

<http://www.jyu.fi/library/tutkielmat/50/>

**TERNIMAITOVALMISTEEN VAIKUTUKSIA
KASVUTEKIJÄ- JA HORMONIPITOISUUKSIIN LYHYELLÄ
HARJOITTELUJAKSOLLA TEHOLAJIEN URHEILJOILLA**

HEIDI MIIKKULAINEN

**Jyväskylän Yliopisto
Liikuntabiologian laitos
Liikuntafysiologian Pro Gradu- tutkimus
Kevät 1997**

TIIVISTELMÄ

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää vaikuttaako ternimaitovalmiste (Bioenervi™) teholajien (pikajuoksu ja hyppylajit) urheilijoiden kasvutekijä- ja hormonipitoisuuksiin kahdeksan vuorokauden mittaisen harjoittelujakson aikana. Kaksoissokkokeena suoritettussa tutkimuksessa koehenkilöt nauttivat ternimaitovalmistetta tai plasebona maitoheravalmistetta yhteensä kolmella kahdeksan vuorokauden mittaisella tutkimusjaksolla. Kuormituksen, palautumisen ja Bioenervin välisten yhteisvaikutusten selvittämiseksi koehenkilöt tekivät jokaisella jaksolla testiharjoituksen samanlaisen voimaharjoituksen nautittuaan ternimaito- tai maitoheravalmistetta viiden vuorokauden ajan 125 ml vuorokaudessa kahdessa osassa aamuin illoin. Bioenervi 25 ml -jaksolla valmisteessa oli 25 ml Bioenerviä ja se sisälsi 13,5 µg/l IGF-1:tä. Bioenervi 125 ml -jaksolla valmiste oli kokonaan Bioenerviä ja sisälsi 67.6 µg/l IGF-1:tä. Jaksojen välillä oli 13 vuorokauden puhdistautumisjakso. Kasvutekijä IGF-1 pitoisuuksissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja tutkimusjaksojen välillä, mutta profiilivertailussa Bioenervi 125 ml -jakson kasvutekijäpitoisuuden muutos [alkumittaus 30.80 nmol/l vs. loppumittaus 35.3 nmol/l] erosi tilastollisesti merkitsevästi ($p < .05$) plasebo-jakson kasvutekijäpitoisuuden alku- ja loppumittauksen välisestä muutoksesta [alkumittaus 37.16 nmol/l vs. loppumittaus 33.58 nmol/l]. Insuliini-, kasvuhormoni-, testosteroni- ja kortisoli- pitoisuudet eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi eri tutkimusjaksoilla, mutta testiharjoituksen vaikutuksesta hormonipitoisuudet muuttuivat tutkimusjaksojen aikana. Insuliinipitoisuudet laskivat harjoituksen aikana kaikilla tutkimusjaksoilla tilastollisesti merkitsevästi (plasebo- ja Bioenervi 25 ml -jaksoilla: $p < .001$ ja Bioenervi 125 ml -jaksolla: $p < .01$). Kasvuhormonipitoisuus nousi harjoituksen aikana tilastollisesti merkitsevästi ($p < .05$) plasebo- ja Bioenervi 125 ml -jaksoilla. Testosteronipitoisuudet nousivat harjoituksen aikana Bioenervi 25 ml- ja 125 ml -jaksoilla tilastollisesti merkitsevästi ($p < .01$ ja $p < .05$). Tämän tutkimuksen mukaan Bioenervi™ - ternimaitovalmiste lisää kasvutekijä IGF-1:n pitoisuutta seerumissa muuttamatta hormonaalista tasapainoa lyhyen harjoittelujakson aikana teholajien urheilijoilla.

Sisällys

Johdanto

1. Endokriininen aineenvaihdunnan säätely	2
1.1 Hormonit ja niiden kemia	2
1.2 Hormonien erityys	3
1.3 Hormonireseptorit ja niiden aktivointi	4
1.4 Hormonitoiminnan mekanismit	4
1.5 Liikunta ja hormonaalinen kuormitusreaktio	5
2. Insuliinin kaltainen kasvutekijä IGF-1	7
2.1 IGF-1:n rakenne	7
2.2 IGF-1:n erityys ja vuorokausivaihtelu	8
2.3 IGF-1:n fysiologiset vaikutukset	8
2.4 IGF-1 ja fyysinen kuormitus	9
3. Insuliini	11
3.1 Insuliinin rakenne	11
3.2 Insuliinin toiminta	11
3.3 Insuliinin vaikutukset hiilihydraattiaineenvaihduntaan	12
3.4 Insuliinin vaikutukset rasva-aineenvaihduntaan	13
3.5 Insuliinin vaikutukset proteiiniaineenvaihduntaan ja kasvuun	13
3.6 Insuliinin erityksen säätely	14
3.7 Insuliini ja fyysinen kuormitus	15
4. Kasvuhormoni	17
4.1 Kasvuhormonin rakenne ja fysiologinen säätely	17
4.2 Kasvuhormonin erittyminen	18
4.3 Kasvuhormonin fysiologiset vaikutukset	19
4.4 Kasvuhormoni ja fyysinen kuormitus	19
5. Testosteroni	21
5.1 Testosteronin rakenne ja aineenvaihdunta	21
5.2 Testosteronin vaikutukset lihaksiin ja luustoon	22
5.3 Testosteroni ja fyysinen kuormitus	22
6. Kortisoli	24
6.1 Kortisolin rakenne	24
6.2 Kortisolin vaikutukset aineenvaihduntaan	24
6.3 Kortisolin erityys	25
6.4 Kortisoli ja fyysinen kuormitus	26

7. Ravinnon vaikutus kasvutekijöihin ja hormoneihin	28
8. Tutkimuksen tarkoitus	29
9. Tutkimusmenetelmät	30
9.1 Koeasetelma	30
9.2 Koehenkilöt	31
9.3 Mittaukset	31
9.3.1 Antropometria	31
9.3.2 Verinäytteiden ottaminen ja analysointi	32
9.3.2.1 Seerumin IGF-1	32
9.3.2.2 Hormonit	33
9.3.2.3 Laktaatti	34
9.3.2.4 Hemoglobiini, hematokriitti, lasko ja kolesteroli	34
9.3.3 Koehenkilöiden subjektiiviset tuntemukset	35
9.3.4 Kevennyshyppy	35
9.4 Tilastolliset menetelmät	35
10. Tulokset	36
10.1 Kasvutekijä IGF-1 eri tutkimusjaksoilla	36
10.1.1 Kasvutekijäpitoisuuksien profiilivertailu	36
10.2 Hormonipitoisuudet eri tutkimusjaksoilla	37
10.2.1 Insuliini	37
10.2.2 Kasvuhormoni	37
10.2.3 Testosteroni	39
10.2.4 Kortisoli	39
10.2.5 Testosteroni-kortisoli-suhde	40
10.3 Veriarvot ja laktaatti	41
10.4 Energian- ja energiaravintoaineiden saanti	42
10.5 Koehenkilöiden subjektiiviset tuntemukset	43
10.6 Kevennyshyppy	43
11. Pohdinta	44
Lähteet	49
Liitteet	

Johdanto

Ternimaito on maitorauhasen erite, jota erittyy lehmällä viidestä seitsemään päivän ajan poikimisen jälkeen. Ternimaidon tehtävänä on suojata vastasyntynyttä jälkeläistä ympäristössä esiintyviä patogeeneja mikrobeja vastaan ja antaa sille täysipainoista ravintoa ensimmäisten elinpäivien aikana. Tästä syystä ternimaidon koostumus ja biologinen aktiivisuus poikkeavat huomattavasti normaalin laktaatiokauden maidosta. (Korhonen, 1978, 375) Ternimaito on merkittävä ravintoaineiden ja vitamiinien lähde, mutta se sisältää myös tärkeitä bioaktiivisia molekyylejä, kuten kasvutekijöitä ja vasta-aineita (Foley ja Otterby 1978; Reiter 1978; Besser ja Gay 1994; Donovan ja Odle 1994). On havaittu, että seerumin IGF-1 kasvutekijäpitoisuus lisääntyy vasikoilla ternimaidon vaikutuksesta (Ronge ja Blum 1988; Grutter ja Blum 1991). Useat tutkimukset ovat osoittaneet, että ternimaidon sisältämät kasvutekijät stimuloivat solujen kasvua ja erilaistumista in vitro (Klagsburn 1980; Klagsburn ja Neuman 1979; Pakkanen ym. 1992; Pakkanen 1994; Pakkanen ja Neutra 1994; Ramirez ym. 1990; Steimer ym. 1981).

Ternimaidon sisältämät vasta-aineet ja kasvutekijät voivat olla merkityksellisiä myös ihmiselle. Raskas fyysinen harjoittelu ja stressi saattavat alentaa kasvutekijä- ja vasta-ainepitoisuuksia, jolloin elimistön immuniteti- ja palautumiskyky voivat heikentyä. Ternimaidon avulla voidaan pyrkiä ylläpitämään näiden bioaktiivisten molekyylien säilymistä ja toimintakykyä elimistössä. Tästä johtuen ternimaito on herättänyt kiinnostusta viime vuosina myös urheilijoiden keskuudessa, jotka ovat käyttäneet ternimaitovalmistetta vastustus- ja palautumiskyvyn parantamiseksi. Käytännön kokemukset ovat antaneet viitteitä ternimaitovalmisteen suotuisista vaikutuksista harjoittelun kannalta. Bioenervi™ on kliinisesti testattu ternimaitovalmiste, josta on poistettu bakteerit, rasvat sekä osa proteiineista. Bioenervin vaikutuksia kuorituksen yhteydessä ei ole kuitenkaan tutkittu tieteellisesti vastaavalla tavalla ennen tätä tutkimusta. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää kyseisen ternimaitovalmisteen fysiologisia vaikutuksia teholajien urheilijoilla lyhyen harjoittelujakson yhteydessä mittaamalla seerumin kasvutekijä- ja hormonipitoisuuksia.

1. Endokriininen aineenvaihdunnan säätely

1.1 Hormonit ja niiden kemia

Hormoni on orgaaninen yhdiste, jota erikoistuneet solut erittävät verenkiertoon ja joka vaikuttaa jo hyvin pienin väkevyyksin muiden solujen toimintaan. Hormoni leviää verenkierron mukana usein koko elimistöön. Se vaikuttaa kuitenkin vain tiettyihin soluihin, hormonin kohdesoluihin, jotka voivat yhdessä muodostaa kohde-elimen. Hormoneja erittävistä soluista on muodostunut erityisiä umpirauhasia eli endokriinisiä rauhasia (sisäeriterauhaset). (Nienstedt ym. 1987, 368)

Hormonit vaikuttavat lähes kaikkiin kehon toimintoihin. Ne säätelevät kasvua, kehitystä ja lisääntymistä sekä lisäävät kehon sietokykyä fyysisiä ja psyykkisiä stressitekijöitä vastaan. Hormonit ylläpitävät myös kehon sisäistä tasapainoa aineenvaihduntaa säätelemällä. (McArdle ym. 1991, 384) Eri hormonien aineenvaihdunnalliset vaikutukset näkyvät alla olevasta taulukosta 1.

Taulukko 1. Yhteenveto hormonien aineenvaihdunnallisista vaikutuksista.

Aineenvaihdunnallinen vaikutus	Homoni(t)
Solujen glukoosin käyttö	Insuliini
Glykolyysi ja glykogeenisynteesi	Insuliini
Triglyseridisynteesi	Insuliini
Veren glukoosipitoisuuden aleneminen	Insuliini
Maksan glykogenolyysi	Adrenaliini, Glukagoni, Noradrenaliini(?)
Maksan glukoneogeneesi	Glukagoni
Lihasten glykogenolyysi	Adrenaliini, Noradrenaliini(?)
Lipolyysi	Kortisoli, Adrenaliini, Kasvuhormoni
Proteiinisynteesi	Kasvuhormoni, Insuliini
Proteiinikatabolia	Kortisoli
Veren glukoosipitoisuuden nouseminen	Adrenaliini
suora vaikutus	Glukagoni
epäsuora vaikutus	Kortisoli, Adrenaliini, Glukagoni
Aineenvaihdunnan lisääntyminen	Adrenaliini, Noradrenaliini, Tyroksiini

(Brooks&Fahey 1985, 186)

Osalla hormoneista on ainoastaan paikallisia vaikutuksia, kuten asetyylikoliinilla, jota vapautuu parasympaattisista ja luurankoliinien hermopäätteistä. Useimmat hormonit, joilla on yleisvaikutus, erittyvät umpirauhasista. Jotkut yleishormonit, kuten aivolisäkkeestä erittyvä kasvuhormoni, vaikuttavat lähes kaikkiin kehon soluihin. Muut hormonit vaikuttavat vain tiettyihin kohdekudoksiin, joissa on erityiset hormoneja sitovat reseptorit. (Guyton 1991, 810)

Hormoneja on kemiallisesti kolmea eri perustyyppiä:

1. Steroidihormonit, joilla on samanlainen kemiallinen rakenne kuin kolesterolilla, ja jotka useimmiten on johdettu itse kolesterolista. Eri steroidihormonit erittyvät lisämunuaiskuoresta (kortisoli ja aldosteroni) , munasarjoista (estrogeeni ja progesteroni), kiveksistä (testosteroni) ja istukasta (estrogeeni ja progesteroni).

2. Aminohappo tyrosiinin johdannaiset, jotka jaetaan kahteen ryhmään: kilpirauhashormonit (tyroksiini ja trijodityroniini) ja lisämunuaisytimen päähormonit (adrenaliini ja noradrenaliini).

3. Proteiinit tai peptidit, joihin kuuluvat kaikki muut umpierityshormonit. (Guyton 1991, 811-812)

1.2 Hormonien erityys

Hormonierityksen täytyy mukautua nopeasti kehossa tapahtuviin muutoksiin. Tästä syystä kaikkien proteiinihormonien erityys on luonteeltaan sykkivää. Pitkällä aikavälillä hormonisynteesi pyrkii tasapainoon hormonierityksen kanssa. Hetkellisesti on kuitenkin mahdollista, että hormonieritys on suurempaa sen synteesiin verrattuna. (McArdle ym. 1991, 388) Hormonin plasmapitoisuutta pidetään hormonin erittyneenä määränä. Itse asiassa on kuitenkin kyse rauhasessa syntesoidun ja siitä vapautuneen hormonin yhteismäärästä ja kudokset vastaanottamasta määrästä sekä verestä maksaan ja munuasiin siirtyvästä määrästä. Umpirauhaset stimuloituvat kolmella tavalla: hormonaalisesti, humoraalisesti ja neuraalisesti. (McArdle ym. 1991, 388)

Aineenvaihdunnan säätelyyn tarvittavat hormonimäärät ovat hyvin pieniä ja niiden määrä veressä vaihtelee 1:stä pikogrammasta muutamaan mikrogrammaan yhtä verimillilitraa kohden. Vastaavasti eri hormonien erityys on hyvin pientä , yleensä mikro- tai milligrammoja päivää kohden. (Guyton 1991, 812) Hormoneilla on voimakas vaikutus aineenvaihduntaan. Hormonieritystä säätelee negatiivinen palautemekanismi, jossa hormonin erityys inhiboituu sen jälkeen, kun hormonitoiminnan tavoite on saavutettu. Jos hormonin erittyminen ei aiheuta haluttua vaikutusta sen erityys stimuloituu vastaavasti negatiivisen palautemekanismin kautta. (Brooks&Fahey 1985, 166)

1.3 Hormonireseptorit ja niiden aktivointi

Hormonit säätelevät solujen kemiallisia reaktioita lähes aina yhdistymällä ensin soluissa oleviin hormonireseptoreihin. Hormonin yhdistyessä reseptoriin, solussa käynnistyy reaktiosarja, jonka jokainen vaihe on edellistä voimakkaampi. Näin pienen hormonaalisen stimuluksen vaikutuksesta aiheutuu lopulta merkittävä reaktio. (Guyton 1991, 813)

Lähes kaikki hormonaaliset reseptorit ovat suuria proteiineja ja jokaisessa solussa on tavallisesti 2 000 - 100 000 reseptoria. Reseptorit ovat yleensä erikoistuneita tietylle hormonille, joten tietyn hormonin vaikutuksen kohteena olevat kudokset sisältävät ilmeisesti kyseiseen hormoniin erikoistuneita reseptoreita. Eri hormonireseptorit sijaitsevat solukalvon pinnalla, solulimassa tai tumassa. (Guyton 1991, 813)

Kohdesolun hormonaalinen aktivointi on riippuvainen kolmesta tekijästä: veren hormonitasosta, kyseessä olevan hormonin reseptorien määrästä kohdesolussa sekä hormonin ja reseptorin välisen affiniteetin voimakkuudesta. Reseptorit ovat dynaamisia rakenteita ja ne voivat joko lisääntyä tai vähetä hormonitasojen muuttuessa. (McArdle ym. 1991,386)

1.4 Hormonitoiminnan mekanismit

Hormonit vaikuttavat kohdesoluihinsa kahdella toisistaan poikkeavalla tavalla. Proteiini- ja peptidihormonit ovat vuorovaikutuksessa solukalvon pinnalla olevien reseptorien kanssa, kun taas steroidihormonit menevät solukalvon läpi tumaan. (Brooks&Fahey 1985, 167) Hormonit voivat lisätä entsyymien aktiivisuutta 1) stimuloimalla entsyymien lisääntynyttä tuotantoa, 2) allosteerisesti, jolloin hormoni yhdistyy entsyymiin muuttaen sen muotoa ja toimintakykyä. Allosteerinen vuorovaikutus voi joko lisätä tai vähentää entsyymiaktiivisuutta. 3) tekemällä tietyn entsyymien inaktiivisista muodoista aktiivisia. Paitsi entsyymiaktiivisuutta muuttamalla, hormonit voivat joko kiihdyttää tai hidastaa aineiden kuljetusta soluihin. Insuliini esimerkiksi kiihdyttää glukoosin kuljetusta solukalvon läpi soluun. (McArdle ym. 1991, 388)

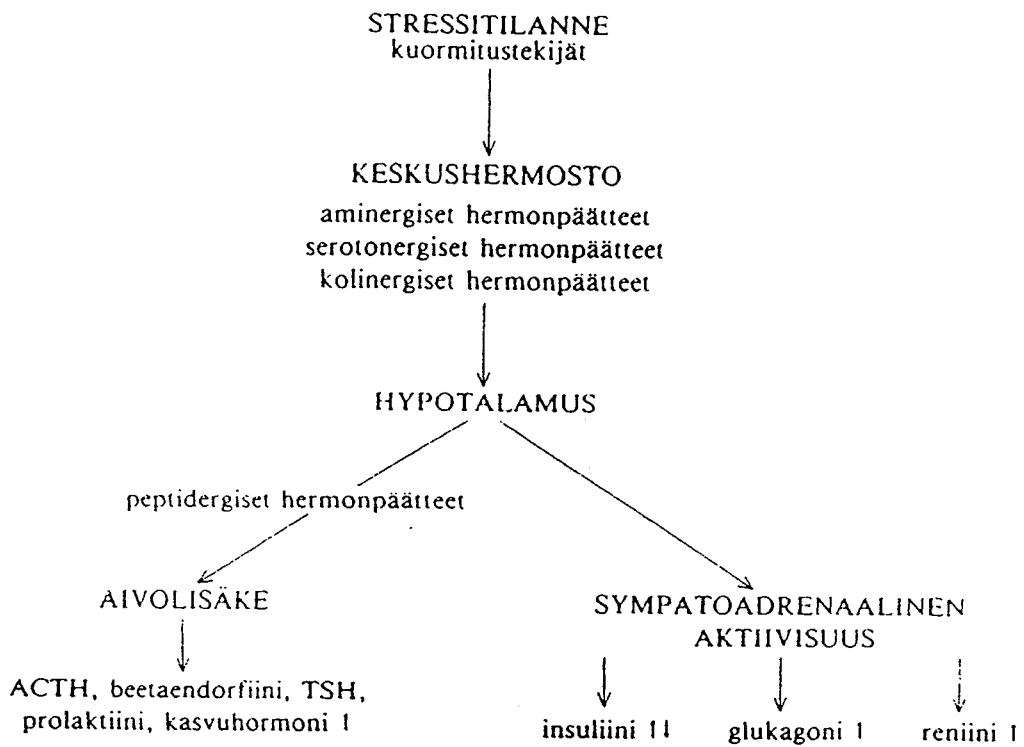
Useimmat solukalvon reseptoreihin sitoutuvat hormonit tarvitsevat vaikutuksensa välittäjäksi toisiolähetin (second messenger). Tällä tarkoitetaan ainetta, joka välittää

hormonin sanoman solukalvosta proteiinikinaaseihin. Tunnetuin toisiolähetti on syklinen adenosiinimonofosfaatti eli cAMP. Se käynnistää reaktiketjuja, joissa entsyymit aktivoivat toisiaan. Hormonit voivat tällä tavoin vaikuttaa pieninäkin pitoisuuksina kohde-eliminsiä hyvin voimakkaasti. Ainakin osa hermoston välittäjäaineista vaikuttanee kohde-eliminsiä cAMP:ta vastaavan ja samalla tavoin solukalvossa muodostuvan syklisen guanosiinimonofosfaatin (cGMP) välityksellä. Myös kalsiumionit voivat toimia toisiolähetteinä. (Nienstedt ym. 1987, 371)

1.5 Liikunta ja hormonaalinen kuormitusreaktio

Fyysinen kuormitus aiheuttaa elimistössä hormonaalisen reaktion. Sitä voivat modifioida mm. ulkoiset olosuhteet ja psykososiaaliset kuormitustekijät. Ihmisen kuormittumiseen eivät kuitenkaan vaikuta pelkästään kuormitustekijät, vaan myös hänen fyysinen ja psyykinen suorituskykynsä. Harjoitellut kuormittuu samassa liikuntatilanteessa vähemmän kuin harjoittelematon. (Kuoppasalmi ja Näveri 1983)

Hormonaalisen säätelyn tarkoitus kuormitustilanteessa on mahdollistaa elimistön selviytyminen stressitilanteesta siten, etteivät elimistön toiminnot häiriinny (Kuoppasalmi ja Näveri 1983). Yksittäisen harjoituksen seurauksena useimpien hormonien plasmapitoisuus nousee (Richter ja Sutton, 1994, 331). Esimerkiksi kasvuhormonin erityis voi lisääntyä fyysisessä kuormituksessa. Vasteen voimakkuus riippuu lihastyön intensiteetistä ja kestosta. Kevyt rasitus ei suurena kasvuhormonin pitoisuutta. Hormonivasteet suurenevat yleensä suhteessa kuormituksen intensiteettiin. (Kuoppasalmi ja Näveri 1983) Elimistön hormonaaliset reaktiot stressitilanteessa näkyvät kuvasta 1.



Kuva 1. Elimistön hormonaalisen reaktion malli stressitilanteessa (Kuoppasalmi ja Näveri 1983, 19)

Seerumin IGF-1 on sitoutunut suurimmaksi osaksi erityisiin IGF:n sitojaproteiineihin. Nämä proteiinit pidentävät IGF:n puoliintumisaikaa, estävät hypoglykemiaa sekä stimuloivat ja inhiboivat IGF:n toimintaa (Guler 1989; Humbel 1990). Tähän mennessä on tunnistettu kuusi erilaista IGF-1-sitojaproteiinia (IGFBP-1-6), joista neljää esiintyy seerumissa huomattavia määriä. Veressä olevasta IGF:stä on vapaana alle 5% ja suurin osa (>90%) on sitoutuneena 150-kDa kompleksiin, joka sisältää IGF-1:tä tai IGF-2:ta, sitojaproteiini -3:a ja labiilin happo-osan. Tämä kompleksi on ilmeisesti IGF:n pääasiällisin kuljettajamuoto. (Thissen ym. 1994).

2.2 IGF-1:n erityys ja vuorokausivaihtelu

Insuliinin kaltaisia kasvutekijöitä eli somatomeidiinejä on tutkimusten mukaan ainakin neljää eri tyyppiä, joista merkittävin on IGF-1 eli somatomeidiini-C. Sen pitoisuus plasmassa noudattelee normaalisti kasvuhormonin erittymisnopeutta. Yleisesti ollaankin sitä mieltä, että osa kasvuhormonin kasvuvaikutuksista aiheutuu IGF-1:n toiminnasta. IGF-1 eroaa kasvuhormonista siten, että se kiinnittyy hyvin voimakkaasti kuljettajaproteiiniinsa veressä ja vapautuu hitaasti kudoksiin (puoliintumisaika n. 20 h vrt. kasvuhormoni 20 min.) pidentäen siten kasvuhormonin kasvua edistäviä vaikutuksia. (Guyton 1991, 824)

Tutkimusten mukaan terveissä miehissä tuotetaan IGF-1:tä 10 mg päivää kohden (Guler ym. 1989). IGF:n pitoisuudet seerumissa määritetään yleensä radioimmunologisesti. Vastasyntyneellä pitoisuudet ovat noin puolet aikuisten arvoista. IGF-1 pitoisuus nousee aikuisten tasolle juuri ennen puberteetti-ikää. (Humbel 1990) Vanhetessa IGF-1-pitoisuus alenee, joka saattaa johtua ainakin osaksi iän myötä tapahtuvasta fyysisen kunnon ja aktiivisuuden alenemisesta (Kelly ym. 1990; Poehlman ja Copeland 1990). On esitetty, että IGF-1:n pitoisuus vaihtelee eri vuorokaudenaikoina siten, että pitoisuus laskee nukkumisen aikana alimmilleen, nousee heräämisen jälkeen progressiivisesti aamupäivän aikana ja pysyy sen jälkeen vakaana hereillä ollessa (Minuto ym. 1981).

2.3 IGF-1:n fysiologiset vaikutukset

Insuliinin kaltaisilla kasvutekijöillä on samanlaisia aineenvaihdunnallisia vaikutuksia (in vitro ja in vivo) kuin insuliinilla eli ne vaikuttavat glukoosin kuljetukseen ja veren glukoosiin, mutta vain suhteellisen suurina pitoisuuksina. IGF:n sitojaproteiinit plasmassa

estävät hypoglykemiaa fysiologisissa olosuhteissa. IGF-1:n biologisesti oleellisia vaikutuksia nanomolaarisissa pitoisuuksissa ovat solujakautumisen stimulointi ja ainakin joissain kudoksissa solujen erilaistuminen. (Humbel 1990)

Näyttää siltä, että kasvutekijät ovat monien biologisten toimintojen stimuloijia ja niillä on tärkeä merkitys mm. luurankolihasan anabolisissa prosesseissa. Lihassäikeissä käytännöllisesti katsoen kaikki kasvuhormoniin liittyvä biologinen toiminta tapahtuu IGF:n välityksellä. (Kraemer 1991) On esitetty, että lihashypertrofian seurauksena IGF:n lähetti-RNA- tasot kasvavat ilman kasvuhormonin vaikutusta ja paikallisesti tuotetuilla kasvutekijöillä saattaa olla merkittävä vaikutus luurankolihasan kasvussa (DeVol ym. 1990). Johansson ym. (1994) ovat todenneet tutkimuksissaan, että IGF-1 ja sen sitoja-proteiini, ovat positiivisessa suhteessa lihasvoimaan ja maksimaaliseen hapenottoon. Heidän mukaansa IGF-1:n sitoja-proteiini korreloi myös luuntiheyden kanssa.

Insuliinin kaltaisten kasvutekijöiden vaikutukset ovat monessa suhteessa samanlaisia kuin insuliinin. Rustossa insuliinin kaltaiset kasvutekijät saavat aikaan monia anabolisia prosesseja, kuten aminohappojen kuljetusta, RNA-, DNA-, proteiini- ja proteoglykaanisynteesiä. Lihaksessa ne stimuloivat sokerien ja aminohappojen kuljetusta sekä glykogeenin ja proteiinin muodostumista. Rasvakudoksessa ne stimuloivat sokerien kuljetusta, kiihdyttävät glukoosin hapettumista ja lipidien muodostumista sekä estävät lipolyysiä. Kudosviljelmissä insuliinin kaltaiset kasvutekijät stimuloivat solujen muodostumista. (Phillips 1986)

2.4 IGF-1 ja fyysinen kuormitus

Voimaharjoittelu vaikuttaa eri tavoin lihasten ja sidekudosten kasvuun, koska hormonien ja kasvutekijöiden vapautuminen vaihtelee harjoituksesta riippuen (Kraemer ym. 1990). Kasvutekijä IGF-1:tä on tutkittu melko vähän voimaharjoittelun yhteydessä, mutta on todettu, että lähes kaiken tyyppinen voimaharjoittelu voi aiheuttaa väliaikaisesti IGF-1:n lisääntymistä. Systemaattiset muutokset IGF-1:n pitoisuudessa verenkierrossa liittyvät ilmeisesti IGF:n vapautumista ja kuljetusta sääteleviin tekijöihin. (Kraemer 1992, 298)

Kraemerin ym. (1990 ja 1992) voimaharjoittelututkimuksissa tutkittiin kasvutekijä- ja hormonivasteita. IGF-1 pitoisuudet muuttuivat akuutisti voimaharjoitusten jälkeen, mutta ne eivät mukailleet kasvuhormonin muutoksia. IGF-1:n akuutit muutokset voivat johtua

raskaan voimaharjoituksen yhteydessä IGF-1:n sitoja-proteiinien varastomekanismin ylikuormittumisesta (Kramer 1990). Kevyemmin kuormittavassa harjoituksessa solutason muutokset voivat olla niin vähäisiä, että ei tapahdu IGF-1:n endogeenistä vapautumista (Kraemer 1992). IGF-1:n kasvuhormonista riippumattomat akuutit muutokset voivat johtua siitä, että kasvuhormonipitoisuudet korreloivat IGF-1:n kanssa paremmin pidemmän ajan kuluessa (24 h) (Florini ym. 1985). Toisaalta Kraemerin ym. (1995) voimaharjoittelututkimuksessa IGF-1 pitoisuus ei muuttunut akuutisti harjoituksen jälkeen, eikä 24 tunnin palautumisjakson aikana kasvuhormonipitoisuuden lisääntymisestä huolimatta.

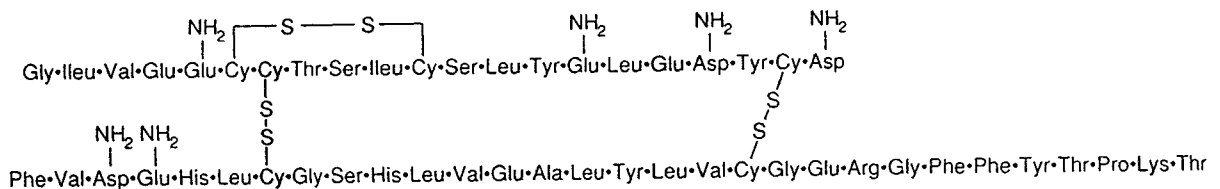
Capponin ym. (1994) tutkimuksessa IGF-1 pitoisuudet lisääntyivät akuutisti 10-minuutin pituisen aerobisen pp-ergometriharjoituksen lopussa. Näillä akuuteilla muutoksilla ei kuitenkaan ollut yhteyttä kasvuhormonipitoisuuden muutoksiin vuorokauden kuluessa. Myös Bang ym. (1990) tutkivat seerumin kasvutekijä- ja hormonipitoisuuksia aerobisessa pp-ergometriharjoituksessa. Harjoituksen aikana seerumin IGF-1 pitoisuus lisääntyi, mutta muutoksilla ei ollut yhteyttä kasvuhormonin vapautumiseen.

Tutkittaessa IGF-1:n immunoreaktiivisuuden muutoksia eksentristen lihassupistusten jälkeen rotan tibialis anterior-lihaksessa on todettu, että neljä päivää eksentristen supistusten jälkeen IGF-1:n immunoreaktiivisuus pysyy huomattavasti korkeammalla tasolla kontrolleihin verrattuna. Yleisesti ottaen lihasten proteiinisynthesei lisääntyy eksentristen supistusten ja IGF-1:n vaikutuksesta. (Yan ym. 1993) Suikkari ym. (1989) havaitsivat, että pitkäkestoisen aerobisen harjoituksen jälkeen IGF:n sitoja-proteiinipitoisuus kasvaa käänteisesti verrannollisesti suhteessa seerumin IGF-1- ja insuliinipitoisuuksiin ja saattaa olla, että IGF-1:n sitoja-proteiinit säätelevät osaltaan IGF-1:n biologista toimintaa pitkäkestoisen suorituksen aikana.

3. Insuliini

3.1 Insuliinin rakenne

Insuliini on pieni proteiinihormoni (Kuva 3), joka on muodostunut kahdesta disulfidiliitoksilla kiinnittyneestä aminohappoketjusta. Insuliinia erittyy haiman Langerhansin saarekkeiden β -soluista. Yleensä insuliini yhdistetään verensokeriin ja sillä onkin tärkeä merkitys hiilihydraattiaineenvaihdunnassa. Insuliinilla on kuitenkin oma merkityksensä myös proteiini- ja rasva-aineenvaihdunnassa. (Brooks ja Fahey 1985, 165; Guyton 1991, 855) Insuliinin erityis on yhteydessä energiansaantiin. Jos ravinnosta saadaan paljon energiaa, insuliinia erittyy runsaasti varsinkin silloin, jos ravinto on hyvin hiilihydraattipitoista. Insuliinilla on tärkeä merkitys myös ylimääräisen energian varastoisissa. (Guyton 1991, 855)



Kuva 3. Ihmisen insuliinimolekyyli. (esim. Guyton 1991, 856)

3.2 Insuliinin toiminta

Haimasta erittynyt insuliini kiertää veressä lähes ainoastaan sitoutumattomassa muodossa ja sen puoliintumisaika plasmassa on keskimäärin kuusi minuuttia, joten se poistuu suurelta osin verenkierrosta 10-15 minuutissa. Insuliini toimii aktivoimalla kohdesolujen reseptoriproteiinit, joiden välityksellä varsinaiset insuliinin vaikutukset siirtyvät kohdesoluihin. Insuliinin sitouduttua membraanireseptoreihin noin 80% kaikista soluista muuttuu nopeasti hyvin glukoosia läpäiseviksi, jolloin glukoosin nopea pääsy soluihin on mahdollista. Samalla solukalvo muuttuu myös enemmän aminohappoja,

natrium-, magnesium- ja fosfaatti-ioneja läpäiseväksi. Insuliinin hitaammat vaikutukset jatkuvat seuraavien 10-15 minuutin kuluessa muuttaen edelleen monien solunsisäisten entsyymien aktiivisuustasoa. Tuntien ja päivien kuluessa insuliini vaikuttaa aineenvaihduntaan nopeuttamalla lähetti-RNA:n translaatiota uusien proteiinien muodostamiseksi ribosomeissa ja DNA:n transkriptiota tumassa. (Guyton 1991, 856)

3.3 Insuliinin vaikutukset hiilihydraattiaineenvaihduntaan

Lihaskudos käyttää rasvahappoja energianlähteenään suurimman osan ajasta. Lihasten glukoosin käyttö kasvaa kuitenkin normaalia suuremmaksi kahdessa tilanteessa: fyysisen harjoituksen yhteydessä ja ruokailun jälkeen. Harjoituksen yhteydessä lihasten lisääntynyt glukoosin käyttö ei vaadi suuria insuliinimääriä, vaan lihassolut muuttuvat hyvin glukoosia läpäiseviksi ilman insuliiniakin pelkän lihassupistusprosessin seurauksena. Ruokailun jälkeen veren glukoosipitoisuus on korkealla ja haimasta erittyy suuret määrät insuliinia, joka aiheuttaa glukoosin nopean kuljetuksen lihassoluihin. Tällöin lihassolut käyttävät energianlähteenä ensisijaisesti hiilihydraatteja rasvahappojen sijasta. (Guyton 1991,857)

Hiilihydraattipitoisen aterian jälkeen vereen imeytynyt glukoosi aiheuttaa nopeasti insuliinin erittymisen. Insuliini puolestaan saa aikaan glukoosin käyttöä ja varastoitumista lähes kaikissa soluissa, mutta erityisesti lihaksissa, rasvakudoksessa ja maksassa. (Guyton 1991, 857) Ruokailun jälkeen glukoosia kuljetetaan lihassoluihin. Jos sitä ei tarvita lihastyön energianlähteeksi, se varastoidaan lihasglykokeenin muodossa ja lihakset voivat käyttää sitä myöhemmin energianlähteenä. Insuliini vaikuttaa suoraan lihassolukalvon glukoosinkuljetusta fasiltoivasti. Insuliini voi lisätä glukoosinkuljetusta lepotilassa oleviin lihassoluihin jopa 10- 20- kertaisesti. (Guyton 1991, 857)

Yksi insuliinin tärkeimmistä vaikutuksista on saada aterian jälkeen imeytynyt glukoosi varastoitumaan lähes välittömästi glykokeenin muodossa maksaan. Glykokeeni voi lisätä maksan massaa 5-6%, joka vastaa lähes 100 grammaa varastoitunutta glykokeenia. Aterioiden välillä veren glukoosipitoisuuden alentuessa maksan glykokeeni pilkotaan jälleen glukoosiksi, joka vapautetaan takaisin vereen, jotta sen glukoosipitoisuus ei pääse alenemaan liian paljon. (Guyton 1991, 857)

Jos maksasoluihin tulee glukoosia enemmän kuin maksa pystyy varastoimaan sitä, insuliini edistää tämän ylimääräisen glukoosin muuttamista rasvahapoiksi, jotka kuljetetaan rasvakudokseen varastointia varten. (Guyton 1991, 858)

3.4 Insuliinin vaikutukset rasva-aineenvaihduntaan

Insuliinilla on useita vaikutuksia, jotka johtavat rasvan varastoitumiseen rasvakudoksessa. Insuliini lisää glukoosin käyttöä useimmissa kudoksissa, jolloin rasvankäyttö vähenee automaattisesti. Tästä huolimatta insuliini edistää rasvahapposynteesiä, joka tapahtuu pääasiassa maksasoluissa ja jonka jälkeen rasvahapot kuljetetaan lipoproteiineissa varastoitavaksi rasvakudokseen. Insuliini lisää rasvan varastoitumista rasvasoluihin inhiboimalla hormonisensitiivisen lipaasin toimintaa, jonka seurauksena rasvahappojen vapautuminen verenkiertoon vähenee. Insuliini edistää myös glukoosin kuljetusta solukalvon läpi rasvasoluihin. (Guyton 1991, 859)

Kun veren glukoosipitoisuus on alhainen, insuliinin erityis vähenee ja rasvoja aletaan käyttää energianlähteenä lähes kaikkialla kehossa lukuunottamatta aivoja. Glukoosi-rasvahappo-kierron välityksellä alhainen insuliinipitoisuus ja korkeat rasvahappotasot vähentävät huomattavasti hiilihydraattikataboliaa. Insuliinin tärkeimpiä toiminnallisia tehtäviä kehossa onkin säädellä näiden kahden substraatin käyttöä energianlähteenä. (Brooks ja Fahey 1985, 171; Guyton 1991, 862)

3.5 Insuliinin vaikutukset proteiiniaineenvaihduntaan ja kasvuun

Insuliini vaikuttaa proteiinien varastoitumiseen samoin kuin glukoosin ja rasvojen varastoitumiseenkin, vaikka mekanismit, jotka saavat aikaan proteiinien varastoitumisen insuliinin vaikutuksesta eivät ole yhtä selvät. Insuliini aiheuttaa monien aminohappojen aktiivista kuljetusta soluihin, kuten kasvuhormonikin. Insuliini muodostaa uusia proteiineja lisäämällä lähetti-RNA:n translaatiota. Pidemmällä aikavälillä insuliini lisää tiettyjen geneettisten DNA-osien transkriptiota solun tumassa, muodostaen siten lisää RNA:ta ja lisäämällä sitä kautta proteiinisynteesiä. Insuliini inhiboi myös proteiinien kataboliaa vähentäen siten aminohappojen vapautumista erityisesti lihassoluista. Maksassa insuliini vähentää glukoneogeneesiä, alentamalla sitä edistävien entsyymien aktiivisuutta. Tämä säästää kehon proteiinivarastojen aminohappoja, koska niitä käytetään yleensä glukoosin

muodostamiseen glukoneogeneesissä. Kaiken kaikkiaan insuliini edistää proteiinien muodostumista ja estää niiden hajoamista. (Guyton 1991,860)

Koska insuliinia tarvitaan proteiinisynteesiin, sillä on yhtä tärkeä merkitys (eläimen) kasvussa kuin kasvuhormonilla. Rottakokeissa on todettu, että rotat eivät kasva, jos insuliinia tai kasvuhormonia annetaan erikseen, kun taas samanaikaisesti annettuna havaitaan huomattavaa kasvua. Insuliini ja kasvuhormoni toimivat siis mitä ilmeisimmin yhteistyössä kasvun edistämiseksi. (Guyton 1991, 860)

3.6 Insuliinin erityksen säätely

Aiemmin oltiin sitä mieltä, että insuliinin erityksellä riippuu lähes ainoastaan veren glukoosipitoisuudesta, mutta nyt tiedetään, että myös veren aminohapot ja muut tekijät säätelevät insuliinin eritystä. Veren glukoosipitoisuuden ollessa normaalilla paastotasolla (80-90 mg/dl) insuliinin erityminen on vähäistä (25 ng/min/kehon painokilo). Plasman insuliinipitoisuus voi nousta kolmesta viiteen minuutin kuluessa kymmenkertaiseksi veren glukoosipitoisuuden noustessa akuutisti, mutta se myös laskee nopeasti alemmalle tasolle. Insuliinivaste on erittäin tärkeä feedback-mekanismi veren glukoosipitoisuuden säätelyssä. Veren glukoosipitoisuuden noustessa insuliinin erityksessä lisääntyy ja aiheuttaa glukoosin kuljetusta maksaan, lihaksiin ja muihin soluihin alentamalla siten veren glukoosipitoisuuden lähemmäksi normaalitasoa. (Guyton 1991, 860-861)

Glukagonia, jota kutsutaan myös insuliinin vastavaikuttajaksi, erittyy Langerhansin saarekkeiden alfasoluista. Glukagonin tärkein tehtävä elimistössä on nostaa veren glukoosipitoisuutta ja saada aikaan hyperglykemia vaikutus. Glukagoni lisää glukoosin saatavuutta soluissa stimuloimalla sekä glykogenolyysiä että glukoneogeneesiä. Tässä prosessissa tuotettu glukoosi vapautetaan verenkiertoon. Insuliini sen sijaan lisää glukoosin kuljetusta verestä soluihin. (Unger ym. 1978) Glukagonin samoin kuin insuliininkin eritystä säätelee veren glukoosipitoisuus. Kun veren glukoosipitoisuus alenee esimerkiksi pitkäkestoisien fyysisen suorituksen aikana haiman alfasolut alkavat tuottaa glukagonia. Glukagonin vaikutuksesta maksasta vapautuu lähes välittömästi glukoosia. (Felig ym. 1972) Insuliinin ja glukagonin yhteistoiminta näkyy myös siinä, että hiilihydraatit siirtyvät aina tilanteen vaatimaan suuntaan. Insuliini vaikuttaa varastoja lisäävästi eli anabolisesti, glukagoni puolestaan varastoja vähentävästi eli katabolisesti. Insuliinia

onkin verenkierrossa erityisen runsaasti silloin, kun elimistölle on tarjolla paljon ravintoa varastoitavaksi. (Nienstedt ym. 1987)

3.7 Insuliini ja fyysinen kuormitus

Lihasten glukoosintarve kasvaa fyysisen työskentelyn seurauksena jo kevyelläkin kuormitustasolla aiheuttaen samalla veren glukoosipitoisuuden alenemista. Aluksi tämä voidaan kompensoida vapauttamalla glukoosia pääasiassa maksasta ja jossain määrin munuaisista, jolloin seurauksena voi olla jopa veren glukoosipitoisuuden nousua. Kuormituksen jatkuessa glukoosin käyttö kuitenkin ylittää sen vapautumisen ja veren glukoositaso alenee samanaikaisesti insuliinitason alentuessa. (Brooks ja Fahey 1985, 171) Glukoosi- ja insuliinipitoisuuksien aleneminen auttaa säästämään veren glukoosia ja lihasglykogeenia lisäämällä lipolyysiä ja vapauttamalla vapaita rasvahappoja verenkiertoon kudosten käytettäväksi. (Galbo 1983; Brooks ja Fahey 1985, 171)

Pidemmillä aikavälillä harjoittelu saattaa vaikuttaa hormonaaliseen erityykseen alentamalla harjoituksen aikaisia hormonivasteita. Harjoitelleilla yksilöillä insuliinipitoisuus ei laske yhtä paljon harjoittelemattomiin verrattuna. Harjoitelleiden vähäisempi insuliinipitoisuuden aleneminen liittyy ilmeisesti siihen, että heidän glukoosipitoisuutensa veressä pysyy harjoituksen aikana lähempänä normaalitasoa. Tämän lisäksi vapaiden rasvahappojen käyttö ja glukoneogeneesi johtavat parempaan veren glukoosipitoisuuden säätelyyn. (Brooks ja Fahey 1985, 172)

Plasman insuliinipitoisuus alenee sellaisen harjoituksen aikana, jonka intensiteetti ylittää 50% VO_{2max} -hapenkulutustason. Insuliinipitoisuuden aleneminen on suorassa suhteessa työn intensiteettiin. (Bloom ym. 1976; Hilsted ym. 1980) Plasman insuliinipitoisuuden aleneminen harjoituksen aikana on tärkeää lipolyysin lisäämiseksi (Wasserman ym. 1989) ja ilmeisesti myös maksan glukoosituotannon kasvun mahdollistamiseksi (Wasserman ja Cherrington 1991). Monissa tutkimuksissa on havaittu, että insuliinipitoisuus nousee pitkäksi ajaksi normaalia korkeammalle tasolle välittömästi lyhyen ja intensiivisen tai pitkäkestoisemmän kevyen dynaamisen harjoituksen jälkeen (Wahren ym. 1973; Wirth ym. 1981). Insuliinipitoisuuden nousu harjoitelleilla on ilmeisesti vähäisempää harjoittelemattomiin verrattuna (Bloom ym. 1976).

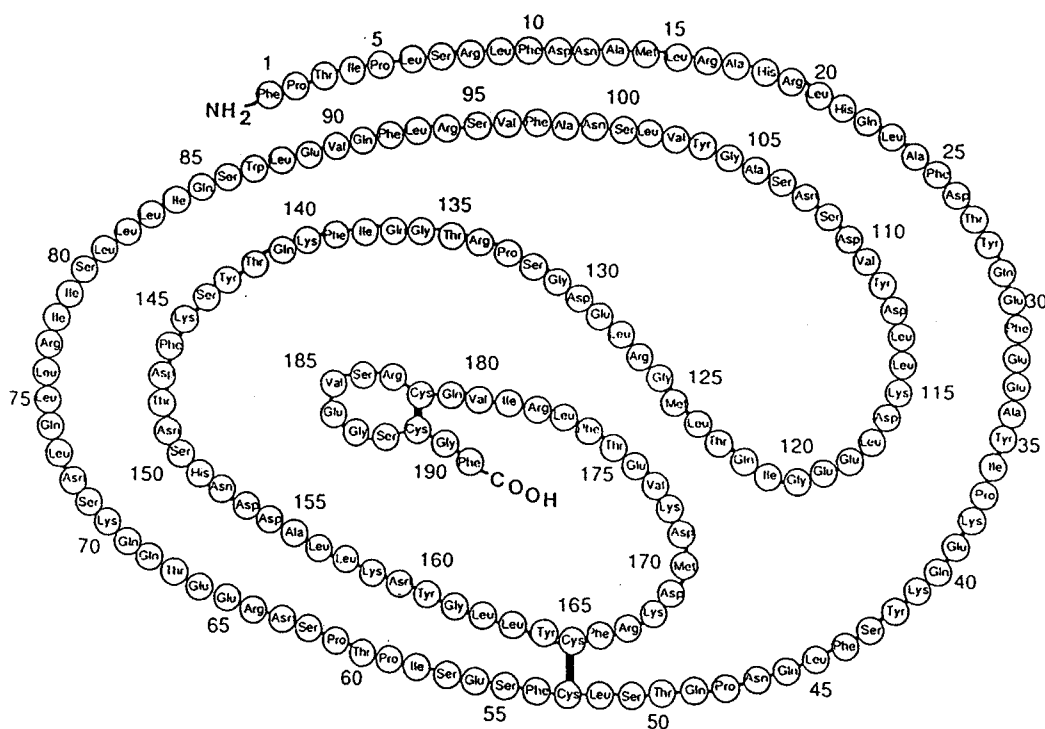
Pitkäkestoisen rasittavan harjoituksen jälkeen insuliinipitoisuus laskee harjoitusta edeltävää pitoisuutta alemmalle tasolle 30 minuutin kuluessa huolimatta katekolamiini- ja glukoositason normalisoitumisesta (Galbo ym. 1975; Hartley ym. 1972). Dufaux ym. (1981) ovat havainneet tutkimuksissaan normaalia alempia insuliinipitoisuuksia yhden vuorokauden kuluttua kolmen tunnin kestoisen juoksukilpailun jälkeen.

Cuppers ym. (1982) tutkivat glukoosin sietokykyä ja perifeeristä insuliiniherkkyttä insuliinireaktioiden avulla ja totesivat, että ei-urheilijoiden glukoosin sietokyky oli samanlainen urheilijoihin verrattuna, mutta urheilijoiden insuliinireaktiot olivat huomattavasti vähäisempiä. Millerin ja Shermanin (1984) voimaharjoittelututkimuksessa glukoosinsietokyky ei muuttunut raskaan voimaharjoitusjakson jälkeen, mutta plasman insuliinipitoisuudessa tapahtui selkeä aleneminen, joka korreloi lisääntyneen rasvattoman kehonpainon kanssa. Tutkijoiden mukaan insuliinireaktion alenemisella oli selvä yhteys voimaharjoittelun aikaansaamaan lihasmassan kasvuun.

4. Kasvuhormoni

4.1 Kasvuhormonin rakenne ja fysiologinen säätely

Kasvuhormoni, jota kutsutaan myös somatotropiiniksi, on pieni pallon muotoinen proteiinimolekyyli, jossa on 191 aminohappoa yhdessä ketjussa (Kuva 4). Ihmisen kasvuhormonin biosynteesi tapahtuu monimutkaisen säätelyn kautta ja transkriptiotasolla sen tuotantoa lisäävät kilpirauhashormoni, glukokortikoidit ja kasvuhormonin vapauttajahormoni (GHRH) (Phillips 1987, 11).



Kuva 4. Kasvuhormonin aminohappojärjestys. (esim. Phillips 1987, 11)

Hypotalamus säätelee kasvuhormonin erittymistä. Hypotalamuksessa on kasvuhormonia vapauttavaa hormonia (GHRH) ja kasvuhormonia inhiboivaa hormonia (somatostatiinia), joiden pitoisuuksissa tapahtuvat muutokset vaikuttavat kasvuhormonin erittymiseen. Myös sukupuoli- ja kilpirauhashormonien sekä munuaisista erittyvien hormonien on osoitettu vaikuttavan kasvuhormonin erittymiseen. Fysiologiset ärsykkeet, kuten harjoittelu, uni, ruokavalio ja stressi voivat myös stimuloida kasvuhormonin erittymistä hypotalamisten reaktioiden kautta. (Kraemer 1988)

4.2 Kasvuhormonin erittyminen

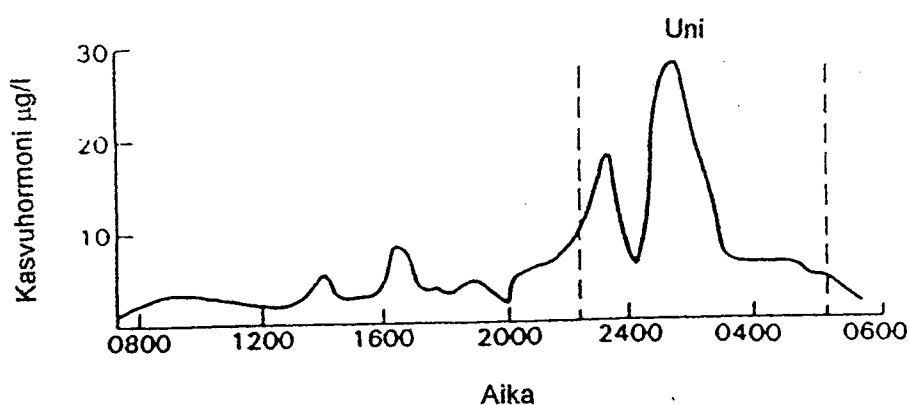
Kasvuhormonin normaali pitoisuus plasmassa on aikuisella 1.5-3 ng/ml ja kasvuikäisellä noin 6 ng/ml. Nämä arvot voivat kuitenkin kasvaa jopa 50 ng/ml:ssa, jos kehon proteiini- ja hiilihydraattivarastot loppuvat. Akuutissa tilanteessa hypoglykemia aiheuttaa todennäköisemmin kasvuhormonipitoisuuden lisääntymisen kuin hetkellinen proteiinien vähäisempi saanti. Kasvuhormonin erittyminen vähenee iän myötä ja on vanhuksilla noin 25 prosenttia kasvuikäisen erityksestä. (Guyton 1991, 825) (Taulukko 2)

Taulukko 2. Kasvuhormonipitoisuuden muutokset iän mukaan.

Ikä	ng/ml
5-20	6
20-40	3
40-70	1.6

(Guyton 1991, 827)

Kasvuhormonin erittyminen voi vaihdella nopeasti minuuttien kuluessa ja sen erittyminen on sykkivää kaikilla niillä lajeilla, joilla sitä on tutkittu. Ihmisillä kasvuhormonin eritysvaihtelee jonkin verran, mutta tapahtuu yleensä yksilöittäin suhteellisen vakaasti. (Kuva 5) Vaikka suurin osa kasvuhormonista erittyy yön aikana, sen huomattavaa unesta riippumatonta erittymistä tapahtuu päivän aikana aktiivisuuden, stressin ja ravinnon vaikutuksesta. (Frohman ym. 1987, Guyton 1991, 825)



Kuva 5. Kasvuhormonin vuorokausivaihtelu 24 tunnin kuluessa. Unen aikana kasvuhormonin vapautuminen lisääntyy huomattavasti. (Kraemer 1992, 66)

4.3 Kasvuhormonin fysiologiset vaikutukset

Kasvuhormoni ei toimi kohderauhasen kautta, kuten muut hormonit, vaan ulottaa vaikutuksensa lähes kaikkiin kehon kudoksiin (Guyton 1991, 822). Kasvuhormonia tarvitaan luurankolihasen normaaliin kasvuun. Sillä on vaikutuksia myös muihin kehon rakenteeseen ja aineenvaihduntaan liittyviin biologisiin toimintoihin. (Kraemer 1988)

Kasvuhormonilla on monia aineenvaihdunnallisia vaikutuksia, kuten 1) proteiinisynteesin lisääntyminen kaikissa kehon soluissa, 2) rasvahappojen mobilisaation lisäys rasvakudoksesta ja niiden lisääntynyt käyttö energianlähteenä ja 3) glukoosin käytön väheneminen kehossa. Siten kasvuhormoni vaikuttaa kehon proteiinivarastoja lisäävästi, rasvavarastoja kuluttavasti ja hiilihydraatteja säästävästi. (Guyton 1991, 822) Kasvuhormonin pääasialliset suorat ja epäsuorat fysiologiset vaikutukset näkyvät alla olevasta taulukosta 3.

Taulukko 3. Kasvuhormonin suoria ja epäsuoria fysiologisia vaikutuksia.

Glukoosin käytön vähentäminen
Glykogeenisynteesin väheneminen
Aminohappokuljetuksen lisääntyminen solukalvolla
Proteiinisynteesin lisääntyminen
Rasvahappojen käytön lisääntyminen
Lipolyysin lisääntyminen
Glukoosin ja aminohappojen aineenvaihdunnallinen säästäminen
Kollageenisynteesi
Ruston kasvun stimulointi
Typen, natriumin, kaliumin ja fosforin retentio
Lisääntynyt plasman virtaus ja suodattuminen munuaisissa
Munuaisten hypertrofian edistäminen

(Kraemer 1992, 65)

4.4 Kasvuhormoni ja fyysinen kuormitus

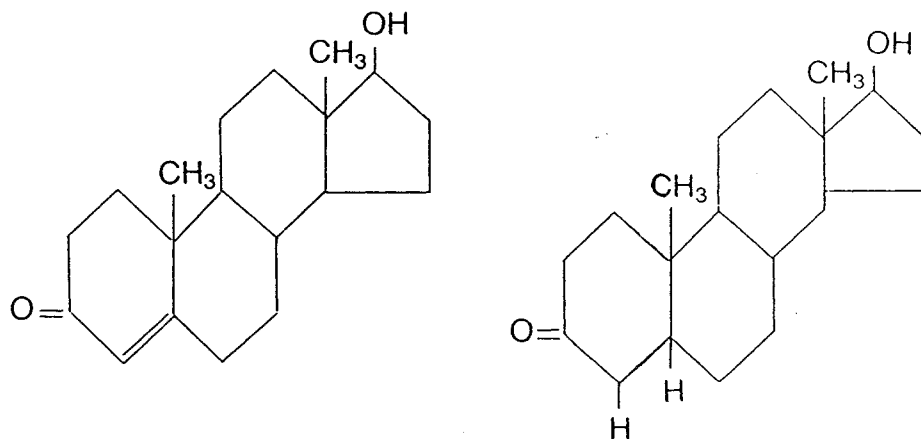
Kasvuhormoniin vaikuttavat monenlaiset harjoitusärsykkeet voimaharjoittelu mukaan lukien (Galbo 1983; Kraemer 1988). Kaiken tyyppinen voimaharjoittelu ei kuitenkaan vaikuta seerumin kasvuhormonipitoisuutta lisäävästi ja on ilmeistä, että voimaharjoittelussa on tietty intensiteetti-kynnys (kuorma), joka aiheuttaa stimuloitumista hypotalamus-aivolisäke-akselilla ja siten kaiken tyyppiset voimaharjoitukset eivät aiheuta muutoksia kasvuhormonin perifeerisissä pitoisuuksissa (Kraemer, 1992, 297).

Kraemerin ym. (1992) voimaharjoittelututkimuksessa kasvuhormonipitoisuus nousi suhteellisen kevyellä kuormituksella. Van Helder ym. (1984) havaitsivat tutkimuksessaan, että seerumin kasvuhormonipitoisuus ei muuttunut voimaharjoituksessa, jossa käytettiin kevyttä kuormaa ja useita toistoja. Saman tutkimuksen toisessa harjoituksessa, jossa vastus oli 85 % seitsemän toiston maksimista, kasvuhormonipitoisuus lisääntyi 20 minuutin kuluttua harjoituksen alkamisesta ja oli korkeimmillaan palautumisjakson aikana. Kasvuhormonipitoisuus pysyi korkeammalla tasolla vielä 5, 10 ja 15 minuutin kuluttua harjoituksen jälkeen. Kraemerin ym. (1990) tutkimuksessa kasvuhormonipitoisuuden muutokset riippuivat myös voimaharjoituksen intensiteetistä ja huomattavimmat muutokset havaittiin harjoituksessa, jossa kutakin liikettä tehtiin kolme sarjaa 10 toiston maksimivastuksella yhden minuutin tauoilla.

5. Testosteroni

5.1 Testosteronin rakenne ja aineenvaihdunta

Miessukupuolihormoneja eli androgeeneja, jotka ovat steroideja, valmistuu kiveksissä, lisämunaisten kuorikerroksessa ja naisilla jonkin verran myös munasarjoissa. Tärkein mieshormoni on testosteroni (Kuva 6). (Nienstedt ym. 1987, 436; Guyton 1991, 891) Androgeenit ovat steroidiyhdisteitä, joita voidaan syntesoida joko kolesterolista tai suoraan asetyyli-koentsyymi A:sta sekä kiveksissä että lisämunuaisissa. Testosteronia muodostetaan Leydigin soluissa, joiden lukumäärä on runsaimmillaan miespuolisilla vastasyntyneillä ja puberteetti-ään ylittäneillä. Testosteronia tuotetaan jo sikiövaiheessa ja noin 10 viikkoa syntymän jälkeen. Sitten testosteronin tuotanto loppuu lähes täysin puberteetti-ikäen asti, jolloin sen tuotanto kasvaa nopeasti etuaivolisäkkeen sukupuolihormonien vaikutuksesta, ja jatkuu sen jälkeen läpi elämän vähentyen nopeammin 50 ikävuoden jälkeen. (Guyton 1991, 891-892)



Kuva 6. Testosteroni ja dihydrotestosteroni. (esim. Guyton 1991, 892)

Testosteronia on käytetty fysiologisena mittarina monissa tutkimuksissa kehon anabolisen tilan arvioinnissa (Kraemer 1991, 71). Testosteronin suorat vaikutukset lihassolujen kasvuun soluviljelmässä eivät ole yhtä huomattavia muihin hormoneihin verrattuna, mutta on mahdollista, että testosteronin toiminta tapahtuu monien suorien ja epäsuorien vaikutusten kautta (Florini 1987).

Kun testosteronia on erittynyt kiveksistä, se kiertää veressä noin 30-60 minuuttia. Tässä ajassa se joko kiinnittyy kudoksiin tai hajoaa inaktiiviseen muotoon. Suurin osa kudoksiin kiinnittyneestä testosteronista muutetaan soluissa dihydrotestosteroniksi. Osa testosteronin toiminnoista on riippuvaisia tästä muutoksesta. (Guyton 1991, 892)

5.2 Testosteronin vaikutukset lihaksiin ja luustoon

Testosteronilla on huomattava vaikutus lihasten voimakkaaseen kehittymiseen puberteetti-iässä. Lihasten kehittymistä seuraa proteiinin lisääntyminen myös muissa kudoksissa. Urheilussa testosteronia on käytetty lihasten kasvattamiseksi ja suorituksen parantamiseksi (yleensä synteettisessä muodossa) juuri näiden vaikutusten vuoksi, mutta ylimääräisellä testosteronilla on terveydellisiä haittavaikutuksia. (Guyton 1991, 893)

Testosteronin vaikutuksesta luun paksuus lisääntyy huomattavasti ja luihin kerääntyy huomattavat määrät kalsiumia. Testosteroni lisää siten luumassaa ja kalsiumin varastoitumista. Luumassan lisääntyminen aiheutuu ilmeisesti testosteronin yleisistä vaikutuksista proteiinien anaboliaan ja kalsiumin varastoituminen seuraa sekundaarisesti luumassan kasvua. Koska testosteronilla on kyky kasvattaa ja voimistaa luustoa, sitä käytetään usein osteoporoosin hoitoon vanhuusiässä. (Guyton 1991, 893)

5.3 Testosteroni ja fyysinen kuormitus

Kokonaistestosteronipitoisuuksissa on havaittu nousua monen tyypisten tehoharjoitusten aikana ja niiden jälkeen (Kraemer 1991, 293). Häkkinen ym. (1988) totesivat tutkimuksessaan, että intensiivinen voimaharjoittelu aiheuttaa akuutteja neuromuskulaarisia ja endokriinisiä adaptaatioita, jotka voidaan havaita maksimaalisessa voimantuottokyvyssä ja hormonipitoisuuksissa. Heidän tutkimuksessaan painonnostajien testosteroni- ja kortisolipitoisuudet nousivat välittömästi iltapäiväharjoituksen jälkeen ja alenivat tunnin kuluttua harjoituksen päättymisestä. Aamupäivän harjoituksen jälkeen näiden hormonien pitoisuudet sen sijaan alenivat, joka johtui ilmeisesti osin vuorokausivaihtelusta.

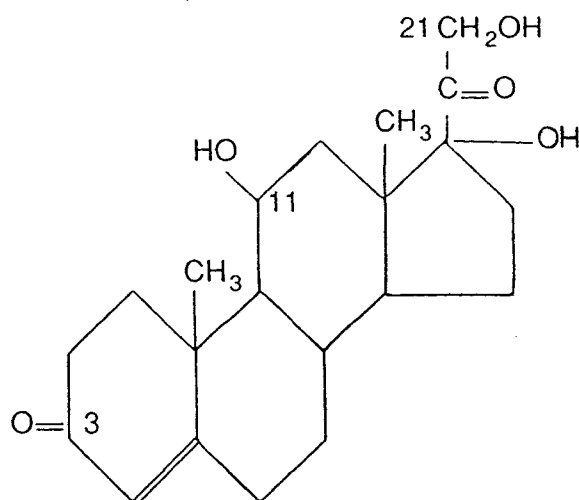
Voimaharjoituksen jälkeisiin seerumin testosteronipitoisuuksiin saattavat vaikuttaa ainakin seuraavat kolme tekijää: harjoituksen intensiteetti ja volyyymi sekä harjoituksessa käytetyt

lihasmassan määrä (Kraemer 1988). Seerumin testosteronipitoisuudessa voidaan havaita kasvua, jos verinäytteitä otetaan välittömästi sellaisten harjoitusten jälkeen, joissa käytetään suuria lihasryhmiä. Pidemmällä aikavälillä (> 4 h) muut tekijät, kuten vuorokausivaihtelu ja palautuminen voivat vaikuttaa akuutin harjoitusvasteen määrään (Kraemer 1992). Tutkittaessa veren testosteronipitoisuuden muutoksia kuormituksen aikana ja sen jälkeen, on havaittu, että mitä rankempi kuormitus on, sitä voimakkaammin testosteronipitoisuus vähenee veressä suorituksen jälkeen ja sitä kauemmin alhaiset tasot säilyvät. Mikäli suoritus on kevyt ja palauttava, ei voida havaita minkäänlaista testosteronitason laskua. (Kuoppasalmi 1981; Kuoppasalmi ym. 1980)

6. Kortisoli

6.1 Kortisolin rakenne

Kortisoli (Kuva 7) kuuluu glukokortikoideihin, jotka ovat lisämunuaiskuorelta erittyviä hormoneja. Glukokortikoidit ovat saaneet nimensä siitä, että niillä on tärkeä merkitys veren glukoosipitoisuuden lisäämisessä. Glukokortikoideilla on kuitenkin vaikutuksia myös proteiini- ja rasva-aineenvaihduntaan. Kortisolin vaikutukset kattavat noin 95% kaikkien glukokortikoidien aktiivisuudesta. (Guyton, 1991, 842)



Kuva 7. Kortisolimolekyyli. (esim. Guyton 1991, 844)

6.2 Kortisolin vaikutukset aineenvaihduntaan

Kortisoli vaikuttaa hiilihydraattiaineenvaihduntaan stimuloimalla glukoneogeneesiä maksassa, jolloin hiilihydraatteja muodostetaan proteiineista ja muista aineista. Kortisolin glukoneogeneesiä stimuloiva vaikutus aiheutuu pääasiassa seuraavista asioista: 1) kaikki entsyymit, joita tarvitaan aminohappojen muuttamiseen glukoosiksi lisääntyvät maksasoluissa ja 2) kortisolin vaikutuksesta aminohapot mobilisoituvat ekstrahepaattisista kudoksista, pääasiassa lihaksista, jolloin aminohappojen saatavuus plasmassa lisääntyy. Lisääntyneen glukoneogeenin seurauksena maksasolujen glykogeenivarastot kasvavat huomattavasti. Kortisoli vähentää jonkin verran glukoosin käyttöä kaikissa soluissa. (Guyton, 1991, 846-847)

Yksi kortisolin päävaikutuksista aineenvaihdunnassa on proteiinivarastojen aleneminen kaikkialla kehon soluissa, lukuunottamatta maksaa. Tämä aiheutuu sekä proteiinisynteesin vähenemisestä että soluissa olevan proteiinin lisääntyneestä kataboliasta. (Guyton, 1991, 847)

Kortisoli vaikuttaa myös rasva-aineenvaihduntaan siten, että se lisää rasvahappojen mobilisointia rasvakudoksesta. Tämä lisää vapaiden rasvahappojen pitoisuutta plasmassa ja sitä kautta rasvan käyttöä energianlähteenä. Kortisoli lisää jonkin verran myös rasvahappojen hapettumista soluissa. (Guyton, 1991, 847)

Kortisolia pidetään luurankolihasien katabolisena hormonina. Sairauksien, immobilisaation tai vammojen yhteydessä voidaan havaita supistuvien proteiinien vähenemistä, lihasatrofiaa ja samanaikaista voimantuottokyvyn alenemista. Kortisoli on yksi pääasiallisista katabolisista vaikutuksista aikaan saavista hormoneista lihassolujen molekyyllitasolla, vaikka sen vaikutuksia ei voidakaan pitää täysin yksiselitteisinä hormoneille tyypillisten monimuotoisten vaikutusten vuoksi. (Kraemer, 1991, 73)
Yhteenveto kortisolin katabolisista vaikutuksista voidaan nähdä taulukossa 4.

Taulukko 4. Yhteenveto kortisolin katabolisista vaikutuksista lihaksissa.

Aminohappojen muuttaminen hiilihydraateiksi
 Proteolyyttisten entsyymien lisääntyminen
 Proteiinisynteesin inhibitio
 Proteiinien lisääntynyt hajoaminen
 Suuremmat kataboliset vaikutukset nopeissa lihassoluissa

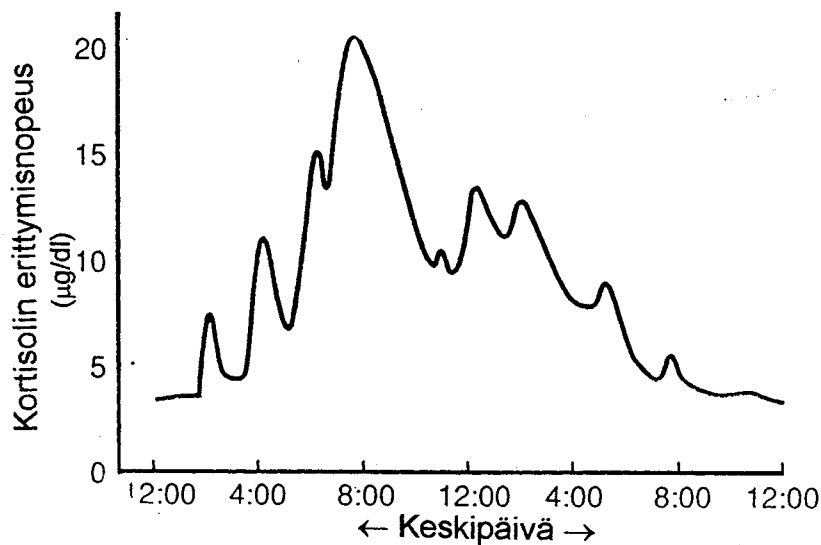
(Kraemer, 1991, 73)

6.3 Kortisolin erityis

Kortisolin eritystä säätelee pääasiassa etuaivolisäkkeestä erittyvä kortikotropiini (ACTH), joka on suuri polypeptidi. Fyysinen ja psyykinen stressi tai veren glukoositaso aleneminen stimuloivat hypotalamusta erittämään kortikotropiinia-vapauttavaa-tekijää (CRF), joka puolestaan stimuloi etuaivolisäkettä vapauttamaan kortikotropiinia. Kortikotropiinin vaikutuksesta verenkiertoon vapautuu kortisolia lisämunuaiskuorelta. (Brooks ja Fahey, 1985, 181)

ACTH:n ja sitä kautta kortisolin erityis voi lisääntyä jopa 20-kertaiseksi lyhyessä ajassa fyysisen tai psyykkisen stressitilanteen seurauksena. Plasman kortisolipitoisuuden

kasvaessa liian suureksi negatiivinen feedback-mekanismi alentaa ACTH-tason normaaliksi. Kortisolin erityis on normaalisti korkeimmillaan aamulla ja alhaisimmillaan illalla. Kortisolitaso voi vaihdella aamun 20 $\mu\text{g}/\text{dl}$:sta illan 5 $\mu\text{g}/\text{dl}$:aan. Tämä 24-tunnin syklinen vaihtelu (Kuva 8) aiheutuu kortisolin eritystä säätelevän hypotalamuksen signaalien muutoksista. Vuorokausivaihtelun vuoksi kortisoliarvojen mittaustuloksia voidaan tarkastella ainoastaan silloin, jos tiedetään mittausajankohta. (Guyton, 1991, 851-852)



Kuva 8. Kortisolierityksen vuorokausivaihtelu 24 tunnin kuluessa (Guyton, 1991, 851)

6.4 Kortisoli ja fyysinen kuormitus

Elimistö reagoi stressiin kiihdyttämällä lisämunuaiskuoren kortisolin tuotantoa, joka näkyy plasman kortisolipitoisuuden lisääntymisenä välittömästi kuormituksen päätyttyä (Sundsford ym. 1975, 308; Dessypris ym. 1976; Kuoppasalmi ym. 1980; Kuoppasalmi&Adlercreutz 1985, 65-120). Normaalisti plasman kortisolipitoisuus palaa lähtötasolle kahdesta kolmeen tunnin kuluttua kuormituksen päättymisestä (Sundsford ym. 1975; Maron ym. 1977). Kortisolipitoisuuden alenemista kuormituksen jälkeen pidetään välttämättömänä anabolisten reaktioiden käynnistymiselle, koska korkea kortisolipitoisuus estää valkuaisainesynteesiä ja muuttaa lihaksen valkuaisaineenvaihdunnan kataboliseksi (Seene&Virus 1982; Kurowski ym. 1984, 1986; Kuoppasalmi&Adlercreutz 1985, 65-120; Kelly ym. 1986). Muut glukokortikoidit reagoivat kuormitukseen samalla tavoin kuin kortisoli (Fry ym. 1991).

Pitkään jatkuvan tai kovan rasituksen aikana ACTH:ta erittyy stressin ja veren glukoosipitoisuuden alenemisen seurauksena. ACTH lisää kortisolin vapautumista, joka puolestaan stimuloi proteolyysiä lihaksissa (Brooks ja Fahey, 1985, 182). On havaittu, että alle 50 % VO_{2max} -kuormitustasolla plasman kortisolipitoisuus yleensä laskee ja kuormitustason ylittäessä 60 % VO_{2max} :sta pitoisuus vastaavasti nousee. Kortisolipitoisuuden on havaittu nousevan vähemmän, jos sama työ tehdään kahdella jalalla verrattuna yhdellä jalalla tehtyyn suoritukseen. Yleisesti ottaen näyttää siltä, että harjoittelun vaikutuksesta plasman kortisolipitoisuus pysyy todennäköisesti vakaana tai laskee, jos harjoitus on lyhyt ja kevyesti kuormittava. Toisaalta kortisolipitoisuus todennäköisesti nousee, mitä pidemmästä ja rasittavammasta harjoituksesta on kyse. Korkein kortisolipitoisuus voidaan havaita heti harjoituksen jälkeen. (Galbo, 1983, 46)

Tutkimuksissa on todettu, että kortisolipitoisuus nousee maksimaalisen kuormituksen seurauksena sekä hyvä- että huonokuntoisilla. Huonokuntoisilla pitoisuus nousee kuitenkin enemmän samalla absoluuttisella työtasolla. Viime aikoina tutkimuksissa on pyritty selvittämään tekijöitä, jotka säätelevät etuaivolisäkkeen toimintaa harjoittelun yhteydessä. Tulosten perusteella ovat nousseet esille autonominen neuroendokriininen aktiivisuus ja sentraalisen käskytyksen merkitys hormonaalisessa säätelyssä. (Richter ja Sutton, 1994, 331-342)

7. Ravinnon vaikutus kasvutekijöihin ja hormoneihin

IGF-1:n toiminta kudoksissa ja sen erittyminen verenkiertoon ovat riippuvaisia paitsi kasvuhormonista myös riittävästä energiansaannista. Yleensä liian vähäinen energian- tai proteiinin saanti alentaa IGF-1:n plasmapitoisuutta. Clemmonsin ja Underwoodin (1991) tutkimuksessa koehenkilöiden IGF-1:n pitoisuus plasmassa kasvuhormoniannoksen jälkeen oli alempi paastotilanteessa normaali ruokavaliioon verrattuna. Smith ym. (1987) totesivat tutkimuksessaan, että IGF-1-pitoisuus alenee yhtä paljon harjoittelun aiheuttaman energiavajeen seurauksena kuin liian vähäisellä energiansaannilla ilman harjoittelua.

Tutkittaessa hiilihydraatti- ja proteiinivalmisteiden vaikutusta kehon hormonaaliseen tilaan voimaharjoituksen jälkeen, on todettu, että lisäravinteilla saattaa olla suotuisa vaikutus lihasten kasvuun palautumisen aikana insuliini- ja kasvuhormonitasoja lisäämällä. Chandlerin ym. (1994) tutkimuksessa käytetyt hiilihydraatti- ja proteiinivalmisteet eivät vaikuttaneet kasvutekijäpitoisuuteen, joten heidän havaintonsa eivät tukeneet käsitystä, jonka mukaan kasvuhormoni ja insuliini lisäävät IGF-1:n vapautumista maksasta. Myös Zawadzkin ym. (1992) pyöräilijöille tehdyssä tutkimuksessa yhdistetty hiilihydraatti-proteiinivalmiste sai aikaan suuremman insuliinivasteen pelkkiin hiilihydraatti- tai proteiinivalmisteisiin verrattuna, jolloin harjoituksen jälkeinen lihasglykogeenivarastojen täytyminen tapahtuu nopeammin.

Gater ym. (1992) tutkivat erilaisten lisäravinteiden vaikutusta insuliinin kaltaiseen kasvutekijään (IGF-1) voimaharjoittelun yhteydessä ja totesivat, että arginiini/lyysiinivalmisteella ei ollut vaikutusta plasman IGF-1:n lepotasoon. Tutkijoiden mukaan tämä merkitsee sitä, ettei kyseinen lisäravinne lisää myöskään kasvuhormonin vapautumista tutkimuksessa käytetyillä annostuksilla.

Biologisissa tutkimuksissa on todettu, että ternimaidosta saatu IGF-1 vaikuttaa anabolisesti rotan L6 myoblasteihin vähentämällä proteiinien hajoamista ja lisäämällä proteiinisynteesiä (Francis ym. 1988).

8. Tutkimuksen tarkoitus

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää lisäravinteena nautitun ternimaitovalmisteen fysiologisia vaikutuksia kahdeksan vuorokauden mittaisella harjoittelujaksolla seuraavien tutkimusongelmien avulla:

1. Muuttuuko seerumin kasvutekijä IGF-1-pitoisuus Bioenervi™ -ternimaitovalmisteen vaikutuksesta ?
2. Muuttuvatko seerumin insuliini-, kasvuhormoni-, testosteroni- ja kortisolipitoisuudet Bioenervi™ -ternimaitovalmisteen vaikutuksesta ?
3. Onko Bioenervillä palautumista edistäviä vaikutuksia ?

Hypoteesi: On mahdollista, että seerumin IGF-1 pitoisuus lisääntyy ternimaitovalmisteen vaikutuksesta, koska biologisten tutkimusten mukaan ternimaito lisää vasikan seerumin IGF-1 pitoisuutta.

9. Tutkimusmenetelmät

9.1 Koeasetelma

Tutkimuksen alkaessa koehenkilöille annettiin (LIITE 1) tutkimusta koskevat ruokailu- ja yleisohjeet ja jaettiin kunkin jakson alussa tarvittava määrä ternimaitovalmistetta. Jokainen koehenkilö oli arvotussa järjestyksessä mukana kolmella eri tutkimusjaksolla. Jaksojen erona oli ternimaitovalmisteen koostumuksen muuttuminen. Kaksoissokko-periaatteen mukaisesti ternimaitovalmisteen koostumus ei ollut tutkimuksen aikana koehenkilöiden eikä tutkijoiden tiedossa. Ternimaitovalmiste oli jokaisella tutkimusjaksolla saman makuista ja se oli annosteltu samanlaisiin pulloihin. Kunkin tutkimusjakson pituus oli kahdeksan vuorokautta ja niiden välillä oli 13 vuorokauden "puhdistautumisjakso". Tutkimusjaksojen aikana koehenkilöt pitivät viiden vuorokauden ajan ruokapäiväkirjaa ja koko tutkimusjakson ajan harjoituspäiväkirjaa harjoitussuosittelun (LIITE 2) mukaisesta harjoittelusta. Tämän lisäksi koehenkilöt arvioivat subjektiivisia tuntemuksiaan tutkimusjaksojen aikana kyselykaavakkeen (LIITE 3) avulla.

Tutkimusjaksolla koehenkilöt nauttivat ternimaitovalmistetta kahdeksan vuorokauden ajan 125 ml vuorokaudessa kahdessa osassa (62.5 ml aamulla ja 62.5 ml illalla). Bioenervi™ 125 ml- jaksolla koehenkilöt nauttivat Bioenerviä, joka sisälsi 67.6 µg/l IGF-1:tä ja 0.390 g/l IgG:tä. Bioenervi™ 25 ml- jaksolla valmisteessa oli 25 ml Bioenerviä ja se sisälsi 13.5 µg/l IGF-1:tä ja 0.143 g/l IgG:tä. Plasebo-jaksolla valmiste oli pelkkää maitoheraa. Tutkimuksessa käytetyn Bioenervi™ -juoman tarkempi koostumus näkyy liitteestä 4. Kaikki Bioenervi-ternimaitovalmisteet oli saatu tutkimusta varten Viable Bioproducts Ltd:ltä Turusta.

Kuormituksen, palautumisen ja Bioenervin välisten yhteisvaikutusten selvittämiseksi koehenkilöt tekivät jokaisella jaksolla testiharjoituksena samanlaisen voimaharjoituksen (LIITE 5) nautittuaan jaksokohtaista ternimaitovalmistetta viiden vuorokauden ajan. Testiharjoitusaamuna koehenkilöt nauttivat paastoverinäytteen jälkeen jokaisella tutkimusjaksolla samanlaisen standardi-aamiaisen (LIITE 6). Harjoituksen kuormittavuuden ja suorituskykymuutosten kontrolloimiseksi koehenkilöiltä mitattiin

kevennyshyppy ennen testiharjoitusta ja testiharjoituksen jälkeen. Tutkimusjaksojen aikataulu ja sisältö näkyvät kuvasta 9.

1. päivä	2. päivä	3. päivä	4. päivä	5. päivä	6. päivä	7. päivä	8. päivä	9. päivä
IGF-1					IGF-1, La	IGF-1		IGF-1
Hormonit					Hormonit	Hormonit		Hormonit
Hb, Hkr								
Lasko, Kol					Näytteet:	Näytteet:		Näytteet:
					Paasto,	Paasto		Paasto
Näytteet:					Ennen har.,			
Paasto					Harj. jälkeen,			
					30', 60', 90'			
					Testiharj.			
					←→			
					Bioenervin nauttiminen			
					←→			
					Ruokapäiväkirjan pitäminen			
					←→			
HARJOITUSKUORMITUS:								
Lepo	Keskiras. tai	Keskiras. tai	Kevyt	Lepo	Raskas	Kevyt	Kevyt	
	Kevyt	Kevyt						

Kuva 9. Koeasetelma kaikilla kolmella tutkimusjaksolla.

9.2 Koehenkilöt

Tutkimukseen osallistui yhdeksän vapaaehtoista miesyleisurheilijaa, joiden ikä oli 25 ± 3 vuotta, paino 76 ± 8 kg, pituus 180 ± 9 cm ja rasvaprosentti 9 ± 1 %. Koehenkilöiden harjoitusvuodet, päälajit ja tulokset näkyvät liitteestä 7. Ennen tutkimuksia koehenkilöt olivat lukeneet kirjallisen selvityksen (LIITE 8) suoritettavista mittauksista ja niihin liittyvistä riskeistä sekä antaneet kirjallisen suostumuksen (LIITE 8) mittausten suorittamiselle. Jyväskylän yliopiston eettinen toimikunta antoi hyväksynnän tutkimukselle.

9.3 Mittaukset

9.3.1 Antropometria

Rasvaprosentti mitattiin neljän pisteen menetelmällä, jossa ihopoimut mitataan kyynärvarren ojentajasta (triceps brachii) ja koukistajasta (biceps brachii), lapaluun

alapuolelta (subscapularis) sekä suoliluun yläpuolelta (suprailiaca) (Durnin & Womersley 1974).

9.3.2 Verinäytteiden ottaminen ja analysointi

Verinäytteitä otettiin tutkimusjakson alussa (alku), testiharjoitusta ennen (paasto ja aamiaisen jälkeen) ja välittömästi sen jälkeen sekä 5', 30', 60' ja 90' kuluttua harjoituksen päättymisestä sekä yhden ja kolmen vuorokauden (paastonäytteet) kuluttua testiharjoituspäivän paastonäytteestä. Kaikki paastoverinäytteet otettiin 12 tunnin paaston jälkeen aamulla klo 0700-0900 välillä. Kasvutekijä IGF-1 ja hormonit (insuliini, kasvuhormoni, kortisoli, testosteroni) määritettiin kaikista muista näytteistä paitsi 5' harjoituksen jälkeen otetusta näytteestä, josta määritettiin ainoastaan laktaatti. Sen lisäksi laktaatti määritettiin myös ennen harjoitusta ja 60' harjoituksen jälkeen. Hemoglobiini, hematokriitti, lasko ja kolesteroli määritettiin kerran kunkin jakson alkumittauksissa.

Jokaisella tutkimusjaksolla otettiin yhteensä yhdeksän kertaa laskimoverinäyte, jossa verta otettiin 2×10 ml seerumiputkiin. Näytteestä erotettiin seerumi, joka jaettiin 9:ään Eppendorf-putkeen. Tämän jälkeen näytteet pakastettiin -20°C:een myöhemmin tapahtuvia määriä varten.

9.3.2.1 Seerumin IGF-1

Seerumin IGF-1-pitoisuus määritettiin kaksoismäärityksenä Jyväskylän keskussairaalassa immunoradiometrisesti (IRMA) käyttämällä kaupallista reagenssipakkausta ohjeiden mukaan (Diagnostic Systems Laboratories inc., Texas, USA).

9.3.2.2 Hormonit

Seerumin hormonipitoisuudet määritettiin rinnakkaismäärityksinä Oulun Diakonissalaitoksen laboratoriossa radioimmunologisesti käyttämällä kaupallisia reagenssipakkauksia valmistajien antamien ohjeiden mukaan:

Insuliini ja kasvuhormoni: Pharmacia Diagnostics AB, Uppsala, Ruotsi

Kortisoli ja testosteroni: Orion Corporation, Turku, Suomi

Pharmacian insuliini-menetelmä on perinteinen radioimmunologinen menetelmä, jossa näytteen sisältämä insuliini ja ¹²⁵I-leimattu merkkiaine kilpailevat rajoitetusta määrästä vasta-aineen sitoutumispaikkoja. Mitattavan insuliinin ja jodilla leimatun insuliinin sitouduttua vasta-aineeseen, erotetaan vapaa, sitoutumaton fraktio vasta-aineeseen sitoutuneesta fraktiosta saostamalla insuliini-vasta-ainekompleksi kaksoisvasta-aineella. Saadun sakan radioaktiivisuus on kääntäen verrannollinen näytteen insuliini-pitoisuuteen.

Pharmacian kasvuhormoni-menetelmä on immunoradiometrinen (IRMA) menetelmä. Näytteen kasvuhormoni sitoutuu ¹²⁵I-leimattuun kanin antihumaanikasvuhormoni-vasta-aineeseen. Muodostunut kasvuhormoni-vasta-ainekompleksi saostetaan Sepharose-partikkeleihin sidotulla lampaan antihumaanikasvuhormoni-vasta-aineella. Sentrifugoinnissa saadun sakan radioaktiivisuus mitataan. Mitattu radioaktiivisuus on suoraan verrannollinen näytteen kasvuhormonipitoisuuteen.

Orionin testosteroni-menetelmä on radioimmunologinen menetelmä, jossa näytteen sisältämä testosteroni ja ¹²⁵I-leimattu testosteroni kilpailevat rajoitetusta määrästä vasta-aineen sitoutumispaikkoja. Spectria testosteroni-menetelmässä polyklonaalinen kakkosvasta-aineella sidottu primäärivasta-aine on kiinnitetty ns. tähtiputkien seinämään. Putken sisägeometriaa muuttamalla on saatu putken sisäpintaa lisättyä ja samoin vasta-aineen määrää on voitu lisätä. Inkuboinnin jälkeen putket dekantoidaan tyhjiksi, jolloin sitoutunut fraktio jää putken seinämään ja vapaa fraktio kaadetaan ja pestään pois. Mitattu radioaktiivisuus on kääntäen verrannollinen näytteen testosteronipitoisuuteen.

Orionin kortisoli-menetelmä on perinteinen radioimmunologinen menetelmä, jossa näytteen sisältämä kortisoli ja 125-I-leimattu merkkiaine kilpailevat rajoitetusta määrästä vasta-aineen sitoutumispaikkoja. Mitattavan kortisolin ja jodilla leimatun kortisolin sitouduttua vasta-aineeseen, erotetaan vapaa, sitoutumaton fraktio vasta-aineeseen sitoutuneesta fraktiosta saostamalla kortisoli-vasta-ainekompleksi polyetyleeniglykolilla. Kortisolin sitoutuminen kortisolia sitovaan proteiiniin on inhiboitu lisäämällä merkkiaineliuokseen kortisolianalogeja. Saadun sakan radioaktiivisuus on kääntäen verrannollinen näytteen kortisolipitoisuuteen.

9.3.2.3 Laktaatti

Laktaattipitoisuudet määritettiin entsyymaattisesti biokemiallisen Boehringer Mannheimin testipakkauksen avulla. Laktaattimäärityksiä varten otettiin EDTA-putkiin sormenpääverinäytteet (50 µl), jotka pipetoitiin 500 µl:aan jääkylmää perkloorihappoa (hajottaa punasolut ja estää rektioiden jatkumisen koeputkessa). Säilyttämisen ajaksi koeputket jäädytettiin.

9.3.2.4 Hemoglobiini, hematokriitti, lasko ja kolesteroli

Hemoglobiini (Hb), hematokriitti (Hkr), lasko (La) ja kolesteroli (Kol) mitattiin jokaisen tutkimusjakson lähtömittauksissa. Hemoglobiinia, hematokriittia ja kolesterolia varten otettiin laskimoverta EDTA-putkeen 3 ml. Tämä jaettiin siten, että Hb- määritystä varten otettiin 25 µl kokoverta, joka sekoitettiin 5 ml: aan Hb-reagenssia. Hb-arvo määritettiin Hitachi U-2000-spektrofotometrillä. Hematokriittimääritystä varten verta laitettiin Hkr-kapillaareihin, jotka sentrifugoitiin Hettich Hkr-sentrifugilla. Kolesteroli määritettiin plasmasta biokemiallisella Boehringer Mannheimin kolesterolimenetelmällä. Lasko määritettiin senkkaputkissa olevista verinäytteistä siten, että näytteitä seisotettiin ensin 30 minuuttia, jonka jälkeen ne sekoitettiin ja asetettiin tunnin ajaksi senkkatelineeseen, josta La-arvot luettiin.

9.3.3 Koehenkilöiden subjektiiviset tuntemukset

Koehenkilöiden subjektiivisia tuntemuksia mitattiin kyselykaavakkeen (LIITE 3) avulla, joka täytettiin kunkin tutkimusjakson loppumittausten yhteydessä.

9.3.4 Kevennyshyppy

Kevennyshyppyt mitattiin laitteistolla (Digitest), jossa kontaktimatto ja siihen kytketty sähköinen kellolaite mittaa hypyn lentoajan, jonka avulla voidaan laskea matolta suoritettun hypyn lentokorkeus. (Komi ja Bosco, 1978)

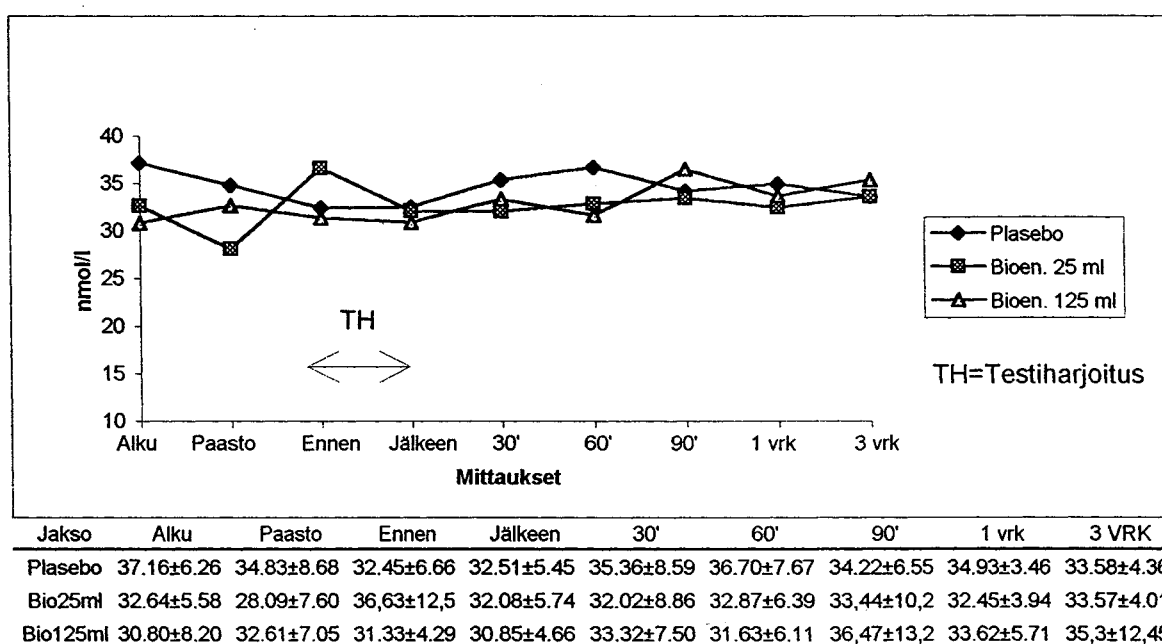
9.4 Tilastolliset menetelmät

Tutkimustulosten tilastollinen analysointi tapahtui monivarianssianalyysillä (MANOVA) ja tulosten jatkokäsittelyssä käytettiin post-hoc -testin UNIVARIATE -analyysiä. Bioenergin vaikutuksia tarkasteltiin tilastollisesti tutkimalla Bioenergin päävaikutusta (muutosta) yksittäisellä tutkimusjaksolla ja eroja kaikkien kolmen jakson välillä. Sen lisäksi tutkittiin Bioenergin ja näytteiden yhdysvaikutusta eli eroja näytekertojen välillä tutkimusjaksojen aikana. Jaksoittaisissa analyyseissä otettiin huomioon ainoastaan viisi mittauskertaa yhdeksästä eli mittaukset: alku, paasto, jälkeen, 1 vrk ja 3 vrk johtuen suhteellisen pienestä koehenkilöjoukosta (n=9). Sen lisäksi analysoitiin jokaisen mittauskerran ero alkumittaukseen verrattuna. Kasvutekijä IGF-1:n kohdalla tutkittiin myös tutkimusjaksojen alku- ja loppumittausten välisiä muutoksia.

10. Tulokset

10.1 Kasvutekijä IGF-1 eri tutkimusjaksoilla

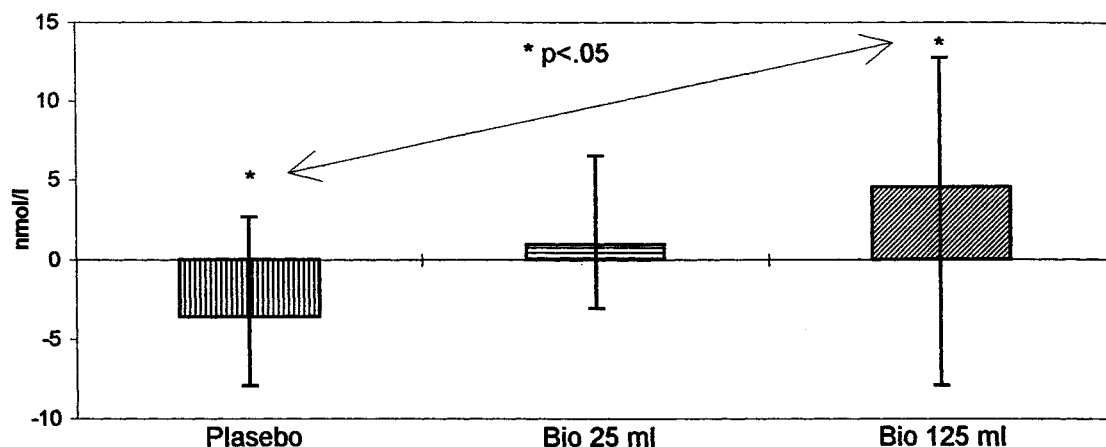
IGF-1:n keskimääräinen pitoisuus veressä ei muuttunut tilastollisesti merkitsevästi millään tutkimusjaksolla. IGF-1:n pitoisuuden muutokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä myöskään eri tutkimusjaksojen ja mittauskertojen välillä. IGF-1 pitoisuuksien keskiarvot ja -hajonnat on esitetty kuvassa 10.



Kuva 10. IGF-1 pitoisuuksien keskiarvot ja -hajonnat.

10.1.1 Kasvutekijäpitoisuuksien profiilivertailu

IGF-1:n pitoisuus aleni plasebo-jaksolla keskimäärin 9.6 % ja nousi Bioenervi™ 25 ml-jaksolla keskimäärin 2.8 % ja Bioenervi™ 125 ml-jaksolla 12.8 %. IGF-pitoisuuden profiili oli siis nouseva Bioenervi™ 125 ml-jaksolla ja laskeva plasebo-jaksolla. Näiden jaksojen alku- ja loppumittausten väliset IGF-1 pitoisuuksien muutokset erosivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ($p < .05$). (Kuva 11.)



Kuva 11. IGF-1:n muutokset alku- ja loppumittausten välillä eri tutkimusjaksoilla.

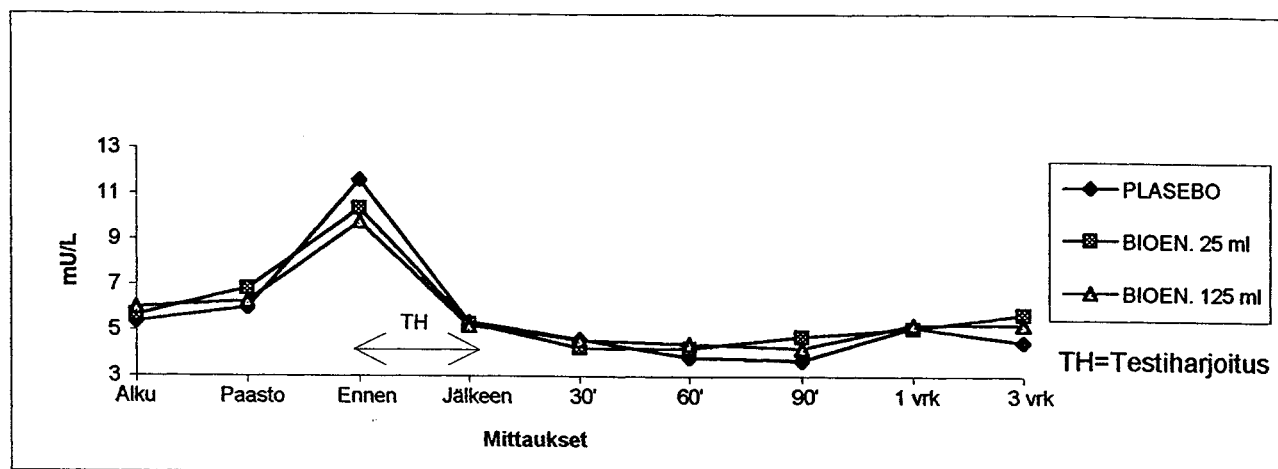
10.2 Hormonipitoisuudet eri tutkimusjaksoilla

10.2.1 Insuliini

Keskimääräinen insuliinipitoisuus nousi paastonäytteen jälkeen kaikilla tutkimusjaksoilla tilastollisesti merkitsevästi ($p < .001$). Harjoituksen aikana keskimääräinen insuliinipitoisuus sen sijaan laski tilastollisesti merkitsevästi kaikilla tutkimusjaksoilla (plasebo- ja Bioenervi 25 ml -jaksoilla: $p < .001$ ja Bioenervi 125 ml -jaksolla: $p < .01$). Keskimääräiset insuliinipitoisuudet eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi tutkimusjaksojen tai mittauskertojen välillä. Insuliinipitoisuuden keskiarvot ja -hajonnat sekä mittauskertojen erot alkumittaukseen verrattuna näkyvät kuvasta 12.

10.2.2 Kasvuhormoni

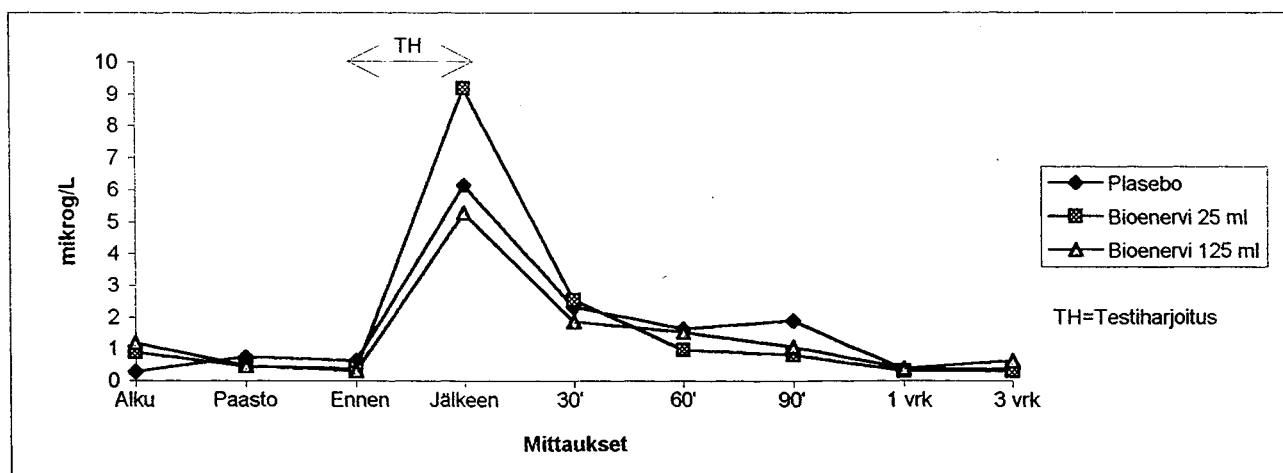
Keskimääräinen kasvuhormonipitoisuus nousi harjoituksen aikana plasebo- ja Bioenervi 125 ml -jaksoilla tilastollisesti merkitsevästi ($p < .05$). Puolen tunnin (30') kuluttua harjoituksen päättymisestä kasvuhormonipitoisuus oli alentunut kaikilla tutkimusjaksoilla, mutta oli edelleen korkeampi alkumittauksiin verrattuna. Keskimääräiset kasvuhormonipitoisuudet vaihtelivat kaikilla tutkimusjaksoilla samansuuntaisesti, eivätkä eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi koko jakson tai mittauskertojen välillä. Kasvuhormonipitoisuuksien keskiarvot ja -hajonnat sekä mittauskertojen erot alkumittaukseen verrattuna näkyvät kuvasta 13.



Jakso	Alku	Paasto	Ennen	Jälkeen	30'	60'	90'	1 vrk	3 vrk
Plasebo	5,38±1,22	5,99±2,56	11,58±2,85***	5,36±1,86	4,60±1,05	3,81±0,56**	3,67±0,72***	5,13±1,02	4,50±0,51
Bio25ml	5,64±0,84	6,84±2,15	10,34±2,76***	5,28±2,04	4,23±1,12*	4,21±1,36*	4,73±2,15	5,08±1,08	5,71±2,01
Bio125ml	5,98±1,63	6,26±1,50	9,76±2,41***	5,21±2,18	4,57±1,31	4,42±1,34*	4,20±1,11*	4,64±1,05*	5,26±1,47

Ero alkumittaukseen verrattuna: * p<.05, ** p<.01, *** p<.001.

Kuva 12. Insuliinipitoisuuksien keskiarvot ja -hajonnat.



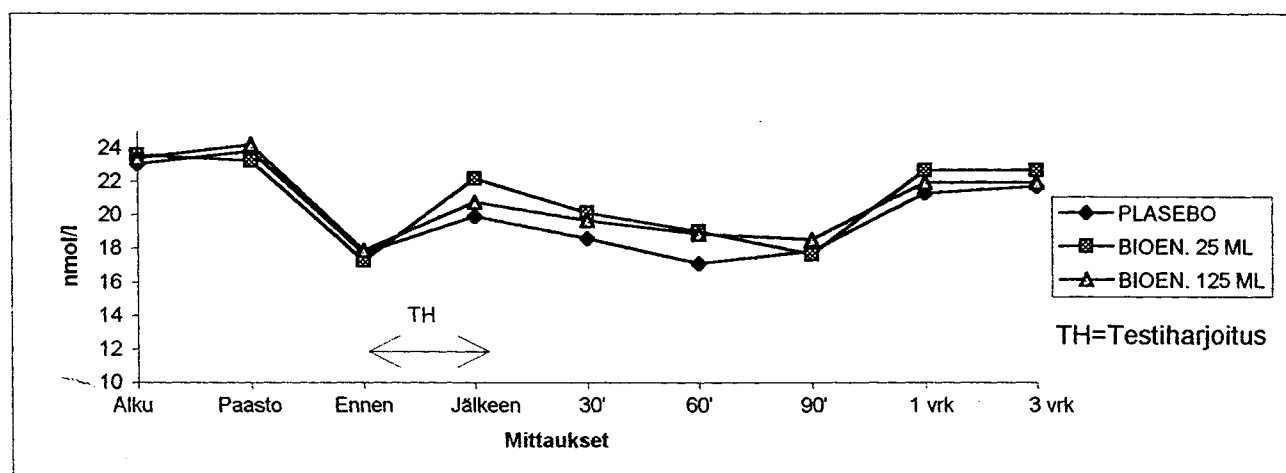
Jakso	Alku	Paasto	Ennen	Jälkeen	30'	60'	90'	1 vrk	3 vrk
Plasebo	0,29±0,28	0,74±0,96	0,62±0,89	6,13±6,18*	2,32±2,57	1,62±1,67*	1,89±2,27	0,36±0,34	0,38±0,35
Bio25ml	0,88±1,52	0,44±0,52	0,39±0,30	9,17±16,43	2,54±4,43	0,96±1,58	0,81±0,84	0,30±0,30	0,31±0,24
Bio125ml	1,18±2,14	0,47±0,42	0,31±0,33	5,27±4,83	1,85±1,87	1,52±2,29	1,06±1,99	0,38±0,37	0,63±0,98

Ero alkumittaukseen verrattuna: * p<.05.

Kuva 13. Kasvuhormonipitoisuuksien keskiarvot ja -hajonnat.

10.2.3 Testosteroni

Keskimääräinen testosteronipitoisuus laski paastonäytteen jälkeen kaikilla tutkimusjaksoilla tilastollisesti merkitsevästi ($p < .001$). Harjoituksen aikana testosteronipitoisuus nousi tilastollisesti merkitsevästi kahdella tutkimusjaksolla (Bioenervi 25 ml $p < .01$ ja Bioenervi 125 ml $p < .05$). Testosteronipitoisuus laski tilastollisesti merkitsevästi 30 minuutin kuluttua harjoituksen päättymisestä (plasebo- ja Bioenervi 25 ml -jaksoilla $p < .01$, Bioenervi 125 ml -jaksolla $p < .05$). Tunnin (60') kuluttua harjoituksen päättymisestä testosteronipitoisuus oli laskenut kaikilla tutkimusjaksoilla (plasebo-jaksolla $p < .001$ ja Bioenervi 25 ml -jaksolla: $p < .05$). Testosteronipitoisuus ei muuttunut tilastollisesti merkitsevästi tutkimusjaksojen tai mittauskertojen välillä. Testosteronipitoisuuden keskiarvot ja -hajonnat sekä mittauskertojen erot alkumittauksiin verrattuna näkyvät kuvasta 14.



Jakso	Alku	Paasto	Ennen	Jälkeen	30'	60'	90'	1 vrk	3 vrk
Plasebo	23,03±5,61	23,82±6,11	17,73±3,50	19,91±5,46	18,60±5,27	17,09±5,67	17,82±6,70	21,27±5,11	21,71±3,90
Bio25ml	23,58±4,78	23,22±4,23	17,26±2,01	22,17±2,99	20,12±2,07	19,00±2,71	17,62±3,43	22,66±2,69	22,66±2,69
Bio125ml	23,40±6,59	24,21±6,99	17,87±4,37	20,76±6,35	19,68±6,28	18,86±6,52	18,52±6,33	21,94±4,20	21,94±4,20

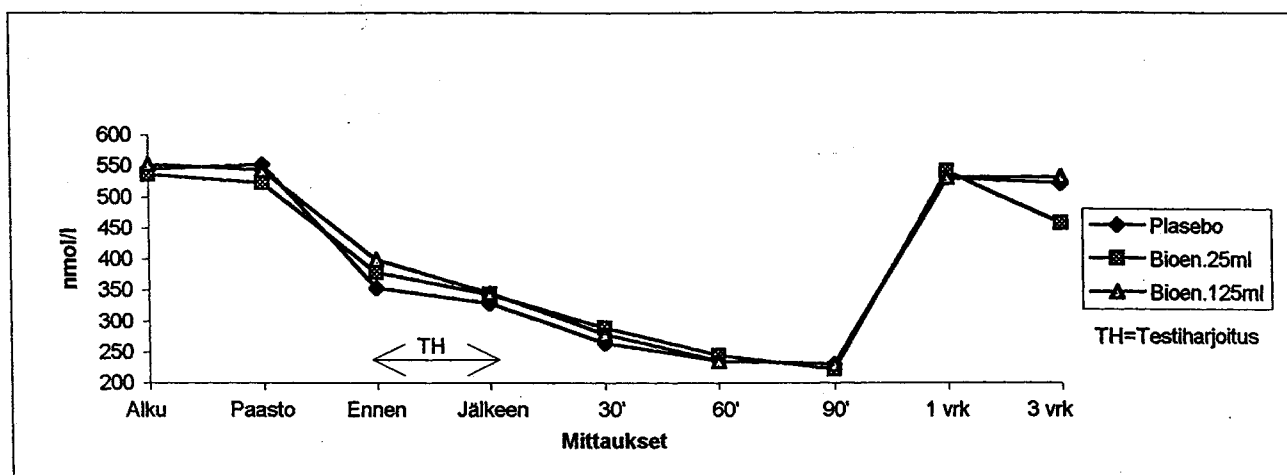
Ero alkumittaukseen verrattuna: * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

Kuva 14. Testosteronipitoisuuksien keskiarvot ja -hajonnat.

10.2.4 Kortisoli

Keskimääräiset kortisolipitoisuudet alenivat paastonäytteen jälkeen tilastollisesti merkitsevästi kaikilla tutkimusjaksoilla (plasebo- ja Bioenervi 25 ml -jaksoilla $p < .001$ ja Bioenervi 125 ml -jaksolla $p < .01$). Puolen tunnin (30') kuluttua harjoituksen jälkeen kortisolipitoisuus oli laskenut tilastollisesti merkitsevästi ($p < .01$) kaikilla tutkimusjaksoilla.

Kortisolipitoisuus aleni edelleen harjoituksen jälkeen tilastollisesti merkitsevästi ($p < .01$) Bioenervi 25 ml- ja Bioenervi 125 ml -jaksoilla. Yhden vuorokauden kuluttua testiharjoituspäivän paastonäytteestä kortisolipitoisuus oli noussut tilastollisesti merkitsevästi ($p < .001$) kaikilla tutkimusjaksoilla. Keskimääräiset kortisolipitoisuudet eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi eri tutkimusjaksojen ja mittauskertojen välillä. Kortisolipitoisuuksien keskiarvot- ja hajonnat sekä mittauskertojen erot alkumittauksiin verrattuna näkyvät kuvasta 15.



Jakso	Alku	Paasto	Ennen	Jälkeen	30'	60'	90'	1 vrk	3 vrk
Plasebo	544,2±101,4	552,7±86,2 ***	353,3±66,9 ***	328,3±140,6 ***	264,4±110,9	235,2±80,3 ***	230,6±69,7 ***	530,8±87,1	522,8±115,0
Bio25ml	535,9±105,5	522,1±66,3 ***	378±92,5 ***	343,3±158,9 ***	288,8±126,7	244,8±100,8 **	221,3±72,9 ***	541,9±99,7	503,3±81,3
Bio125ml	552,1±84,5	542,6±110,9 ***	399,2±113,6 ***	345,4±183,4 ***	278,8±137,1	235,6±112,9 **	229,9±78,7 *	531,7±82,4	533,1±97,3

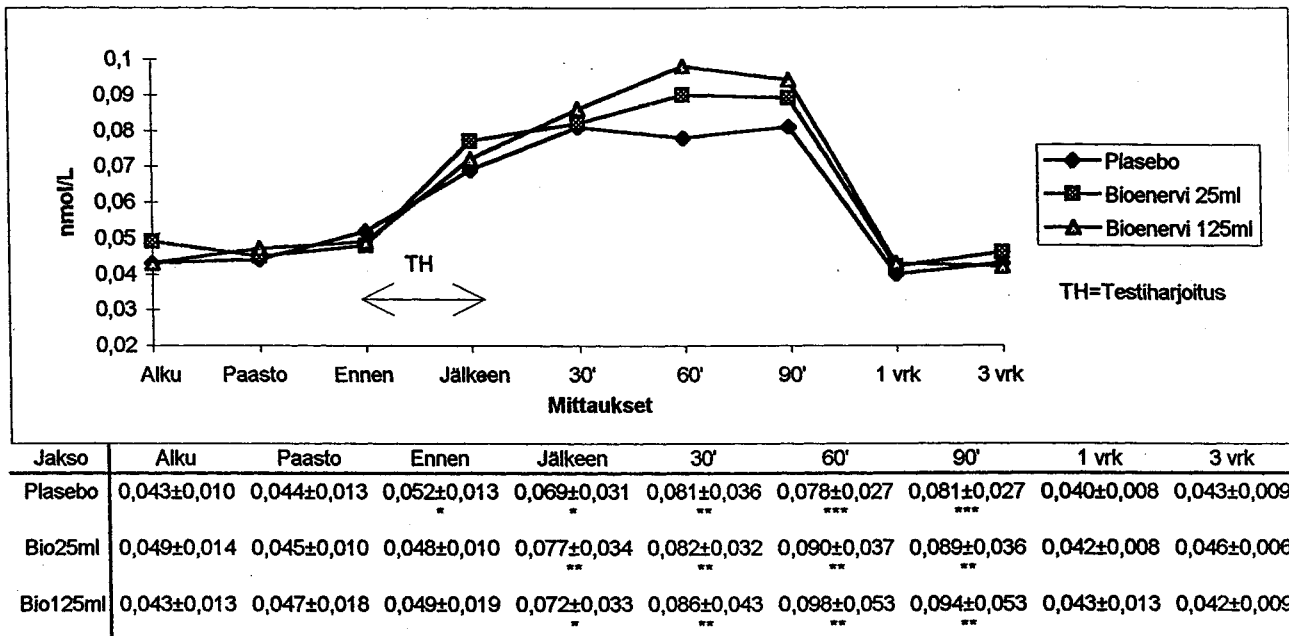
Ero alkumittaukseen verrattuna: * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

Kuva 15. Kortisolipitoisuuksien keskiarvot ja -hajonnat.

10.2.5 Testosteroni-kortisoli -suhde

Keskimääräinen testosteroni-kortisoli-suhde kasvoi paastonäytteen jälkeen tilastollisesti merkitsevästi ($p < .01$) plasebojaksolla. Harjoituksen aikana testosteroni-kortisoli -suhde kasvoi tilastollisesti merkitsevästi ($p < .05$) Bioenervi 25 ml- ja Bioenervi 125 ml -jaksoilla. Puolen tunnin (30') kuluttua harjoituksesta testosteroni-kortisoli -suhde oli kasvanut kaikilla tutkimusjaksoilla (plasebojaksolla $p < .01$ ja Bioenervi 125 ml -jaksolla $p < .05$). Yhden vuorokauden kuluttua testiharjoituspäivän paastonäytteestä testosteroni-kortisoli -suhde oli pienentynyt tilastollisesti merkitsevästi kaikilla tutkimusjaksoilla (plasebojaksolla $p < .001$ ja Bioenervi 25 ml- ja Bioenervi 125 ml -jaksoilla $p < .01$). Keskimääräinen testosteroni-kortisoli -suhde ei eronnut tilastollisesti merkitsevästi tutkimusjaksojen tai

mittauskertojen välillä. Testosteroni-kortisoli -suhteen keskiarvot ja -hajonnat sekä mittauskertojen erot alkumittaukseen verrattuna näkyvät kuvasta 16.



Ero alkumittaukseen verrattuna: * p<.05, ** p<.01, p<.001.

Kuva 16. Testosteroni - kortisolisuhteen keskiarvot ja -hajonnat.

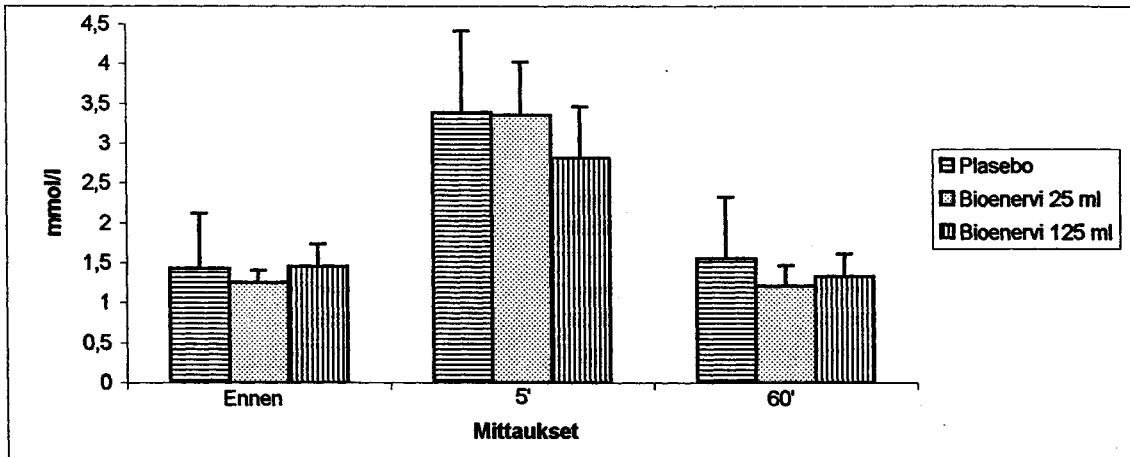
10.3 Veriarvot ja laktaatti

Hemoglobiini-, hematokriitti-, lasko- ja kolesteroliarvot eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi tutkimusjaksojen välillä. Veriarvojen keskiarvot ja -hajonnat näkyvät taulukosta 5.

Taulukko 5. Koehenkilöiden keskimääräiset veriarvot eri tutkimusjaksoilla.

Tutkimusjakso	Hb (g/l)	Hkr (%)	La (mm/h)	Kol (mmol/l)
Plasebo	156±11	44±3	1,6±1,3	4,3±0,6
Bioenergi 25 ml	159±8	45±3	1,6±0,5	4,5±0,6
Bioenergi 125 ml	157±13	45±3	1,3±0,7	4,5±0,5

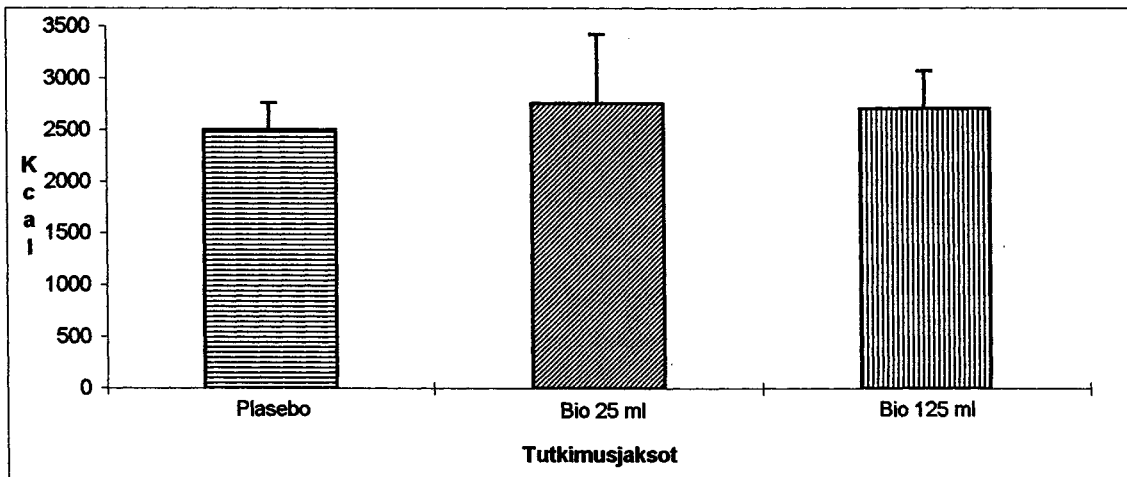
Harjoituksen aikana laktaattipitoisuudet nousivat hieman kaikilla tutkimusjaksoilla, mutta muutokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Laktaattipitoisuuksien keskiarvot ja -hajonnat näkyvät kuvasta 17.



Kuva 17. Laktaattipitoisuuksien keskiarvot ja -hajonnat eri tutkimusjaksoilla.

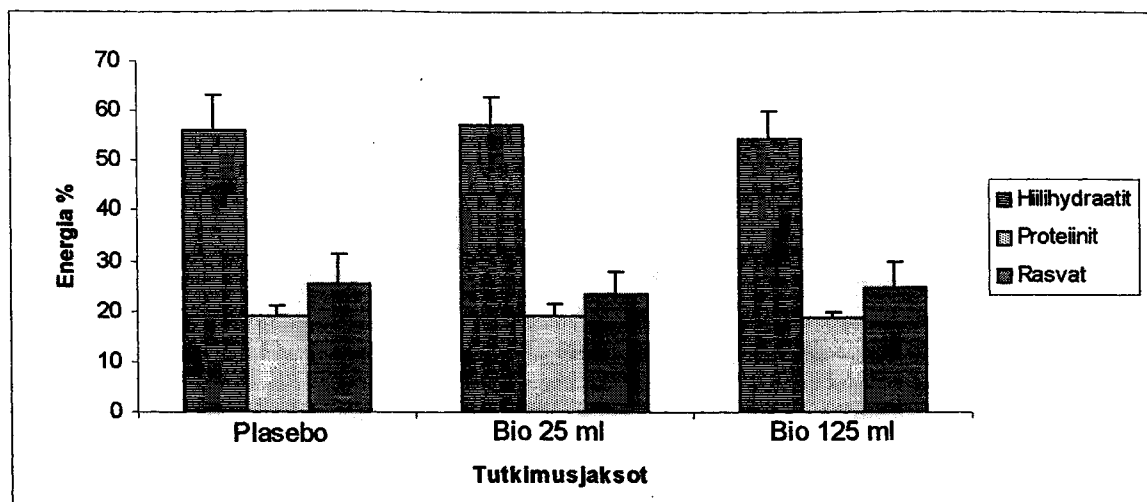
10.4 Energian ja energiaravintoaineiden saanti

Koehenkilöiden keskimääräinen energiansaanti viiden vuorokauden aikana (Kuva 18.) plasebo-jaksolla oli 2500 (± 258) kcal. Bioenervi 25 ml- ja 125 ml- jaksolla energiansaanti oli vastaavasti 2750 (± 669) ja 2700 (± 366) kcal. Energiansaannissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja eri tutkimusjaksojen välillä.



Kuva 18. Energiansaannin keskiarvot ja -hajonnat eri tutkimusjaksoilla.

Koehenkilöiden keskimääräinen hiilihydraattien, proteiinien ja rasvojen saannin osuus kokonaisenergiasta voidaan nähdä kuvasta 19. Energiaravintoaineiden saannissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja tutkimusjaksojen välillä.



Kuva 19. Energiaravintoaineiden saannin keskiarvot ja -hajonnat eri tutkimusjaksoilla.

10.5 Koehenkilöiden subjektiiviset tuntemukset

Koehenkilöiden subjektiivisissa tuntemuksissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja tutkimusjaksojen välillä. Tuntemukset eri tutkimusjaksoilla näkyvät taulukosta 6.

Taulukko 6. Koehenkilöiden subjektiiviset tuntemukset eri tutkimusjaksoilla.

Jakso	Pos.vaik.	Neg.vaik.	Harj.into	Irtiotto	Kivut	Krampit	Palaut.	Voimal.
Plasebo	1,56±0,53	2,00±0	6,33±2,24	6,00±2,45	5,22±2,86	2,11±2,44	6,11±2,26	6,56±2,51
Bio 25ml	1,44±0,53	2,00±0	7,11±2,26	5,33±2,06	4,56±1,94	2,11±1,96	6,00±1,66	5,78±2,05
Bio125ml	1,78±0,44	2,00±0	7,00±2,24	6,00±2,18	4,33±1,22	2,00±1,73	6,78±1,64	6,22±1,39

Asteikko 1 - 10: 1 vähän, huono; 10 paljon, erinomainen Positiiviset/Negatiiviset vaikutukset: 1 = kyllä 2 = ei

Pos.vaik. = positiiviset vaikutukset
 Neg. vaik. = negatiiviset vaikutukset
 Harj.into = harjoitteluinto
 Irtiotto = irtiottokyky

Kivut = kivut, säröt, jäykkyys nivelissä/lihaksissa
 Krampit = lihaskrampien esiintyminen
 Palaut. = palautumiskyky
 Voimal- = voimallisuuden tunne harjoituksissa

10.6 Kevennyshyppy

Kevennyshyppytuloksissa ei tapahtunut tilastollisesti merkitseviä muutoksia tutkimusjaksojen välillä. Kevennyshyppyjen (KH) korkeudet (cm) ennen harjoitusta ja harjoituksen jälkeen näkyvät taulukosta 7.

Taulukko 7. Kevennyshyppytulokset eri tutkimusjaksoilla.

Jakso	KH (ennen harjoitusta)	KH (harjoituksen jälkeen)
Plasebo	56,3±7,9	51,2±8,2
Bioenervi 25 ml	54,8±8,0	51,5±7,4
Bioenervi 125 ml	54,6±7,8	50,4±7,5

11. Pohdinta

Tämän tutkimuksen mukaan Bioenervi™ -ternimaitovalmiste lisää insuliinin kaltaisen kasvutekijä IGF-1:n pitoisuuksia lyhyellä harjoittelujaksolla tehokkaiden urheilijoilla. Tutkimusjaksojen aikana tapahtuneet hormonipitoisuuden muutokset aiheutuivat harjoituskuormituksesta tai muista hormonaaliseen säätelyyn liittyvistä tekijöistä, koska ternimaitovalmisteen käytön aikana muutokset olivat samanlaisia plasebo -jaksoon verrattuna.

Bioenervi 125 ml -jaksolla, jossa ternimaitovalmiste sisälsi 67.6 µg/l IGF-1:tä, seerumin kasvutekijäpitoisuus kohosi jakson kuluessa eniten muihin tutkimusjaksoihin verrattuna. Myös Bioenervi 25 ml -jaksolla, jossa ternimaitovalmiste sisälsi 13.5 µg/l IGF-1:tä, kasvutekijäpitoisuus kohosi jakson aikana. Sen sijaan plasebo -jaksolla kasvutekijäpitoisuus aleni tutkimusjakson kuluessa. Myös eläinkokeissa on havaittu IGF-1 pitoisuuden lisääntymistä ternimaidon vaikutuksesta (Ronge ja Blum 1988; Grutter ja Blum 1991). On kuitenkin syytä todeta, että Bioenervi 125 ml -jakson loppumittauksessa IGF-1 pitoisuuden hajonta oli melko suuri, joten lisääntynyt pitoisuus saattoi aiheutua Bioenervin ohella myös satunnaisvaihtelusta.

Tässä tutkimuksessa testiharjoituksena ollut voimaharjoitus ei lisännyt akuutisti seerumin kasvutekijäpitoisuuksia, vaikka onkin todettu, että lähes kaiken tyyppinen voimaharjoittelu voi aiheuttaa väliaikaisesti IGF-1:n lisääntymistä verenkierrossa (Kraemer 1992). Seerumin IGF-1 pitoisuus ei siis lisääntynyt testiharjoituksen aikana kasvuhormonin lisääntymisestä huolimatta. Myöskään Kraemerin ym. (1995) tutkimuksessa IGF-1 pitoisuus ei muuttunut akuutisti voimaharjoituksen jälkeen kasvuhormonipitoisuuden lisääntymisestä huolimatta.

Kraemerin (1990) mukaan IGF-1 varastoituu ainakin osaksi sen sitojaproteiineihin, joista sitä erittyy tasaisesti tarvittavia määriä. IGF:n akuutit muutokset voivat siten osoittaa kyseisen varastomekanismin ylikuormittumista. Koska tämän tutkimuksen testiharjoitus ei lisännyt kasvutekijäpitoisuutta, voidaan olettaa, että sitojaproteiinien varastomekanismi ei päässyt ylikuormittumaan. Tämän perusteella voidaan päätellä, että tässä tutkimuksessa käytetyt ternimaitovalmisteen annostukset eivät lisää IGF-1:n pitoisuutta

harjoituskuormituksen yhteydessä akuutisti, mutta näyttää siltä, että ternimaitovalmiste Bioenergi lisää IGF-1:n pitoisuutta pidemmän ajan kuluessa.

Insuliinipitoisuus nousi kaikilla tutkimusjaksoilla paastonäytteen jälkeen, koska koehenkilöt nauttivat aamiaisen ennen testiharjoituksen alkamista. Aamiainen aiheutti siis normaalin insuliinireaktion, jossa verensokerin noustessa ruokailun vaikutuksesta insuliinipitoisuus lisääntyy (Guyton 1991, 857). Harjoituksen aikana insuliinipitoisuus aleni jälleen lähelle paastoarvoja. Yleensäkin harjoitus vaikuttaa insuliinipitoisuutta alentavasti, jolloin lipolyysi lisääntyy ja vapaita rasvahappoja vapautuu verenkiertoon kudosten käytettäväksi. Tällöin säästetään sekä veren glukoosia että lihasglykogeenia. (Galbo 1983; Brooks ja Fahey 1985) 30, 60 ja 90 minuuttia harjoituksen jälkeen insuliinipitoisuus oli alemmalla tasolla alkumittaukseen verrattuna kaikilla tutkimusjaksoilla. Myös Hartley ym. (1972) ovat havainneet, että insuliinipitoisuus laskee rasittavan harjoituksen jälkeen harjoitusta edeltävää pitoisuutta alemmalle tasolle 30 minuutin kuluessa. Dufauxin ym. (1981) tutkimuksessa insuliinipitoisuudet olivat normaalia alemmalla tasolla vielä yhden vuorokauden kuluttua pitkäkestoisien juoksukilpailun jälkeen. Tässä tutkimuksessa insuliinipitoisuus oli yhden vuorokauden kohdalla tilastollisesti merkitsevästi alemmalla tasolla alkumittaukseen verrattuna ainoastaan Bioenergi 125 ml- jaksolla, mikä aiheutui todennäköisesti satunnaisvaihtelusta.

Kasvuhormonipitoisuus nousi harjoituksen aikana tilastollisesti merkitsevästi ($p < .05$) plasebo- ja Bioenergi 125 ml -jaksoilla, mutta oli alkumittaukseen verrattuna korkeampi ainoastaan plasebo-jaksolla. Kasvuhormonipitoisuus oli alkumittaukseen verrattuna korkeampi kaikilla tutkimusjaksoilla vielä 30 ja 60 minuutin kuluttua harjoituksesta, kuten Van Helderin ym. (1984) voimaharjoittelututkimuksessa, jossa kasvuhormonipitoisuus oli korkeampi lepotasoon verrattuna 15 minuutin kuluttua harjoituksen päättymisestä. Tässä tutkimuksessa kasvuhormonipitoisuus oli 90 minuutin kuluttua harjoituksesta alkumittausta korkeammalla tasolla ainoastaan plasebo-jaksolla, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Kasvuhormonipitoisuudet eivät kuitenkaan eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi tutkimusjaksojen välillä. Tämän vuoksi ei voida myöskään tehdä johtopäätöksiä siitä, että ternimaitovalmisteella olisi ollut vaikutusta seerumin kasvuhormonipitoisuuteen.

Testosteronipitoisuus nousi harjoituksen aikana ja laski 30 minuutin kuluttua harjoituksen päättymisestä kaikilla tutkimusjaksoilla, kuten esim. Häkkisen ym. (1988) tutkimuksessa,

Testosteronipitoisuus nousi harjoituksen aikana ja laski 30 minuutin kuluttua harjoituksen päättymisestä kaikilla tutkimusjaksoilla, kuten esim. Häkkisen ym. (1988) tutkimuksessa, jossa testosteronipitoisuus nousi välittömästi harjoituksen jälkeen ja aleni tunnin kuluttua harjoituksen päättymisestä. Nyt tehdyssä tutkimuksessa testosteronipitoisuuden aleneminen harjoituksen jälkeen ei ollut kuitenkaan tilastollisesti merkitsevä alkumittaukseen verrattuna. Tutkittaessa veren testosteronipitoisuuden muutoksia kuormituksen aikana ja sen jälkeen, on havaittu, että mitä rankempi kuormitus on, sitä voimakkaammin testosteronipitoisuus vähenee veressä suorituksen jälkeen ja sitä kauemmin alhaiset tasot säilyvät. Mikäli suoritus on kevyt ja palauttava, ei voida havaita minkäänlaista testosteronitason laskua. (Kuoppasalmi ym. 1980) Tässä tutkimuksessa testosteronipitoisuuden muutokset eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi tutkimusjaksojen tai mittauskertojen välillä, joten ternimaitovalmiste ei todennäköisesti vaikuttanut testosteronipitoisuuden muutoksiin.

Yleensä elimistö reagoi stressiin kiihdyttämällä lisämunuaiskuoren kortisolin tuotantoa, joka näkyy plasman kortisolipitoisuuden lisääntymisenä välittömästi kuormituksen päätyttyä (mm. Sundsfjord ym. 1975). Nyt tehdyssä tutkimuksessa keskimääräinen kortisolipitoisuus sen sijaan laski harjoituksen aikana. Kortisolin erityis on normaalisti korkeimmillaan aamulla ja alhaisimmillaan illalla (Guyton 1991, 851). Tutkimuksissa on todettu, että kortisolipitoisuus voi laskea harjoituksen vaikutuksesta, jos se on lyhyt ja kevyesti kuormittava (Galbo 1983). Ilmeisesti kortisolipitoisuuden jatkuva aleneminen aamulla otettujen paastoverinäytteiden jälkeen johtuu pääasiassa normaalista vuorokausivaihtelusta ja osaksi harjoituksen kuormittavuudesta. Normaalisti kortisolipitoisuus palaa lähtötasolleen kahdesta kolmeen tunnin kuluttua kuormituksen päättymisestä (mm. Maron ym. 1977), mutta tässä tutkimuksessa kortisolipitoisuus oli 90 minuuttia harjoituksen jälkeen edelleen alempi alkumittauksiin verrattuna. Yhden vuorokauden kohdalla kortisolipitoisuus oli palautunut lähelle alkuarvoja. Koska kortisolipitoisuuksissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja tutkimusjaksojen tai mittauskertojen välillä ei voida olettaa, että kortisolipitoisuuden muutoksilla olisi yhteyttä ternimaitovalmisteen nauttimiseen. Jos kortisolipitoisuuden alenemisella olisi yhteyttä ternimaitovalmisteen käyttöön se olisi luonnollisesti hyödyllistä anabolisten reaktioiden käynnistymiselle elimistössä.

Aiemmissa lisäravinne - tutkimuksissa ei ole todettu kasvutekijäpitoisuuden lisääntymistä lisäravinteen vaikutuksesta (mm. Chandler 1994). Biologisissa tutkimuksissa on sen

sijaan havaittu kasvutekijäpitoisuuden lisääntymistä vasikoiden seerumissa ternimaidon vaikutuksesta (Ronge ja Blum 1988; Grutter ja Blum 1991). Ternimaitovalmisteiden kasvutekijäpitoisuutta lisäävällä mekanismilla voi olla merkitystä kuormituksen jälkeisessä palautumisessa ainakin pidemmällä aikavälillä, koska kasvutekijöillä on tärkeä merkitys mm. luurankolihasan anabolisissa prosesseissa (Kraemer 1991). Tutkimuksissa on myös todettu, että IGF-1 ja sen sitoja proteiini ovat positiivisessa suhteessa lihasvoimaan ja maksimaaliseen hapenottoon (Johansson 1994), joten IGF-1:n pitoisuuden lisääntymisellä saattaisi olla suotuisia vaikutuksia tässäkin suhteessa.

Lisäravintovalmisteiden vaikutuksia tutkittaessa olisi hyvä huomioida myös koehenkilöiden subjektiiviset tuntemukset. Aina ei voida osoittaa jonkin tietyn valmisteiden kaikkia vaikutuksia fysiologisten mittareiden avulla, vaan saattaa olla, että koehenkilöiden tuntemukset poikkeavat muista mittaustuloksista. Tässä tutkimuksessa koehenkilöt täyttivät kunkin tutkimusjakson päätyttyä kyselykaavakkeen, jossa he arvioivat tuntemuksiaan jakson aikana. Bioenergin nauttiminen ei aiheuttanut koehenkilöille mitään haittavaikutuksia tutkimuksessa käytetyillä annostuksilla. Kyselyt eivät osoittaneet selviä eroja tutkimusjaksojen välillä myöskään palautumiseen ja suorituskykyyn liittyvissä tuntemuksissa. Subjektiivisten tuntemusten perusteella ei siis voida osoittaa Bioenergin vaikutusta palautumiseen.

Tutkimustulosten perusteella voidaan vastata tutkimusongelmiin siten, että Bioenergin ternimaitovalmisteella ei näytä olevan vaikutuksia seerumin insuliini-, kasvuhormoni-, testosteroni- ja kortisolipitoisuuksiin tässä tutkimuksessa käytetyillä Bioenergin annostuksilla. Myöskään testosteroni-kortisolisuhteen muutoksilla ei näytä olevan yhteyttä Bioenergin annostukseen. Kasvutekijä IGF-1-pitoisuudet eivät myöskään muuttuneet suoranaisesti Bioenergin vaikutuksesta millään tutkimusjaksolla tai mittauskerralla, mutta koko tutkimusjakson aikana eli alkumittauksesta loppumittaukseen vahvin Bioenergin annostus (125 ml) lisäsi kasvutekijäpitoisuutta. Tutkimuksen mukaan hypoteesi piti paikkansa, koska seerumin keskimääräinen kasvutekijäpitoisuus lisääntyi Bioenergin 125 ml -jakson aikana Bioenergiä nautittaessa.

Lisätutkimukset ovat tarpeen Bioenergi™ - ternimaitovalmisteiden fysiologisten vaikutusten selvittämiseksi, koska nyt toteutettu tutkimus oli tähän mennessä laajin kyseisen valmisteiden vaikutuksia selvittänyt tieteellinen tutkimus. Perusteet Bioenergin kasvutekijäpitoisuutta lisäävälle vaikutukselle kaipaavat myös lisävahvistusta, koska

kasvutekijäpitoisuuden nousu Bioenergin nauttimisen aikana vaihteli melko paljon koehenkilöiden välillä ja siten kasvutekijäpitoisuuden nousu voi johtua osittain myös satunnaisvaihtelusta.

LÄHTEET:

Bang P., Brandt J., Degerblad M., Enberg G., Kaijser L., Thoren M., Hall K. (1990) Exercise-induced changes in insulin-like growth factors and their low molecular weight binding protein in healthy subjects and patients with growth hormone deficiency. *European Journal of Clinical Investigation*. 20, 285-292.

Besser TE., Gay CC. (1994) The importance of colostrum to the health of the neonatal calf. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*. 10, 107-117.

Bloom S.R., Johnson R.H., Park D.M., Rennie M.J., Sulaiman W.R. (1976) Differences in the metabolic and hormonal response to exercise between racing cyclists and untrained individuals. *Journal of Physiology*. 258, 1-18.

Brooks G.A., Fahey T.D. (1985) *Exercise Physiology: human bioenergetics and its applications*. New York: MacMillan Publishing Company.

Cappon J., Brasel J.A., Subburaman M., Cooper D.M. (1994) Effect of brief exercise on circulating insulin-like growth factor 1. *Journal of Applied Physiology*. 76(6): 2490-2496.

Chandler R.M., Byrne H.K., Patterson J.G., Ivy J.L. (1994) Dietary supplements affect the anabolic hormones after weight-training exercise. *Journal of Applied Physiology*. 76(2): 839-845.

Clemmons D.R., Underwood L.E. (1991) Nutritional regulation of IGF-I and IGF binding proteins. *Annual Review of Nutrition*. 11: 393-412.

Cuppers H.J., Erdmann D., Schubert H., Berchtold P., Berger M. (1982) Glucose tolerance, serum insulin, serum lipids in athletes. Teoksessa: M. Berger, P. Christacopoulos, ja J. Wahren (Ed.) *Diabetes and Exercise*. s. 115-165. Bern: Han Huber.

Dessypris A., Kuoppasalmi K., Adlercreutz H. (1976) Plasma cortisol, testosterone, androstenedione and luteinizing hormone in a non-competitive marathon. *Journal of Steroid Biochemistry*. 7: 33-37.

- DeVol D.L., Rotwein P., Sadow J.L., Novakofski J., Bechtel P.J. (1990) Activation of insulin-like growth factor gene expression during work-induced skeletal muscle growth. *American Journal of Physiology*. 259 (Endocrinol. Metab. 22): E89-E95.
- Donovan SM., Odle J. (1994) Growth factors in milk as mediators of infant development. *Annual Review of Nutrition*. 14, 147-167.
- Dufaux B., Assmann G., Order U., Hoederath A., Hollmann W. (1981) Plasma lipoproteins, hormones, and energy substrates during the first days after prolonged exercise. *International Journal of Sports Medicine*. 2, 256-260.
- Durnin J.V.G.A ja Womersley J. (1974) Body fat assesement from total body density and it's estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *British Journal of Nutrition*. 32, 77-97.
- Felig P. (1972) Plasma glucagon levels in exercising man. *New England Journal of Medicine*. 287, 184.
- Florini J.R., Prinz P.N., Vitiello M.V., Hintz R.L. (1985) Somatomedin-C levels in healthy young and old men: relationship to peak and 24-hour integrated levels of growth hormone. *Journal of Gerontology*. 40:2-7.
- Florini J.R. (1987) Hormonal control of muscle growth. *Muscle and Nerve*. 10, 577-598.
- Foley JA., Otterby DE. (1978) Availability, storage, treatment, composition, and feedin value of surplus colostrum. A review. *Journal of Dairy Science*. 61, 1033-1060.
- Francis G.L., Upton F.M., Ballard F.J., McNeil K.A. (1988) Insulin-like growth factors 1 and 2 in bovine colostrum: Sequences and biological activities compared with those of a potent truncated form. *Biochemical Journal*. 251, 95-103.

Frohman L.A., Downs T.R., Katakami H., Jansson J-O. (1987) The interaction of growth hormone-releasing hormone and somatostatin in the regulation of growth hormone secretion. Teoksessa: Isaksson O., Binder C., Hall K., Hökfelt B. (edit.) Growth hormone:basic and clinical aspects. s. 63-76. Amsterdam: Excerpta Medica.

Fry R.W., Morton A.R., Garcia-Webb P., Keast D. (1991) Monitoring exercise stress by changes in metabolic and hormonal responses over a 24-hour period. *European Journal of Applied Physiology*. 63: 228-234.

Galbo H. (1983) Hormonal and metabolic adaptation to exercise. s. 1-116. New York: Georg Thieme.

Galbo H., Holst J.J., Christensen N.J. (1975) Glucagon and plasma catecholamine responses to graded and prolonged exercise in man. *Journal of Applied Physiology*. 38, 70-76.

Gater D.R., Gater D.A., Uribe J.M., Bunt J.C. (1992) Impact of Nutritional Supplements and Resistance Training on Body Composition, Strength and Insulin-like Growth Factor-1. *Journal of Applied Sport Science Research*. 6(2): 66-76.

Grutter R., Blum JW. (1991) Insulin and glucose in neonatal calves after peroral insulin and intravenous glucose administration. *Reproduction, Nutrition, Development*. 31, 389-397.

Guler H-P., Zapf J., Schmidt C., Froesch E.R. (1989) Insulin-like growth factors I and II in healthy man. Estimations of half-lives and production rates. *Acta Endocrinologica*. 121: 753-758.

Guyton Arthur C. (1991) *Textbook of Medical Physiology*. Philadelphia: W.B.Saunders.

Hartley L.H., Mason J.W., Hogan R.P., Jones L.G., Kotchen T.A., Mougey E.H., Wherry F.E., Pennington L.L., Ricketts P.T. (1972) Multiple hormonal responses to prolonged exercise in relation to physical training. *Journal of Applied Physiology*. 33, 607-610.

Hilsted J., Galbo H., Schwartz T., Fahrenkrug J., de Muckadell S., Lauritsen K.B., Tronier B. (1980) Gastroenteropancreatic hormonal changes during exercise. *American Journal of Physiology*. 239, G136-G140.

Humbel R.E. (1990) Insulin-like growth factors I and II. *European Journal of Biochemistry*. 190. 445-460.

Häkkinen K., Pakarinen A., Alen M., Kauhanen H., Komi P.V. (1988) Neuromuscular and hormonal responses in elite athletes to two successive strength training sessions in one day. *European Journal of Applied Physiology*. 57: 133-139.

Johansson A.G., Forslund A., Hambraeus L., Blum W.F., Ljunghall S. (1994) Growth Hormone-Dependent Insulin-like Growth Factor Binding Protein Is a Major Determinant of Bone Mineral Density in Healthy Men. *Journal of Bone and Mineral Research*. Vol 9, No 6, 915-921.

Kelly F.J., McGrath J.A., Goldspink D.F., Cullen M.J. (1986) A morfological/biochemical study of the actions of corticosteroids on rat skeletal muscle. *Muscle and Nerve*. 9: 1-10.

Kelly P.J., Eisman J.A., Stuart M.C., Pocock N.A., Sambrook P.N., Gwinn T.H. (1990) Somatomedin-C, Physical Fitness, and Bone Density. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*. Vol 70, No 3, s. 718-723.

Klagsbrun M. (1980) Bovine colostrum supports the serum-free proliferation of epithelial cells but not fibroblasts in long-term culture. *Journal of Cell Biology*. 84, 808-814.

Klagsbrun M., Neumann J. (1979) The serum-free growth of Balb/c 3T3 cells in medium supplemented with bovine colostrum. *Journal of Supramolecular Structure*. 11, 349-359.

Komi P., Bosco C. (1978) Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Medicine and Science in Sports*. 10, 4, 261-265.

Korhonen H., Meriläinen V., Antila M. (1978) Ternimaidon koostumus ja merkitys vastasyntyneelle vasikalle. *Suomen Eläinlääkärilehti*. 84, 375-391.

Kraemer W.J., Gordon S.E., Fleck S.J., Marchitelli L.J., Mello R., Dziados J.E., Friedl K., Harman E., Maresh C., Fry A.C. (1991) Endogenous Anabolic Hormonal and Growth Factor Responses to Heavy Resistance Exercise in Males and Females. *International Journal of Sports Medicine*. Vol 12, No 2, s. 228-235.

Kraemer R., Kilgore J., Kraemer G., Castracane D. (1992) Growth hormone, IGF-I, and testosterone responses to resistive exercise. *Medicine and Science in Sport and Exercise*. Vol. 24, No 12, s. 1346-1352.

Kraemer W.J. (1988) Endocrine responses to resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 20, No. 5 (Supplement). s. S152-S157.

Kraemer W.J. (1990) Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise protocols. *Journal of Applied Physiology*. 69(4): 1442-1450.

Kraemer W.J. (1992) Hormonal Mechanisms Related to the Expression of Muscular Strength and Power. Teoksessa: Komi P.V. (ed.) *Strength and Power in Sport*. s. 65-76. Oxford: Blackwell Scientific Publications.

Kraemer W.J., Aguilera B.A., Terada M., Newton R.U., Lynch J.M., Rosendaal G., McBride J.M., Gordon S.E., Häkkinen K. (1995) Responses of IGF-1 to endogenous increases in growth hormone after heavy-resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*. 79(4): 1310-1315.

Kuoppasalmi K., Adlercreutz H. (1985) Interaction between catabolic and anabolic steroid hormones in muscular exercise. Teoksessa: Fotherby P., Pal O. (toim.) *Exercise endocrinology*. Berliini: de Grugler.

Kuoppasalmi K. (1981) Effects of exercise stress on human plasma hormone levels with special reference to steroid hormones. *Academic Dissertation*. Helsinki. 1-54.

Kuoppasalmi K., Näveri H., Härkönen M., Adlercreutz H. (1980) Plasma cortisol, androstenone, testosterone and luteinizing hormone in running exercise of different intensities. *Scandinavian Journal of Clinical Laboratory Investigation*. 40: 403-409.

Kuoppasalmi K. ja Näveri H. (1983) Liikunta ja hormonaalinen kuormitusreaktio. *Duodecim*. 99: 17-23.

Kurowski T.T., Chatterton R.T., Hickson R.C. (1984) Countereffects of compensatory overload and glucocorticoids on skeletal muscle: androgen and glucocorticoid cytosol receptor binding. *Journal of Steroid Biochemistry*. 21: 137-145.

Maron M.B., Horvath S.M., Wilkerson J.E. (1977) Blood biochemical alterations during recovery from competitive marathon running. *European Journal of Applied Physiology*. 36: 231-238.

McArdle W.D., Katch F.I., Katch V.L. (1991) *Exercise Physiology: Energy, Nutrition and Human Performance*. Philadelphia: Lea&Febiger.

Miller W.J., Sherman W.M., Ivy J.L. (1984) Effect of strength training on glucose tolerance and post-glucose insulin response. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 16, No. 6, s. 539-543.

Minuto F., Underwood L.E., Grimaldi P., Furlanetto R.W., Van Wyk J.J., Giordano G. (1981) Decreased Serum Somatomedin C Concentrations during Sleep: Temporal Relationship to the Nocturnal Surges of Growth Hormone and Prolactin. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*. Vol. 52, No. 3, 399-403.

Nienstedt W., Hänninen O., Arstila A., Björkqvist S-E. (1987) *Ihmisen fysiologia ja anatomia*. Porvoo: WSOY:n graafiset laitokset.

Pakkanen R., Kanttinen A., Satama L., Aalto J. (1992) Bovine colostrum as a serum substitute for the cultivation of mouse hybridomas. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 37, 451-456.

Pakkanen R. (1994) Bovine colostrum ultrafiltrate supplemented with adult bovine serum and transferrin: an effective substitute for cultivation of Vero and CHO-K1 cells. *In Vitro Cellular&Developmental Biology*. 30A: 295-299.

Pakkanen R., Neutra M. (1994) Bovine colostrum ultrafiltrate - An effective supplement for the culture of mouse-mouse hybridoma cells. *Journal of Immunological Methods*. 169, 63-71.

Phillips J.A. (1987) Regulation of and defects in expression of growth hormone genes. Teoksessa: Teoksessa: Isaksson O., Binder C., Hall K., Hökfelt B. (edit.) Growth hormone: basic and clinical aspects. s. 11-24. Amsterdam: Excerpta Medica.

Phillips L.S. (1986) Nutrition, Somatomedins and the Brain. *Metabolism*, vol 35, No 1 (January), pp 78-87.

Poehlman E.T., Copeland K.C. (1990) Influence of Physical Activity on Insulin-Like Growth Factor-1 in Healthy Younger and Older Men. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*. 71: 1468-1473.

Ramirez OT., Sureshkumar GK., Mutharasan R. (1990) Bovine colostrum or milk as a serum substitute for the cultivation of a mouse hybridoma. *Biotechnology and Bioengineering*. 35, 882-889.

Reiter B. (1978) Review of the progress of dairy science: antimicrobial systems in milk. *Journal of Dairy Research*. 45, 31-147.

Richter E.A. ja Sutton J.R. (1994) Hormonal Adaptation to Physical Activity. Teoksessa: Bouchard C., Shephard R.J. ja Stephens T. (edit.) Physical activity, fitness and health : international proceedings and consensus statement. s. 331-342. Champaign Illinois: Human Kinetics Publishers.

Ronge H., Blum JW. (1988) Somatomedin C and other hormones in dairy cows around parturition, in newborn calves and in milk. *Journal of Animal Physiology and Nutrition*. 60, 168-174.

Seene T., Viru A. (1982) The catabolic effects of glucocorticoids on different types of skeletal muscle fibers and its dependence upon muscle activity and interaction with anabolic steroids. *Journal of Steroid Biochemistry*. 16: 349-352.

Smith A.T., Clemmons D.R., Underwood L.E., Ben-Ezra V., McMurray R. (1987) The Effect of Exercise on Plasma Somatomedin-C/Insulinlike Growth Factor 1 Concentrations. *Metabolism*. Vol 36, No 6 (June), s. 533-537.

- Steimer K.S., Packard R., Holden D., Klagsbrun M. (1981) The serum free growth of cultured cells in bovine colostrum and in milk obtained later in the lactation period. *Journal of Cell Physiology*. 109, 223-234.
- Suikkari A-M., Sane T., Seppälä M., Yki-Järvinen H., Karonen S-L., Koivisto V.A. (1989) Prolonged Exercise Increases Serum Insulin-Like Growth Factor-Binding Protein Concentrations. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*. 68: 141-144.
- Sundsford J.A., Strömme S.B., Aakvaag A. (1975) Plasma aldosterone, plasma renin activity and cortisol during exercise. Teoksessa: Howald P., Poortmans F. (toim.) *Metabolic adaptations to prolonged physical exercise*. Basel: Birkenhauser Verlag.
- Thissen J-P., Ketelslegers J-M., Underwood L.E. (1994) Nutritional regulation of the insulin-like growth factors. *Endocrine Reviews*. Vol 15, No 1, 80-101.
- Unger R.H. (1978) Insulin, glucagon and somatostatin secretion in the regulation of metabolism. *Annual Review of Physiology*. 40, 307.
- Van Helder W., Radomski M., Goode R. (1984) Growth hormone responses during intermittent weight lifting exercise in men. *European Journal of Applied Physiology*. 53, 31-34.
- Wahren J., Felig P., Hendler R., Ahlborg G. (1973) Glucose and amino acid metabolism during recovery after exercise. *Journal of Applied Physiology*. 34, 838-845.
- Wasserman D., Cherrington A.D. (1991) Hepatic fuel metabolism during muscular work: Role and regulation. *American Journal of Physiology*. 260: E811-E824.
- Wasserman D., Lacy D., Goldstein R., Williams P., Cherrington A. (1991) Exercise-induced fall in insulin and increase in fat metabolism during prolonged muscular work. *Diabetes*. 38: 484-490.
- Wirth A., Diehm C., Mayer H., Mörl H., Vogel I., Björntorp P., Schlierf G. (1981) Plasma C-peptide and insulin in trained and untrained subjects. *Journal of Applied Physiology*. 50, 71-77.

Yan Z., Biggs R., Booth F. (1993) Insulin-like growth factor immunoreactivity increases in muscle after acute eccentric contractions. *Journal of Applied Physiology*. 74(1): 410-414.

Zawadzki K.M., Yaspelkis B.B., Ivy J.L. (1992) Carbohydrate-protein complex increases the rate of muscle glycogen storage after exercise. *Journal of Applied Physiology*. 72(5): 1854-1859.

BIOENERVIN NAUTTIMINEN JA RUOKAILUOHJEET TUTKIMUKSEN AIKANA

Sinun ei tarvitse muuttaa ruokavaliotasi normaalista poikkeavaksi Bioenervi-tutkimuksen aikana, lukuunottamatta verimittauksia edeltäviä iltoja, jolloin sinun täytyy lopettaa syöminen 12 tuntia ennen verinäytteeseen tuloasi (näytteenottoaika sovitaan erikseen henkilökohtaisesti).

Verinäytettä edeltävänä iltana et saa nauttia tupakkaa, kofeiini- tai alkoholipitoisia juomia, etkä mitään normaalista poikkeavaa, kuten runsasrasvaisia ruokia tai epätavallisen runsaita ruoka-annoksia.

ENNEN VERI- JA SYLKINÄYTETTÄ ET SAA SYÖDÄ AAMIAISTA (lähtömittaus ja testiharjoituspäivä sekä loppumittaukset 1 ja 3 vrk), **ETKÄ OTTAA BIOENERVI-ANNOSTASI** (lähtömittaus, testiharjoituspäivä ja ensimmäinen loppumittaus 1 vrk). **TESTIHARJOITUSPÄIVÄNÄ SINULLE TARJOTAAN NÄYTTEENOTON JÄLKEEN "STANDARDI-AAMIAINEN", JOKA ON JOKAISELLA JAKSOLLA SAMANLAINEN.**

"BIOENERVI-JAKSON" AIKANA (lähtömittauksesta loppumittauksiin) SINUN EI TULE KÄYTTÄÄ MITÄÄN VITAMIINEJA TAI MUITA LISÄVALMISTEITA NORMAALIN RUOAN JA BIOENERVIN LISÄKSI. "PUHDISTAUTUMISJAKSON" AIKANA LISÄRAVINTEIDEN KÄYTTÖ EI OLE SUOSITELTAVAA, mutta tarvittaessa voit käyttää jotain valmistetta siten, että KOLME PÄIVÄÄ ENNEN ALKUMITTAUSTA LOPETAT LISÄRAVINTEIDEN NAUTTIMISEN. SITEN MINIMIAIKA, JOKA ON EHDOTTOMASTI OLTAVA ILMAN MITÄÄN LISÄRAVINTEITA KAIKILLA KOLMELLA BIOENERVI-JAKSOLLA, ON 11 VUOROKAUTTA. Jos käytät sallittuna ajankohtana jotain vitamiineja tai muita lisäravinteita, ilmoita etukäteen mitä aiot ottaa, jotta asiasta voidaan neuvotella varmistukseksi (Ota tarvittaessa yhteyttä Antti Meroon puh. 602077/työ ja 254421/koti).

BIOENERVIN NAUTTIMINEN:

Lähtömittausten jälkeen sinun tulee ottaa PÄIVITTÄIN BIOENERVI-ANNOKSESI (125 ml/vrk) kahdessa osassa eli PUOLET AAMULLA JA PUOLET ILLALLA KAHDEKSAN PÄIVÄN AJAN. Lisäravinne otetaan tyhjään mahaan ja sen ottamisen jälkeen tulee pitää 20-30 minuutin tauko ennen muuta ruokailua, jotta lisäravinteen imeytyminen voisi tapahtua ilman häiriötekijöitä. VERINÄYTEAAMUINA (LÄHTÖMITTAUS, TESTIHARJOITUSPÄIVÄ, LOPPUMITTAUS 1. VRK) BIOENERVI-ANNOS OTETAAN VASTA NÄYTTEENOTON JÄLKEEN !

RUOKAPÄIVÄKIRJAN PITÄMINEN:

Sinun tulee täyttää ruokapäiväkirja jokaisella kolmella Bioenervi-jaksolla VIIDEN VUOROKAUDEN AJALTA (aloittaen kirjanpito kaksi päivää ennen testiharjoitusta ja lopettaen kaksi päivää testiharjoituksen jälkeen). Ruokapäiväkirjojen täyttö tapahtuu erillisten ohjeiden mukaisesti.

PÄIVÄKOHTAISET HARJOITUSSUOSITUKSET

1. päivä: Kevyt

Keskiraskas tai
Kevyt

2. päivä: sub.max nopeusharjoitus
tai
maitohapoton nopeuskestävyysharjoitus (85%)

Keskiraskas tai
Kevyt

3. päivä: voimaharjoitus levytangolla/voimakoneilla
tai
loikkaharjoitus (ei kipeyttävää)

Kevyt

4. päivä: koordinaatioharjoittelua
tai
kevyt maitohapoton nk. (85%)

5. päivä: LEPO

Raskas

6. päivä: TESTIHARJOITUS

Kevyt

7. päivä: verikokeen jälkeen verryttelyharjoitus

Kevyt

8. päivä: verryttely/koordinaatioharjoitus

9. päivä: verikokeen jälkeen oma ohjelma

BIOENERVI-KYSELYKAAVAKE

Tämän kyselykaavakkeen tarkoituksena on selvittää tuntemuksiasi Bioenervi-
tutkimuksessa. Arvioi alla lueteltuja ominaisuuksia kohdallasi lähtö- ja loppumittausten
välisenä aikana eli ajanjaksolla, jolla olet nauttinut Bioenerviä.

Ympyröi asteikolta se numero, joka kuvaa parhaiten omaa tuntemustasi.

ASTEIKKO: 1 = huono 5 = normaali 10 = maksimi

1. IRTIOTTOKYKY

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

2. VOIMAVOIMALLISUUDEN TUNNE HARJOITUKSISSA

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

3. PALAUTUMISKYKY

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

4. LIHASKRAMPPIEN ESIINTYMINEN

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

5. KIPUJA/SÄRKYJÄ/JÄYKKYYTTÄ
NIVELISSÄ/LIHAKSISSA

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

6. HARJOITTELU/KILPAILUINTO

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

MUUT KOMMENTIT: _____

TAUSTATEKIJÄT/AJANKÄYTTÖ

Onko sinulla ollut jotain häiriötekijöitä tai laadullisia poikkeamia alla mainituissa toiminnoissa viimeisen kahdeksan vuorokauden aikana ?

UNI: _____

TYÖ: _____

HARJOITTELU: _____

VAPAA-AIKA: _____

Viestit tutkijoille (esim. mahdollisista harjoittelua haitanneista muista tekijöistä, joita ei tule esille kyselyssä, kuten lääkitys, sairaudet, tapahtumat, ravinto, muut stressiä aiheuttavat tekijät jne.)

BIOENERVIN VAIKUTUKSET

Ympyröi sopiva vaihtoehto !

Tuntuuko, että Bioenervi on vaikuttanut positiivisesti olotilaasi ja suorituskykyysi ?
 kyllä ei

Miten ? _____

Onko sinulla esiintynyt jotain haittavaikutuksia Bioenervin nauttimisen aikana ?
 kyllä ei

Mitä ? _____

TUTKIMUKSESSA KÄYTETYN BIOENERVI™-JUOMAN KOOSTUMUS

	Bioenervi 120494	20% Bioenervi	Placebo 030594
Vapaat aminohapot:			
fosfoseriini	0.049 mmol/kg	0.023 mmol/kg	0.016 mmol/kg
tauriini	0.919 mmol/kg	0.331 mmol/kg	0.184 mmol/kg
fosforyletanolamiini	0.194 mmol/kg	0.128 mmol/kg	0.111 mmol/kg
asparagiinihappo	0.020 mmol/kg	0.017 mmol/kg	0.016 mmol/kg
treoniini	0.026 mmol/kg	0.020 mmol/kg	0.019 mmol/kg
seriini	0.048 mmol/kg	0.020 mmol/kg	0.013 mmol/kg
glutamiinihappo	0.252 mmol/kg	0.358 mmol/kg	0.384 mmol/kg
glutamiini	0.050 mmol/kg	0.057 mmol/kg	0.059 mmol/kg
proliini	0.064 mmol/kg	0.029 mmol/kg	0.020 mmol/kg
glysiini	0.377 mmol/kg	0.155 mmol/kg	0.100 mmol/kg
alaniini	0.074 mmol/kg	0.053 mmol/kg	0.048 mmol/kg
sitrulliini	0.006 mmol/kg	0.008 mmol/kg	0.009 mmol/kg
valiini	0.095 mmol/kg	0.044 mmol/kg	0.031 mmol/kg
kystiini (1/2cys)+X			
metioniini	0.007 mmol/kg	0.007 mmol/kg	0.007 mmol/kg
isoleusiini	0.037 mmol/kg	0.021 mmol/kg	0.017 mmol/kg
leusiini	0.072 mmol/kg	0.042 mmol/kg	0.035 mmol/kg
tyrosiini	0.018 mmol/kg	0.015 mmol/kg	0.014 mmol/kg
fenylalaniini	0.030 mmol/kg	0.016 mmol/kg	0.012 mmol/kg
β-aminoisovohappo	0.010 mmol/kg	0.015 mmol/kg	0.016 mmol/kg
ornitiini	0.004 mmol/kg	0.004 mmol/kg	0.004 mmol/kg
lysiini	0.054 mmol/kg	0.043 mmol/kg	0.040 mmol/kg
histidiini	0.009 mmol/kg	0.007 mmol/kg	0.007 mmol/kg
tryptofaani			
arginiini	0.032 mmol/kg	0.030 mmol/kg	0.029 mmol/kg

Hivenaineet	Bioenervi 120494	20% Bioenervi	Placebo 030594
Fosfori (P)	480 mg/kg	248 mg/kg	190 mg/kg
Natrium (Na)	1500 mg/kg	1500 mg/kg	1500 mg/kg
Kallium (K)	1600 mg/kg	1600 mg/kg	1600 mg/kg
Kalsium (Ca)	280 mg/kg	248 mg/kg	240 mg/kg
Magnesium (Mg)	110 mg/kg	76 mg/kg	67 mg/kg
Rauta (Fe)	<0.2 mg/kg	<0.2 mg/kg	<0.2 mg/kg
Mangaani (Mn)	<0.05 mg/kg	<0.05 mg/kg	<0.05 mg/kg
Kupari (Cu)	<0.05 mg/kg	<0.05 mg/kg	<0.05 mg/kg
Sinkki (Zn)	<0.05 mg/kg	<0.05 mg/kg	<0.05 mg/kg
Kromi (Cr)	<0.01 mg/kg	<0.01 mg/kg	<0.01 mg/kg
Vitamiinit			
B1-vitamiini	0.04 mg/100 g	0.02 mg/100 g	0.01 mg/100 g
B2-vitamiini	0.18 mg/100 g	0.14 mg/100 g	0.13 mg/100 g
Muut			
energiasältö (laskennallinen)	80 kJ/100 g	80 kJ/100 g	80 kJ/100 g
proteiinit (kokonais)	0.43%	0.33%	0.31%
kuiva-aine (pika- IDF)	5.24%	5.56%	5.64%
tuhka (normaali)	0.82%	0.76%	0.74%
glukoosi	1.91%	2.16%	2.23%
laktoosi (entsym)	<0.05%	<0.05%	<0.05%
rasva (R-G)	<0.02%	<0.02%	<0.02%
Somatomeidiini C (IGF-I)	8.9 nmol/l (67.6 µg/l)	<2.0 nmol/l (<15 µg/l)	<2.0 nmol/l (<15 µg/l)
Kreatiini (S-Krt)	969 µmol/l	618	530 µmol/l
Kreatiniini (fS- Krea)	304 µmol/l	271 µmol/l	263 µmol/l
IgG	0.39 g/l	0.143 g/l	0.057 g/l
Osmom	418 mOsm/kg	388 mOsm/kg	380 mOsm/kg
pH	6.6	6.8	6.9

VOIMAHARJOITUS TESTIPÄIVÄNÄ

- Verryttely + venyttely (15 min.)

- Koordinaatio 4 x 25 m/liike
 - polvennostojuoksu
 - pakarajuoksu
 - saksat
 - kuopasuhyppely

- Nopeusvoima (yht. 80 p)
 - aitaohyppely 2 x 5 x 5A tai kevennyshyppely 2 x 5 x 5 90% p.käv./5
 - vuoroloikka 6 x 5-1 95% p.käv. tai vastusveto 3 x 30m x 5 kg 90% p.3

- Perusvoima
 - SK 4 x 10 x 75% tai JP 4 x 10 x 75% tai YJK 4 x 10 + 10 x 75%
 - pohkeet 4 x 20 x 75%
 - reisipenkki 4 x 15 x 60%
 - lonkan koukistajat 4 x 5 + 5 kuntopallo
 - istumaannousu 4 x 20 x 5kg
 - kaarijännitys 4 x 20 x 10kg
 - (- penkkipunnerrus 4 x 10 x 60% tai talja 4 x 10 x 60%)

HUOM !

SK= syväkyökky

JP= jalkaprässi

YJK= yhden jalan kyökky

- perusvoimassa sarjapalautus on 2-3 minuuttia
- prosentit arvioidaan henkilökohtaisesta maksimista
- harjoitus tehdään jokaisella testikerralla täsmälleen samanlaisena ja samoilla kiloilla

TESTIHARJOITUSPÄIVÄN AAMIAINEN

1-2 lasia vettä

2 palaa vaaleaa paahtoleipää

2 palaa Aamupala-juustoa

1 purkki kevytviliä

2-3 rkl myslä

KOEHENKILÖIDEN HARJOITTELUVUODET, PÄÄLAJI(T) JA TULOKSET

	<u>HARJOITTELUVUODET</u>	<u>LAJI(T)</u>	<u>TULOS</u>
A	3	100/200	10.99/22.23
B	6	100	11.00
C	7	100/110A	11.78/15.18
D	11	100/3-I	11.50/16.30
E	11	100/200	10.93/22.01
F	18	100/3-I	11.50/16.57
G	6	100/200	10.42/20.83
H	6	100	11.40
I	7	100/200	10.49/21.46

LAJIT:

Pikajuoksut: 100 m, 200 m ja 110 m:n aidat

Hyppylajit: 3 -loikka

SUOSTUMUS

Kansainväliset sopimukset ihmisiltä tehtävistä tutkimuksista edellyttävät, että tutkittavalle selvitetään tutkimuksiin ja mittauksiin liittyvät riskit ja hyödyt. Tämän lisäksi tutkittavalta on saatava kirjallinen suostumus toimia koehenkilönä.

Jyväskylän yliopiston liikuntabiologian laitoksella on jatkuvasti käynnissä tutkimuksia, joiden tarkoituksena on selvittää erilaisten kestävyysharjoitusmenetelmien vaikutuksia ja kestävyyttä yleisenä perusominaisuutena. Tutkimuksiin liittyvät mittaukset sisältävät useita riskejä tutkittavalle, vaikka mittaukset suorittaa kokenut testaaja. Mittaukset, joissa riskien mahdollisuudet ovat suurimmat, ovat maksimaaliset kuormituskokeet juoksumatolla tai ergometrillä. Kuormituskokeissa potilailla ja muilla koehenkilöillä riskin suuruus on noin yksi kuolemantapaus ja kolme vakavaa sydänkohtausta 10 000:a kuormitustestiä kohti. Muissa kokeissa riskit ovat vielä pienempiä.

Maksimaaliset kuormituskokeet ovat verrattavissa kilpaurheilusuorituksiin, kuten juoksu tai hiihtokilpailu tai esim. Cooperin testijuoksu. Liikuntabiologian laitoksella kuormituskokeita ei tehdä lääketieteellisessä tarkoituksessa, vaan pelkästään kuntotesteinä. Juoksumatto- ja juoksutesteissä saattaa kompastua tai tapahtua muita tapaturmia, jolloin tuki- ja liikuntaelimestöön saattaa tulla vaurioita tai vammoja. Kuormituskokeissa on aina olemassa sydämen, verenkiertoelimistön ja/tai hengityselimistön ylikuormittumisen vaara, jolloin pahimmassa tapauksessa voi seurata sydämen hapenpuute, rytmihäiriö tai jokin muu kohtalokas häiriö normaalissa toiminnassa. Mittauslaitteet saattavat hangata tai aiheuttaa muita hankaluuksia. Urheilijoita tutkittaessa ei lääkäri ole paikalla, mutta mahdollisiin komplikaatioihin on varauduttu lääkärin antamien ohjeiden mukaisesti. Amerikan Urheilulääketieteen yhdistysten suositusten mukaan lääkärin ei tarvitse olla paikalla, kun tehdään maksimitesti alle 35 vuotiaalle ilmeisesti terveelle henkilölle tai submaksimaalinen testi vanhemmallekin ilmeisesti terveelle henkilölle.

Vastineeksi koehenkilönä toimimisesta tutkittava saa monipuolista tietoa itsestään ja erityisesti kunto- ja suorituskykytekijöistään. Tutkijat tekevät mittaustuloksista yhteenvedot ja tieteelliset tutkimusraportit, joita käytetään hyväksi harjoitus- ja palautumismenetelmien yleisessä kehittämisessä.

Tutkijat ja mittaajat selvittävät tarvittaessa yksityiskohtaisemmin mittauksia, kokeita sekä niihin liittyviä riskejä ja niistä saatavaa hyötyä. Jokainen tutkimuksen koehenkilö saa kirjallisen tutkimus- ja mittausaikataulun sekä ohjeet mittauksiin valmistautumisesta.

Osallistuminen mittauksiin on täysin vapaaehtoista ja tutkittava voi kieltäytyä mistä tahansa kokeista ja mittauksista. Koehenkilö saa keskeyttää kokeen ja erityisesti maksimaalisen kuormituskokeen milloin tahansa hän haluaa.

Olen tutustunut suoritettaviin tutkimuksiin ja mittauksiin ja olen ymmärtänyt mittausten tarkoituksen sekä niihin liittyvät riski- ja hyötynäkökohdat. Olen mielestäni terve ja suostun toimimaan koehenkilönä tutkimuksessa ja mittauksissa minulle annettujen ohjeiden mukaisesti ____ . ____ - ____ . ____ . 1994.

Jyväskylässä ____ / ____ 1994 _____

Vastaava tutkija: Apulaisprofessori Antti Mero
puh. 602077 (Liikuntabiologian laitos)

Liik. yo Heidi Miikkulainen
puh. 244098

Liik. yo Jarmo Riski
puh. 645238

Muut tutkimukseen osallistuvat tutkijat:

Professori Timo Takala
puh. 602074 (Liikuntabiologian laitos)

Tutkija Raimo Pakkanen
(Valio Bioproducts Ltd.)