpidosta huolimatta, yritä pitää ruokavaliiosi 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 liikuntasuoritukset 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 lomaakteen täyttöstä. **Huom.** Pyri ilmoittamaan syömäsi ruokamäärä grammoina aina, kun se on mahdollista.

Aika klo	Paikka	Ruoat ja juomat (valmistustapa, ruoanvalmistuksessa käytetty rasva ja neste), Läikunta-suoritus-esi (harjoitustyypin kesto)	Määrä (g, dl, kpl jne.)
08.05	koti	Vaasan ruispalat	1 viipale (27,5 g)
		Arla kermajuusto 17 %	2 siivua
		Keiju 40 % margariini	2 tl
		tomaatti	4 siivua
		suodatinkahvi	1,5 dl
		kevytmaito	2 rkl
11.30	koti	lihapullat, nautajauheliha (17 % rasvaa), paistettu voissa peruna, kuorineen keitetty, keitinvedessä suolaa Valio rasvaton maito	135 g 75 g 1,7 dl
		grahamsämpylä, tehty kevytmaitoon	2 kpl (keskikokoinen)
		Valio Aamupala Raikas 12 %	2 viipaletta, 8 g
		Valio Oivariini 75 % (normaalisuolainen)	2 tl
		Saarioinen italiansalaatti (normaalirasvainen)	1 rkl
		salaatti (tomaatti-kurkku-lehtisalaatti)	75 g
14.30	huppohalli	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) Valio rasvaton maito Vaasan ruispalat	1 kpl, 160 g 1,7 dl 1 viipale (27,5 g)

LIITE 4**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**

LIITE 5

PALAUTUMISTUNTEMUSTEN KYSELY

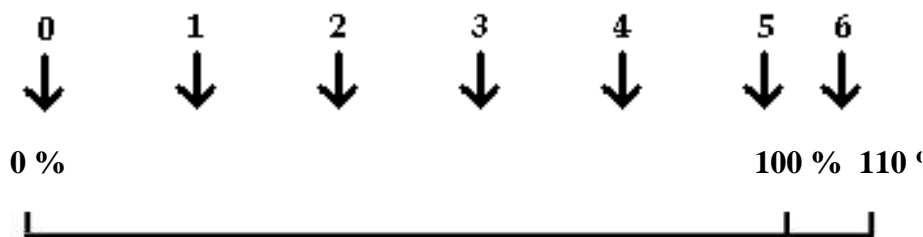
Nimi

Milloin tunnet olevasi täysin palautunut kuormituksesta?

Merkkaa rasti "X" mielestäsi palautumistuntemustasi ja voimantunnettasi parhaiten kuvaavaan kohtaan.

Ohje: 100% kuvaa tilannetta, jossa tunnet olevasi täysin palautunut harjoituksesta ja tunteen perusteella pystyt suorittamaan maksimisuorituksesi. Alla on malli, jonka numeroiden kuvaukset auttavat rastian kohdan valinnassa.

MALLI



- 0 = "koomassa"
- 1 = Ei yhtään palautunut - olen täysin voimaton
- 2 = Vähän palautunut - en jaksaisi vielä harjoitella
- 3 = Melko hyvin palautunut - olen ei vielä paras, mutta harjoittelu myös jaloille mahdollista
- 4 = Hyvin palautunut - tunnen olevani voimissani
- 5 = Täysin palautunut - tunnen pystyväni maksimaaliseen suoritukseen
- 6 = Yli 100% - tunnen pystyväni parempaan suoritukseen kuin pitkään aikaan

Nopeusharjoituspäivän aamu. Klo: _____

0%

100% 110%



Palautumispäivä. Aamu. Klo: _____



Maksimivoimaharjoituspäivän aamu. Klo: _____



Palautumispäivä. Aamu. Klo: _____



Hypertrofisvoimaharjoituspäivän aamu. Klo: _____



Tunti hypertrofisvoimaharjoituksen jälkeen. Klo: _____



Ensimmäinen palautumispäivä. Aamu. Klo: _____



Toinen palautumispäivä. Aamu. Klo: _____



Kolmas palautumispäivä. Aamu. Klo: _____



Neljäs palautumispäivä. Aamu. Klo: _____



LIHASARKUUSKYSELY

Nimi

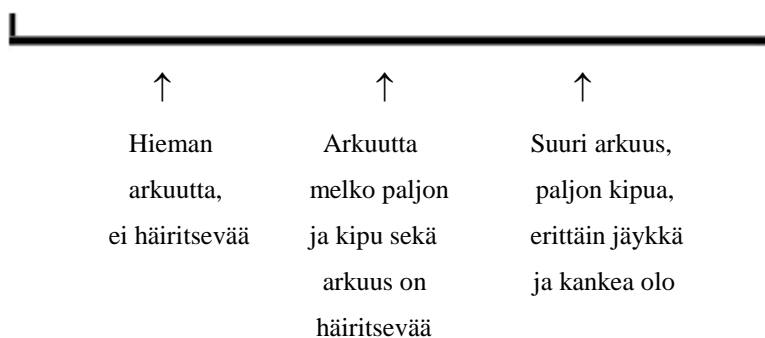
Käsitteellä DOMS (Delayed Onset of Muscle Soreness) tarkoitetaan harjoituksen jälkeistä viivästynyttä lihasarkuutta, joka tyypillisesti voi olla voimakkaammillaan pari vuorokautta kovan voimaharjoituksen jälkeen. Tämä voidaan kokea kuormittuneissa lihaksissa kosketus- ja liikearkuutena sekä jäykkyyden tunteena.

Merkitse alla oleville janoille rasti "X" sille kohdalle, mikä parhaiten kuvaa kokemasi harjoituksen jälkeistä lihasten arkuutta tällä hetkellä. Tee merkinnät aamupäivisin alkaen nopeusharjoituspäivästä ja jatkuen loppumittauspäivään asti.

MALLI:

ei arkuutta eikä kipua

suurin mahdollinen arkuus, jäykkyys ja kipu



Levossa seisten + palpoiden (rastit molemmista tilanteista!) Päivämäärä_____ (nopeusharjoituspäivänä)

Etureidet:

ei arkuutta _____ suurin mahdollinen arkuus

Takareidet:

ei arkuutta _____ suurin mahdollinen arkuus

Pakarat:

ei arkuutta _____ suurin mahdollinen arkuus

Askelkyykyssä vuorotellen molemmat jalat edellä (rastit molemmista tilanteista!)

Etureidet:

ei arkuutta _____ suurin mahdollinen arkuus

Takareidet:

ei arkuutta _____ suurin mahdollinen arkuus

Pakarat:

ei arkuutta _____ suurin mahdollinen arkuus
