TERNIMAITOVALMISTEEN VAIKUTUS VEREN AMINOHAPPOPITOISUUKSIIN LEVON JA VOIMAHARJOITUKSEN YHTEYDESSÄ

Niina Vehviläinen

Pro gradu - tutkielma

Liikuntafysiologia

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän yliopisto

Työn ohjaajat: Antti Mero ja

Heikki Kainulainen

Kevät 2002

TIIVISTELMÄ

Niina Vehviläinen, 2001. Ternimaitovalmisteen vaikutus veren aminohappopitoisuuksiin levon ja voimaharjoituksen yhteydessä. Liikuntafysiologian pro-gradu –tutkielma. Jyväskylän yliopisto, liikuntabiologian laitos, 110s.

Tämän työn tarkoituksena oli tutkia Dynamic™ Colostrum (Hi-Col, Oulu) ternimaitovalmisteen vaikutusta veren aminohappopitoisuuksiin levon ja voimaharjoituksen yhteydessä. Lisäksi tarkasteltiin ternimaitovalmisteen mahdollista vaikutusta kuormitusryhmän suorituskykyyn voimaharjoituksen yhteydessä. Tutkimus toteutettiin satunnaistettuna kaksoissokkotutkimuksena. Koehenkilöinä oli 12 tervettä, kuntoilumielessä liikuntaa harrastavaa 20-35 –vuotiasta miestä. Koehenkilöt jaettiin kahteen ryhmään, joista toinen oli kuormitus- ja toinen leporyhmä. Jokainen koehenkilö kävi läpi kaksi 14 päivän mittausjaksoa, joista toisella supplementtinä (20 g/päivä) oli ternimaitovalmiste ja toisella placebovalmiste. Mittausjaksojen välillä oli vähintään kuukausi. Vuorokautinen proteiinimäärä ternimaitovalmisteessa oli 6 g.

Kuormitusryhmälle tehtiin ensimmäisen mittausjakson alussa voimatesti tutkimuksessa käytetyissä laitteissa, jotta voitiin määritellä jokaiselle koehenkilölle kahdeksan toiston maksimipainot käytetyissä harjoitteissa. Kuormitusryhmän koehenkilöt suorittivat varsinaisena mittauspäivänä hypertrofisen, noin 50 minuuttia kestävän voimaharjoituksen. Molempien ryhmien ravinnon saantia seurattiin viiden mittauspäivää edeltävän päivän ajalta ruokapäiväkirjan avulla ja harjoittelua kahden viikon supplementtijakson ajalta harjoituspäiväkirjan avulla. Verinäytteet otettiin laskimosta ja valtimosta aminohappojen määritystä varten paastotilassa mittauspäivän alussa ja ajankohdissa 135, 270 ja 300 minuuttia. Kuormitusryhmän voimaharjoitus ajoittui välille 55 ja 105 minuuttia. Veren IGF-I:n pitoisuus määritettiin paastoverinäytteestä kahden viikon supplementtijakson alussa ja lopussa. Kuormitusryhmän suorituskykyä voimaharjoituksessa mitattiin laskemalla mittauskerran maksimivoima isometrisen jalkadynamometrin kolmen parhaan tuloksen keskiarvona ja väsymistä laskemalla isometristen suoritusten välinen ero ennen ja jälkeen voimaharjoituksen. Veren laktaattiarvot määritettiin ennen voimaharjoitusta, heti voimaharjoituksen jälkeen sekä 2,5 minuuttia ja viisi minuuttia voimaharjoituksen jälkeen.Tulokset käsiteltiin tilastollisesti MANOVAN, kaksisuuntaisen t-testin sekä t-testityyppisen kontrastitarkastelun avulla.

Ternimaitovalmisteen todettiin nostavan välttämättömien (p= .029), haaraketjuisten (p= .006), isoleusiinin (p= .005), leusiinin (p= .031), valiinin (p= .006), fenyylialaniinin (p= .022) ja glysiinin (yhdysvaikutus, p= .035) pitoisuuksia veressä. Kuormitus- ja leporyhmien välillä ei havaittu eroja. Kuormituksen todettiin vähentävän placebokäsittelyssä leusiinin pitoisuutta (21%, p= .027) ja nostavan alaniinin pitoisuutta (49%, p= .004) tarkasteltaessa laskimopitoisuuksia ennen kuormitusta ja kuormituksen jälkeen. Ternikäsittelyssä ei havaittu kuormituksen vaikuttavan aminohappoihin tilastollisesti merkitsevästi ennen- ja jälkeen vertailussa, vaikka trendi oli sama kuin placebokäsittelyssä. Ternimaitovalmisteen ei todettu muuttavan veren IGF-I-pitoisuuksia. Ternimaitovalmisteella ei myöskään havaittu olevan vaikutusta kuormitusryhmän suorituskykyyn tarkasteltaessa mittauskertojen maksimivoimaa, voimantuoton muuttumista tai veren laktaattiarvoja. Ryhmien ravinnonsaannissa ja harjoittelussa ei ollut eroa mittauskertojen eikä ryhmien välillä.

Tulosten perusteella Dynamic™ Colostrum –ternimaitovalmiste lisää välttämättömien aminohappojen määrää veressä ja mahdollistaa täten proteiinisynteesin lisääntymisen sekä levossa että voimaharjoituksen yhteydessä. Valmiste ei vaikuta veren IGF-I:n pitoisuuteen eikä lisää suorituskykyä voimaharjoituksen yhteydessä.

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO 6

2 AMINOHAPOT 8

2.1 Aminohappojen perusrakenne 8
2.2 Aminohappojen kierto elimistössä 10
2.2.1 Aminohappoallas 10
2.2.2 Aminohappojen kuljetus veressä 11
2.2.3 Aminohappojen kuljetus ja varastointi lihaksessa 12
2.2.4 Glukoosi-alaniinisykli 13
2.3 Välttämättömät aminohapot 14
2.3.1 Haaraketjuiset aminohapot, BCAA's (leusiini, isoleusiini ja valiini) 15
2.3.2 Muut välttämättömät aminohapot 15
2.4 Ei-välttämättömät aminohapot 16

3 PROTEIINIT 19

3.1 Proteiinit ja niiden rakenne 19
3.2 Proteiinisynteesi 20

4 KUORMITUKSEN VAIKUTUS AMINOHAPPOAINEENVAIHDUNTAAN 22

4.1 Harjoitustausta 22
4.2 Aerobinen kuormitus 23
4.2.1 Aerobisen kuormituksen vaikutus veren aminohappoihin 24
4.2.2 Aerobisen kuormituksen vaikutus lihaksen aminohappoihin 24
4.3 Anaerobinen kuormitus 25
4.4 Voimaharjoitus 26
4.4.1 Voimaharjoituksen vaikutus veren aminohappoihin 26
4.4.2 Voimaharjoituksen vaikutus lihaksen aminohappoihin 26

5 MUITA AMINOHAPPOAINEENVAIHDUNTAAN JA PROTEIINISYNTEESIIN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ 27

5.1 Ravinto 27
5.2 Ikä 28
5.3 Hormonit ja aminohappolisät 28

6 TERNIMAITO 30

6.1 Dynamic™ Colostrum -ternimaitovalmisteen koostumus 30
6.2 Aikaisempia tutkimustuloksia ternimaidosta 31
6.3 Ternimaitovalmisteeseen läheisesti liittyvät hormonit ja proteiiniaineenvaihdunta 32
6.3.1 Kasvuhormoni ja IGF-I 33
6.3.2 Kasvuhormonin ja IGF-1:n vaikutus proteiinisynteesiin 34

7 TUTKIMUSONGELMAT JA TUTKIMUSHYPOTEESIT 35

8 TUTKIMUSMENETELMÄT 37

8.1 Koehenkilöt 37
8.2 Koeasetelma 37
8.3 Aineiston keräys 39
8.3.1 Harjoittelun ja ravinnon seuranta tutkimusjakson aikana 39
8.3.2 Mittauspäivä 39
8.3.3 Mittauspäivän voimaharjoitus 40
8.3.4 Verinäytteen otto ja näytteiden käsittely 41
8.4 Aineiston analysointi 43
8.4.1 Näytteiden käsittely veren vapaiden aminohappojen määritystä varten 43
8.4.2 Veren vapaiden aminohappojen pitoisuuden määritys RP-HPLC:llä 43
8.4.3 Veren laktaatin analysointi 44
8.4.4 Ruoka- ja harjoituspäiväkirjojen analysointi 44

8.4.5 Tilastolliset menetelmät 45
9 TULOKSET 46
9.1 Koehenkilöiden antropometria ja veriarvot 46
9.2 Harjoittelu 47
9.3 Ravinto ja IGF-I:n pitoisuus 48
9.4 Maksimivoima, väsyminen ja laktaatti voimaharjoituksessa 49
9.5 Aminohapot 49
9.5.1 Totaalisumma 50
9.5.2 Välttämättömät aminohapot 52
9.5.3 Haaraketjuiset aminohapot 54
9.5.4 Isoleusiini 56
9.5.5 Leusiini 59
9.5.6 Valiini 62
9.5.7 Lysiini 64
9.5.8 Metioniini 66
9.5.9 Fenyylialaniini 68
9.5.10 Treoniini 70
9.5.11 Tryptofaani 72
9.5.12 Arginiini 74
9.5.13 Histidiini 76
9.5.14 Ei-välttämättömät aminohapot 78
9.5.15 Alaniini 80
9.5.16 Aspartaattihappo 82
9.5.17 Asparagiini 84
9.5.18 Glutamiini 87
9.5.19 Glutamiinihappo 89
9.5.20 Glysiini 91
9.5.21 Tyrosiini 93
9.5.22 Seriini 95
10 Pohdinta 97
10.1 Ternimaitovalmisteen vaikutukset 97
10.2 Kuormituksen vaikutukset 100
10.3 Taustamuuttujien tarkastelua 102
10.4 Johtopäätökset 103
Lähteet 104
Liitteet 1-6 111

1 JOHDANTO

Ternimaito on vastasynnyttäneen lehmän maitoa, jonka tärkeys vasikan terveydelle on tunnettu jo kauan (Korhonen ym. 1978). Ternimaito sisältää biologisesti korkea-arvoisia proteiinieja, hiilihydraatteja, rasvoja, vitamiineja, kivennäisaineita ja muita biologisesti aktiivisia aineita. Jälkimmäisistä erityinen huomio on kohdistunut viime vuosina insuliinin kaltaiseen kasvutekijä I:een (insulin like growth factor I, IGF-I), jonka on todettu olevan rakenteeltaan ja aminohappokoostumukseltaan identtinen ihmisen vastaavan kasvutekijän kanssa. (Francis ym. 1988.) Dynamic™ Colostrum (Hi-Col, Oulu) puolestaan on luonnollisesta ternimaidosta valmistettu ternimaitovalmiste, joka sisältää luonnollisen ternimaidon ainesosat lukuunottamatta rasvaa.

Aminohapot ovat proteiinien rakennekomponentteja ja ne luokitellaan välttämättömiin ja ei-välttämättömiin aminohappoihin. Aminohappojen määrä veressä vaihtelee jatkuvasti sen mukaan, mitä proteiineja ravinnon mukana on saatu, mutta myös eri soluissa tapahtuvan selektiivisen synteesin seurauksena. (Guyton & Hall 1996, 877-882.) Kaikki kehoon saapuvat aminohapot kulkevat aminohappoaltaan (veri ja lihaksen nesteet) läpi, josta ne muutetaan proteiinisynteesin kautta kudosproteiineiksi tai käytetään vähäisessä määrin energiana. Aminohappojen typpiosa poistetaan elimistöstä virtsan, hien tai hiilidioksidin kautta. Aminohappoaltaassa on kerrallaan vain vähän aminohappoja (aikuisella ihmisellä noin 200 g). Suurin osa aminohapoista (noin 12 kg aikuisella ihmisellä) on kudosproteiinien muodossa. (Lemon 1998.)

Riittävä proteiinisynteesi on välttämätöntä, jotta keho voi säilyttää proteiinien määrän ja laadun. Koska aminohapot ovat tärkeä osa proteiinisynteesiä, niiden määrällä on suuri vaikutus myös proteiinisynteesiin. Lisääntynyttä proteiinisynteesiä tarvitaan esimerkiksi puberteetin kasvupyrähdyksessä, lihasvammojen paranemisessa ja lihaksen massan ja voimantuoton lisäämisessä. Esimerkiksi urheilussa proteiinisynteesiin vaikuttaminen onkin ollut keskeisenä tutkimuskohteena.

Yksi tunnetuimmista ja tehokkaimmista keinoista lisätä luustolihaksen proteiinisynteesiä on voimaharjoittelu. Voimaharjoittelu ei kuitenkaan yksin lisää lihaksen proteiinisynteesiä, vaan

lisäksi tarvitaan riittävä ravitsemustila ja elimistön hormonaalinen säätely erilaisine palautemekanismeineen. Jokaisella ihmisellä on lisäksi oma geneettinen perimänsä, joka säätelee proteiinisynteesiä ja johon emme tämän hetkisen tietämyksen mukaan voi vaikuttaa. Ravitsemustilaan ja hormonaaliseen säätelyyn meillä on kuitenkin mahdollisuus vaikuttaa normaalin ravinnon kautta ja erikoisravinteiden kuten esimerkiksi ternimaitovalmisteen avulla.

Aikaisemmin tehdyissä tutkimuksissa ternimaitovalmisteen on todettu lisäävän merkittävästi kasvutekijä IGF-I:n pitoisuutta veressä kahdeksan päivän tutkimusjakson aikana (Mero ym. 1997a), lisäävän suorituskykyä uupumukseen saakka suoritetussa juoksumattotestissä kahdeksan viikon seurantajakson aikana (Buckley ym. 1998), parantavan suorituskykyä anaerobisessa juoksumattotestissä kahdeksan viikon tutkimusjakson aikana (Smeets ym. 2000), lisäävän IGF-I:n, IgG:n ja syljen IgA:n pitoisuutta veressä kahden viikon harjoitusjakson aikana (Mero ym. 2000) ja vähentävän kuumepäiviä ja lihasarkuutta naisilla 28 päivää kestävän tutkimusjakson aikana (Mero ym. 1998b).

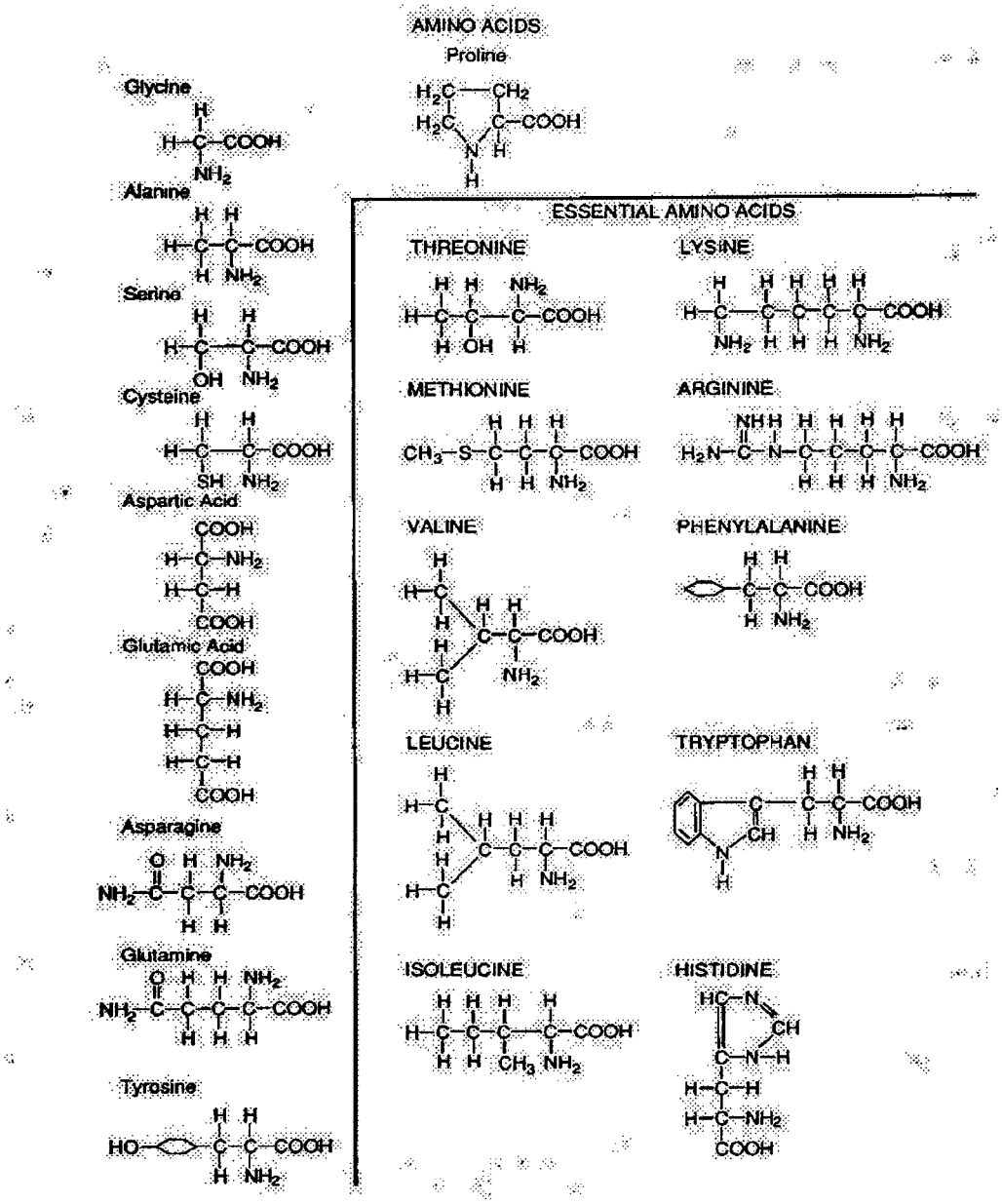
Tämä tutkimus on osana laajempaa ternimaitovalmisteen tutkimusprojektia, jossa selvitetään ternimaitovalmisteen vaikutusta veren ja lihaksen aineenvaihduntaan. Keskeinen tarkoitus tässä työssä on selvittää ternimaitovalmisteen vaikutuksia veren aminohappopitoisuuksiin levon ja voimaharjoituksen yhteydessä. Lisäksi tarkastellaan ternimaitovalmisteen mahdollista vaikutusta suorituskykyyn voimaharjoituksessa. Yhdistämällä tämän tutkimuksen tulokset koko tutkimusprojektin tuloksiin voidaan tehdä tarkempia johtopäätöksiä ternimaitovalmisteen hyödyllisyydestä erikoisravinteena kuntoutuksessa, kuntoilussa ja urheilussa.

2 AMINOHAPOT

2.1 Aminohappojen perusrakenne

Aminohapot ovat proteiinien rakenneosia, joiden järjestys määrää proteiinin biologiset ja fysiologiset ominaisuudet (Waterlow 1980, 107–119). Jokaisella aminohapolla on karboksyyliryhmä, aminoryhmä, keskellä sijaitseva hiiliatomi (α–hiili) ja aminohappojen välillä vaihteleva sivuketjuryhmä (R). Tosi asiassa 19:llä 20:stä yleisestä aminohaposta on tämä perusrakenne. Jokaisen aminohapon yksilölliseksi tekee sidosketjuryhmä R. Aminohapot liittyvät toisiinsa peptidisidoksin. Jotkut monimutkaiset proteiinit sisältävät monia tuhansia aminohappoja toisiinsa peptidisidoksin liittyneenä ja pieninkin proteiini sisältää yleensä yli 20 aminohappoa. Yhden proteiinin sisältämä aminohappomäärä on keskiarvoisesti noin 400. (Guyton & Hall 1996, 877–882 .)

Aminohappoja on 10 välttämätöntä aminohappoa, joita elimistö tarvitsee ulkoisista lähteistä ja 10 ei–välttämätöntä aminohappoa, joita elimistö puolestaan pystyy itse tuottamaan (Guyton & Hall 1996, 877–882). Kuviossa 1 on esitetty kaikki aminohapot ja niiden rakenteet.



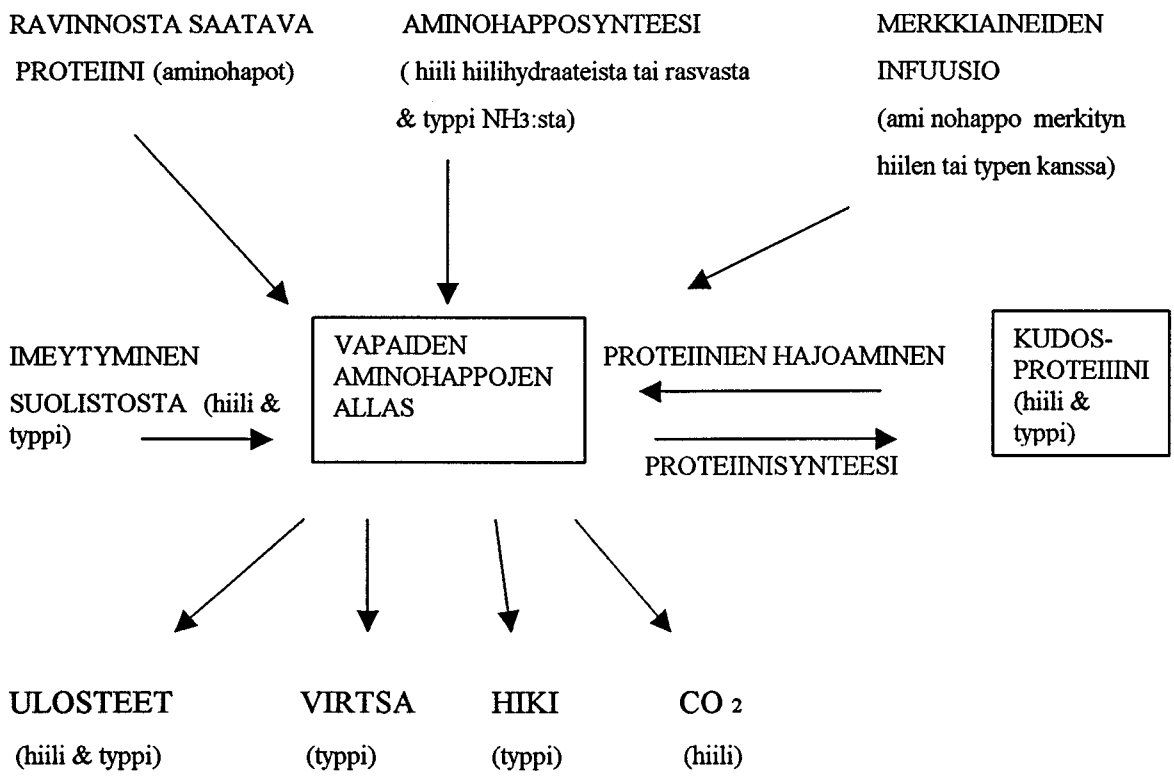
Kuvio 1. Aminohapot ja niiden rakenteet (Guyton 1996, 878).

2.2 Aminohappojen kierto elimistössä

2.2.1 Aminohappoallas

Aminohapot saapuvat kehon nk. aminohappoaltaaseen (kuvio 2), joka sijaitsee kehon kudoksissa ja veressä, ensisijaisesti ravinnon, imeytymisen tai kudosten hajoamisen kautta. Altaan suuruus on veressä 100 g ja lihaksessa 100 g. Osa aminohapoista ei koskaan imeydy, vaan kulkeutuu pois ulosteiden mukana. Osa aminohapoista (ei-välttämättömät) puolestaan voidaan muodostaa elimistössä. Aminohappoaltaasta aminohapot voidaan käyttää kehon kudosten muodostukseen tai niiden hiilirungot energiaksi (oksidaatio). Proteiinisynteesissä aminohappojen hiili ja typpi päätyvät kehon kudoksiin ja oksidaatiossa hiili poistuu uloshengitetyssä ilmassa hiilidioksidina ja typpi virtsan ja hien mukana ureana ja ammonium-ioneina. (Lemon 1998.)

Jos veren aminohappomäärä laskee alle normaaliarvojen, aminohappoja kuljetetaan lihaksesta tasoittamaan tilannetta. Näin veren aminohappopitoisuutta säädellään kunkin aminohapon osalta pysymään suhteellisen muuttumattomana. Jotkut hormonit voivat kuitenkin muuttaa tasapainoa lihaksen ja veren aminohappojen välillä. Näitä hormoneja ovat mm. kasvuhormoni ja insuliini sekä adrenokortikaaliset glukokortikoidihormonit. Myös eri tyyppisten solujen aminohappojen välillä pyritään säilyttämään tasapaino. Jos joku solu tarvitsee tiettyjä proteiineja, niitä voidaan muodostaa verestä kuljetetuista aminohapoista. Nämä aminohapot puolestaan korvataan eri elimistä, etenkin maksasta peräisin olevilla aminohapoilla. Jokaisella solulla on yläraja proteiineille, joita se voi varastoida. Kun yläraja on saavutettu, ylimääräiset aminohapot verenkierrossa deaminoidaan ja hapetetaan muualla elimistössä käytettäviksi energiaksi tai varastoidaan rasvoina ja glykogeeninä. (Guyton 1996, 879.)



Kuvio 2. Aminohappojen kulkeutuminen elimistössä vapaan aminohappoaltaan kautta (Lemon 1998).

2.2.2 Aminohappojen kuljetus veressä

Aminohappojen normaalikonsentraatio veressä liikkuu välillä 35 ja 65 mg/dl. Tämä tarkoittaa keskiarvona noin 2 mg/dl kullekin 20:stä aminohaposta, mutta todellisuudessa toisia aminohappoja on veressä suurempina konsentraatioina kuin toisia. Eri aminohappojen konsentraatio veressä riippuu osaltaan siitä, mitä proteiineja ravinnon mukana on saatu, mutta ainakin joidenkin yksittäisten aminohappojen konsentraatiota veressä säätelee eri soluissa tapahtuva selektiivinen synteesi. (Guyton & Hall 1996, 878.)

Lähestulkoon kaikki ravinnosta saadut proteiinit imeytyvät ruoansulatuskanavasta aminohappoina. Hetkellisesti ravinnon nauttimisen jälkeen aminohappojen pitoisuus veressä kasvaa, mutta vain muutaman milligramman desilitraa kohti. Tämä johtuu siitä, että proteiinien

hajoaminen ja imeytyminen ajoittuu 2-3 tunnin ajalle, joten vain pieni osa aminohapoista imeytyy aikayksikköä kohden. Lisäksi 5-10 minuutin kuluessa siitä, kun aminohapot saapuvat vereen, elimistön eri solut ja etenkin maksa ottavat ne käyttöönsä. Näin ollen vereen ei koskaan pääse kertymään suuria määriä aminohappoja. Elimistössä kuljetetaan monta grammaa proteiinia aminohappojen muodossa osasta toiseen joka tunti. (Guyton 1996, 879.)

Lähes kaikkien aminohappojen molekyylikoko on liian suuri, jotta ne voisivat kulkeutua verestä suoraan soluihin. Näin ollen merkittävän suuri määrä aminohappoja kuljetetaan erityisten kantajamekanismien avulla aktiivisesti soluun. Kaikki aminohapot voidaan kuljettaa aktiivisesti munuaisissa proksimaalisen putken epiteelin läpi ja palauttaa täten takaisin vereen. Kuitenkin munuaisten putkistossa on tietty yläraja myös aminohappojen konsentraatiolle, joten rajan ylittyessä ylimäärä aminohappoja erittyy virtsaan ja tätä kautta pois elimistöstä. (Guyton 1996, 879.)

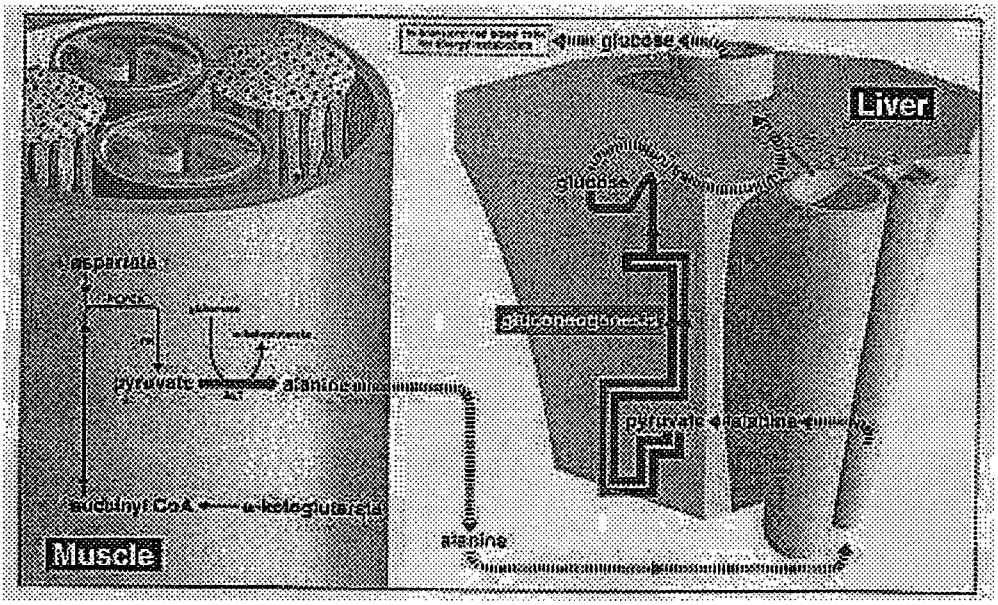
2.2.3 Aminohappojen kuljetus ja varastointi lihaksessa

Lähestulkoon heti lihakseen saapuessa aminohapot muutetaan soluproteiineiksi lähetti-RNA:n ja ribosomaalisen systeemin ohjauksella. Tästä johtuen vapaiden aminohappojen määrä lihaksessa on yleensä pieni. Aminohapot varastoidaankin lihaksessa lähinnä proteiinien muodossa. Monet solun sisäiset proteiinit voidaan kuitenkin hajoittaa nopeasti takaisin aminohapoiksi solun sisäisten lysosomaalisten entsyymien toimesta ja palauttaa takaisin verenkiertoon. Poikkeuksen tekevät kromosomien ytimen proteiinit ja solun rakenteelliset proteiinit, kuten kollageeni ja lihaksen supistuvat proteiinit, joita ei merkittävissä määrin pilkota takaisin aminohapoiksi ja edelleen uudelleen varastoitaviksi eri muodoissa. (Guyton 1996, 879.)

2.2.4 Glukoosi-alaniinisykli

Yksi aminohappojen kulkureiteistä elimistön osasta toiseen on glukoosi-alaniinisykli, jossa lihasten aminohappoja käytetään lisääntyneen enrgiantarpeen seurauksena maksassa glukoosin tuottoon (kuvio 3). Yleensä keho käyttää energianlähteenään glukoosia ja kehon glykogeenivarastoja, eikä niinkään hajoita proteiineja. Pidempikestoisessa raskaassa liikuntasuorituksessa kehon glykogeenivarastojen vähentyessä joudutaan kuitenkin pilkkomaan myös proteiineja energian tuottoon. Pilkkomisen seurauksena proteiinit hajoitetaan aminohapoiksi ja aminohapoista erotetaan amino- ja hiiliryhmä. Syntynyt ammoniakki (NH_3) on kuitenkin elimistölle myrkyllistä ja sen pois kuljettamisessa alaniinilla ja glutamiinilla on tärkeä tehtävänsä. Lihaksissa muodostuneet aminoryhmät kootaan transaminaatiossa glutamaatin muodossa. Glutamaatti muutetaan glutamiiniksi (ammonian myrkytön kuljetusmuoto elimistössä) tai sen α-ryhmästä muodostetaan pyruvaattia lihaksen glykolyysiä varten. Tästä lihaksessa tapahtuvasta reaktiosarjasta muodostuu lopulta alaniinia, joka kulkeutuu verenkierron mukana maksaan. Maksassa alaniinista muodostetaan pyruvaattia ja pyruvaatista glukoneogeneesin kautta glukoosia ja glutamaattia (joka kulkeutuu mitokondrioihin edelleen jatkokäsittelyihin).(Lehringer 2000, 632-634.)

Glukoosi-alaniinisyklin merkitys korostuu raskaassa liikunnassa, kun voimakkaasti supistuvissa lihaksissa muodostuu anaerobisen energiantuoton seurauksena pyruvaattia ja laktaattia sekä ammoniaa proteiinien hajoamisen seurauksena. Nämä tuotteet on kuljetettava maksaan, jossa pyruvaatti ja laktaatti muutetaan glukoosiksi ja palautetaan takaisin lihaksen energiantuottoon. Mikäli aminohappojen aminoryhmiä ei enää käytetä uusien aminohappojen tai muiden typpipohjaisten yhdisteiden muodostusta varten, ne muutetaan lopputuotteiksi, jotka eritetään elimistöstä ureasyklin kautta. (Lehringer 2000, 632-634.)



Kuvio 3. Glukoosi-alaniinisykli (Salway 1994, 44). Lihaksessa muodostunut alaniini kuljetetaan verenkierron kautta maksaan glukoneogeneesiin.

2.3 Välttämättömät aminohapot

Välttämättömiä aminohappoja tulee saada ruoasta joko erillisinä tai proteiinien osina. Välttämättömiin aminohappoihin kuuluvat lysiini, metioniini, fenyylialaniini, treoniini, tryptofaani, arginiini, histidiini, leusiini, isoleusiini ja valiini. (Guyton 1996, 878.) Näistä leusiini, isoleusiini ja valiini ovat haaraketjuisia aminohappoja (BCAAs = branched chain amino acids), eli niillä on ylimääräinen hiiliketju, joka haarautuu varsinaisesta lineaarisesta hiiliketjusta. (Pasquale 1997, 106.) Välttämättömistä aminohapoista suurin konsentraatio veressä on valiinilla, leusiinilla, lysiinillä ja treoniinilla (Mero1999).

2.3.1 Haaraketjuiset aminohapot, BCAA´s (leusiini, isoleusiini ja valiini)

Seuraavasta käy ilmi haaraketjuisten aminohappojen pääasiallinen merkitys elimistössä.

- Edullinen vaikutus proteiinien synteesiin (Pasquale 1997, 106), rooli proteiinisynteesissä ei kuitenkaan tarkalleen tiedossa.
- Käytetään erityisesti lihasten metaboliassa. (Askanazi 1980.)
- Oksitoidaan lihassoluissa ja käytetään energiaksi.
- Mukana glukoosi-alaniini –syklissä (Pasquale 1997, 107.)
- Aminohapoista pääasiallisia energianlähteitä, etenkin kestävyyssuorituksessa (Babij ym. 1983).
- Plasmakonsentraatio muuttuu helpommin kuin muiden aminohappojen plasmakonsentraatio ravinnosta saatujen kaloreiden, proteiinien, rasvan ja hiilihydraattien määrien muutosten seurauksena (Adibi 1976).
- Haaraketjuisten aminohappojen nauttimisen ennen kuormitusta on todettu vaikuttavan anabolisiin hormoneihin, etenkin kasvuhormoniin, insuliiniin ja testosteroniin (Carli 1992).
- Haaraketjuisista leusiini toimii in vivo säätelijänä proteiinimetaboliassa vähentämällä proteiinien hajoamista ja lisäämällä proteiinisynteesiä (Pasquale 1997, 106).

2.3.2 Muut välttämättömät aminohapot

Seuraavasta käy ilmi muiden välttämättömien aminohappojen pääasiallinen merkitys elimistössä.

Lysiini Inhibitorinen vaikutus virusten kasvuun (käytetään mm.herpes simplexin hoidossa). Tärkeä yhdessä metioniinin kanssa L-karnitiinin metaboloinnissa (L-karnitiinin tehtävänä on mm. kuljettaa pitkäketjuisia rasvahappoja sisemmän mitokondriaalisen kalvon läpi). (Pasquale 1997, 119.)	**Metioniini** Yhdessä kysteiinin kanssa rikin päälähde ravinnossa. Tärkeä metyyliryhmän metaboliassa, karnitiinin, kreatiinin, glutationin, nukleiinihappojen, polyamiinien ja katekoliamiinien synteesissä Proteiinisynteesin substraatti. Puute vaikuttaa mm. seerumin kolesterolitasoihin haitallisesti. (Pasquale 1997, 119.)
Fenyylialaniini Tyrosiinin pääkursori. (Tyrosiini on tärkeä muodostettaessa adrenaliinia, noradrenaliinia, tyroksiinia ja triiodotyroniinia. Lisäksi ihon, hiusten ja silmien rajojen pigmentti muodostuu tyroksiinista entsymaattisesti) Fenyylialaniiniin liittyvä sairaus: fenyyliketouria = kykenemättömyys muodostaa fenyylialaniinista tyroksiinia entsyymipuutoksen (fenyylialaniini hydroksylaasi) vuoksi. (Pasquale 1997, 123.)	**Treoniini** Tärkeä merkitys kollageenin ja elastaanin muodostuksessa. Auttaa aspartaatin ja metioniinin kanssa maksan ja rasva-aineenvaihdunnan toiminnassa. (Balch & Balch 1990.) Treoniinitaso yleensä matala kasvissyöjillä verrattuna "normaalisti" syöviin (Pasquale 1997, 123).

Tryptofaani Tryptofaanista muodostetaan aivojen tärkeää neurotransmitteriä, serotoniinia. Plasman tryptofaanitasojen on todettu määräävän aivojen tryptofaanitasoja ja tätä kautta vaikuttavan serotoniinin (melaniinin tuotannon välituote, Huether 1993) synteesiin ja vapauttamiseen. (Pasquale 1997, 123.)	**Arginiini** Merkittävä rooli typen dotoksifikaatiossa. Edullinen vaikutus sairauksissa, joissa typen tasot ovat korkeat elimistössä Lisää immuunitoimintaa sekä ihmisillä että eläimillä. Promotoi kasvuhormonin ja insuliinin eritystä ja vaikuttaa täten edullisesti mm. postoperatiivisiin potilaisiin. Kreatiinifosfaatin (yksi elimistön tärkeimmistä energianlähteistä) prekursori. (Pasquale 1997, 127.)
Histidiini Kun histidiinistä poistuu COOH-ryhmä, siitä muodostuu histamiini (histamiini on voimakas verisuonten laajentaja ja mukana allergisissa reaktioissa. Se stimuloi myös mahan happojen, pepsiinin ja hydrokloridihapon erittymistä. Histidiinin määrä veressä ja aivoissa kohoaa proteiinien puutteen aikana sekä muutamien patologisten tilojen seurauksena). (Pasquale 1997, 141.)	

2.4 Ei-välttämättömät aminohapot

Ei-välttämättömiä aminohappoja voidaan muodostaa elimistössä muista aminohapoista. On kuitenkin muistettava, että mikään aminohappo ei ole ei-välttämätön silloin, kun olosuhteiden johdosta normaali aineenvaihdunta on häiriintynyt. Näihin aminohappoihin lasketaan kuuluviksi alaniini, asparagiini, aspartaattihappo, glutamiini, glutamiinihappo, glysiini, proliini, kysteiini, tyrosiini ja seriini. (Guyton 1996, 878.) Ei-välttämättömistä aminohapoista glutamiinilla, alaniinilla ja glysiinillä on suurin veren konsentraatio paastotilassa sekä harjoittelemattomilla yksilöillä että urheilijoilla (Mero 1999).

Seuraavasta käy ilmi muiden ei-välttämättömien aminohappojen pääasiallinen merkitys elimistössä.

Alaniini Alaniini on tärkeä typen kantaja ja energiasubstraatti. Alaniinin kulku veren ja lihaksen välillä vilkastuu postapsorptiivisessa tilassa, stressissä, paastossa, ravinnon puutostiloissa ja fyysisessä harjoituksessa johtaen maksassa tapahtuvan glukoneogeneesin lisääntymiseen. Plasman glukoosi voidaan muuttaa pyruvaatiksi ja edelleen alaniiniksi monissa kudoksissa, kuten maksassa, munuaisissa ja lihaksessa. Alaniini osallistuu nimensä mukaisesti glukoosi-alaniini -sykliin, jossa alaniinin hiiliketjusta voidaan muodostaa glukoosia koko elimistön käyttöön. Glukoosi-alaniini -sykli estää luustolihaksen aminohappojen ja soluproteiinien katabolian ja tuottaa energiaa. (Pasquale1997, 85.)	**Aspartaattihappo** Aspartaatilla on ajateltu olevan korkea-intensiteettistä suoritusta parantava vaikutus, koska sillä on kyky nopeuttaa ammonian (oletetaan olevan yksi tekijä uupumuksen takana) erittymistä urean mukana pois elimistöstä. Väitettä ei kuitenkaan ole vielä aukottomasti todistettu. (Pasquale 1997, 147.) **Asparagiini** Pitää yllä keskushermostojärjestelmän tasapainoa (Balch & Balch 1990).
Glutamiini Glutamiinia on ihmisillä aminohapoista eniten lihaksessa ja veressä, runsaasti myös muissa ihmisen kudoksissa. Käsittää yli 50 % koko kehon aminohappoaltaasta ja luustolihaksen aminohapoista noin 60 %. Merkittävä tehtävä prekursorina hepatiittisessä ureageneesissä ja renaalissa ammoniageneesissä, happo-emäs -tasapainon ylläpitämisessä asidoosin aikana, typen prekursorina nukleotidien synteesissä, solujen polttoaineena mm. lihaksessa, suolistossa, iholla, ja immuunisysteemissä sekä proteiinisynteesin ja proteiinien hajoamisen suorana säätelijänä. Lihasten glutamiinivarastot vähenevät stressin eri muotojen (traumat, leikkaukset, palovammat, infektiot, paasto, aliravitsemustila ja fyysinen harjoittelu) seurauksena (siitäkin huolimatta, että stressihormonit provosoivat glutamiinin uudelleen muodostusta). Alfa-ketoglutaraatti on glutamiinin katabolian tuote sekä glutamiinin synteesin prekursori. (Pasquale 1997, 131-132.)	**Glutamiinihappo** Glutamiinihappo on yksi yleisimmistä luonnossa esiintyvistä aminohapoista. Se esiintyy sekä proteiineissa että vapaassa muodossaan eri ruoka-aineiden osina. Glutamaatti on glutamiinihapon suolamuoto, joka on aivojen metaboliassa tärkeän inhibitorisen neurotransmitterin, gamma-aminobutyriinihapon (GABA) prekursori. Lisäksi glutamaatti osallistuu transaminaatioprosessiin ja luovuttaa helposti aminoryhmänsä ketohapoille ja tätä kautta uusille aminohapoille. Glutamaatti on myös glutamiinin, proliinin, ornitiinin, arginiinin ja epäsuorasti glutationin prekursori sekä potentiaalinen energianlähde. Glutamaatilla on tärkeä rooli ammonian metaboliassa. (Pasquale 1997, 147.)
Glysiini Glysiini on rakenteeltaan yksinkertaisin aminohappo. Se voidaan muodostaa pilkkomalla seriinistä hydroksimetyyli ja sitä käytetään muodostettaessa muita aminohappoja.	**Kysteiini** Kysteiini ja metioniini ovat rikin päälähteitä ravinnossa (rikki on välttämätön koentsyymi-A:n ja tauriinin tuotannossa). L-kysteiini on mukana proteiinisynteesissä, glutationisynteesissä

Osallistuu puriinien, porfyriinin, kreatiinin ja glyoksyylihapon synteesiin. Konjugoituu monien aineiden kanssa ja saa ne erittymään sapessa tai ureassa. Kollageenin tärkeä osa. Lähes kolmannes aminohappoketjuista kollageenissa on glysiiniä ja 15-30% proliinia ja 4-hydroksyyliproliinia. Toimii todennäköisesti myös inhibitoristen neurotransmitterien prekursorina. Lisää kasvuhormonin tuotantoa. Tästä huolimatta glysiinin ei ole todettu lisäävän proteiinisynteesiä. (Pasquale 1997, 153.)	ja tauriinin tuotannossa. Välttämätön ihon ja hiusten muodostumisessa. Osallistuu lujan sidekudoksen muodostumiseen ja kudosten antioksidanttisiin toimintoihin. Auttaa paranemisprosessissa, stimuloi veren valkosolujen toimintaa ja vähentää osaltaan tulehduksen aiheuttamaa kipua. (Pasquale 1997, s. 130.)
Proliini Proliinia on mm. kollageenissä sekä muissa sidekudoksen osissa. Ravinnosta saatavan proliinin vähyys voi haitata proteiinisynteesiä (Pasquale 1997, 143-144.)	**Tyrosiini** Tyrosiini on välttämätön muodostettaessa katekolamiinineurotransmittereitä kuten dopamiinia, dihydroksyfenyylialaniinia (DOPA), norepinefriiniä ja epinefriiniä. Elimistö voi muodostaa tyrosiinia fenyylialaniinista. Kilpirauhashormonien (tyroksiini ja triiodotyroniini) sekä aivolisäkkeen kasvuhormonin prekursori. Myös melaniini-pigmentti muodostuu tyrosiinista. (Pasquale 1997, 145)
Seriini Seriiniä käytetään syntetoitaessa kehon proteiineja. On fosfolipidi fosfaattidylseriinin (PS, luonnollinen rasvan kaltainen solukalvon ainesosa) integraali komponentti ja säätelee sekä PS:n muodostusta että fosfaattidylseriinin dekarboksylaatiota fosfaattietanolamiiniksi. PS on tärkeä kofaktori mm. proteiinikinaasi C:n aktivaatiossa. Seriinin johdannaisilla tärkeä tehtävä neurotransmitterien toiminnassa. Antikortisoni-vaikutus. Voi tästä johtuen lisätä anabolista vastetta harjoitukseen. Aihe vaatii kuitenkin vielä lisätutkimuksia (Pasquale 1997, 150-152.)	

3 PROTEIINIT

3.1 Proteiinit ja niiden rakenne

Elimistön proteiinit ovat muodostuneet aminohapoista ja ne ovat vastuussa soluissa ja elimissä tapahtuvista toiminnoista. Ne voivat olla entsyymejä, jotka katalysoivat kaikkia elimistön kemiallisia reaktioita; solun sisäisiä, solukalvolla tai solukalvossa sijaitsevia reseptorimolekyylejä, jotka sitovat tiettyjä aineita; luurankolihaksen, sileän lihaksen tai sydänlihaksen supistuvia komponentteja tai kuljettajamolekyylejä, jotka kuljettavat aineita veressä, solujen välillä ja solukalvojen läpi. Proteiinit ovat myös osana luuta, nivelsiteitä ja jänteitä sekä toimivat elimistön vasta–aineina tai reseptoreina lymfosyyteissä ja suojelevat tätä kautta elimistöä sairauksilta. Proteiineja valmistetaan proteiini– eli valkuaisainesynteesissä. (Houston 1995, 39–45.)

Koska proteiinit ovat suuria molekyylejä, niillä on kolmiulotteinen rakenne. Proteiinit muodostuvat yhdestä tai useammasta polypeptidiketjusta ja monissa proteiineissa on lisäksi metalli–ioniosia (kuten mm. hemoglobiinin rauta), hiilihydraatteja (esim. glykoproteiinit solukalvoilla), rasvaa tai lipidejä (esim. veren lipoproteiinit kuljettavat rasvaa). Tietty proteiinin biologinen rakenne määräytyy sen aminohapoista. (Houston 1995, 39–45.)

Proteiineilla on sekä primäärirakenne (aminohappojärjestys), sekundaarinen rakenne (alfaheliksi muoto tai beta–levy –muoto – tähän rakenteeseen ei lasketa kuuluvaksi aminohappojen R–ryhmää) että tertiäärirakenne (proteiinien säännölliset muodot taipuvat toistensa suhteen ei–kovalentein sidoksin). Rakenteita pitävät koossa mm. vetysidokset. (Houston 1995, 39–45.)

Monilla proteiineilla on enemmän kuin yksi polypeptidiketju, joista jokaisella puolestaan on oma yksilöllinen primääri–, sekundääri– ja tertiäärirakenne. Näitä ketjuja kutsutaan alayksiköiksi. Kavrtiäärirakenne viittaa rakenteeseen, jossa kaikki nämä alayksiköt ovat yhteydessä toisiinsa. Esimerkiksi hemoglobiinin kvartiäärirakenne viittaa siihen, miten sen kaksi alfa– ja kaksi beta–alayksikköä ovat yhteydessä toisiinsa. (Houston 1995, 39–45.)

3.2 Proteiinisynteesi

Riittävä proteiinisynteesi on välttämätöntä, jotta keho voi säilyttää proteiinien määrän ja laadun. Tiettyjen kehon elinten koko ja toiminta muuttuu ihmisen vanhetessa. Tähän vaikuttaa osaltaan muuttunut proteiiniaineenvaihdunta. Kehon kudosten massaan vaikuttaa ns. nettoproteiinisynteesi, eli proteiinien hajoaminen ja proteiinien rakentaminen yhteensä, kun on huomioitu saman aikainen proteiinien hajoaminen.. (Short & Nair 2000.) Proteiinisynteesiä (proteiinien rakentaminen) ja proteiinien hajoamista tapahtuu jatkuvasti mm. lihaksissa ja veressä (Baumann ym. 1994).

Aiemmin tutkittiin proteiinimetabolian (proteiinien aineenvaihdunta) muutoksia mm. koko kehon typpitasapainoa tarkastelemalla, mutta koko kehon proteiinimetabolian mittaaminen ei ole niin informatiivista kuin yksittäisten proteiinien mittaaminen, sillä koko kehon proteiinimetabolia heijastaa kaikkien elinten ja kudosten keskiarvoa ja eri elimillä ja kudoksilla on hyvinkin yksilöllinen proteiiniaineenvaihdunta. (Baumann ym. 1994.) Nykyään tutkimus on painottunut tarkempien menetelmien ansiosta yksittäisten proteiinien tarkasteluun (Short & Nair 2000). Yleisesti käytetään mittausta, jossa lihasbiopsian, laskimo–valtimo katetroinnin sekä merkatun aminohapon infuusion avulla saadaan selvitetyksi juuri tietyn lihaksen proteiinimetabolia (Nair ym. 1988) .

Proteiinisynteesin eli proteiinien rakentamisen samanlainen kulku solutasolla on yhteistä kaikkialla tapahtuvalle proteiinisynteesille. Proteiinit ovat muodostuneet 20 erilaisesta aminohaposta. Solun tumassa sijaitsevat geenit sisältävät tiedon siitä, mitä aminohappoja käytetään ja missä järjestyksessä muodostettaessa tiettyä proteiinia. Geenit sijaitsevat kromosomeissa ja ovat osana DNA–molekyylejä, jotka koostuvat mm. neljästä eri nukleotidistä: guanosiinista, cytosiinista, adenosiinista ja tymiinistä. Tymiini–emäksen korvaa RNA:ssa urasiili–emäs. Emäsjaksot kopioidaan transkriptiossa kuljettaja–RNA:ksi (mRNA=messenger–RNA). Synteesivaihetta kutsutaan translaatioksi ja se tapahtuu solun tuman ulkopuolella, soluliman ribosomeissa, mRNA:n ketjuiksi liittämissä polyribosomeissa. Proteiinisynteesin kuluessa ribosomi liukuu pitkin urassaan olevaa mRNA:ta. Jokaisen kolmikirjaimisen koodisanan kohdalla (koostuu kolmesta peräkkäisestä emäksestä: A, G, C ja U eri järjestyksissä) kasvavaan polypeptidiketjuun liittyy peptidisidoksella yksi aminohappo. Nämä aminohapot muodostavat polypeptidin, joka laskostuu lopulliseen pro–

teiinimuotoonsa jatkokäsittelyjen seurauksena. tRNA:lla (tRNA=)on tärkeä tehtävä oikeiden aminohappojen synteesiin tuomisessa. tRNA sitoo spesifisti oikean aminohapon mikä takaa oikean proteiinin syntymisen. (Niemi ym. 1994, 155–182.)

Proteiinisynteesi alkaa kolmikirjaimisen aloituskoodin kohdalta (yleensä AUG, harvemmin GUG), mikä eukaryoottisoluilla tarkoittaa metioniini–aminohappoa, ja päättyy vastaavasti kolmikirjaimiseen lopetuskoodiin (UAA, UGA tai UAG). Proteiinisynteesi vaatii energiaa. Lisäksi proteiinisynteesissä tarvitaan paljon eri proteiinitekijöitä, jotta synteesin eri vaiheet toimivat kitkattomasti (mm. initaatiofaktori synteesin alkuvaiheessa, elongaatiofaktori elongaatiovaiheessa ja terminaalifaktori synteesin loppuvaiheessa). Entsyymeillä on myös keskeinen asema proteiinisynteesin katalysoimisessa. (Niemi ym. 1994, 155–182.)

Ribosomit sijaitsevat hajallaan sytoplasmassa ja osa niistä on eukarioottisoluissa liittyneinä endoplasmakalvostoon. Ribosomit rakentuvat kahdesta eri alayksiköstä, isosta alayksiköstä (60S) ja pienemmästä alayksiköstä (40S). Niissä on aina kaksi uurretta, toinen kasvavaa polypeptidiketjua varten ja toinen mRNA-ketjua varten. Ribosomeissa on myös rRNA:ta (ribosomaalinen RNA), jonka tehtävää valkuaisainesynteesissä ei vielä tarkkaan tunneta. Ribosomi muodostuu alayksiköistään vasta proteiinisynteesin alkaessa. (Niemi ym. 1994, 155-182.)

4 KUORMITUKSEN VAIKUTUS AMINOHAPPOAINEENVAIHDUNTAAN

Aminohappojen roolia proteiinisynteesissä on tutkittu paljon, mutta prosessin fysiologinen säätely, erot kudoksien välillä ja esim. ruokavalion, kuormituksen ja harjoittelun vaikutus aminohappoihin on vielä osittain hämärän peitossa. Jatkuva dynaaminen harjoittelu stimuloi aminohappojen oksidaatiota, (pääasiassa haaraketjuisten aminohappojen) sekä lisää typen tuotantoa riippuen harjoituksen intensiteetistä (Rennie & Tipton 2000). Naisilla aminohappojen oksidaatio on vähäisempää kuin miehillä johtuen korkeammasta estrogeenikonsentraatiosta (Tarnopolsky 2000). Mikäli harjoitus on tarpeeksi intensiteettinen, lihasproteiinin määrä vähenee. Harjoituksen aikana osa aminohapoista oksitoidaan energiaksi ja osa toimii glukoneogeneesissä substraatteina sekä mahdollisesti happo-emäs –tasapainon säätelyssä. (Rennie & Tipton 2000.) Luurankolihaksessa oksitoidaan lähinnä alaniinia, aspartaattia, glutamaattia ja haaraketjuisia aminohappoja. Aminohapoista poistetaan aminoryhmä ja hiilirunko muutetaan aineenvaihduntatuotteiksi, jotka puolestaan käytetään hiilihydraatti- ja rasvametaboliassa tuotettaessa energiaa. (Hargreaves 1995, 137.) Lihaksen on todettu vapauttavan tyrosiinia ja fenyylialaniinia (nämä ovat peräisin lihaksen ei-supistuvista proteiineista) enemmän kuormituksen aikana kuin levossa (Hargreaves 1995, 134). Seuraavassa tarkastellaan eri tyyppisten kuormitusten vaikutuksia aminohappopitoisuuksiin veressä ja lihaksessa.

4.1 Harjoitustausta

Harjoittelun on todettu vaikuttavan aminohappojen perustasoihin (Mero 1999). Tutkittaessa miespikajuoksijoita ja hyppääjiä havaittiin, että viiden viikon harjoitusohjelman seurauksena (pikajuoksua, hyppelyitä, voimaharjoittelua kuutena päivänä viikossa, yhteensä noin 12 tuntia / viikko) seerumin aminohappojen paastotilan perustasot laskivat yhteensä noin 19%:lla. Merkittävää laskua havaittiin 12 aminohapolla, joista leusiini laski 20%, isoleusiini 21% ja valiini 18%. Tuloksista vedettiin johtopäätös, että kun nautitaan 1,26 g proteiineja painoki-

loa kohti päivässä, seerumin aminohappotasot laskevat merkittävästi intensiivisen harjoitusjakson aikana. Tämä ei siis liene riittävä määrä pitämään yllä normaalia aminohappokonsentraatiota veressä.(Mero ym. 1997b.) Paastotilan vapaiden aminohappojen pitoisuuksia plasmassa harjoittelemattomilla, voimaharjoitelleilla ja kestävyysharjoitelleilla esitellään taulukossa 1.

Taulukko 1. Paastotilan vapaiden aminohappojenpitoisuuksia veressä harjoittelemattomilla, voimaharjoitelleilla ja kestävyysharjoitelleilla miehillä (Mero 1999).

Amino acid	Untrained[a] (µmol/L)	Power-trained[b] (µmol/L)	Endurance[c] (µmol/L)
Leucine	133 ± 39	183 ± 44	145 ± 6
Taurine	94 ± 48	80 ± 52	59 ± 4
Aspartate	7 ± 4	31 ± 11	
Threonine	145 ± 39	165 ± 34	112 ± 7
Serine	113 ± 30	133 ± 31	114 ± 5
Asparigine	62 ± 19	80 ± 28	
Glutamate	34 ± 13	58 ± 19	
Glutamine	656 ± 146	863 ± 241	718 ± 36
Glycine	232 ± 44	298 ± 66	222 ± 8
Alanine	360 ± 69	508 ± 188	299 ± 21
Citrulline		55 ± 10	
Valine	264 ± 79	315 ± 53	236 ± 8
Methionine	24 ± 6	30 ± 7	27 ± 2
Isoleucine	64 ± 23	87 ± 13	72 ± 3
Tyrosine	84 ± 19	76 ± 24	58 ± 4
Phenylalanine	58 ± 14	73 ± 19	62 ± 3
Ornithine	66 ± 17	94 ± 26	
Lysine	192 ± 44	205 ± 48	164 ± 10
Histidine	94 ± 14	118 ± 30	73 ± 7
Arginine	94 ± 20	123 ± 40	79 ± 3

a. Mean plasma value ± standard deviation (n = 10; 5 males and 5 females).
b. Mean serum value ± standard deviation (n = 10 males).
c. Mean plasma value ± standard error (n = 7 males).

Taulukosta voidaan havaita, että voimaharjoitelleilla urheilijoilla on selkeästi korkeammat aminohappopitoisuudet veressä kuin harjoittelemattomilla tai kestävyysharjoitelleilla.

4.2 Aerobinen kuormitus

Haaraketjuiset aminohapot (leusiini, isoleusiini ja valiini) ovat aminohapoista pääasiallisia energianlähteitä kestävyyssuorituksessa (Babij ym. 1983). Aminohappojen osuus harjoituksen aikaisesta energiankulutuksesta on noin 5-15 %. Kuitenkin pitkäkestoisessa suoritUk-

sessa lihaksen glykogeenivarastojen vähentyessä aminohappojen osuus energianlähteenä kasvaa. (Hargreaves 1995, 131.)

4.2.1 Aerobisen kuormituksen vaikutus veren aminohappoihin

Bergströmin ym. (1985) tutkimuksessa todettiin, että 20 minuutin 70 % maxVO2- harjoitus aiemmin harjoittelemattomilla miehillä nosti plasman alaniini, glutamiini, arginiini, tyrosiini ja fenyylialaniinipitoisuuksia, kun taas leusiinin pitoisuus laski 22 % (Bergström ym. 1985). Kestävyysharjoitelleilla miespyöräilijoillä, joilla oli lisäksi alentuneet lihaksen glykogeenivarastot, todettiin nousua plasman glutamaatti-, tauriini-, tyrosiini- ja fenyylialaniinipitoisuuksissa 80 minuuttia kestävän, uuvuttavan harjoituksen aikana. Plasman tryptofaani- ja leusiinitasot puolestaan laskivat merkittävästi. (Blomstrand ym. 1996.) Struderin ym.(1995) tutkimuksen mukaan 14 tutkitusta aminohaposta 11 aminohapon (seriini, histidiini, glysiini, threoniini, alaniini, valiini, metioniini, tryptofaani, isoleusiini, fenyylialaniini ja leusiini) konsentraatio veressä laski jatkuvan neljätuntisen tennisturnauksen aikana. Leusiinin konsentraation lasku oli 33 %, sen sijaan glutamaatissa, arginiinissa ja tyrosiinissa ei havaittu muutoksia. (Struder ym. 1995.) Juoksijoilla havaittiin plasman leusiinin, isoleusiinin, valiinin ja alaniinin konsentraation merkittävää laskua maratonin juoksun jälkeen. Yhdellä juoksijalla näiden neljän aminohapon tasot palasivat 24 tunnin aikana samalle tasolle kuin ennen maratonia, mutta lopulla kolmella juoksijalla tasot eivät olleet palautuneet vielä 48 tunninkaan jälkeen. (Neumann & Steinbach 1990.) Mm. Parry-Billingsin ym. (1990) mukaan pitkäkestoinen harjoitus saattaa olla välttämätön, jotta havaitaan merkittäviä alenemisia plasman aminohappojen konsentraatioissa. Heidän tutkimuksessaan koehenkilöiden glutamiinitaso laskee 42 km:n maratonin jälkeen. Muutoksia pitoisuuksissa ei havaita kuitenkaan ennen 30 km:ä.

4.2.2 Aerobisen kuormituksen vaikutus lihaksen aminohappoihin

Bergströmin ym. (1985) tutkimuksessa havaittiin harjoittelemattomilla miehillä alaniinin ja glutamiinin konsentraation luustolihaksessa lisääntyvän ja glutamaatin konsentraation vähe-

nevän merkitsevästi 20 minuuttia kestävän, 70 VO2max-teholla suoritettavan harjoituksen jälkeen. Kestävyyttä harjoitelleilla miespyöräilijöillä, joilla havaittiin myös vähentyneet glykogeenivarastot, todettiin merkitsevää kasvua alaniinin ja tyrosiinin konsentraatiossa sekä merkitsevää vähenemistä glutamaatin, valiinin, isoleusiinin ja leusiinin konsentraatioissa (Blomstrand ym. 1996). Sahlin ym. (1990) havaitsivat 75 % VO2max teholla uupumukseen saakka suoritetun, noin 75 minuuttia kestäneen harjoituksen aiheuttavan lihaksen alaniinikonsentraation tuplaantumisen, glutamaattikonsentraation laskun (70 %) ja glutamiinikonsentraation laskun (10 %). Henriksonin ym. (1991) tutkimuksen mukaan 50 % VO2max teholla pyörällä suoritetussa pitkäkestoisessa (3,5 h) harjoituksessa glutamaattikonsentraatio lihaksessa laski merkitsevästi (32 %) ensimmäisen 20 minuutin aikana ja pysyi suhteellisen muuttumattomana tästä eteenpäin aina kolmen ja puolen tunnin kohdalle. Alaniinin konsentraatio puolestaan nousi merkitsevästi (44 %) ensimmäisen 20 minuutin aikana mutta laski sen jälkeen ollen kolmen ja puolen tunnin kohdalla 30 % mitatun perustason alapuolella. Rennie ym. (1981) tutkivat lihasten vapaiden aminohappojen tasoja ennen ja jälkeen 50 % Vo2max teholla suoritetun, kolme ja puoli tuntia kestäneen harjoituksen. He havaitsivat suurimman osan aminohappojen tasoista laskevan lievästi, mutta glutamiinin konsentraation laskevan merkitsevästi enemmän (34 %).

4.3 Anaerobinen kuormitus

Tutkittaessa miespikajuoksijoita ja -hyppääjiä havaittiin, että lyhyet juoksupyrähdykset (3 x 4 x 60 m kahden minuutin palautuksella ja kuuden minuutin sarjapalautuksella, vauhdeilla 91, 93 ja 95 % toistomaksimista) laskivat plasman haaraketjuisten aminohappojen (8,1 %) ja kaikkien välttämättömien aminohappojen (3,5 %), lukuunottamatta metioniiniä, pitoisuuksia. Alaniinin (26,7 %) ja glutamaatin (9,2 %) pitoisuudet puolestaan nousivat. Laktaatit olivat harjoituksessa korkeimmillaan 13,0 ± 1,9 mmol/l. Pidempikestoisten juoksumatkojen (20-sekuntia kestäviä sarjoja juoksumatolla juosten, 100 s palautuksella, neljän asteen kaltevuudella, vauhtia joka juoksun jälkeen lisäämällä, uupumukseen saakka) todettiin aiheuttavan miespikajuoksijoilla ja hyppääjillä merkitsevää laskua veren valiinin (8,4 %), tryptofaanin (8,7 %) ja treoniinin (13,9 %) pitoisuuksissa. Ei-välttämättömien aminohappojen summa kasvoi merkitsevästi (6,9 %), samoin alaniinin (25,3 %), glutamaatin (14,7 %), tau-

riinin (16,0 %) ja arginiinin (20,9 %). Harjoituksessa saavutettiin korkeimmillaan 16,4 ± 1,3 mmol/l laktaattiarvot (Pitkänen ym. 2001). Lyhytkestoisen, 15 minuuttia kestävän, 33, 55 ja 80 % Vo2max teholla tehdyn harjoituksen todettiin nostavan valtimon glutamiinitasoja 15, 15 ja 25 %. Alaniinin tasot nousivat vastaavasti 45, 65 ja 120 %. Alle 20 % nousu havaittiin lysiinin, histidiinin ja arginiinin tasoissa. Näistä tuloksista osa johtunee hemokonsentraation muutoksista, kuitenkin enimmillään 9 %. (Eriksson ym. 1985.)

4.4 Voimaharjoitus

4.4.1 Voimaharjoituksen vaikutus veren aminohappoihin

Voimaharjoituksen on todettu aiheuttavan vähän muutoksia aminohappojen oksidaatioon. Voimaharjoittelu vähentää akuutisti proteiinisynteesiä sekä lisää proteiinien kataboliaa. Harjoituksen jälkeen proteiinisynteesi kuitenkin kiihtyy, sillä aminohappojen saatavuus kasvaa. (Rennie & Tipton 2000.)

Pitkäsen ym. (2001) tutkimuksessa 90 minuuttia kestävän voimaharjoituksen jälkeen havaittiin välttämättömissä aminohapoissa tilastollisesti erittäin merkittävää laskua (20,6 %). Alaniini, tauriini ja sitrulliini olivat ainoita aminohappoja, joissa ei havaittu muutoksia. Kaikki aminohapot huomioon ottaen tasoissa havaittiin tilastollisesti merkittävää laskua (14,8 %). Koehenkilöinä oli miespikajuoksijat ja -hyppääjät ja korkein laktaattiarvo harjoituksen seurauksena oli 2,5 ± 0,4 mmol/l.

4.4.2 Voimaharjoituksen vaikutus lihaksen aminohappoihin

Katz ym. (1985) tutkivat uupumiseen saakka suoritetun isometrisen harjoituksen (3/4 maksimaalisesta supistusvoimasta yhden minuutin ajan) vaikutusta lihaksen aminohappoihin. Tutkimuksessa havaittiin alaniinin konsentraatiossa nousua (30 %) ja glutamaatin konsentraatiossa laskua (30 %).

5 MUITA AMINOHAPPOAINEENVAIHDUNTAAN JA PROTEIINISYNTEESIIN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ

5.1 Ravinto

Riittävä proteiinien ja aminohappojen saanti on tarpeellista, jotta elimistölle voidaan taata tarpeellinen määrä rakennusaineita proteiinisynteesiä varten. Urheilijoiden katsotaan tarvitsevan päivittäin enemmän proteiineja ja aminohappoja, jotta kova, proteiinisynteesiä stimuloiva harjoittelu tuottaisi tarpeeksi tulosta lihassolutasolla. Kestävyysurheilijoilla lisääntyneen tarpeen katsotaan johtuvan lisääntyneestä aminohappojen oksidaatiosta ja mahdollisesti lisääntyneestä proteiinisynteesistä, joka korjaa pitkäkestoisen aerobisen harjoittelun aiheuttamia lihasvaurioita. Kestävyysurheilijoille suositellaan proteiinia 1,2-1,4 g / kg / päivä (tämä on noin 150-175 % normaalille ihmiselle suositeltavasta päivittäisestä proteiinin määrästä, RDA:sta). Voimaharjoittelussa lisääntynyt proteiinien tarve johtuu harjoittelun aiheuttamasta, lisääntyneestä proteiinisynteesistä. Voimalajien urheilijoille suositellaan nykytietämyksen valossa proteiineja 1,6 – 1,7 g / kg / päivässä (200-212 % RDA). Nämä lisääntyneet proteiinimäärät voidaan saada tavallisesta päivittäisestä, hyvin suunnitellusta ravinnosta. Proteiinista saatava energia tulisi käsittää 12 –15 % päivittäisestä energiasta. Normaaliravinnon hyviä proteiininlähteitä ovat mm. kananmuna, maito, kala, kana ja lihatuotteet. On kuitenkin aina huomioitava monipuolisen ravinnon kokonaisvaltainen vaikutus (hiilihydraatit, rasvat, proteiinit, vaitamiinit ja kivennäisaineet) tavoiteltaessa hyviä harjoitusvaikutuksia (Lemon 1998.)

5.2 Ikä

Useiden tutkimusten mukaan koko kehon proteiinimetabolia vähenee ikääntyessä. Jos koko kehon aminohappovirtaukset suhteutetaan kehon rasvattomaan painoon, iän vaikutus proteiinimetaboliaan häviää kuitenkin useassa tutkimuksessa. (Balagopal ym. 1997a) Balagopal ym. (1997b) havaitsivat kuitenkin tukimuksessaan ikääntymisen hidastavan koko kehon proteiinimetaboliaa senkin jälkeen, kun tulokset oli suhteutettu rasvattomaan kehon painoon

Ikääntyvillä ihmisillä rasvaton kudos pyrkii vähenemään etenkin luurankolihaksesta. Lihaskudoksen tilalle tulee yleensä rasvaa. (Going ym. 1995.) Luustolihas on kehon suurin yksittäinen proteiinivarasto käsittäen noin 80 % solumassasta ja 30 % koko kehon proteiinimetaboliasta normaalipainoisilla nuorilla aikuisilla (Nair ym. 1988). Lihas käsittää 75-ikävuoteen mennessä enää 40 % rasvattomasta kehon massasta ja sen osuus koko kehon proteiinisynteesissä on alle 20 % (Balagopal ym. 1997b). Tutkimuksissa on saatu selville, että lihaksen proteiinisynteesi laskee ikääntyessä (Balagopal ym. 1997b). Lisäksi havaittiin, että ikään liittyvät muutokset proteiinisynteesissä oli havaittavissa merkittävinä jo keski-ikäisillä koehenkilöillä. (Balagopal ym. 1997b, Rooyackers ym. 1996.)

5.3 Hormonit ja aminohappolisät

Hormoneilla on suuri merkitys proteiiniaineenvaihdunnassa. Mikäli hormoni vaikuttaa proteiinien aineenvaihduntaan, yltää sen vaikutus aina aminohappotasolle saakka. Hormoneista kasvuhormoni (kts. kpl 1.5.3) ja testosteroni lisäävät ja kortisoli vähentää proteiinisynteesiä (Guyton & Hall 1996, 925-1000). Insuliinilla on myös erittäin suuri vaikutus proteiinisynteesiin ja proteiinien hajoamisen estämiseen (Goldberg 1979). Uudemmat tutkimukset puolestaan ovat osoittaneet, että insuliinin kaltaisella kasvutekijä I:llä (IGF-I, kts. kpl 1.5.3) olisi ehkä jopa suurempi vaikutus kyseiseen tapahtumaan kuin insuliinilla (Fryburg ym. 1995).

Uusimmissa tukimuksissa ei ole voitu todistaa, että insuliinilla olisi tärkein rooli luustolihaksen proteiinisynteesin aktivoinnissa, kun insuliinia on lisätty elimistöön suun kautta (Svanberg ym. 1996b), laskimon sisäisesti (Gelfand & Barret 1987) tai aminohappojen kanssa yhdessä (Möller-Loswick ym. 1994). Svanberg ym. (1996a) tutkivat globulaarien ja myofibrillaaristen proteiinien synteesiä ja hajoamista käsivarren ja jalan lihaksissa terveillä koehenkilöillä, kun koehenkilöille (neljä tervettä 30+/-2 vuotiasta miestä) lisättiin asteittain aminohappojen infuusiota laskimon sisäisesti. Tutkijat havaitsivat, että plasman aminohappojen määrän lisääntyminen oli yhteydessä proteiinisynteesin stimulointiin ja proteiinien hajoamisen vähenemiseen sekä käsivarren että jalan lihaksissa huolimatta siitä, että plasman insuliinin, veren IGF-I:n, glukoosin, laktaatin tai vapaiden rasvahappojen konsentraatiot eivät muuttuneet. Tutkimuksessa kysteiinin, tyrosiinin ja tryptofaanin soluun otto ei ollut merkitsevä, mistä tutkijat vetivät johtopäätöksen, että tietyt aminohapot stimuloivat proteiinisynteesiä ja vähentävät proteiinien hajoamista luustolihaksessa. (Svanberg ym. 1996a.)

Biolo ym. (1997) tutkivat puolestaan ylimääräisten aminohappojen vaikutusta aminohappoaineenvaihduntaan levossa ja kuormituksen jälkeen. Tutkimus tehtiin isotooppisesti ja biopsioita hyväksi käyttäen jalan lihaksista. Tutkimuksessa havaittiin, että laskimonsisäinen aminohappoinfuusio (alaniinia, fenyylialaniinia, leusiinia, lysiiniä) aiheutti merkittävää lisääntymistä sekä veren että lihaksen aminohappokonsentraatioissa sekä levossa että kuormituksen seurauksena. Aminohappojen kuljetus elimistössä lisääntyi kuitenkin merkitsevästi enemmän kuormituksen seurauksena kuin levossa, osaltaan lisääntyneen veren virtauksen johdosta. Tutkijat olettivat, että ylimääräisten aminohappojen proteiinisynteesiä stimuloiva vaikutus lisääntyy kuormituksen seurauksena, osaltaan lisääntyneen verenvirtauksen seurauksena ja että proteiinien nauttiminen heti harjoituksen jälkeen on tehokkaampaa anabolian kannalta kuin proteiinien nauttiminen myöhempänä ajankohtana harjoituksen jälkeen

6 TERNIMAITO

6.1 Dynamic™ Colostrum -ternimaitovalmisteen koostumus

Dynamic™ Colostrum (Hi-Col, Oulu) on luonnollisista raaka-ainemateriaaleista valmistettu ternimaitovalmiste. Sen tarkempi koostumus on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Dynamic™ Colostrum -ternimaitovalmisteen koostumus.

KOOSTUMUS
Terniheran keskimääräinen sisältö

Immunoglobuliinit	
IgG1	15,0 g/l
IgG2	2,6 g/l
IgM	1,4 g/l
IgA	1,0 g/l

Antimikrobiaaliset tekijät	
Laktoferriini	1,5 g/l
Laktoperoksidaasi	30 mg/l
Lysosyymi	0,4 mg/l
Kasvutekijät	
IGF-I	250 µg/l
Des(1-3)IGF-I	on
TGF-β	on

B-vitamiinit	
Tiamiini	0,8 mg/l
Riboflaviini	4,5 mg/l
Nikotiinihappo	0,9 mg/l
Pantoteenihappo	2,0 mg/l
Pyridoksiini	0,3 mg/l
Kobalamiini	0,03 mg/l
Foolihappo	0,005 mg/l

Aminohapot
26 erilaista, mm. kaikki välttämättömät

Muita vaikuttavia aineita	
Kreatiini	160 mg/l
L-karnitiini	20 mg/l
Tauriini	50 mg/l
Koliini	530 mg/l
Biotiini	0,05 mg/l
Askorbiinihappo	25 mg/l
α-laktalbumiini	2,5 g/ l

Kivennäis- ja hivenaineet	
Kalsium	1,8 g/l
Kalium	1,5 g/l
Fosfori	1,5 g/l
Kloridi	2,7 g/l
Natrium	0,7 g/l
Magnesium	0,3 g/l
Sinkki	16,0 mg/l
Rauta	1,5 mg/l
Mangaani	0,3 mg/l
Kupari	0,3 mg/l
Seleeni	0,03 mg/l
Molybdeeni	0,03 mg/l

Yksi annospussi Dynamic ™ Colostrumia vastaa 25 ml terniheraa ja sisältää:

Rasvaa	0 g
Proteiinia	0,6 g
Hiilihydraatteja	1,4 g
Energiaa	34 kJ (8 Kcal)

Ternimaito on vastasynnyttäneen lehmän maitoa, joka sisältää runsaasti biologisesti aktiivisia aineita (Korhonen ym 1978.) Ternimaitovalmiste puolestaan on ternimaidosta valmistettu ravintoainelisä, josta on poistettu rasva. Lehmän ternimaidosta on pystytty eristämään useita polypeptidikasvutekijöitä, mm. insuliinin kaltaisia kasvutekijöitä (insulin –like growth factors) IGF-I ja IGF-II (Francis ym. 1988). Ihmisen ja lehmän seerumin IGF-I:n on todettu olevan rakenteeltaan ja aminohappojärjestykseltään identtisiä. Lehmän ternimaidosta on eristetty lisäksi vielä IGF-I-muoto, joka eroaa lehmän ja ihmisen seerumin IGF-I-muodosta kolmen aminohapon verran. Francis ym. (1988) otaksuivat, että N-terminuksen puuttuva tripeptidi, Gly-Pro-Glu, tekee ternimaidon IGF-I:stä biologisesti vielä aktiivisemman muodon kuin seerumin IGF-I on. Normaali IGF-I:n määrä veressä aikuisilla on noin 200 µg/l, tavallinen maito sisältää < 10 µg/l (Mero ym. 1997a), lehmän ternimaito 200-2000 µg/l ja Dynamic™ Colostrum 250 µg/l.

6.2 Aikaisempia tutkimustuloksia ternimaidosta

Buckley ym. (1998, kongrenssiraportti) tutkivat ternimaitovalmisteen (Intact™North Field Laboratories Pty Ltd, 60 g päivässä) vaikutusta plasman IGF-I :n konsentraatioon ja kestävyysjuoksusuoritukseen (kaksi uupumukseen saakka suoritettua juoksumattotestiä, välissä 20 minuutin palautus; 10 km/ h, 1%:n juoksumaton kulman kohotus joka kolmas minuutti) 39 mieskoehenkilöllä. Tutkimus oli satunnaistettu kaksoissokkotutkimus. Tutkimuksessa havaittiin, että ternimaitovalmiste ei lisännyt merkittävästi plasman IGF-I:n konsentraatiota, mutta paransi suorituskykyä kahdeksan viikon seurantajakson jälkeen ternimaitovalmistetta nauttineella ryhmällä. Ternimaitovalmisteryhmä kykeni juoksemaan testissä pidemmän ajan ennen uupumusta, kun taas kontrolliryhmän suoritus pysyi samana.

Mero ym.(1998b, kongrenssiraportti) tutkivat ternimaitoa sisältävien pastillien (päivittäin 32g pastilleja, jotka sisälsivät 2 g ternimaitopuuteria) vaikutusta kestävyysurheilijoiden terveyteen 29 miesurheilijalla ja 20 naisurheilijalla 28 päivää kestävän tutkimusjakson ajan. Tutkimus oli satunnaistettu tutkimus. Tutkijat eivät havainneet mitään muutoksia veren hemoglobiiniarvoissa, hematokriittiarvoissa, senkassa tai syljen IgA-määrissä koe- ja kontrollihenkilöiden välillä. Naisurheilijoilla havaittiin merkittävästi vähemmän kuumepäiviä ja li-

hasarkuutta koeryhmässä verrattuna kontrolliryhmään. Mieskoehenkilöillä ei havaittu mitään vastaavia eroja koe- ja kontrolliryhmien välillä. Tutkimusta tarkasteltaessa täytyy toki ottaa huomioon, että tutkimuksen mittausajanjakso oli lyhyt tutkittaessa kuumepäivien esiintyvyyttä.

Meron ym. (1997a) tutkimuksessa todettiin kahdeksan päivän ajan nautitun ternimaitovalmiste Bioenervin (125 ml/päivä) lisäävän pikajuoksijoiden ja hyppääjien lyhyen (8 päivää) harjoittelujakson aikana veren IGF-I määrää lineaarisesti (määrä kasvoi tutkimusjakson edetessä ja ternimaitovalmisteen nauttimisajan lisääntyessä). Ternimaitovalmiste ei vaikuttanut veren IgG:iin, hormoneihin, veren aminohappopitoisuuksiin (välttämättömät, haaraketjuiset, totaalisumma) eikä syljen IgA:n. Meron ym. (2000) tutkimuksessa havaittiin puolestaan 20 g Dynamic™ Colostrumia päivässä lisäävän veren IGF-I:n, IgG:n ja syljen IgA:n pitoisuutta mies- ja naisurheilijoilla harjoitusjakson aikana.

Smeets ym. (2000) havaitsivat proteiinijauheternimaitovalmisteen (Intact, 60 g / päivä) parantavan eliittijääkiokkoilijoiden (osa Hollannin maajoukkuepelaajia) suorituskykyä 5 x 10 m pikajuoksutestissä verrattuna pelkkää proteiinivalmistetta saaneisiin urheilijoihin kahdeksan viikon tutkimusjakson aikana. Aikaparannus oli ternimaitovalmisteryhmällä 0,64 ± 0,09 s ja kontrolliryhmällä 0,33 ± 9 s (p= .023).

6.3 Ternimaitovalmisteeseen läheisesti liittyvät hormonit ja proteiiniaineenvaihdunta

Hormonit vaikuttavat osaltaan proteiinisynteesiin ja sen taustalla olevaan aminohappojen aineenvaihduntaan. anabolisia, proteiinisynteesiä lisääviä hormoneja ovat kasvuhormoni, IGF-I, testosteroni ja insuliini. Katabolisia, proteiinisynteesiä rajoittavia hormoneja on mm. kortisoli. (Välimäki ym. 2000.) Näistä hormoneista suurinta mielenkiintoa ternimaitovalmisteen yhteydessä herättävät kasvuhormoni ja IGF-I ternimaitovalmisteen sisältämän IGF-I:n vuoksi ja vielä taustoiltaan epäselvän IGF-I:n ja kasvuhormonin yhteistoiminnan vuoksi.

Seuraavissa kappaleissa selvitetään kasvuhormonin ja IGF-I:n koostumusta ja toimintaa elimistössä proteiinisynteesin kannalta.

6.3.1 Kasvuhormoni ja IGF-I

Kasvuhormoni, toiselta nimeltään somatotropiini, kuuluu kemialliselta koostumukseltaan proteiinien tai peptidien kaltaisten hormonien ryhmään. Se erittyy aivolisäkkeessä ja koostuu 191 aminohaposta yhdessä ketjussa. (Guyton & Hall 1996, 925-1000.) Kasvuhormonin eritys on pulssittaista ja suurinta iltayöstä. Erityistä säätelevät kasvuhormonin vapauttajahormoni (GHRH) ja vapautusta inhiboiva hormoni somatostatiini (SRIF). (Välimäki ym. 2000.) Kasvuhormonin vaikutus on erittäin pitkäaikaista ja vaikutuksen tulos saatetaan saavuttaa vasta kuukausienkin päästä. Kasvuhormoni ei vaikuta kohde-elimiin, vaan sen vaikutus voidaan havaita kaikissa tai ainakin melkein kaikissa kehon kudoksissa, jotka pystyvät kasvamaan. (Guyton & Hall 1996, 925-1000.)

Kasvuhormonin eritys on sykkivää ja se vaihtelee minuuteittain. Erityksen vaikuttavat mm. ikä, kehon koostumus, sukupuolihormonit, uni, ravinto, metabolinen stressi, sukupuoli, fyysinen kunto ja aktiivisuustaso, systeemiset sairaudet ja lukuisat farmakologiset valmisteet (Iranmanesh ym. 1992).

Kasvuhormoni on voimakkaan anabolinen hormoni. Kasvuhormonilla on todettu olevan yhdessä IGF-I-hormonin ja insuliinin kanssa merkittävin rooli päivittäisen proteiinisynteesin säätelyssä (Fryburg & Barret 1995). Kasvuhormoni lisää proteiinisynteesiä kaikissa kehon soluissa, mobilisoi kehon rasvoja, lisää rasvahappojen määrää veressä, lisää rasvan käyttöä energianlähteenä ja vähentää glukoosin käyttöä koko kehossa. (Guyton & Hall 1996, 925-1000.) Fryburgin ym. (1991) tutkimuksen mukaan paikallisesti kyynärvarteen injektoitu kasvuhormonilisä stimuloi proteiinisynteesiä terveillä ihmisillä jo kuudessa tunnissa.

Kasvuhormonin vaikutus välittyy yleensä erityisten kasvutekijöiden avulla, joista IGF-I lienee merkittävin (Russel-Jones & Umpleby 1996). IGF–I on emäksinen 70 aminohaposta koostuva peptidi ja sitä kutsutaan myös somatomediini–C:ksi. Monet somatomediinien vai–

kutuksen kasvuun ovat saman tyylisiä kuin insuliinin vaikutukset kasvuun, joten somatomediinejä kutsutaan toiselta nimeltä insuliinin kaltaisiksi kasvutekijöiksi (IGF = insulin-like growth factor). (Välimäki ym. 2000, 454–455.) IGF–I:n konsentraatio veressä noudattelee tarkasti kasvuhormonin erittymisen määrää. Kun kasvuhormonia on tarjolla riittävästi, mutta IGF–1:tä ei, ei esimerkiksi puberteetti–iän kasvussa saavuteta normaaleja rajoja. (Guyton & Hall 1996b, 925–1000.)

6.3.2 Kasvuhormonin ja IGF-1:n vaikutus proteiinisynteesiin

Kasvuhormoni promotoi proteiinisynteesiä kiihdyttämällä aminohappojen kulkua solukalvon läpi ja eksitoimalla solun tumassa tapahtuvaa geenien transkriptiota, mikä puolestaan johtaa lisääntyneeseen RNA-määrään. IGF-1:llä on todettu myös olevan vahva anabolinen vaikutus lihaskudokseen ja sen toiminnan on todettu liittyvän kasvuhormonin feedbackiin. (Kraemer 1988.)

Yarashekin ym. (1993a) tutkimuksessa selviteltiin lyhytaikaisen kasvuhormonilisän (14 päivää) vaikutuksia lihaksen proteiinisynteesiin kokeneilla painonnostajilla. Kasvuhormonilisien seurauksena koehenkilöiden IGF–1–tasot nousivat merkittävästi, mutta lihaksen proteiinisynteesissä ei havaittu merkittäviä eroja alkutilanteeseen verrattuna. Tutkimuksen seurauksena pääteltiin, että veren IGF–1:n määrällä näyttäisi olevan pienempi rooli voimaharjoituksen seurauksena ilmenevässä lihasmassan kasvussa kuin kasvuhormonilla. (Clemmons 1992.)

7 TUTKIMUSONGELMAT JA TUTKIMUSHYPOTEESIT

Ternimaitovalmisteita on tutkittu muutamissa tutkimuksissa ja todettu sen vaikuttavan suorituskykyä lisäävästi aerobisessa suorituksessa (Buckley ym. 1998, kongrenssiraportti), vaikuttavan edullisesti vastustuskykyyn naisilla lyhyen seurantajakson aikana (Mero ym. 1998b, kongressiraportti) lisäävän veren IGF-I pitoisuutta pikajuoksijoiden ja hyppääjien harjoittelujakson aikana muuttamatta kuitenkaan hormonivasteita ja aminohappojen määriä välttämättömillä aminohapoilla, haaraketjuisilla aminohapoilla tai kaikilla aminohapoilla yhteensä (Mero ym. 1997a). Lisäksi sen on todettu lisäävän IGF-I:n, IgG:n ja syljen IgA:n pitoisuutta veressä mies- ja naisurheilijoilla 14 päivän harjoitusjakson aikana (Mero ym. 2000) ja parantavan eliittijääkiekkoilijoiden suorituskykyä 5 x 10 m pikajuoksutestissä (Smeets ym. 2000).

Ternimaitovalmisteen vaikutuksia yksittäisiin aminohappoihin tai aminohapporyhmiin ei ole tutkittu voimaharjoituksen yhteydessä, ei myöskään ternimaitovalmisteen vaikutuksia yksittäisiin aminohappoihin lepotilassa. Miksi sitten ternimaitovalmiste vaikuttaisi aminohappopitoisuuksiin voimaharjoituksessa tai levossa? Mahdollisen vaikutuksen oletetaan perustuvan ternimaidon sisältämiin biologisesti korkea-arvoisiin proteiineihin (proteiinien luokittelu biologisen arvon perusteella, kts. Golgan 1998) ja siten teollisen ternimaitovalmisteen sisältämiin aminohappoihin sekä / tai IGF-1:een ja sen lisääntyneeseen määrään veressä valmisteen nauttimisen seurauksena. Mikäli valmiste lisää IGF-1:n määrää elimistössä, voidaan lisääntyneen IGF-1:n määrän olettaa lisäävän yhdessä elimistön oman kasvuhormonin kanssa proteiinisynteesiä.

Tutkittaessa mahdollisia muutoksia aminohappojen pitoisuuksissa veressä on toki otettava huomioon aminohappojen mahdollinen vähäinen käyttö energiaksi voimaharjoituksen aikana sekä eritys kehosta pois hien mukana tai siirtyminen ureasykliin. Myöskään aminohappoaltaan toisessa osassa, lihaksessa, tapahtuvia muutoksia ei mitata tässä työssä. Siten pelkkä muutos aminohappopitoisuuksissa ei kertone tarkasti, että muutosta tapahtuisi samassa suhteessa myös proteiinisynteesitasolla.

Tämän työn tutkimusongelmana on, vaikuttaako kahden viikon ajan nautittu ternimaitovalmiste veren aminohappopitoisuuksiin levossa ja voimaharjoituksen yhteydessä.

Tutkimushypoteesi 1: *Ternimaitovalmiste muuttaa veren aminohappojen pitoisuuksia sekä lepo- että kuormitustilanteessa.*

Ternimaitovalmisteen sisältämät korkeat aminohappomäärät lisännevät veren aminohappojen pitoisuutta kahden viikon supplementaation jälkeen sekä lepo- että kuormitusryhmässä. Mikäli ternimaitovalmisteen nauttiminen lisää IGF-I:n määrää veressä, kuten on havaittu mm. Meron ym. tutkimuksissa (1997a ja 2000), voidaan sen olettaa stimuloivan proteiinisynteesiä ja näkyvän myös muutoksina aminohappojen pitoisuuksissa. Lisäksi tarkastellaan, vaikuttaako ternimaitovalmiste suorituskykymuuttujiin (isometrinen voima, väsymisprosentti ja uupumukseen saakka vietyjen toistojen määrä) voimaharjoituksen yhteydessä.

Tutkimushypoteesi 2: *Voimaharjoitus muuttaa veren aminohappojen pitoisuuksia verrattuna lepotilanteeseen. Muutos on samansuuntainen kuin aiemmissa tutkimuksissa.*

Pitkänen ym. (2001) havaitsi voimaharjoituksen laskevan merkitsevästi sekä välttämättömien että kaikkien aminohappojen pitoisuuksia veressä. Raskas voimaharjoitus aiheuttanee elimistössä vasteen, mikä näkyy aminohapoissa edellä mainitulla tavalla.

Lisäksi tarkastellaan, vaikuttaako ternimaitovalmiste kuormitusryhmän suorituskykyyn hypertrofisessa voimaharjoituksessa.

8 TUTKIMUSMENETELMÄT

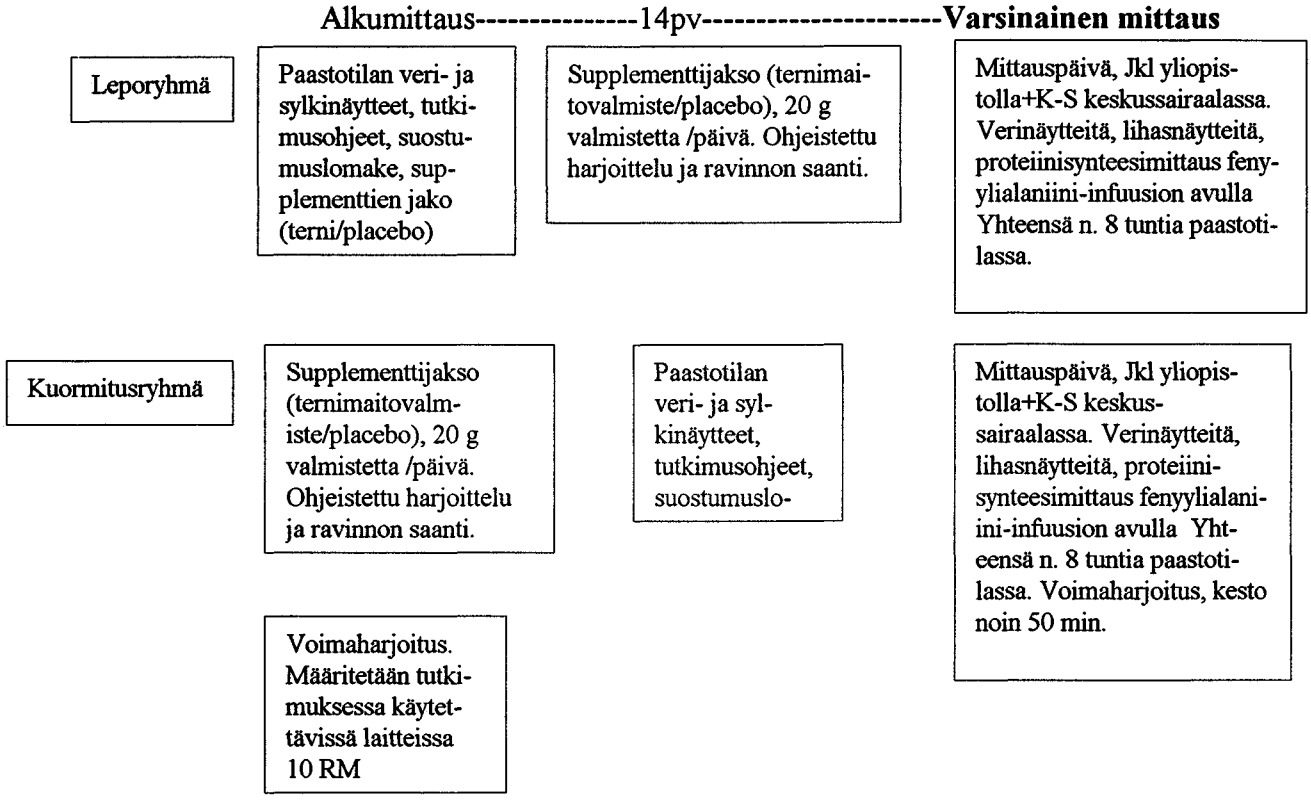
8.1 Koehenkilöt

Tutkimuksen koehenkilöinä oli 12 tervettä, 20-35 –vuotiasta liikuntaa kuntoilupohjalta harrastavaa miestä. Jokaiselle koehenkilölle jaettiin tarkka kuvaus tutkimuksesta ja siihen mahdollisesti liittyvistä riskeistä (liite 1). Jokainen koehenkilö allekirjoitti suostumuslomakkeen ennen tutkimuksen alkua (liite 2). Lisäksi annettiin ohjeet tutkimukseen valmistautumisesta (liite 3), ravintopäiväkirjalomakkeet (liite 4) ja harjoituspäiväkirjalomakkeet (liite5). Raskasta liikuntaa kehoitettiin välttämään kolmena tutkimusta edeltävänä päivänä ja mittauksia edeltävä päivä tuli pitää lepopäivänä.

8.2 Koeasetelma

Koehenkilöt jaettiin satunnaisesti kahteen eri ryhmään, josta toinen oli ns. leporyhmä ja toinen kuormitusryhmä. Jokainen koehenkilö kävi läpi kaksi mittauspäivää, joiden välillä oli vähintään yksi kuukausi. Kaksi viikkoa ennen kumpaakin mittauspäivää koehenkilöltä otettiin paastotilan veri- ja sylkinäytteet, mitattiin pituus (0,1 cm:n tarkkuudella) ja paino (0,1 kg:n tarkkuudella) sekä annettiin mukaan kahden viikon annos joko ternimaitovalmistetta tai placebovalmistetta. Koeasetelma käy ilmi kuviosta 4. Kukin koehenkilö nautti valmistetta 20 g päivässä tasaisesti nesteeseen sekoitettuna. Ternimaitovalmisteen koostumus selviää taulukosta 2. Placebovalmiste oli maltodekstriiniä. Tutkimus suoritettiin kaksoissokkotutkimuksena, joten koehenkilö ja mittaaja eivät kumpikaan tienneet, kumpaa valmistetta koehenkilö kummallakin kerralla sai. Kuormitusryhmälle suoritettiin ensimmäisellä mittauskerralla 10 RM voimamittaus voimaharjoituksessa käytettävissä laitteissa sekä määritettiin kunkin laitteen asetukset sopiviksi.

KOEASETELMA



Kuvio 4. Koeasetelma. Kumpikin ryhmä toisti esitetyn mittausjakson kahteen kertaan. Toisella kerralla supplementtina oli placebo- ja toisella ternimaitovalmiste Dynamic™ Colostrum.

8.3 Aineiston keräys

8.3.1 Harjoittelun ja ravinnon seuranta tutkimusjakson aikana

Jokainen koehenkilö täytti molemmilta kahden viikon supplementtijaksoilta harjoituspäiväkirjaa, jonka avulla seurattiin viikkojen fyysistä kuormittavuutta. Kullekin koehenkilölle oli annettu ohjeeksi jatkaa normaalia liikuntaharrastusta, mutta jättää pois lihasten mikrorakennetta rikkovat harjoitukset (erittäin kovat voimaharjoitukset tai kestävyyssuoritukset). Lisäksi koehenkilöitä kehotettiin pitäytymään kovasta harjoittelusta ja voimaharjoittelusta kokonaan mittausta edeltävän kolmen päivän ajan ja pitämään täysin lepopäivänä mittausta edeltävä päivä. Koehenkilöt täyttivät myös ruokapäiväkirjan ravintoanalyysiä varten viiden mittauspäivää edeltävän päivän ajalta. Ohjeena ravinnon osalta oli noudattaa normaaleja ravitsemusohjeita: 50-60% hiilihydraatteja, 10-15 % proteiineja ja alle 30% rasvaa päivittäisestä ravinnon saannista (Rehunen & Fogelholm1993). Mittauspäivää edeltävänä 12 tuntina koehenkilö ei saanut syödä mitään. Ainoastaan veden nauttiminen oli sallittua.

8.3.2 Mittauspäivä

Koehenkilö saapui mittauspäivänä 07.45 mittauspaikalle (liikunta- ja terveystieteiden laboratorio) paastotilassa (syömättä 12 tuntia). Häneltä otettiin veri- ja sylkinäytteet sekä paino. Tämän jälkeen koehenkilö kuljetettiin Keski-Suomen Keskussairaalaan, jossa kokeelliset mittaukset tehtiin. Tästä lähtien noudatettiin tarkkaa minuuttiaikataulua, joka käy ilmi aminohappojen osalta seuraavasta taulukosta (3). Mahdolliset poikkeamat aikataulusta kirjattiin ylös. Tutkimus oli osana laajempaa proteiinisynteesitutkimusta, jonka tarkka, kaikki osiot sisältävä aikataulu löytyy liitteestä 6.

Taulukko 3. Mittauspäivän aikataulu vapaiden aminohappojen (AA)osalta.

Aika (min)	**Tapahtuma**		**Verinäyte Vapaat AA:t**
-75	taustanäytteet	lihasbiopsia	laskimo, 1. näyte
55	voimaharjoitus alkaa		
105	voimaharjoitus loppuu		
135	30 min harj. päättymisestä		valtimo+laskimo, 2. näyte
165	60 min harj. päättymisestä	lihasbiopsia	valtimo+laskimo 3. näyte
270	2 h 45 min harj. päättymisestä		valtimo+laskimo 4. näyte
300	3 h 15 min harj. päättymisestä	lihasbiopsia	valtimo + laskimo 5. näyte

8.3.3 Mittauspäivän voimaharjoitus

Kuormitusryhmään kuuluvat koehenkilöt tekivät molempina mittauspäivinä raskaan voimaharjoituksen. Voimaharjoitusta ennen koehenkilö verrytteli yhteensä 10 minuutin ajan niin, että lämmittely suoritettiin kuntopyörällä polkien, jonka jälkeen koehenkilö venytteli omaehtoisesti tärkeimmät lihasryhmät. Lisäksi koehenkilö sai tehdä muutaman verryttelynoston harjoituksen ensimmäisessä osassa, jalkakyykyssä. Osioina harjoituksessa olivat jalkakyykky, pakaraliike telineessä ja yhden jalan jalkaprässi. Jalkojen isometristä voimantuottoa mitattiin jalkadynamometrillä. Ensimmäisellä kierroksella kutakin liikettä tehtiin aiemmin määritetyllä 10 RM painolla 10 toistoa ja toisella kierroksella niin monta toistoa kuin menee. Jalkadynamometrissä kukin koehenkilö teki aina kolme suoritusta, joista laskettiin keskiarvo. Mitta-

uskerran maksimivoima laskettiin jalkadynamometrissä kolmen parhaan suorituksen keskiarvona (juuri ennen voimaharjoitusta tehdyistä suorituksista, taulukko 4, kohdat 2,3 ja 4). Väsymisprosentteja laskettaessa laskettiin ero harjoituksen alussa ja lopussa tehtyjen isometristen suoritusten keskiarvojen välillä. Voimaharjoitukseen liittyvät veren laktaattipitoisuudet määritettiin sormenpään verinäytteestä ennen voimaharjoitusta, heti voimaharjoituksen jälkeen, 2,5 minuuttia harjoituksen jälkeen ja viisi minuuttia harjoituksen jälkeen. Seuraavasta taulukosta (4) käy ilmi koko voimaharjoitusrunko palautuksineen:

Taulukko 4. Kuormitusryhmän voimaharjoitus palautuksineen.

Liikejärjestys	Palautus	Liikejärjestys	Palautus
1 verryttely + venyttely (kesto 10 min)	0-1 min pal	13 jalkaprässi vas	1 min pal
2 jalkadynamometri	1 min pal	14 jalkaprässi oik	0,5 min pal
3 jalkadynamometri	1min pal	15 jalkaprässi vas	1 min pal
4 jalkadynamometri	2 min pal	16 jalkakyykky *	2 min pal
5 jalkakyykky	2 min pal	17 pakarat *	2 min pal
6 jalkakyykky	2 min pal	18 jalkaprässi oik *	0,5 min pal
7 pakarat	1,5 min pal	19 jalkaprässi vas *	2 min pal
8 pakarat	2 min pal	20 jalkadynamometri	1 min pal
9 jalkadynamometri	1 min pal	21 jalkadynamometri	1 min pal
10 jalkadynamometri	1 min pal	22 jalkadynamometri	
11 jalkadynamometri	2 min pal	*uupumukseen saakka suoritetu liike	
12 jalkaprässi oik	0,5 min pal		

8.3.4 Verinäytteen otto ja näytteiden käsittely

Paastoverinäytteet otettiin kyynärvarren laskimosta paastotilassa klo 0745-0815 välisenä aikana kahden viikon tutkimusjakson alussa sekä lopussa. Näytteet varastoitiin vähintään – 20 Celsiusasteeseen myöhempää analysointia varten. Näytteistä analysoitiin hemoglobiini, hematokriitti, kolesteroli, glukoosi, senkka, kolesteroli ja kasvutekijä IGF-1.

Hemoglobiini määritys: Hemoglobiininäytteenä käytettiin EDTA-verta (näyte otettiin 3/5 ml:n Venoject EDTA-putkeen) Näyte siirrettiin välittömästi Hemocue® -hemoglobiinianalysaattorin kyvettiin ja mittaus suoritettiin fotometrisesti.

Hematokriitin määritys: Hkr-kapillaari täytettiin EDTA-verellä, kapillaari sentrifugoitiin Hkr-sentrifuugilla 12000 x g viisi minuuttia. Tämän jälkeen mitattiin punasolujen ja plasman suhde lukulaitteella.

Glukoosin määritys: EDTA-verta siirrettiin Hemoque®-glukoosianalysaattorin omaan kyvettiin välittömästi näytteenoton jälkeen. Näyte analysoitiin fotometrisesti.

Senkan määritys: Verinäyte otettiin La-putkeen (Venoject 7 ml La-putki). Näytteenoton jälkeen putki pidettiin 30 minuuttia huoneenlämmössä, sekoitettiin ja annettiin laskeutua telineessä yksi tunti, minkä jälkeen punasolujen laskeuma mitattiin viivoittimella.

Kolesterolin määritys: Verinäyte laitettiin sentrifuugiputkeen (Venoject 7 ml) ja sentrifugoitiin 3500 x g. Seerumi erotettiin analyysiä varten. Seerumin analyysi suoritettiin fotometrisesti käyttäen kaupallista kolesterolireagenssiä (valmistaja Roche).

IGF-I:n määritys: Verinäyte otettiin sentrifuugiputkeen (Venoject 7 ml sentrifuugiputki), näyte sentrifugoitiin 3500 x g ja seerumi erotettiin analyysiä varten. Näyte pakastettiin ja lähetettiin analyysiä varten pakastettuna. Näyte analysoitiin Oulun yliopiston fysiologian laitoksella (Suomen Bioanalytiikka Oy).

8.4 Aineiston analysointi

8.4.1 Näytteiden käsittely veren vapaiden aminohappojen määritystä varten

Verinäytteet otettiin mittauspäivänä aiemmin käsitellyn aikataulun mukaisesti (kts. taulukko 3). Seerumi erotettiin välittömästi verinäytteestä näytteen oton jälkeen ja säilöttiin –80 C°:ssa. Seerumista otettiin 50 mL ja siihen lisättiin 100 µl sisäistä standardiliuosta (59.0 nmol/ml nor-valiinia, 227 nmol/mL b-aminobutyyrihappoa) sekä 100 mL asetonitriiliä. Liuos sekoitettiin Vortexilla ja laitettiin jäähän yhdeksi tunniksi. Näytteeseen sekoitetaan 750 µl UHQ-vettä, jotta sen tilavuus saadaan lähelle 1 ml:aa. Näyte sekoitettiin Vortexilla, minkä jälkeen sitä pipetoitiin 100 µl filtterillä varustettuun Eppendorf-putkeen. Näytteet sentrifugoitiin mikrosentrifugilla (10000 rpm). Filtterin läpi menneestä puhtaasta liuoksesta määritettiin aminohappojen pitoisuudet HPLC:llä.

8.4.2 Veren vapaiden aminohappojen pitoisuuden määritys RP-HPLC:llä

Vapaat aminohapot määritettiin Jyväskylän yliopiston kemian laitoksella käänteisfaasinestekromatografilla (High Performance Liquid Chromatography, RP-HPLC), johon oli yhdistetty fluorosenssidetektori. Aminohapot analysoitiin niiden *orto*-ftaalialdehydi (OPA) -derivaatoista. (Lahti 2000.)

HPLC-laitteisto koostui 5 µm C_{18}-silikakolonnista ja nestekromatografista (malli 5060) varustettuna UV-detektorilla (malli 441), jonka aallonpituus oli 214 nm. Ajoliuoksena käytettiin asetonitriiliseosta (pH =7,0). Ajoliuoksen virtausnopeus oli 1,4 ml/minuutti ja jokaisen näytteen jälkeen kolonni saatettiin tasapainotilaan ajoliuoksella. Näytteiden injektoinnissa käytettiin autosampleria (Waters 717 Autosampler). OPA-aminohappoderivaatat injektoitiin C_{18} –käänteisfaasikolonniin (Zorbax SB C 18, 3,5 :m, 3.0 x 150 mm), joka oli pakattu silikamaterialla. Kolonnissa yhdisteet erottuivat. Näytteet eluoitiin käyttämällä asetonitriiligradienttia natriumfosfaattipuskurissa. Ajoliuoksen pH säädettiin 10 % fosforihapolla siten, että pH:ksi saatiin 7,4. Ajoaika oli noin 10-30 minuuttia riippuen aminohapoista (eri aminohapot

eluoituivat eri aikoina, vähiten hydrofobiset ensin). Analysoitaessa näytteitä HPLC:llä käytettiin fluorosenssidetektoria, sillä primääriset aminohapot voitiin helposti muuttaa fluoresoiviksi yhdisteiksi ja koska kyseinen detektori (Perkin-Elmer LS-4 Fluoroscence Spectrometer) oli erittäin herkkä. Tulokset käsiteltiin erillisellä tietokoneohjelmalla (Session manager, millenium version 2.15) ja laskettiin seuraavaa kaavaa hyväksi käyttäen. (Lahti 2000.)

Näytteiden määrittämisessä apuna käytetty kaava:

$C_s / A_s = f \cdot C_I / A_I$, jossa

C_s = standardin konsentraatio,

A_s = standardin huippuala,

C_I = sisäisen standardin konsentraatio

A_I = sisäisen standardin huippuala.

Tämän kaavan ratkaisemisen jälkeen käytetty kaava

$C_x / A_x = f \cdot C_I / A_I$, jossa

C_x = tuntematon konsentraatio ja

A_x = tuntematon huippuala.

8.4.3 Veren laktaatin analysointi

Veren laktaatti analysoitiin sormenpääverinäytteestä Lactate Pro analyzer –laitteella (Arkray Factory Inc. KDK Corporation, Shiga, Japan) ennen harjoitusta, heti harjoituksen jälkeen, 2,5 minuuttia harjoituksen jälkeen ja 5 minuuttia harjoituksen jälkeen. Menetelmä perustuu jännitteen muutokseen ja entsymaattiseen reaktioon testiliuskassa.

8.4.4 Ruoka- ja harjoituspäiväkirjojen analysointi

Ruokapäiväkirjojen tiedot jokaiselta koehenkilöltä analysoitiin Micro Nutrica – tietokoneohjelmalla. Tuloksia tarkasteltiin ryhmien keskiarvoina eri mittauskerroilla. Harjoittelupäiväkirjat analysoitiin. laskemalla harjoitukset sekä harjoitustunteina että -kertoina. Myös harjoittelua verrattiin ryhmien keskiarvoina eri mittauskerroilla.

8.4.5 Tilastolliset menetelmät

Päämuuttujina tutkimuksessa olivat verisuoni (valtimo/laskimo), aika (näytteenoton ajankohta: 135, 165, 270, 300 minuuttia), ryhmä (lepo/kuormitus) ja käsittely (placebo/terni). MANOVAN avulla tarkasteltiin näiden muuttujien vaikutuksia aminohappojen pitoisuuksiin yksin (päävaikutus) ja erilaisina yhdistelminä (yhdysvaikutus). Tilastollisen merkitsevyyden raja-arvoina käytettiin $p < .05$ (melkein merkitsevä *), $p > .01$ (merkitsevä **) ja $p < .001$ (erittäin merkitsevä ***). Mikäli mittausajankohdan havaittiin vaikuttavan tilastollisesti merkitsevästi (joko pää- tai yhdysvaikutus), tarkasteltiin merkitsevyyksien sijoittumista suhteessa mittausajankohtaan t–testityyppisen kontrastitarkastelun avulla. Lisäksi tarkasteltiin ennen voimaharjoitusta otetun laskimonäytteen muutosta heti voimaharjoituksen jälkeen otettuun laskimonäytteeseen kaksisuuntaisen t-testin avulla. Muiden muuttujien (ravinto, antropometria, biokemialliset muuttujat, harjoittelu) tarkastelussa käytettiin myös kaksisuuntaista t-testiä. Kaikkia muuttujia tarkasteltiin keskiarvoina ja niille laskettiin keskivirheet (aminohappojen pitoisuudet) tai keskihajonnat (muut muuttujat).

9 TULOKSET

9.1 Koehenkilöiden antropometria ja veriarvot

Lepo- ja kuormitusryhmän koehenkilöiden taustamuuttujien kuvaus on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Lepo- ja kuormitusryhmien taustamuuttujat placebo- ja ternimaitovalmistekäsittelyn aikana (keskiarvot ± keskihajonnat)

	Leporyhmä (n=6)		Kuormitusryhmä (n=6)	
Käsittely	**Placebo**	**Terni**	**Placebo**	**Terni**
pituus (cm)	181 ± 3		183 ± 9	
paino (kg)	81,3 ± 9,2	81,6 ± 9,0	86,8 ± 21,7	85,1 ± 21,0
Hkr (%)	46 ± 3	46 ± 2	44 ± 2	44 ± 2
Hb (g/l)	156 ± 8	157 ± 7	147 ± 10	149 ± 8 *
kol (mmol/l)	4,0 ± 0,4	4,1 ± 0,4	4,1 ± 0,7	4,5 ± 1,1
senkka (mm/h)	2,2 ± 1,0	1,5 ± 0,5	4,2 ± 3,9	3,3 ± 1,4 **

* $p < .05$
** $p < .01$

Kuormitusryhmän Hb:n keskiarvo oli ternikäsittelykerralla tilastollisesti merkitsevästi pienempi kuin leporyhmän ($p = .048$). Senkan keskiarvo oli kuormitusryhmällä tilastollisesti merkitsevästi korkeampi ternikäsittelykerralla ($p = .006$).

9.2 Harjoittelu

Molempien supplementtijaksojen harjoittelu koehenkilöillä on kuvattu taulukossa 6.

Taulukko 6. Molempien supplementtijaksojen harjoittelu lepo- ja kuormitusryhmillä 14 vuorokauden aikana (keskiarvo ± keskihajonta).

Ryhmä / käsittely	Harjoitus-kerrat (ka, sd)	Harjoitus-tunnit (ka, sd)	lajit
Leporyhmä/placebo	7,8 ± 3,1	12,3 ± 7,7	kuntosali, juoksu, kävely, koripallo, venyttely
Leporyhmä/ternimaitovalmiste	9,8 ± 2,2	12,7 ± 4,1	kuntosali, juoksu, kävely, koripallo, venyttely
Kuormitusryhmä/placebo	6,5 ± 4,2	8,5 ± 5,6	kuntosali, juoksu, laskettelu, jalkapallo, pyöräily, venyttely, itsepuolustuslajit
Kuormitusryhmä/ternimaitovalm.	9,2 ± 6,9	10,4 ± 6,2	kuntosali, juoksu, venyttely, pyöräily, itsepuolustuslajit, valjakkohiihto

Harjoittelussa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien tai käsittelyiden välillä.

9.3 Ravinto ja IGF-I:n pitoisuus

Taulukosta 7 ilmenee lepo- ja kuormitusryhmien ravinnon saannin jakautuminen kummallakin mittauskerralla. Missään muuttujista ei havaittu tilastollisia eroja.

Taulukko 7. Lepo- ja kuormitusryhmien keskiarvot ± keskihajonnat ravinnon saannista molemmat supplementtijaksot yhdistettyinä sekä ryhmien sisäinen supplementtijasojen vertailu t-testin avulla.

	LEPO (placebo+terni)	KUORMITUS (placebo+terni)
ENERGIA (kcal/kg)	26,5 ± 5,5	28,8 ± 5,3
HH (%)	52,6 ± 5,4	53,7 ± 7,2
PRO (%)	18,3 ± 6,6	18,3 ± 3,9
PRO(/g/kg)	1,2 ± 0,4	1,4 ± 0,4
RASVA (%)	27,6 ± 6,4	26,9 ± 6,6
ALKOHOLI (%)	2,7 ± 1,3	1,9 ± 1,4

IGF-I:n pitoisuudet kuormitusryhmässä placebomittauksessa olivat 17,1 ± 6,5 (ennen supplementtijaksoa) ja 17,7 ± 7 (supplementtijakson jälkeen). Ternimaitovalmistemittauksessa tulokset olivat 14,9 ± 5,5 (ennen) ja 14,7 ± 4,2 (jälkeen). Vastaavat tulokset leporyhmällä olivat placebomittauksessa 22,8 ± 8,6 ja 22,3 ± 8,2 sekä ternimaitovalmistemittauksessa 22,5 ± 9,2 ja 22,9 ± 8,5. Ryhmien välillä tai sisäisissä muutoksissa ei ollut tilastollista eroa veren IGF-I:n pitoisuuksissa.

9.4 Maksimivoima, väsyminen ja laktaatti voimaharjoituksessa

Kuormitusryhmän maksimivoima mitattuna isometrisellä jalkadynamometrillä oli plasebomittauskerralla 488 ± 177,4 kg ja ternimaitovalmistemittauskerralla 477 ± 139,1. Ternimaitovalmisteella ei havaittu olevan tilastollista merkitsevyyttä isometriseen, voluntääriseen maksimivoimaan. Voimaharjoituksen uupumukseen asti viedyissä toistoissa keskimääräinen toistomäärä oli plasebosupplementtijaksolla 12,1 ± 4,5 ja ternimaitovalmistesupplementtijaksolla 13,7 ± 4,5 . Toistomäärissä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa.

Ryhmien väsyminen mitattuna isometrisesti jalkadynamometrillä placebosupplementtijakson jälkeen oli 15,6 ± 12,6 kg. Väsymisprosentit vaihtelivat välillä 3 ja 34 %. Ternimaitovalmistesupplementtijakson jälkeisessä voimaharjoitusmittauksessa vastaavat luvut olivat 14,1 ± 6,5 kg. Väsymisprosentit vaihtelivat välillä 6,3 ja 23,3 %. Väsymisprosenteissa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa.

Veren laktaattiarvojen keskiarvoksi koehenkilöillä saatiin levossa 1,1 ± 0,5 mmol/l, heti harjoituksen jälkeen 12,8 ± 2,3 mmol/l., 2,5 minuuttia harjoituksen jälkeen 11,8 ± 3,6 mmol/l ja 5 minuuttia harjoituksen jälkeen 10,8 ± 3,8 mmol/l. Laktaattiarvojen välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa mittauskertojen välillä.

9.5 Aminohapot

Seuraavissa kappaleissa käsitellään erikseen aminohapporyhmät sekä jokainen yksittäinen aminohappo. Jokaisesta esitetään taulukon muodossa keskiarvot eri ryhmillä (lepo/kuormitus), käsittelyissä (ternimaitovalmiste = terni /placebo), verisuonissa (laskimo/valtimo) sekä mittausajankohdissa (aika, 135,165,270,300 minuuttia). Tilastolliset merkitsevyydet käsitellään pää- ja yhdysvaikutuksina. Kuormituksen vaikutus laskimopitoisuuksiin ilmoitetaan prosentteina. Tutkimuksen voimakkaimmat tilastolliset merkitsevyydet esitetään taulukon muodossa ja ternimaitovalmisteen vaikutukseen liittyvät voimakkaat tilastolliset merkitsevyydet havainnollistetaan lisäksi kuvioina.

9.5.1 Totaalisumma

Aminohappojen totaalisumma (kaikkien aminohappojen yhteenlaskettu summa) on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. Aminohappojen totaalisummien keskiarvot ± keskivirheet (µmol/l) .

Ryhmä	laskimo/valtimo	käsittely	aika (min) (a	keskiarvo ± keskivirhe
Kuormitus	laskimo	placebo	0	1319 ± 115
			135	1328 ± 74
			165	1264 ± 63
			270	1148 ± 65
			300	1186 ± 92
		terni	0	1542 ± 349
			135	1582 ± 125
			165	1424 ± 110
			270	1274 ± 103
			300	1212 ± 122
	valtimo	placebo	135	1318 ± 69
			165	1211 ± 57
			270	1104 ± 70
			300	1123 ± 63
		terni	135	1490 ± 109
			165	1320 ± 97
			270	1228 ± 108
			300	1183 ± 100
Lepo	laskimo	placebo	0	1357 ± 191
			135	1259 ± 74
			165	1262 ± 63
			270	1159 ± 65
			300	1256 ± 92
		terni	0	1454 ± 221
			135	1402 ± 125
			165	1385 ± 110
			270	1406 ± 103
			300	1360 ± 122
	valtimo	placebo	135	1194 ± 69
			165	1209 ± 57
			270	1122 ± 70
			300	1110 ± 63
		terni	135	1296 ± 109
			165	1321 ± 97
			270	1313 ± 108
			300	1338 ± 100

a) Näyteajankohta (kts.taulukko 3).

Aminohappojen totaalisummaan vaikutti verisuoni (valtimo/laskimo, päävaikutus, p= .001), aika (päävaikutus, p= .002) sekä aika ja ryhmä (kuormitus/lepo, yhdysvaikutus, p= .007). Kuormitusryhmän laskimopitoisuuksissa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa, kun verrattiin arvoja ennen kuormitusta (0) ja kuormituksen jälkeen (135).

Laskimon keskiarvoksi saatiin 1307 ± 51 ja valtimon 1243 ± 46 µmol/l (p= .001). Ajan vaikutusta tuloksiin tarkasteltaessa havaittiin pitoisuuksien alenevan kohti tutkimuksen loppua (1359 ± 51 – 1299 ± 48 – 1219 ± 48 – 1221 ± 50 µmol/l). Ryhmien välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero ajankohtien 135 ja 165 min välillä ja ajankohtien 165 ja 270 min välillä (taulukko 9). Ensimmäisessä välissä kuormitusryhmän keskiarvo nousi enemmän kuin leporyhmän ja jälkimmäisessä kuormitusryhmän keskiarvo aleni enemmän kuin leporyhmän.

Taulukko 9. Ryhmien ja mittausajankohdan yhdysvaikutus aminohappojen totaalisummaan (µmol/l, keskiarvo ± keskivirhe).

Ryhmä	135 min	165 min	270 min	300 min
Kuormitus	1230 ± 72	1305 ± 68	1188 ± 68	1176 ± 71
Lepo	1288 ± 72	1294 ± 68	1250 ± 68	1266 ± 71
p-arvo		(p= .001)	(p= .000)	

9.5.2 Välttämättömät aminohapot

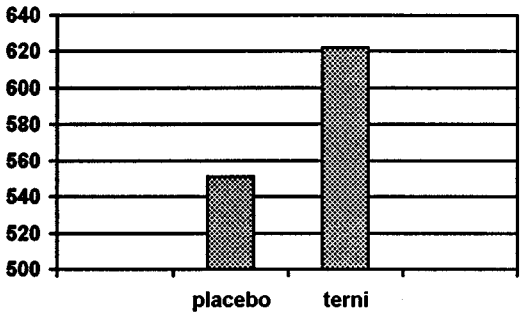
Välttämättömien aminohappojen pitoisuudet on esitetty taulukossa 10.

Taulukko 10. Välttämättömien aminohappojen keskiarvot ± keskivirheet (µmol/l).

Ryhmä	laskimo/valtimo	käsittely	aika	keskiarvo
Kuormitus	laskimo	placebo	0	644 ± 80
			135	571 ± 34
			165	548 ± 31
			270	512 ± 31
			300	507± 37
		terni	0	715 ± 103
			135	664 ± 47
			165	594 ± 40
			270	595 ± 49
			300	577 ± 52
	valtimo	placebo	135	549 ± 35
			165	540 ± 31
			270	515 ± 38
			300	505 ± 30
		terni	135	618 ± 52
			165	552 ± 43
			270	577 ± 45
			300	570 ± 49
Lepo	laskimo	placebo	0	650 ± 95
			135	620 ± 34
			165	602± 31
			270	534 ± 31
			300	586 ± 37
		terni	0	678 ± 104
			135	675 ± 47
			165	623 ± 40
			270	693 ± 49
			300	6440 ± 52
	valtimo	placebo	135	584 ± 35
			165	575 ± 31
			270	541 ± 38
			300	522 ± 30
		terni	135	666 ± 52
			165	616 ± 43
			270	653 ± 45
			300	633 ± 49

Välttämättömien aminohappojen pitoisuuksiin vaikuttivat tilastollisesti merkitsevästi verisuoni (valtimo/laskimo, päävaikutus, p= .002), aika (päävaikutus, p= .002), käsittely (terni/placebo, päävaikutus, p= .029) ja käsittely ja aika (yhdysvaikutus, p= .041). Kuormitusryhmän laskimopitoisuuksissa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa, kun verrattiin arvoja ennen kuormitusta (0 min) ja kuormituksen jälkeen (135 min).

Laskimon keskiarvoksi saatiin 597 ± 22 ja valtimon 576 ± 23 µmol/l (p= .002). Ajan vaikutusta tuloksiin tarkasteltaessa havaittiin pitoisuuksien alenevan kohti tutkimuksen loppua (618 ± 25 – 581 ± 21 – 578 ± 24 – 568 ± 24 µmol/l). Käsittelyn vaikutusta tarkasteltaessa havaittiin placebokäsittelyn keskiarvoksi 551 ± 21 µmol/l ja ternikäsittelyn 622 ± 32 µmol/l, eli ternikäsittelyllä välttämättömien aminohappojen pitoisuus veressä oli tilastollisesti merkitsevästi suurempi (kuvio 3). Kun tarkasteltiin käsittelyn ja ajan yhdysvaikutusta, voitiin todeta keskiarvojen vaihtelevan eri tavalla molemmissa ryhmissä ajankohtien välillä mutta olevan kuitenkin aina suurempia ternikäsittelyssä. Ryhmien välillä havaittiin havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero kaikkien mittausajankohtien välillä (taulukko 11).



Kuvio 3. Käsittelyn vaikutus välttämättömien aminohappojen pitoisuuteen (µmol/l).

Taulukko 11. Käsittelyn ja mittausajankohdan yhdysvaikutus välttämättömien aminohappojen pitoisuuteen (µmol/l, keskiarvo ± keskivirhe).

Käsittely	135 min	165 min	270 min	300 min
Placebo	581 ± 23	566 ± 21	526 ± 22	530 ± 22
Terni	656 ± 33	596 ± 29	630 ± 33	606 ± 35
p-arvo		p= .011	p= .005	p= .030

9.5.3 Haaraketjuiset aminohapot

Haaraketjuisten aminohappojen pitoisuudet on esitetty taulukossa 12a.

Taulukko 12a. Haaraketjuisten aminohappojen keskiarvot ± keskivirheet (µmol/l).

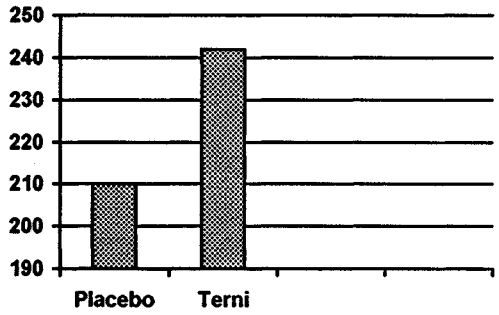
Ryhmä	laskimo/valtimo	käsittely	aika (min)	keskiarvo ± keskivirhe
Kuormitus	laskimo	placebo	0	254 ± 34
			135	214 ± 14
			165	195 ± 12
			270	195 ± 12
			300	183 ± 9
		terni	0	285 ± 41
			135	241 ± 19
			165	211 ± 18
			270	233 ± 19
			300	242 ± 18
	valtimo	placebo	135	203 ± 15
			165	196 ± 11
			270	199 ± 11
			300	195 ± 12
		terni	135	232 ± 23
			165	198 ± 18
			270	231 ± 17
			300	241 ± 21
Lepo	laskimo	placebo	0	237 ± 33
			135	230 ± 14
			165	226 ± 12
			270	209 ± 12
			300	230 ± 9
		terni	0	261 ± 41
			135	264 ± 19
			165	239 ± 18
			270	274 ± 19
			300	253 ± 18
	valtimo	placebo	135	219 ± 15
			165	224 ± 11
			270	218 ± 11
			300	217 ± 12
		terni	135	256 ± 23
			165	240 ± 18
			270	265 ± 17
			300	248 ± 21

Haaraketjuisten aminohappojen pitoisuuksiin vaikuttivat käsittely (päävaikutus, p= .006) ja aika (päävaikutus, p= .022). Kuormitusryhmän laskimopitoisuuksissa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa, kun verrattiin arvoja ennen kuormitusta (0 min) ja kuormituksen jälkeen (135 min).

Placebokäsittelyn keskiarvoksi saatiin 210 ± 7 ja ternikäsittelyn 242 ± 12 µmol/l (p= .006, kuvio 4.) Ajan vaikutusta tarkasteltaessa havaittiin pitoisuuksien vaihtelevan suuresti mittausajankohdasta toiseen (taulukko 12b).

Taulukko 12b. Käsittelyn ja ajan vaikutus haaraketjuisten aminohappojen pitoisuuteen (µmol/l, keskiarvo ± keskivirhe).

Käsittely	135 min	165 min	270 min	300 min
Placebo	217 ± 10	210 ± 8	206 ± 8	207 ± 6
Terni	248 ± 14	222 ± 12	251 ± 13	246 ± 13
Placebo+terni	232 ± 11	216 ± 8	228 ± 9	226 ± 9
p-arvo (placebo+terni)		p=.029	p= .009	



Kuvio 4. Käsittelyn vaikutus haaraketjuisten aminohappojen pitoisuuteen

9.5.4 Isoleusiini

Isoleusiinin pitoisuudet on esitetty taulukossa 13.

Taulukko 13. Isoleusiinin keskiarvot ± keskivirheet (µmol/l).

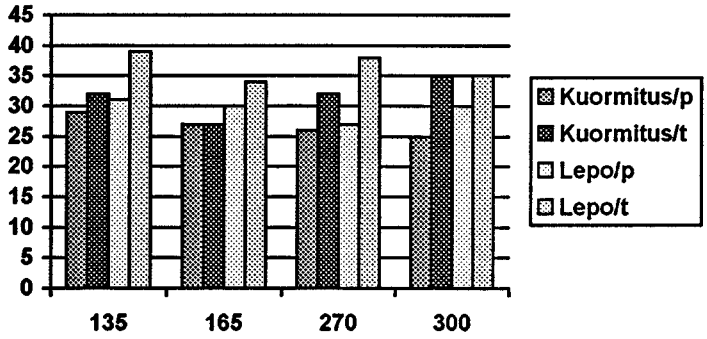
Ryhmä	laskimo/valtimo	käsittely	aika (min)	keskiarvo ± keskivirhe
Kuormitus	laskimo	placebo	0	38 ± 5
			135	31 ± 2
			165	27 ± 2
			270	26 ± 1
			300	25 ± 1
		terni	0	40 ± 5
			135	33 ± 3
			165	27 ± 3
			270	31 ± 3
			300	35 ± 3
	valtimo	placebo	135	27 ± 2
			165	27 ± 2
			270	26 ± 1
			300	26 ± 1
		terni	135	31 ± 4
			165	26 ± 3
			270	32 ± 3
			300	35 ± 3
Lepo	laskimo	placebo	0	33 ± 6
			135	32 ± 2
			165	31 ± 2
			270	26 ± 1
			300	31 ± 1
		terni	0	39 ± 6
			135	39 ± 3
			165	34 ± 3
			270	39 ± 3
			300	36 ± 3
	valtimo	placebo	135	30 ± 2
			165	29 ± 2
			270	28 ± 1
			300	28 ± 1
		terni	135	39 ± 4
			165	34 ± 3
			270	38 ± 3
			300	35 ± 3

Isoleusiinin pitoisuuksiin vaikuttivat tilastollisesti merkitsevästi aika (päävaikutus, p= .040), käsittely (terni/placebo, päävaikutus, p= .005) ja käsittely, aika ja ryhmä (yhdysvaikutus, p= .027).

Ajan vaikutusta tuloksiin tarkasteltaessa havaittiin ensimmäisessä välissä (135-165 min) tilastollisesti merkitsevä lasku (p= .005). Isoleusiinin pitoisuudet eri mittausajankohdissa: 33 ± 2 – 29 ± 1 – 31 ± 1 – 31 ± 1 µmol/l. Käsittelyn vaikutusta tarkasteltaessa havaittiin placebokäsittelyn keskiarvoksi 28 ± 1 ja terni-käsittelyn 34 ± 2 µmol/l (p= .005). Kun tarkasteltiin käsittelyn, ajan ja ryhmän yhdysvaikutusta, voitiin todeta keskiarvojen vaihtelevan eri tavalla molemmissa ryhmissä ajankohtien välillä mutta olevan kuitenkin aina suurempia ternikäsittelyssä. Ternikäsitellyn leporyhmän pitoisuuksien havaittiin olevan korkeimmat kaikissa mittausajankohdissa sekä placebo-, että ternikäsittelyssä. Ajankohdista välillä 270-300 min havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero ryhmien ja käsittelyiden välillä (taulukko 14, kuvio 5).

Taulukko 14. Ryhmän, käsittelyn ja mittausajankohdan yhdysvaikutus (µmol/l, keskiarvo ± keskivirhe).

Ryhmä	135 min	165 min	270 min	300 min
Kuormitus /placebo	29 ± 2	27 ± 1	26 ± 1	25 ± 1
Kuormitus/ terni	32 ± 3	27 ± 3	32 ± 3	35 ± 3
Lepo/ placebo	31 ± 2	30 ± 1	27 ± 1	27 ± 1
Lepo/ terni	39 ± 3	34 ± 3	38 ± 3	35 ± 3
p-arvo			p= .002	



p = placebokäsittely
t = ternimaitovalmistekäsittely

Kuvio 5. Ryhmien isoleusiinipitoisuuksien (µmol/l) keskiarvot eri käsittelyissä ja mittausajankohdissa (taulukko 14).

9.5.5 Leusiini

Leusiinin pitoisuudet on esitetty taulukossa 15.

Taulukko 15. Leusiinin keskiarvot ± keskivirheet (µmol/l).

Ryhmä	laskimo/valtimo	käsittely	aika (min)	keskiarvo ± keskivirhe
Kuormitus	laskimo	placebo	0	76 ± 13
			135	60 ± 5
			165	54 ± 4
			270	61 ± 5
			300	62 ± 4
		terni	0	91 ± 25
			135	72 ± 8
			165	61 ± 6
			270	68 ± 7
			300	71 ± 7
	valtimo	placebo	135	60 ± 5
			165	55 ± 3
			270	59 ± 4
			300	63 ± 4
		terni	135	70 ± 7
			165	59 ± 7
			270	67 ± 8
			300	70 ± 8
Lepo	laskimo	placebo	0	78 ± 13
			135	72 ± 5
			165	74 ± 4
			270	70 ± 5
			300	76 ± 4
		terni	0	83 ± 23
			135	81 ± 8
			165	77 ± 6
			270	87 ± 7
			300	82 ± 7
	valtimo	placebo	135	70 ± 5
			165	71 ± 3
			270	71 ± 4
			300	71 ± 4
		terni	135	73 ± 7
			165	77 ± 7
			270	84 ± 8
			300	84 ± 8

Leusiinin pitoisuuksiin vaikuttivat tilastollisesti merkitsevästi verisuoni (laskimo/valtimo, päävaikutus, p= .008), aika (päävaikutus, p= .000), käsittely (terni/placebo, päävaikutus, p= .046), aika ja ryhmä (yhdysvaikutus, p= .002) sekä käsittely ja aika (yhdysvaikutus, p= .031).

Laskimopitoisuuksissa havaittiin kuormitusryhmällä mittausajankohtien 0 ja 135 min välillä tilastollisesti merkitsevä ero. Kuormituksen todettiin alentavan leusiinin pitoisuuksia placebomittauksessa 21 % (p= .027). Ternimittauksessa leusiinin pitoisuuden lasku ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

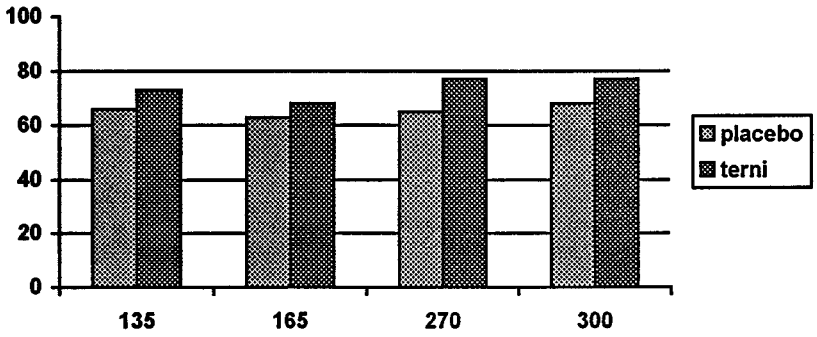
Laskimon keskiarvoksi saatiin 71 ± 4 ja valtimon 69 ± 4 µmol/l (p= .008). Ajan vaikutusta tarkasteltaessa havaittiin pitoisuuksissa tilastollisesti merkittävä lasku ensimmäisessä välissä (p= .001) ja toisessa välissä (p= .000). Leusiinin pitoisuuksien keskiarvot eri mittausajankohdissa: 70 ± 4 – 66 ± 3 – 71 ± 4 – 72 ± 4 µmol/l. Käsittelyn vaikutusta tarkasteltaessa havaittiin placebokäsittelyn keskiarvoksi 66 ± 3 ja ternikäsittelyn 74 ± 5 µmol/l, eli ternikäsittelyllä leusiinin pitoisuus veressä oli tilastollisesti merkitsevästi suurempi. Ajan ja ryhmän yhdysvaikutusta tarkasteltaessa havaittiin leporyhmän arvojen olevan jokaisessa mittausajankohdassa korkeampia ja tilastollisesti merkitsevät erot ryhmien välillä löytyvän väleistä 135-165 ja 165-270 min (taulukko 16). Käsittelyn ja ajan yhdysvaikutusta tarkasteltaessa voitiin todeta keskiarvojen vaihtelevan eri tavalla molemmissa ryhmissä ajankohtien välillä mutta olevan kuitenkin aina suurempia terni-käsittelyssä. Käsittelyiden välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero mittausajankohtien 165 ja 270 välillä (taulukko 17, kuvio 6).

Taulukko 16. Ryhmän ja mittausajankohdan yhdysvaikutus leusiinin pitoisuuksiin (µmol/l, keskiarvo ± keskivirhe).

Ryhmä	135 min	165 min	270 min	300 min
Kuormitus	65 ± 5	57 ± 5	64 ± 5	67 ± 5
Lepo	74 ± 5	75 ± 5	78 ± 5	78 ± 5
p-arvo		p= .001	p= .000	

Taulukko 17. Käsittelyn ja mittausajankohdan yhdysvaikutus leusiinin pitoisuuksiin (µmol/l, keskiarvo ± keskivirhe).

Käsittely	135	165	270	300
Placebo	66 ± 3	63 ± 3	65 ± 3	68 ± 3
Terni	73 ± 5	68 ± 5	77 ± 5	77 ± 5
p-arvo		p= .042		



Kuvio 6. Leusiinin pitoisuuksien (µmol/l) keskiarvot eri käsittelyissä ja mittausajankohdissa (taulukko17).

9.5.6 Valiini

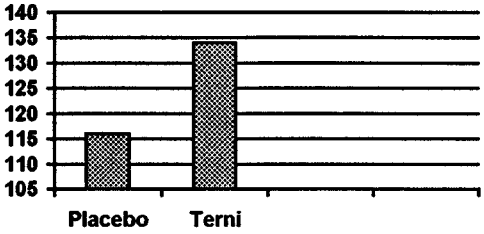
Valiinin pitoisuudet on esitetty taulukossa 18.

Taulukko 18. Valiinin keskiarvot ± keskivirheet (µmol/l).

Ryhmä	laskimo/valtimo	käsittely	aika (min)	keskiarvo ± keskivirhe
Kuormitus	laskimo	placebo	0	140 ± 21
			135	123 ± 9
			165	114 ± 8
			270	108 ± 8
			300	97 ± 6
		terni	0	153 ± 15
			135	136 ± 10
			165	122 ± 10
			270	133 ± 10
			300	136 ± 10
	valtimo	placebo	135	116 ± 9
			165	114 ± 8
			270	114 ± 8
			300	106 ± 7
		terni	135	131 ± 13
			165	113 ± 9
			270	132 ± 9
			300	136 ± 11
Lepo	laskimo	placebo	0	126 ± 9
			135	126 ± 8
			165	122 ± 8
			270	113 ± 8
			300	124 ± 6
		terni	0	139 ± 15
			135	144 ± 10
			165	127 ± 10
			270	147 ± 10
			300	135 ± 10
	valtimo	placebo	135	119 ± 9
			165	124 ± 8
			270	119 ± 8
			300	118 ± 7
		terni	135	144 ± 13
			165	129 ± 9
			270	143 ± 9
			300	130 ± 11

Valiinin pitoisuuksiin vaikuttivat tilastollisesti merkitsevästi käsittely (terni/placebo, päävaikutus, p= .006) ja aika (päävaikutus, p= .034).

Placebokäsittelyn keskiarvo oli 116 ± 5 ja terni-käsittelyn 134 ± 6 µmol/l (p= .006, kuvio 7). Eri ajankohtina valiinin pitoisuuksien keskarvot vaihtelivat seuraavasti: 130 ± 6 – 121 ± 4 – 126 ± 6 – 123 ± 5 µmol/l. Ensimmäisessä mittausajankohdassa (135 min) arvot olivat tilastollisesti merkitsevästi suuremmat (p= .003) kuin muissa ajankohdissa.



Kuvio 7. Käsittelyn vaikutus valiinin pitoisuuteen (µmol/l)

9.5.7 Lysiini

Lysiinin pitoisuudet on esitetty taulukossa 19.

Taulukko 19. Lysiinin keskiarvot ± keskivirheet (µmol/l).

Ryhmä	laskimo/valtimo	käsittely	aika (min)	keskiarvo ± keskivirhe
Kuormitus	laskimo	placebo	0	133 ± 29
			135	122 ± 10
			165	119 ± 10
			270	105 ± 11
			300	104 ± 13
		terni	0	135 ± 15
			135	134 ± 10
			165	122 ± 7
			270	108 ± 11
			300	106 ± 10
	valtimo	placebo	135	115 ± 10
			165	111 ± 9
			270	101 ± 9
			300	98 ± 9
		terni	135	114 ± 11
			165	106 ± 9
			270	102 ± 11
			300	101 ± 12
Lepo	laskimo	placebo	0	135 ± 26
			135	130 ± 10
			165	122 ± 10
			270	105 ± 11
			300	110 ± 13
		terni	0	131 ± 32
			135	133 ± 10
			165	125 ± 7
			270	146 ± 11
			300	128 ± 10
	valtimo	placebo	135	122 ± 10
			165	116 ± 9
			270	102 ± 9
			300	92 ± 9
		terni	135	131 ± 11
			165	124 ± 9
			270	129 ± 11
			300	127 ± 12

Lysiinin pitoisuuksiin todettiin vaikuttavan tilastollisesti merkitsevästi verisuoni (laskimo/valtimo, päävaikutus, p= .000), aika (päävaikutus, p= .005), verisuoni, aika ja ryhmä (yhdysvaikutus, p= .035).

Laskimon keskiarvoksi saatiin 120 ± 6 ja valtimon 112 ± 6 µmol/l (p= .000). Keskiarvot laskivat eri ajankohdissa (125 ± 6 – 118 ± 6 – 108 ± 6 µmol/l). Ryhmän, verisuonen ja mittausajankohdan yhdysvaikutus keskiarvoihin ilmenee taulukosta 20.

Taulukko 20. Ryhmän, verisuonen ja mittausajankohdan yhdysvaikutus lysiinin pitoisuuksiin (µmol/l, keskiarvo ± keskivirhe).

Ryhmä	135 min	165 min	270 min	300 min
Kuormitus/ laskimo	128 ± 8	120 ± 8	107 ± 9	105 ± 10
Kuormitus/ valtimo	114 ± 9	109 ± 8	101 ± 9	99 ± 9
Lepo/ laskimo	131 ± 8	124 ± 8	126 ± 9	119 ± 10
Lepo/ valtimo	127 ± 9	120 ± 8	115 ± 9	109 ± 9

9.5.8 Metioniini

Metioniinin pitoisuudet on esitetty taulukossa 21.

Taulukko 21. Metioniinin keskiarvot ± keskivirheet (µmol/l).

Ryhmä	laskimo/valtimo	käsittely	aika (min)	keskiarvo ± keskivirhe
Kuormitus	laskimo	placebo	0	16 ± 2
			135	17 ± 1
			165	15 ± 1
			270	14 ± 1
			300	15 ± 2
		terni	0	18 ± 6
			135	18 ± 1
			165	16 ± 1
			270	14 ± 1
			300	13 ± 1
	valtimo	placebo	135	17 ± 1
			165	13 ± 1
			270	12 ± 1
			300	13 ± 2
		terni	135	17 ± 1
			165	14 ± 1
			270	13 ± 1
			300	12 ± 2
Lepo	laskimo	placebo	0	17 ± 3
			135	15 ± 1
			165	16 ± 1
			270	13 ± 1
			300	16 ± 2
		terni	0	17 ± 3
			135	17 ± 1
			165	16 ± 1
			270	16 ± 1
			300	15 ± 1
	valtimo	placebo	135	13 ± 1
			165	14 ± 1
			270	12 ± 1
			300	12 ± 2
		terni	135	16 ± 1
			165	15 ± 1
			270	15 ± 1
			300	16 ± 2

Metioniinin pitoisuuksiin vaikuttivat tilastollisesti merkitsevästi verisuoni (laskimo/ valtimo, päävaikutus, p= .000), aika (päävaikutus, p= .008) ja ryhmä ja aika (yhdysvaikutus, p= .015).

Laskimon pitoisuuksien keskiarvoksi saatiin 15 ± 1 ja valtimon 14 ± 1 µmol/l (p= .000). Metioniinin pitosuuksien keskiarvot eri ajankohtina olivat 16 ± 1 – 15 ± 1 – 14 ± 1 – 14 ± 1 µmol/l, eli arvot laskivat tasaisesti viimeistä mittausajankohtaa kohti. Tilastollinen merkitsevyys havaittiin ryhmien välillä ensimmäisen ja toisen (135-165 min) sekä toisen ja kolmannen (165-270 min) mittausajankohdan välillä (p= .003, p= .007). Ryhmän ja ajan yhdysvaikutus on kuvattu taulukossa 22. Kuormitusryhmällä metioniinin pitoisuus laskee kohti viimeistä mittausajankohtaa, kun taas leporyhmällä arvot pysyvät lähes samoina. Ryhmien välillä havaitaan tilastollisesti merkitsevä ero mittausajankohtien 135 ja 165 välillä.

Taulukko 22. Ryhmän ja mittausajankohdan yhdysvaikutus metioniinin pitoisuuksiin (µmol/l, keskiarvo ± keskivirhe).

Ryhmä	135 min	165 min	270 min	300 min
Kuormitus	17 ± 1	15 ± 1	13 ± 1	13 ± 1
Lepo	15 ± 1	15 ± 1	14 ± 1	15 ± 1
p-arvo		p= .007		

9.5.9 Fenyylialaniini

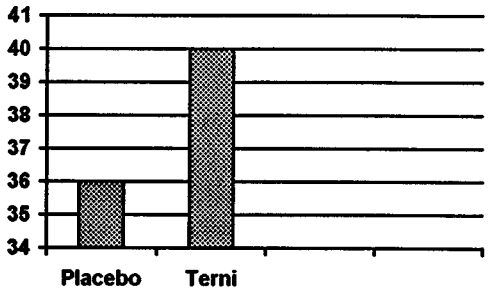
Fenyylialaniinin pitoisuudet on esitetty taulukossa 23.

Taulukko 23. Fenyylialaniinin keskiarvot ± keskivirheet (µmol/l).

Ryhmä	laskimo/valtimo	käsittely	aika (min)	keskiarvo ± keskivirhe
Kuormitus	laskimo	placebo	0	40 ± 8
			135	40 ± 3
			165	38 ± 38
			270	35 ± 3
			300	33 ± 3
		terni	0	42 ± 6
			135	47 ± 2
			165	41 ± 1
			270	43 ± 3
			300	41 ± 3
	valtimo	placebo	135	37 ± 3
			165	37 ± 3
			270	38 ± 3
			300	35 ± 2
		terni	135	42 ± 5
			165	37 ± 2
			270	40 ± 3
			300	40 ± 3
Lepo	laskimo	placebo	0	34 ± 6
			135	36 ± 3
			165	36 ± 3
			270	34 ± 3
			300	37 ± 3
		terni	0	32 ± 6
			135	40 ± 2
			165	36 ± 1
			270	42 ± 3
			300	39 ± 3
	valtimo	placebo	135	33 ± 3
			165	35 ± 3
			270	34 ± 3
			300	33 ± 2
		terni	135	40 ± 5
			165	37 ± 2
			270	40 ± 3
			300	37 ± 3

Fenyylialaniinin pitoisuuksiin vaikuttivat tilastollisesti merkitsevästi verisuoni (laskimo/valtimo, päävaikutus, p= .015), käsittely (päävaikutus, p= .022), verisuoni, käsittely ja ryhmä (yhdysvaikutus, p= .050).

Laskimon keskiarvoksi saatiin 39 ± 1 ja valtimon 37 ± 2 µmol/l (p= .015). Placebo-käsittelyn keskiarvo oli 36 ± 2 ja terni-käsittelyn 40 ± 2 µmol/l, eli terni-käsitellyillä ryhmillä oli tilastollisesti merkitsevästi suurempi fenyylialaniinin pitoisuus (kuvio 8). Ryhmän, verisuonen ja käsittelyn yhdysvaikutus fenyylialaniinin pitoisuuksiin ilmenee taulukosta 24.



Kuvio 8. Käsittelyn vaikutus fenyylialaniinin pitoisuuteen (µmol/l).

Taulukko 24. Ryhmän, verisuonen ja käsittelyn yhdysvaikutus fenyylialaniinin pitoisuuksiin (µmol/l, keskiarvo ± keskivirhe).

Ryhmä	Placebo	Terni
Kuormitus /laskimo	37 ± 3	43 ± 2
Kuormitus/ valtimo	37 ± 2	39 ± 3
Lepo/ laskimo	36 ± 3	39 ± 2
Lepo/ valtimo	34 ± 2	38 ± 3

9.5.10 Treoniini

Treoniinin pitoisuudet on esitetty taulukossa 25.

Taulukko 25. Treoniinin keskiarvot ± keskivirheet (µmol/l).

Ryhmä	laskimo/valtimo	käsittely	aika (min)	keskiarvo ± keskivirhe
Kuormitus	laskimo	placebo	0	56 ±11
			135	49 ± 5
			165	52 ± 5
			270	45 ± 5
			300	42 ± 6
		terni	0	60 ± 15
			135	57 ± 4
			165	52 ± 4
			270	48 ± 4
			300	44 ± 5
	valtimo	placebo	135	50 ± 5
			165	52 ± 5
			270	45 ± 5
			300	41 ± 5
		terni	135	48 ± 4
			165	45 ± 3
			270	43 ± 4
			300	41 ± 3
Lepo	laskimo	placebo	0	57 ± 8
			135	56 ± 5
			165	54 ± 5
			270	45 ± 5
			300	50 ± 6
		terni	0	65 ± 11
			135	63 ± 4
			165	57 ± 4
			270	61 ± 4
			300	54 ± 5
	valtimo	placebo	135	50 ± 5
			165	46 ± 5
			270	45 ± 5
			300	42 ± 5
		terni	135	54 ± 4
			165	54 ± 3
			270	54 ± 4
			300	53 ± 3

Treoniinin pitoisuuksiin vaikuttivat tilastollisesti merkitsevästi verisuoni (laskimo/ valtimo, päävaikutus, p= .001) ja aika (päävaikutus, p= .008).

Laskimon pitoisuuksien keskiarvoksi saatiin 52 ± 2 ja valtimon 48 ± 2 µmol/l, eli laskimon pitoisuudet olivat korkeammat. Treoniinin pitosuuksien keskiarvot eri ajankohtina olivat 53 ± 2 – 51 ± 2 – 48 ± 2 – 46 ± 2 µmol/l, eli arvot laskivat kohti viimeistä mittausajankohtaa. Tilastollinen merkitsevyys löytyi toisen (165 min) ja kolmannen (270 min) mittausajankohdan väliltä (p= .042).

9.5.11 Tryptofaani

Tryptofaanin pitoisuudet on esitetty taulukossa 26.

Taulukko 26. Tryptofaanin keskiarvot ± keskivirheet (µmol/l).

Ryhmä	laskimo/valtimo	käsittely	aika (min)	keskiarvo ± keskivirhe
Kuormitus	laskimo	placebo	0	37 ± 5
			135	34 ± 1
			165	33 ± 2
			270	27 ± 2
			300	26 ± 2
		terni	0	42 ± 10
			135	39 ± 4
			165	35 ± 4
			270	31 ± 4
			300	29 ± 4
	valtimo	placebo	135	32 ± 2
			165	32 ± 1
			270	28 ± 2
			300	26 ± 2
		terni	135	36 ± 4
			165	34 ± 4
			270	30 ± 3
			300	29 ± 3
Lepo	laskimo	placebo	0	36 ± 4
			135	31 ± 1
			165	29 ± 2
			270	26 ± 2
			300	27 ± 2
		terni	0	41 ± 7
			135	36 ± 4
			165	33 ± 4
			270	33 ± 4
			300	31 ± 4
	valtimo	placebo	135	30 ± 2
			165	29 ± 1
			270	27 ± 2
			300	25 ± 2
		terni	135	38 ± 4
			165	34 ± 4
			270	33 ± 3
			300	31 ± 3

Tryptofaanin pitoisuuksiin vaikuttivat tilastollisesti merkitsevästi aika (päävaikutus, p= .000) ja aika ja ryhmä (yhdysvaikutus, p= .021).

Tryptofaanin pitosuuksien keskiarvot eri ajankohtina olivat 35 ± 2 – 32 ± 2 – 29 ± 2 – 28 ± 2 µmol/l, eli arvot laskivat tasaisesti viimeistä mittausajankohtaa kohti. Tilastollisesti merkitsevä ero ryhmien välillä löydettiin kaikkien mittausajankohtien väliltä (135 –165 min, p= .007; 165-270 min, p= .001 ja 270-300 min, p= .012). Ryhmän ja ajan yhdysvaikutus on kuvattu taulukossa 27. Molemmilla tryptofaanin pitoisuudet laskevat. Alussa kuormitusryhmän keskiarvo on korkeampi, mutta loppua kohden arvot tasoittuvat. Ryhmien välillä havaitaan tilastollisesti merkitsevä ero mittausajankohtien 165 ja 270 välillä.

Taulukko 27. Ryhmän ja mittausajankohdan yhdysvaikutus tryptofaanin pitoisuuteen (µmol/l, keskiarvo ± keskivirhe).

Ryhmä	135 min	165 min	270 min	300 min
Kuormitus	36 ± 2	33 ± 2	29 ± 2	27 ± 2
Lepo	34 ± 2	31 ± 2	30 ± 2	29 ± 2
p-arvo		p= .028		

9.5.12 Arginiini

Arginiinin pitoisuudet on esitetty taulukossa 28.

Taulukko 28. Arginiinin keskiarvot ± keskivirheet (µmol/l).

Ryhmä	laskimo/valtimo	käsittely	aika (min)	keskiarvo ± keskivirhe
Kuormitus	laskimo	placebo	0	56 ± 8
			135	53 ± 7
			165	49 ± 7
			270	47 ± 5
			300	57 ± 9
		terni	0	72 ± 20
			135	71 ± 12
			165	62 ± 9
			270	59 ± 8
			300	53 ± 11
	valtimo	placebo	135	49 ± 6
			165	49 ± 6
			270	40 ± 6
			300	55 ± 6
		terni	135	70 ± 10
			165	61 ± 10
			270	56 ± 11
			300	56 ± 10
Lepo	laskimo	placebo	0	75 ± 19
			135	68 ± 7
			165	66 ± 7
			270	60 ± 5
			300	66 ± 9
		terni	0	71 ± 31
			135	68 ± 12
			165	70 ± 9
			270	70 ± 8
			300	68 ± 11
	valtimo	placebo	135	61 ± 6
			165	64 ± 6
			270	60 ± 6
			300	59 ± 6
		terni	135	65 ± 10
			165	66 ± 10
			270	67 ± 11
			300	69 ± 10

Millään tutkituista muuttujista ei havaittu olevan tilastollisesti merkitsevää pää- tai yhdysvaikutusta arginiinin pitoisuuksiin.

9.5.13 Histidiini

Histidiinin pitoisuudet on esitetty taulukossa 29.

Taulukko 29. Histidiinin keskiarvot ± keskivirheet (µmol/l).

Ryhmä	laskimo/valtimo	käsittely	aika (min)	keskiarvo ± keskivirhe
Kuormitus	laskimo	placebo	0	51± 15
			135	42 ± 5
			165	47 ± 5
			270	45 ± 4
			300	47± 7
		terni	0	61 ± 23
			135	58 ± 7
			165	55 ± 8
			270	59 ± 9
			300	48 ± 7
	valtimo	placebo	135	46 ± 4
			165	50 ± 7
			270	53 ± 10
			300	43 ± 5
		terni	135	60± 8
			165	59 ± 6
			270	63 ± 7
			300	47 ± 7
Lepo	laskimo	placebo	0	60 ± 11
			135	53 ± 5
			165	53 ± 5
			270	42 ± 4
			300	49 ± 7
		terni	0	55± 16
			135	54 ± 7
			165	47 ± 8
			270	51 ± 9
			300	56 ± 7
	valtimo	placebo	135	55 ± 4
			165	48 ± 7
			270	43 ± 10
			300	42 ± 5
		terni	135	50 ± 8
			165	48± 6
			270	50 ± 7
			300	53± 7

Millään tutkituista muuttujista ei havaittu olevan tilastollisesti merkitsevää pää- tai yhdysvaikutusta histidiinin pitoisuuksiin.

9.5.14 Ei-välttämättömät aminohapot

Ei-välttämättömien aminohappojen pitoisuudet on esitetty taulukossa 30.

Taulukko 30. Ei-välttämättömien aminohappojen keskiarvot ± keskivirheet (µmol/l).

Ryhmä	laskimo/valtimo	käsittely	aika (min)	keskiarvo ± keskivirhe
Kuormitus	laskimo	placebo	0	675 ± 58
			135	758 ± 59
			165	716 ± 49
			270	636 ± 43
			300	678 ± 63
		terni	0	827 ± 252
			135	918 ± 82
			165	829 ± 76
			270	678 ± 61
			300	636 ± 76
	valtimo	placebo	135	769 ± 52
			165	671 ± 34
			270	589 ± 45
			300	617 ± 44
		terni	135	872 ± 86
			165	767 ± 60
			270	651 ± 73
			300	613 ± 59
Lepo	laskimo	placebo	0	707± 103
			135	639 ± 59
			165	660 ± 49
			270	625 ± 43
			300	670 ± 63
		terni	0	776 ± 133
			135	727 ± 82
			165	763 ± 76
			270	714 ± 61
			300	716 ± 76
	valtimo	placebo	135	611 ± 52
			165	634 ± 34
			270	580 ± 45
			300	588 ± 44
		terni	135	630 ± 86
			165	704 ± 60
			270	659 ± 73
			300	704 ± 59

Ei-välttämättömien aminohappojen pitoisuuksiin vaikuttivat tilastollisesti merkitsevästi verisuoni (laskimo/ valtimo, päävaikutus, p= .011), aika (päävaikutus, p= .000) ja ryhmä ja aika (yhdysvaikutus, p= .008). Kuormitusryhmän laskimopitoisuuksissa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa, kun verrattiin arvoja ennen kuormitusta (0 min) ja kuormituksen jälkeen (135 min), vaikka laskimopitoisuus nousikin 11 % placebo- ja 9 % ternimittauksessa.

Laskimon pitoisuuksien keskiarvoksi saatiin 710 ± 32 ja valtimon 666 ± 29 µmol/l (p= .011). Ei-välttämättömien aminohappojen pitoisuuksien keskiarvot eri ajankohtina olivat 740 ± 33 – 718 ± 31 – 642 ± 30 – 653 ± 31 µmol/l, eli arvot laskivat kohti viimeistä mittausajankohtaa. Tilastollinen merkitsevyys löytyi toisen ja kolmannen (165-270 min) mittausajankohdan väliltä (p= .000). Ryhmän ja ajan yhdysvaikutus on kuvattu taulukossa 31. Kuormitusryhmällä ei-välttämättömien aminohappojen pitoisuus on korkeampi heti kuormituksen jälkeen (mittausajankohta 135 min) ja laskee tämän jälkeen kohti viimeistä mittausajankohtaa. Leporyhmällä arvot eivät vaihtele merkittävästi. Ryhmien välillä havaitaan tilastollisesti merkitsevä ero mittausajankohtien 135 ja 165 ja 165-270 min välillä.

Taulukko 31. Ryhmän ja mittausajankohdan yhdysvaikutus ei-välttämättömien aminohappojen pitoisuuteen (µmol/l, keskiarvo ± keskivirhe).

Ryhmä	135 min	165 min	270 min	300 min
Kuormitus	829 ± 46	746 ± 44	638 ± 43	636 ± 44
Lepo	652 ± 46	690 ± 44	645 ± 43	670 ± 44
p-arvo		p= .002	p= .006	

9.5.15 Alaniini

Alaniinin pitoisuudet on esitetty taulukossa 32.

Taulukko 32. Alaniinin keskiarvot ± keskivirheet (µmol/l).

Ryhmä	laskimo/valtimo	käsittely	aika (min)	keskiarvo ± keskivirhe
Kuormitus	laskimo	placebo	0	146 ± 26
			135	218 ± 15
			165	196 ± 16
			270	133 ± 11
			300	126 ± 16
		terni	0	195 ± 71
			135	284 ± 26
			165	239 ± 24
			270	144 ± 19
			300	127 ± 22
	valtimo	placebo	135	207 ± 17
			165	171 ± 13
			270	101 ± 10
			300	100 ± 11
		terni	135	249 ± 22
			165	191 ± 20
			270	117 ± 19
			300	105 ± 17
Lepo	laskimo	placebo	0	170 ± 32
			135	151 ± 15
			165	154 ± 16
			270	133 ± 11
			300	149 ± 16
		terni	0	181 ± 47
			135	157 ± 26
			165	153 ± 24
			270	150 ± 19
			300	148 ± 22
	valtimo	placebo	135	118 ± 17
			165	119 ± 13
			270	99 ± 10
			300	104 ± 11
		terni	135	112 ± 22
			165	129 ± 20
			270	113 ± 19
			300	124 ± 17

Alaniinin pitoisuuksiin vaikuttivat tilastollisesti merkitsevästi verisuoni (laskimo/ valtimo, päävaikutus, p= .000), aika (päävaikutus, p= .000) ja ryhmä ja aika (yhdysvaikutus, p= .000).

Laskimopitoisuuksissa havaittiin kuormitusryhmällä mittausajankohtien 0 ja 135 min välillä tilastollisesti merkitsevä ero. Kuormituksen todettiin nostavan alaniinin pitoisuuksia placebomittauksessa 49 % (p= .004). Ternimittauksessa alaniinin pitoisuuden nousu (46 %) ei ollut tilastollisesti merkitsevä (p= .057).

Laskimon pitoisuuksien keskiarvoksi saatiin 166 ± 8 ja valtimon 135 ± 7 µmol/l (p= .000). Alaniinin pitosuuksien keskiarvot eri ajankohtina olivat 187 ± 8 – 169 ± 9 – 124 ± 8 – 123 ± 8 µmol/l, eli arvot laskivat kohti viimeistä mittausajankohtaa. Tilastollinen merkitsevyys löytyi mittausajankohtien 135 ja 165 min väliltä (p= .000) sekä 165 ja 270 min väliltä (p= .000). Ryhmän ja ajan yhdysvaikutus on kuvattu taulukossa 33. Kuormitusryhmällä alaniinin pitoisuus oli korkeampi heti kuormituksen jälkeen (mittausajankohta 135 min) ja laskee tämän jälkeen kohti viimeistä mittausajankohtaa. Leporyhmällä arvot eivät vaihtele merkittävästi. Ryhmien välillä havaitaan tilastollisesti merkitsevä ero kaikkien mittausajankohtien välillä.

Taulukko 33. Ryhmän ja mittausajankohdan yhdysvaikutus alaniinin pitoisuuteen (µmol/l, keskiarvo ± keskivirhe).

Ryhmä	135 min	165 min	270 min	300 min
Kuormitus	240 ± 12	199 ± 12	124 ± 11	115 ± 12
Lepo	135 ± 12	139 ± 12	124 ± 11	131 ± 12
p-arvo		p= .000	p= .006	p= .004

9.5.16 Aspartaattihappo

Aspartaattihapon pitoisuudet on esitetty taulukossa 34.

Taulukko 34. Aspartaattihapon keskiarvot ± keskivirheet (µmol/l).

Ryhmä	laskimo/valtimo	käsittely	aika (min)	keskiarvo ± keskivirhe
Kuormitus	laskimo	placebo	0	10 ± 6
			135	10 ± 2
			165	11 ± 1
			270	10 ± 2
			300	9 ± 2
		terni	0	15 ± 7
			135	10 ± 2
			165	8 ± 2
			270	7 ± 3
			300	6 ± 1
	valtimo	placebo	135	13 ± 2
			165	9 ± 1
			270	8 ± 2
			300	11 ± 2
		terni	135	12 ± 1
			165	8 ± 1
			270	6 ± 1
			300	6 ± 1
Lepo	laskimo	placebo	0	8 ± 4
			135	5 ± 2
			165	5 ± 1
			270	4 ± 2
			300	6 ± 2
		terni	0	8 ± 3
			135	6 ± 2
			165	9 ± 2
			270	9 ± 3
			300	4 ± 1
	valtimo	placebo	135	5 ± 2
			165	6 ± 1
			270	5 ± 2
			300	5 ± 2
		terni	135	8 ± 1
			165	7 ± 1
			270	6 ± 1
			300	6 ± 1

Millään tutkituista muuttujista ei havaittu olevan tilastollisesti merkitsevää pää- tai yhdysvaikutusta aspartaattihapon pitoisuuksiin.

9.5.17 Asparagiini

Asparagiinin pitoisuudet on esitetty taulukossa 35.

Taulukko 35. Asparagiinin keskiarvot ± keskivirheet (µmol/l).

Ryhmä	laskimo/valtimo	käsittely	aika (min)	keskiarvo ± keskivirhe
Kuormitus	laskimo	placebo	0	25± 7
			135	25 ± 2
			165	24 ± 2
			270	20 ± 1
			300	18± 1
		terni	0	30 ± 7
			135	27 ± 2
			165	24 ± 2
			270	23 ± 2
			300	21 ± 2
	valtimo	placebo	135	22 ± 2
			165	21 ± 2
			270	19 ± 2
			300	19 ± 2
		terni	135	24 ± 2
			165	21 ± 2
			270	21 ± 2
			300	21 ± 1
Lepo	laskimo	placebo	0	27 ± 6
			135	28 ± 2
			165	27 ± 2
			270	24 ± 1
			300	26 ± 1
		terni	0	29 ± 5
			135	30 ± 2
			165	28 ± 2
			270	29 ± 2
			300	27 ± 2
	valtimo	placebo	135	22 ± 2
			165	24 ± 2
			270	22 ± 2
			300	20 ± 2
		terni	135	26 ± 2
			165	26 ± 2
			270	26 ± 2
			300	25 ± 1

Asparagiinin pitoisuuksiin vaikuttivat tilastollisesti merkitsevästi verisuoni (laskimo/ valtimo, päävaikutus, p= .000), verisuoni ja ryhmä (yhdysvaikutus, p= .008), aika (päävaikutus, p= .001) ja aika ja ryhmä (p= .042).

Laskimon pitoisuuksien keskiarvoksi saatiin 25 ± 1 ja valtimon 22 ± 1 µmol/l (p= .000). Ryhmän ja verisuonen yhdysvaikutus on esitetty taulukossa 36. Leporyhmällä asparagiinin pitoisuudet olivat suuremmat molemmissa verisuonissa.

Taulukko 36. Ryhmän ja verisuonen yhdysvaikutus asparagiinin pitoisuuteen (µmol/l, keskiarvo ± keskivirhe).

Ryhmä	Laskimo	Valtimo
Kuormitus	23 ± 1	21 ± 1
Lepo	27 ± 1	24 ± 1

Asparagiinin pitoisuuksien keskiarvot eri mittausajankohtina olivat 25 ± 1 – 24 ± 1 – 23 ± 1 – 22 ± 1 µmol/l, eli arvot laskivat kohti viimeistä mittausajankohtaa. Tilastollinen merkitsevyys löytyi mittausajankohtien 135 ja 165 min (p= .009) sekä 165 ja 270 min väliltä (p= .002).

Ryhmän ja ajan yhdysvaikutus ilmenee taulukosta 37. Kuormitusryhmän keskiarvon havaittiin olevan alhaisempi jokaisessa mittausajankohdassa. Lisäksi kuormitusryhmällä havaittiin asparagiinin pitoisuuden laskevan tasaisesti tutkimuksen loppua kohti kun taas leporyhmällä lasku oli vähäisempää (taulukko 37). Ryhmien välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero mittausajankohtien 135 ja 165 min välillä.

Taulukko 37. Ryhmän ja mittausajankohdan yhdysvaikutus asparagiinin pitoisuuteen (µmol/l, keskiarvo ± keskivirhe).

Ryhmä	135 min	165 min	270 min	300 min
Kuormitus	24 ± 1	22 ± 1	20 ± 1	20 ± 1
Lepo	26 ± 1	26 ± 1	25 ± 1	25 ± 1
p-arvo		p= .038		

9.5.18 Glutamiini

Glutamiinin pitoisuudet on esitetty taulukossa 38.

Taulukko 38. Glutamiinin keskiarvot ± keskivirheet (µmol/l).

Ryhmä	laskimo/valtimo	käsittely	aika (min)	keskiarvo ± keskivirhe
Kuormitus	laskimo	placebo	0	30 ± 3
			135	21 ± 5
			165	16 ± 3
			270	13 ± 1
			300	13 ± 2
		terni	0	40 ± 42
			135	33 ± 7
			165	4 ± 21
			270	22 ± 6
			300	15 ± 3
	valtimo	placebo	135	34 ± 6
			165	32 ± 6
			270	28 ± 3
			300	26 ± 3
		terni	135	44 ± 8
			165	34 ± 5
			270	29 ± 4
			300	24 ± 3
Lepo	laskimo	placebo	0	27 ± 20
			135	15 ± 5
			165	14 ± 3
			270	12 ± 1
			300	13 ± 2
		terni	0	23 ± 12
			135	18 ± 7
			165	16 ± 4
			270	12 ± 6
			300	8 ± 3
	valtimo	placebo	135	28 ± 6
			165	27 ± 6
			270	27 ± 3
			300	24 ± 3
		terni	135	33 ± 8
			165	30 ± 5
			270	27 ± 4
			300	25 ± 3

Glutamiinin pitoisuuksiin vaikuttivat tilastollisesti merkitsevästi verisuoni laskimo/ valtimo, päävaikutus, p= .000) ja aika (päävaikutus, p= .007).

Laskimon keskiarvo oli 16 ± 2 ja valtimon 30 ± 3 (p= .000). Glutamiinin pitoisuuksien keskiarvot eri mittausajankohdissa olivat 28 ± 3 – 24 ± 2 – 21 ± 2 – 19 ± 1 µmol/l, eli pitoisuudet laskivat kohti viimeistä mittausajankohtaa. Mittausajankohtien 135 ja 165 min välillä havaittiin tilastollinen merkitsevyys (p= .047). Vaikka glutamiinin laskimopitoisuudet ennen kuormitusta (0 min) ja heti kuormituksen jälkeen (135 min) olivat kuormitusryhmällä 30 % (placebomittaus) ja 18 % (ternimittaus) ja vastaavasti leporyhmällä 44 % ja 22 % , ei pitoisuuksissa havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja yksilöiden välisen suuren hajonnan vuoksi.

9.5.19 Glutamiinihappo

Glutamiinihapon pitoisuudet on esitetty taulukossa 39.

Taulukko 39. Glutamiinihapon keskiarvot ± keskivirheet (µmol/l).

Ryhmä	laskimo/valtimo	käsittely	aika (min)	keskiarvo ± keskivirhe
Kuormitus	laskimo	placebo	0	275 ± 55
			135	285 ± 29
			165	289 ± 28
			270	292 ± 25
			300	309 ± 31
		terni	0	313 ± 81
			135	344 ± 34
			165	327 ± 36
			270	314 ± 29
			300	301 ± 36
	valtimo	placebo	135	284 ± 25
			165	274 ± 21
			270	280 ± 23
			300	285 ± 20
		terni	135	330 ± 41
			165	317 ± 23
			270	313 ± 27
			300	299 ± 23
Lepo	laskimo	placebo	0	269 ± 54
			135	250 ± 29
			165	272 ± 28
			270	259 ± 25
			300	277 ± 31
		terni	0	325 ± 57
			135	315 ± 34
			165	327 ± 36
			270	311 ± 29
			300	317 ± 36
	valtimo	placebo	135	256 ± 25
			165	283 ± 21
			270	252 ± 23
			300	269 ± 20
		terni	135	255 ± 41
			165	298 ± 23
			270	300 ± 27
			300	317 ± 23

Glutamiinihapon pitoisuuksiin vaikuttivat tilastollisesti merkitsevästi aika (päävaikutus, p= .028) ja aika ja ryhmä (yhdysvaikutus, p= .002).

Glutamiinihapon pitoisuuksien keskiarvot eri mittausajankohtina olivat 289 ± 16 – 298 ± 14 – 290 ± 13 – 297 ± 14 µmol/l. Tilastollinen merkitsevyys löytyi mittausajankohtien 135 ja 165 min väliltä (p= .038). Ajan ja ryhmän yhdysvaikutus ilmenee taulukosta 40. Tilastollinen merkitsevyys löytyi mittausajankohtien 135 ja 165 väliltä. Kuormitusryhmällä pitoisuuksien keskiarvo laski ja leporyhmällä nousi. Kuormitusryhmällä keskiarvot olivat jokaisessa mittausajankohdassa korkeammat kuin leporyhmällä.

Taulukko 40. Mittausajankohdan ja ryhmän yhdysvaikutus glutamiinihapon pitoisuuteen (µmol/l, keskiarvo ± keskivirhe).

Ryhmä	135 min	165 min	270 min	300 min
Kuormitus	311 ± 23	302 ± 20	300 ± 18	299 ± 20
Lepo	269 ± 23	295 ± 20	281 ± 18	295 ± 20
p-arvo		P= .001		

9.5.20 Glysiini

Glysiinin pitoisuudet on esitetty taulukossa 41.

Taulukko 41. Glysiinin keskiarvot ± keskivirheet (µmol/l).

Ryhmä	laskimo/valtimo	käsittely	aika (min)	keskiarvo ± keskivirhe
Kuormitus	laskimo	placebo	0	91± 22
			135	104 ± 20
			165	93 ± 11
			270	86 ± 10
			300	105± 13
		terni	0	110 ± 39
			135	106 ± 13
			165	105 ± 12
			270	81 ± 12
			300	78 ± 14
	valtimo	placebo	135	106 ± 13
			165	82 ± 8
			270	72 ± 7
			300	89 ± 7
		terni	135	100± 16
			165	94 ± 11
			270	77 ± 15
			300	71 ± 11
Lepo	laskimo	placebo	0	105 ± 26
			135	100 ± 20
			165	100 ± 11
			270	100 ± 10
			300	101 ± 13
		terni	0	108± 27
			135	100 ± 13
			165	115 ± 12
			270	103 ± 12
			300	111 ± 14
	valtimo	placebo	135	90 ± 13
			165	85 ± 8
			270	84 ± 7
			300	80 ± 7
		terni	135	96 ± 16
			165	107± 11
			270	92 ± 15
			300	107± 11

Glysiinin pitoisuuksiin vaikuttivat tilastollisesti merkitsevästi verisuoni (laskimo/ valtimo, päävaikutus, p= .007) sekä käsittely, aika ja ryhmä (yhdysvaikutus, p= .035).

Laskimon keskiarvo oli 99 ± 6 ja valtimon 89 ± 5 µmol/l (p= .007). Käsittelyn, ajan ja ryhmän yhdysvaikutus ilmenee taulukosta 42. Kuormitusryhmän trendi oli laskeva molemmissa käsittelyissä, mutta käsittelyjen välillä ei voitu havaita tilastollisesti merkitseviä eroja. Lepo-ryhmässä ternikäsittelyn pitoisuudet olivat korkeammat. Ryhmien väliltä löytyi tilastollisesti merkitsevä ero mittausajankohtien 270 ja 300 min väliltä.

Taulukko 42. Käsittelyn, mittausajankohdan ja ryhmän yhdysvaikutus glysiinin pitoisuuteen (µmol/l, keskiarvo ± keskivirhe).

Ryhmä	135 min	165 min	270 min	300 min
Kuormitus /placebo	105 ± 15	88 ± 9	79 ± 7	97 ± 8
Kuormitus/ terni	103 ± 12	99 ± 11	79 ± 13	74 ± 12
Lepo/ placebo	95 ± 15	93 ± 9	92 ± 7	91 ± 8
Lepo/ terni	98 ± 12	111 ± 10	98 ± 13	109 ± 12
p-arvo			p= .006	

9.5.21 Tyrosiini

Tyrosiinin pitoisuudet on esitetty taulukossa 43.

Taulukko 43. Tyrosiinin keskiarvot ± keskivirheet (µmol/l).

Ryhmä	laskimo/valtimo	käsittely	aika (min)	keskiarvo ± keskivirhe
Kuormitus	laskimo	placebo	0	42 ± 16
			135	31 ± 2
			165	39 ± 4
			270	38 ± 8
			300	50 ± 9
		terni	0	43 ± 11
			135	41 ± 4
			165	42 ± 9
			270	32 ± 4
			300	31 ± 4
	valtimo	placebo	135	51 ± 8
			165	34 ± 4
			270	35 ± 6
			300	38 ± 5
		terni	135	40 ± 3
			165	36 ± 6
			270	30 ± 4
			300	30 ± 4
Lepo	laskimo	placebo	0	39 ± 5
			135	34 ± 2
			165	34 ± 4
			270	41 ± 8
			300	44 ± 9
		terni	0	37 ± 7
			135	38 ± 4
			165	50 ± 9
			270	37 ± 4
			300	37 ± 4
	valtimo	placebo	135	33 ± 8
			165	33 ± 4
			270	33 ± 6
			300	33 ± 5
		terni	135	33 ± 3
			165	42 ± 6
			270	33 ± 4
			300	37 ± 4

Tyrosiinin pitoisuuksiin vaikutti tilastollisesti merkitsevästi verisuoni (laskimo/ valtimo, päävaikutus, p= .031). Laskimon pitoisuuksien keskiarvoksi saatiin 39 ± 3 ja valtimon 36 ± 2 µmol/l.

9.5.22 Seriini

Seriinin pitoisuudet on esitetty taulukossa 44.

Taulukko 44. Seriinin keskiarvot ± keskivirheet (µmol/l).

Ryhmä	laskimo/valtimo	käsittely	aika (min)	keskiarvo ± keskivirhe
Kuormitus	laskimo	placebo	0	56± 12
			135	49 ± 6
			165	48 ± 5
			270	45 ± 4
			300	47± 6
		terni	0	82 ± 34
			135	73 ± 11
			165	63 ± 8
			270	56 ± 8
			300	56 ± 9
	valtimo	placebo	135	52 ± 6
			165	49 ± 4
			270	46 ± 6
			300	49 ± 5
		terni	135	72 ± 9
			165	64 ± 9
			270	58 ± 10
			300	57 ± 8
Lepo	laskimo	placebo	0	63 ± 14
			135	55 ± 6
			165	55 ± 5
			270	52 ± 4
			300	54 ± 6
		terni	0	66± 20
			135	63 ± 11
			165	64 ± 8
			270	63 ± 8
			300	61 ± 9
	valtimo	placebo	135	58 ± 6
			165	58 ± 4
			270	57 ± 6
			300	52 ± 5
		terni	135	66 ± 9
			165	65± 9
			270	62 ± 10
			300	63± 8

Seriinin pitoisuuksiin vaikuttivat tilastollisesti merkitsevästi verisuoni (laskimo/ valtimo, päävaikutus, p= .048) ja aika (päävaikutus, p= .011).

Laskimon keskiarvo oli 57 ± 4 ja valtimon 58 ± 4 µmol/l (p= .048). Seriinin pitoisuuksien keskiarvot eri mittausajankohdissa olivat 61 ± 4 – 58 ± 4 – 55 ± 4 – 55 ± 4 µmol/l, eli pitoisuudet laskivat kohti viimeistä mittausajankohtaa. Mittausajankohtien 165 ja 270 välillä havaittiin tilastollinen merkitsevyys (p= .001).

10 Pohdinta

10.1 Ternimaitovalmisteen vaikutukset

Tutkimuksessa käytetyn ternimaitovalmisteen, Dynamic™ Colostrumin, todettiin lisäävän kähden viikon käytön aikana välttämättömien aminohappojen, haaraketjuisten aminohappojen, isoleusiinin, leusiinin, valiinin ja fenyylialaniinin pitoisuuksia verrattuna placebovalmisteeseen. Lisäksi ei-välttämättömistä aminohapoista glysiinin pitoisuus lisääntyi ternimaitovalmisteen supplementaation aikana. Veren IGF-I:n pitoisuuden ei todettu muuttuvan kahden viikon tutkimusjakson aikana.

Välttämättömien ja haaraketjuisten aminohappojen tilastollisesti merkitsevä muutos selittynee tilastollisesti merkitsevistä tuloksista isoleusiinissa, leusiinissa, valiinissa ja fenyylialaniinissa. Ternimaitovalmisteen vaikutus haaraketjuisiin aminohappoihin on sikäli mielenkiintoinen, että haaraketjuisilla aminohapoilla on todettu olevan erityisen edullinen vaikutus proteiinien synteesiin. Tämä johtunee osaltaan siitä, että haaraketjuisten aminohappojen osuus koko elimistön aminohappomassasta on noin 25 %. (Pasquale 1997, 106.) Lisäksi niitä käytetään jonkin verran kuormituksen aikana lihaksessa energiaksi (Hargreaves 1995, 131). Haaraketjuisista aminohapoista erityisesti leusiinin on todettu toimivan in vivo –säätelijänä proteiinimetaboliassa vähentämällä proteiinien hajoamista ja lisäämällä proteiinisynteesiä (Pasquale 1997, 106). Leusiinin oksidointi on lisäksi määrällisesti suurempaa kuormituksessa kuin isoleusiinin tai valiinin ja sen on todettu laskevan voimaharjoituksen seurauksena 30 % (Mero 1999). Koska ternimaitovalmiste lisää kaikkien haaraketjuisten aminohappojen pitoisuutta veressä, on niitä tarjolla enemmän sekä energiaksi että proteiinien synteesiin myös kuormituksen yhteydessä. Tämä näkyikin kuormitusryhmän tuloksissa, joissa leusiinin laskimon pitoisuuden todettiin alenevan tilastollisesti merkitsevästi placebokäsittelyn seurauksena (21 %, p=. 027), kun taas ternikäsittelyssä laskimon pitoisuuksissa ennen kuormitusta ja kuormituksen jälkeen ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa. On myös mahdollista, että muita haaraketjuisia aminohappoja käytettiin enemmän ja täten leusiinia "säästyi".

Leimattua fenyylialaniinia käytettiin tutkimuksessa proteiinisynteesin mittaamiseen ja sitä

infusoitiin koehenkilöihin koko mittauspäivän ajan. Tällä ei kuitenkaan ollut merkitystä tutkittaessa aminohappojen pitoisuuksia ja ternimaitovalmisteen vaikutusta niihin, sillä infuusio oli aina sama koehenkilön painoon suhteutettuna ja aminohappopitoisuuksista ei tarkasteltu absoluuttisia määriä, vaan lisääntymistä tai vähenemistä veressä. Fenyylialaniinin pitoisuuden lisääntymisellä ternimaitokäsittelyn seurauksena voi olla merkitystä myös proteiinisynteesin lisääntymisessä, sillä myös välttämättömien aminohappojen ryhmänä (ei ainoastaan haaraketjuisten) on havaittu stimuloivan proteiinisynteesiä (Tipton & Wolfe 2001).

Glysiini oli ainoa ei-välttämätön aminohappo, jonka pitoisuuteen ternimaitovalmiste vaikutti tilastollisesti merkitsevästi, tosin vain heikkona yhdysvaikutuksena ajan ja ryhmän kanssa. Lähemmin tarkasteltuna havaittiin glysiinin pitoisuuden olleen korkeampi leporyhmän ternimaitokäsittelyssä, mutta kuormitusryhmällä ei voitu havaita tilastollisesti merkitsevää eroa käsittelyjen välillä. Glysiinillä on ei-välttämättömistä aminohapoista glutamiinin ja alaniinin lisäksi suurin veren konsentraatio paastotilassa harjoittelemattomilla ihmisillä ja urheilijoilla. Glysiiniä käytetään muodostettaessa muita ei-välttämättömiä aminohappoja, joten sen määrän lisääntyminen voi vaikuttaa pidemmällä aikavälillä myös muiden aminohappojen pitoisuuteen. Vaikka glysiinin on todettu lisäävän kasvuhormonin pitoisuutta, ei sen ole kuitenkaan olemassa olevan tutkimusaineiston pohjalta todettu lisäävän proteiinisynteesiä. (Pasquale 1997, 153).

IGF-I:n pitoisuus veressä ei muuttunut tilastollisesti merkitsevästi tutkimusjaksoilla, joten aminohappojen pitoisuuksien muuttumiset eivät ole yhteydessä IGF-I:een. Aiemmassa tutkimuksessa (Mero ym. 2000) havaitsivat tässä tutkimuksessa käytetyn ternimaitovalmisteen (20 g/päivä) lisäävän veren IGF-I:n määrää tilastollisesti merkitsevästi 14 päivän tutkimusjaksolla ja Bioenervi -ternimaitovalmisteen lisäävän veren IGF-I-pitoisuutta kahdeksan päivää kestäneen harjoittelujakson aikana (Mero ym. 1997a). Buckley ym. (1998, kongressiraportti) eivät kuitenkaan havainneet ternimaitovalmisteen (Intact North Laboratories Pty Ltd, 60 g/päivä) lisäävän IGF-I:n pitoisuutta veressä. Tutkimustulokset ovat siis ristiriitaisia, johtuen varmasti osittain käytettyjen valmisteiden tarkasta sisällöstä ja annostelusta. Myös koehenkilöiden elimistö voi reagoida valmisteisiin yksilöllisesti ja pienestä otoskoosta (n=12) johtuen yksilöllinen reagointi voi vaikuttaa suurestikin koko ryhmän keskiarvoihin.

Koska IGF-I:n pitoisuuden ei todettu lisääntyneen veressä, niin tässä tutkimuksessa havaitut ternimaitovalmisteen aiheuttamat muutokset johtunevat valmisteen sisältämistä aminohapoista. Tutkimusten mukaan myös pelkästään aminohappojen lisäämisellä voi olla yhteyttä proteiinisynteesin lisääntymiseen. Proteiinimetabolian vaste voimaharjoitukseen kestää ainakin 24-48 tuntia, joten tänä aikana nautittu ravinto vaikuttaa myös nettoproteiinisynteesiin. Kun ravintoa ja tätä kautta aminohappoja ei ole tarjolla riittävästi, pilkotaan lihaksista proteiinia täyttämään vajetta aminohappoaltaassa. Voimaharjoituksen seurauksena sekä lihasproteiinien synteesi että hajoaminen kiihtyvät, mutta edellä mainitussa tilanteessa hajoaminen ylittää synteesin ja nettoproteiinisynteesi on negatiivinen. Kun aminohappoja on enemmän veressä (kuten ternimaitovalmisteen nauttimisen seurauksena), tarvitsee lihasproteiinia pilkkoa vähemmän ja nettoproteiinisynteesi voi olla positiivinen, jolloin lihas hypertrofioituu. (Tipton & Wolfe 2001.) Esimerkiksi Svanberg ym. (1996a) havaitsivat joidenkin aminohappojen määrän lisääntymisen veressä stimuloivan proteiinisynteesiä ja ehkäisevän proteiinien hajoamista. Muutokset proteiinisynteesissä olivat riippumattomia mm. insuliinin tai IGF-I:n pitoisuuden muuttumisesta. Biolo ym. (1997) havaitsivat myös aminohappojen infuusion lisäävän proteiinisynteesiä, muuttamatta kuitenkaan niiden hajoamista. Aminohappojen proteiinisynteesiä sitimuliova vaikutus liittynee tRNA:han ja sen merkitykseen translaatiossa aminohappojen saatavuuden lisääntyessä. Tähän voivat vaikuttaa sekä yksittäiset aminohapot että aminohapporyhmät. Tutkimuksia alueelta on kuitenkin vielä niukasti tarkempia johtopäätöksiä varten. (Tipton & Wolfe 2001.)

Koska aminohappoja käytetään energiaksi, proteiinisynteesiin ja kuljetetaan ulosteiden (hiili, typpi), virtsan (typpi), hien (typpi) ja hiilidioksidin (hiili) kautta pois elimistöstä (Lemon 1998), ei voida vetää johtopäätöstä, että aminohappojen lisääntynyt pitoisuus lisäisi suoraan proteiinisynteesiä. Edellä mainittujen tutkimusten perusteella voitaneen kuitenkin ajatella aminohappojen lisääntyneen pitoisuuden veressä mahdollistavan lisääntyneen proteiinisynteesin huolimatta siitä, että IGF-I:n pitoisuus ei lisääntynyt.

Ternimaitovalmisteen myyntipakkauksessa suositeltava päiväannos on 2 g päivässä, ja tässä tutkimuksessa käytettiin suositukseen nähden 10-kertaista annosta. Tämä antaakin aiheen pohtia, saavutetaanko samanlainen vaste aminohappojen pitoisuuksissa suositellulla päiväannoksella. Lisäksi, jos ternimaitovalmiste aiheuttaa tiettyjen aminohappojen pitoisuuden li-

sääntymisen, mutta ei IGF-I:n imeytymistä, riittäisikö pelkkä aminhappolisien käyttö samanlaiseen vasteeseen? Ja mikäli riittäisi, olisiko se käyttäjän kannalta edullisempaa? Toisaalta ternimaitovalmiste sisältää myös muita ainesosia, jotka osaltaan voivat vaikuttaa mm. suorituskyvyn paranemiseen. Esimerkiksi Buckley ym. (1998, kongrenssiraportti) havaitsivat ternimaitovalmisteen lisäävän suorituskykyä uupumukseen saakka suoritetussa juoksumattotestissä ja Smeets ym (2000) 5 x 10 m pikajuoksutestissä. Näitä tuloksia on vaikea selittää pelkin aminohappomuutoksin. Eräs selittävä tekijä voikin olla puskurikapasiteetin paraneminen lisääntyneen proteiinimäärän vuoksi. Proteiinihan on elimistön luonnollinen puskuri. (Guyton & Hall 1996, 396.)

10.2 Kuormituksen vaikutukset

Tämän tutkimuksen placebokäsittelyssä kuormituksen todettiin alentavan leusiinin pitoisuutta selvästi laskimossa (21 %) ja nostavan alaniinin pitoisuutta erittäin voimakkaasti laskimossa (49 %). Sen sijaan tilastollisesti merkitseviä muutoksia ei havaittu ternimaitovalmistekäsittelyssä, vaikka suhteellinen alaniinin pitoisuuden lisääntyminen olikin suuri (46 %) ja p-arvo (.057) lähellä tilastollisen merkitsevyyden raja-arvoa. Ternimaitovalmisteen ei todettu vaikuttavan kuormituksessa mitattuun isometrisn maksimivoiman tuottoon, väsymisprosentteihin, uupumukseen asti vietyihin toistomääriin tai kuormitusta seuraaviin veren laktaattipitoisuuksiin tilastollisesti merkitsevästi.

Leusiinin pitoisuuden lasku oli odotettu, sillä sen on todettu aiemminkin laskevan voimaharjoituksen seurauksena. Leusiinia käytetään proteiinisynteesiin sekä oksitoidaan energiaksi harjoituksen seurauksena määrällisesti enemmän kuin muita haaraketjuisia aminohappoja. (Mero 1999.) Leusiinin pitoisuus ei kuitenkaan muuttunut ternimaitovalmistekäsittelyn seurauksena. Tämä johtunee siitä, että ternimaidon todettiin vaikuttavan isoleusiiinin ja valiinin pitoisuuksiin veressä tilastollisesti merkitsevästi (kaikki ajankohdat yhdistettyinä, päävaikutus), mikä tarkoittaa sitä, että näiden aminohappojen määrä veressä oli korkeampi kuin placebomittauksessa, eikä leusiinia täten tarvinnut käyttää kuormituksen seurauksena niin paljoa energiaksi tai proteiinisynteesiin kuin placebomittauksessa.

Alaniinin pitoisuuden nousu laskimossa kuormituksen seurauksena placebokäsittelyssä oli myös osittain odotettu. Alaniinia käytetään glukoosi-alaniinisyklin kautta energiaksi. Alaniinin pitoisuuden nousu laskimossa kertoneekin elimistön lisääntyneestä energian tarpeesta kuormituksen seurauksena. Voimaharjoituksen seurauksena veren laktaattiarvot kohosivat korkeimmillaan 12,8 ± 2,3 mmol/l:aan, joten harjoitusvastetta voitaneen verrata anaerobisen harjoituksen aiheuttamiin vasteisiin. Pitkänen ym. (2001) havaitsivat 13,0 ± 1,9 mmol/l laktaattiarvot aiheuttavan anaerobisen juoksuharjoituksen laskevan haaraketjuisten aminohappojen pitoisuutta (8,1%) sekä välttämättömien aminohappojen pitoisuutta (3,5%). Alaniinin (26,7%) ja glutamaatin (9,2%) pitoisuudet nousivat. Tässä tutkimuksessa vain alaniinin pitoisuudessa havaittiin nousua, mutta se oli sitäkin suurempi (49%). Mitä tyhjemmät glykogeenivarastot ovat, sitä enemmän aminohappoja käytetään energiaksi (Hargreaves 1995, 131). Tässä tutkimuksessa koehenkilöt olivat voimaharjoituksen alkaessa paastonneet jo noin 12 tuntia, joten glykogeenivarastojen voidaan olettaa vähentyneen. Tämä selittänee osaltaan mm. Pitkäsen ym.(2001) tutkimukseen verrattuna suuren alaniinin pitoisuuden nousun. Lisäksi tietysti juoksu- ja voimaharjoitus aiheuttanevat hieman erilaisen vasteen lihaksessa ja koko elimistössä, vaikka molemmat saivatkin aikaan saman laktaattivasteen. Kirjallisuudessa ei kuitenkaan ole tutkimustuloksia voimaharjoittelun vaikutuksista aminohappopitoisuuksiin, kun laktaattivaste on näinkin korkea. Ternimaitovalmistekäsittelyssä alaniinin pitoisuuden nousu kuormituksen seurauksena ei enää ollut aivan merkitsevä. Ternimaitovalmiste lisäsi kaikkien haaraketjuisten aminohappojen pitoisuutta veressä joten ehkä suhteen muuttuminen vähensi alaniinin käyttöä energiaksi.

Tämä tutkimus oli osa laajaa proteiinisynteesitutkimusta. Sen tuloksissa on havaittu proteiinien synteesin ja hajoamisen kiihtyvän tilastollisesti merkitsevästi kuormituksen seurauksena placebomittauksessa. Proteiinien tasapainotila on aina riippuvainen synteesin ja hajoamisen yhteismäärästä ja nettotuloksena ei havaittu tilastollisesti merkitsevää muutosta. (Nykänen 2001.) Tutkimuksen voimaharjoitus oli riittävän kova lisäämään proteiinien synteesiä harjoituksen jälkeen, mutta 12-16 tunnin paastotila on todennäköisesti lisännyt proteiinien hajoamista erittäin voimakkaasti (Tipton & Wolfe 2001). Proteiinisynteesin ei todettu lisääntyneen myöskään ternikäsittelyn seurauksena (Mero 2001, suullinen tiedonanto.)

10.3 Taustamuuttujien tarkastelua

Koehenkilöt ja tutkimusjakson harjoittelu: Koehenkilöt olivat terveitä, liikuntaa kuntoilupohjalta harrastavia 20-35-vuotiaita miehiä. Koehenkilöillä, etenkin kuormitusryhmässä, oli kuitenkin eroa harjoitustaustoissa: osa oli enemmän kestävyyspainotteisen liikunnan harrastajia ja osa teholaijien harrastajia. Tutkimusjakson ajalle jokaisen kuormitusryhmäläisen liikunta kuitenkin ohjeistettiin. Liikunnan harrastamisessa tunteina ei todettukaan olevan tilastollisesti merkitseviä eroja tutkimusta edeltävällä viikolla. Myös harrastetut lajit olivat hyvin samantyyppisiä. Kuitenkin voidaan olettaa, että erilainen harjoitustausta voi vaikuttaa mm. voimaharjoitusvasteeseen ja näkyä tätä kautta aminohappotason vasteissa. Esim. Meron (1999, taulukko 1) tutkimuksessa todettiin voimaharjoitelleilla urheilijoilla olevan korkeammat veren aminohappopitoisuudet kuin harjoittelemattomilla tai kestävyysharjoitelleilla. Tällä ei liene kuitenkaan suurta merkitystä tarkasteltaessa ternimaitovalmisteen vaikutuksia ryhmien keskiarvoihin – varsinkin kun tilastollisessa käsittelyssä lepo- ja kuormitusryhmän aminohappopitoisuuksien keskiarvot yhdistettiin ja ternimaitovalmisteen vaikutusta tarkasteltiin pää- ja yhdysvaikutuksina.

Ravinto: Ravinnon saanti oli molemmissa ryhmissä annettujen ohjeiden mukaista. Ohjeena ravinnon osalta oli noudattaa normaaleja ravitsemusohjeita: 50-60% hiilihydraatteja, 10-15 % proteiineja ja alle 30% rasvaa päivittäisestä ravinnon saannista (Rehunen & Fogelholm 1993). Kestävyysurheilijoille suositellaan proteiinia 1,2-1,4 g / kg / päivä (150-175 % RDA:sta) ja voimalajien urheilijoille 1,6 – 1,7 g / kg / päivässä (200-212 % RDA). (Lemon 1998.) Leporyhmän proteiinien saanti oli 1,2 ± 0,4 ja kuormitusryhmän 1,4 ± 0,4 g/ kg/ päivä. Tämä lienee riittävä määrä, sillä kaikki olivat kuntoilupohjalta liikuntaa harrastavia. Kaikkien ravintoaineiden saanti oli suositeltujen rajojen sisällä, eikä ravinnon saannissa ollut eroja kummankaan käsittelyn tai eri ryhmien välillä.

Tutkimuspäivä: Tutkimus oli osana laajempaa proteiinisynteesitutkimusta, minkä vuoksi tutkimuspäivää ei oltu suunniteltu pelkästään aminohappopitoisuuksien mittaamista ja voimaharjoituksen suorittamista varten. Tästä johtuen koehenkilöt olivat mittauspäivänä paastotilassa ja heillä oli useita tunteja kestävä leimatun fenyylialaniinin infuusio. Infuusioneula oli kuitenkin kämmenselässä, joten se ei haitannut itse suorituksia. Koehenkilöiltä otettiin

myös lihasbiopsia ennen voimaharjoitusta vastus lateralis –lihaksesta, joten osalla koehenkilöistä tämä saattoi vaikuttaa jalkakyykkysuoritukseen henkisellä tasolla (yritys ei ollut ensimmäisissä sarjoissa niin kova).

10.4 Johtopäätökset

Ternimaitovalmiste Dynamic™ Colostrum lisää 20 g:n päiväannoksella kahden viikon tutkimusjakson aikana välttämättömien aminohappojen, haaraketjuisten aminohappojen ja yksittäisistä aminohapoista isoleusiinin, leusiinin, valiinin, fenyylialaniinin ja glysiinin pitoisuuksia veressä kuntoilevilla miehillä. Lisääntyneet aminohappopitoisuudet mahdollistavat siten tehokkaamman kudosproteiinien synteesin. IGF-I:n pitoisuuteen veressä, voimantuottoon ja veren laktaattipitoisuuteen kyseisellä supplementaatiolla ei ole vaikutusta kahden viikon käytön jälkeen.

Lähteet

Babij P, Matthews S & Rennie M. 1983. Changes in blood ammonia, lactate and amino acids in relation to workload during bicycle ergometer exercise in man. *Eur J Appl Physiol; 50: 405-411.*

Balagopal P, Ljungquist O & Nair K. 1997a. Skeletal muscle myosin heavy–chain synthesis rate in healthy humans. *Am J Physiol; 272: E45–50.*

Balagopal P, Rooyackers O , Adey D, Ades P & Nair K. 1997b. Effects of aging on in vivo synthesis of skeletal muscle myosin heavy–chain and sarcoplasmic protein in humans. *Am J Physiol; 273: E790–800.*

Baumann P, Stirewalt W, O´Rourke B, Howard D & Nair K. 1994. Precursor pools of protein synthesis: a stable isotope study in swine model. *Am J Physiol; 267: E203–209.*

Bergström J, Furst P & Hultman E. 1985. Free amino acids in muscle tissue and plasma during exercise in man. *Clinical physiology: 5: 155-160.*

Biolo G, Tipton K, Klein S & Wolfe R. 1997. An Abundant supply of amino acids enhances the metabolic effect of exercise on muscle protein. *Am J Physiol; 273: E122-129.*

Blomstrand E, Ek S & Newsholme E. 1996. Influence of ingesting a solution of branched-chain amino acids on plasma and muscle concentrations of amino acids during prolonged submaximal exercise. *Nutrition; 12: 485-90.*

Buckley J, Abbott M, Martin S & Brinkworth P. 1998. Effect of bovine colostrum supplement (intact™) on running performance - abstract. In Australian conference of science and medicine in sport Adelaide convention centre, Adelaide3 13-16 oct.

Chelsey A, MacDougall J, Tarnopolsky M, Atkinson S & Smith K. 1992. Changes in human muscle protein synthesis after resistance exercise. J Appl Physiol; 73(4): 177-183.

Clemmons D. 1992. Role of insulin–like growth factor–I in reversing catabolism. *J Clin Metab; 75: 1183–1185.*

Francis G, Upton F, Ballard F, McNeil K & Wallace J. 1988. Insuline-like growth-factors I and II in bovine colostrum. Sequences and biological activities compared with those of apotent truncated form. *Biochem J; 251: 95-103.*

Fryburg D, Gelfand R & Barret E. 1991. Growth hormone acutely stimulates forearm muscle protein synthesis in normal humans. *Am J Physiol; 260: E 499–504.*

Fryburg D & Barret E . 1995. Insulin, growth hormone and IGF–I regulation of protein metabolism. *Diabet Rev; 3:1.*

Eriksson L, Broberg S, Björkman D & Wafren J. 1985. Ammonia metabolism during exercise in man. *Clin Physiol; 5: 325-336.*

Fryburg D, Jahn L, Hill S, Oliveras D & Barrett E. 1995. Insulin and insulin-like growth factor-I enhance human skeletal protein anabolism during hyperaminoacidemia by different mechanisms. *J Clin Invest 96; 1722-1729.*

Gelfand R & Barrett E. 1987.Effect of physiologic hyperinsulinemia on skeletal muscle protein synthesis and breakdown. *J Clin Invest 80; 1-6.*

Going S, Williams D & Lohman T. 1995. Aging and body composition: biological changes and methodological issues. *Exerc Sport Sci Rev; 23: 411–458.*

Goldberg A. 1979. Influence on insulin and contractile activity on muscle size and protein balance. *Diabetes 28; 18-24.*

Golgan M. 1998. Best body building supplements, part 1. Muscular development; 2: 132-202.

Guyton A & Hall J. 1996. Textbook of medical physiology, 9th ed. *USA: 396, 877–882.*

Hargreaves M (ed.).1995. Exercise metabolism. Human Kinetics Publishers, Inc. United States.

Houston M. 1995. Biochemistry primer for exercise science.University of waterloo. Waterloo, Ontario, Canada.

Henrikson J. 1991. Effect of exercise on amino acid concentrations in skeletal muscle and plasma. *J exp biol; 160: 149-165.*

Huether G, Poeggeler B, Adler L & Ruther E. 1993. Effects of indirectly acting 5-HT reseptor agonists on circulating melatonin levels in rats. *Eur J Pharmacol; 238 (2-3): 249-254.*

Iranmanesh A & Veldhuis J D. 1992. Clinical pathophysiology of the somatotropic (GH) axis in adults. In: Veldhuis JD, ed. Endocrinology and metabolism clinics of North America. Philadelphia: WB Saunders,: 783–816.

Korhonen H, Meriläinen V & Antila M. 1978. Ternimaidon koostumus ja merkitys vastasyntyneelle vasikalle. *Suom eläinl; 84: 375.*

Kraemer W J. Endocrine responses to resistance exercise. 1988. *Med Sci Sports Exerc; 20: S152–S157.*

Lahti, K. Ihmisen lihaksen ja veren aminohapot proteiinisynteesitutkimuksissa. Pro Gradu – tutkielma. Soveltavan kemian osasto, kemian laitos, Jyväskylän yliopisto.

Lehringer M, Nelson D & Cox H. 2000. Principles of biochemistry, 3.ed. Worth Publishers. New York.

Lemon P. 1998. Effects of exercise on dietary protein requirements. *Int J Sport Nutr; 8: 426-447.*

Mero A, Pitkänen H, Takala T, ym. 1995. Plasma amino acid responses to two various anaerobic running exercises (abstract). *Med Sci Sports Exerc; 27 (5): 12.*

Mero A, Miikkulainen H, Riski J yml. 1997a. Effects of bovine colostrum supplementation on serum IGF-I, IgG, hormone and saliva IgA during training. *J Appl Physiol; 83 (4): 1144-51.*

Mero A, Pitkänen H, Oja S ym. 1997b. Leucine supplementation and serum amino acids, testosterone, cortisol and growth hormone in male power athletes during training. *J Sports Med Phys Fitness; 37(2): 137-145.*

Mero A, Pitkänen HT, Pöntinen, PJ ym. 1998a. Acute serum amino acid responces to one strength training session (abstract). *Med Sci Sports Exerc; 30 (5): 182.*

Mero A, Tiensuu T, Pakkanen R, Uotila J, Sarparanta V & Aalto J. 1998b. Effects of pastilles containing bovine colostrum on health of athletes. *XXVI fims world congress of sports medicine; May 30-June 3, Abstract. (Kongressiraportti)*

Mero, A. 1999. Leucine supplementation and intensive training. *Sports medicine, jun; 27 (6): 347-358.*

Merom A, Kähkönen J, Nykänen T, Takala T & Rasi S. 2000. Bovine colostrum supplementation increases serum IGF-I, IgG, and saliva IgA in athletes during training. *Med Sci Sports Exerc, may; 32(5). Abstract.*

Möller-Loswick A, Zachrisson H, Hyltander A, Körner U, Matthews D & Lundholm K.

1994. Insulin selectively attenuates breakdown of nonmyofibrillar proteins in peripheral tissues of normal men. *Am J Physiol; 266; E645-652.*

Nair K, Halliday D & Griggs C. 1988. Leucine incorporation into mixed skeletal muscle protein in humans. *Am J Physiol; 254: E208–213.*

Neumann G & Steinbach, K. 1990. Veränderungen der verzweigtkettigen aminosäuren valin, leucin und isoleucin nach marathon- und 100 km lauf. *Med sport Berlin; 30: 249-253.*

Niemi M, Virtanen I &Vuorio E. 1994. Ribosomit ja proteiinisynteesi. Kirjassa: Solu– ja molekyylibiologia. Porvoo: WSOY:n graafiset laitokset,; 155–182.

Nykänen T. 2001. Proteiiniaineenvaihdunta ja sen tutkiminen isotooppi-infuusio –menetelmällä. Pro gradu –tutkielma. Liikuntafysiologia, liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto.

Parry-Billings M, Blomstrand E, McAndrew N & Newsholme E. 1990. A communicational link between skeletal muscle, brain and cells of the immune system. *Int J Sports Med; 11 (suppl 2): 122-128.*

Pasquale M. 1997. Amino acids and proteins for the athlete. The anabolic edge. CRC press LLC.

Pitkänen, H, Mero, A, Oja, S, Komi, P et al. 2000. Serum amino acid responces to three different exercise sessions in male power athletes. Julkaisematon.

Rehunen S & Fogelholm M. 1993. Ravitsemus, Liikunta ja terveys. Gummerrus kirjapaino Oy, Jyväskylä; 56-59.

Rennie, M, Edvards, RH, Krywawych, S, Davies C ym. 1981. Effect of exercise on protein turnover in man. *Clin Sci; 61: 627-639.*

Rennie M & Tipton K 2000. Protein and amino acid metabolism during and after exercise and the effects of nutrition. *Annual Review of Nutrition, 20: 457-83.*

Rooyackers O, Adey D, Ades P & Nair K. 1996. Effect of age in vivo rates of mitochondrial protein synthesis in human skeletal muscle. *Proc Natl Acad Sci USA; 93: 15364–15369.*

Russel–Jones L & Umpleby M. 1996. Protein anabolic avction of insulin, growth hormone and insulin–like growth factor I. *Eur J Endocrin; 35: 632–642.*

Sahlin K, Katz A & Broberg S. 1990. Tricarboxylic acid cycle intermediates on human muscle during prolonged exercise. *Am J Physiol; 259: E 485-491.*

Salway J. 1994. Metabolism at glance, 2.ed. Blackwell Science, Inc. USA.

Short K & Nair K. 2000. The effect of age on protein metabolism: a review. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care; 3: 39–44.*

Smeets R, Hofman G, Verlaan R, vd Lugt & Verstappen P. 2000. Oral supplementation with bovine colostrum (Intact) improves sprint performance in elite hockey players. *J Strength Con Res; 14: 370.*

Struder, HK, Hollmann, W, Duperly J ym. 1995. Amino acid metabolism in tennis and its possible influence on the neuroendocrine system. *Br J Sports Med; 1: 28-30.*

Svanberg E, Möller-Loswick A, Matthews D, Körner U, Andersson M, Lundholm K. 1996a. Effects of amino acids on synthesis and dagradation of skeletal muscle proteins in humans. *Am J Physiol 271; E718-E724.*

Svanberg E, Zachrisson H, Ohlsson C, Iresjö B-M & Lundholm K. 1996b. The role of insulin and IGF-I for activation of muscle protein synthesis following oral feeding.

Am J Physiol 270; E614-620.

Tarnoplsky M. 2000. Gender differencies in metabolism; nutrition and supplements. *Journal of Science & Medicine in Sport, 3(3): 287-98, Review.*

Tipton K, Wolfe R. 2001. Exercise, protein metabolism, and muscle growth. *Int J Sport Nutr and Exerc Metab; 11: 109-132, Review.*

Välimäki M, Sane T & Dunkel L. 2000. Endokrinologia. Karisto Oy, Hämeenlinna.

Waterlow J. 1980. Protein turnover in whole animal. *Invest Cell Pathol; 3: 107-19.*

LIITTEET 1-6 LIITE 1

Jyväskylän yliopisto
Liikuntabiologian laitos

TERNIMAITOVALMISTEEN VAIKUTUSMEKANISMI: PROTEIINISYNTEESIMENETELMÄN KEHITTÄMINEN

TIEDOTE KOEHENKILÖILLE

1. Tutkimuksen tarkoitus, tavoite ja merkitys

Tutkimuksen tarkoitus on selvittää suomalaisen ternimaitovalmisteen (Dynamic™) vaikutusta proteiini- eli valkuaisainesynteesiin voimaharjoituksen yhteydessä 20 - 30 –vuotiailla terveillä liikunnallisesti aktiivisilla miehillä. Tavoitteena on saada lisätietoa ko. valmisteesta ja siten sen mahdollisista vaikutuksista sekä terveyteen että suorituskykyyn. Saatavilla tutkimustuloksilla voi olla merkitystä arvioitaessa ternimaitovalmisteiden mahdollisia terveydellisiä ja suorituskyvyllisiä etuja eri ikävaiheissa ja toisaalta urheilussa, kuntoilussa ja kuntoutuksessa.

Toisena tavoitteena on vakiinnuttaa proteiinisynteesimenetelmän käyttö Jyväskylässä ensimmäisenä yksikkönä Suomessa. Menetelmän avulla voidaan tehdä perusfysiologista tutkimusta ja tarjota mahdollisuuksia soveltavalle tutkimukselle liikunta- ja terveystieteissä (kuormitusvaikutukset, vanhustutkimukset), ravitsemustieteessä (ravintovalmisteiden kehittäminen) ja lääketieteessä (kudosvaurioiden hoito, palovammat, lääkevalmisteiden kehittäminen).

2. Menettelyt, joiden kohteeksi tutkittavat (koehenkilöt) joutuvat

Koehenkilöt aloittavat tutkimuksen verinäytteen antamisella aamulla paastotilassa. Sen jälkeen koehenkilöt nauttivat 14 vuorokautta ennen mittauspäivää joko ternimaitovalmistetta (Dynamic™ 20 g vuorokaudessa, mikä sisältää 74 µg IGF-1, 4.5 g IgG:tä ja 0.3 g IgA:ta, kokonaisenergia 340 kJ) tai placeboa (maltodekstriiniä, kokonaisenergia 340 kJ) (koehenkilö on kaksi kertaa samassa kokeessa, mutta ei tiedä kummalla kerralla hän käyttää ternimaitovalmistetta). Suplementaatiojakson aikana koehenkilöt harrastavat normaalisti liikuntaa ja ruokailevat terveellisesti annettujen ohjeiden mukaan. Mittauspäivänä puolet koehenkilöistä tekee kokeet lepotilassa ja puolet voimaharjoituksen kanssa. Mittausmenetelmä edellyttää suonensisäistä katetrointia sekä veri- ja

lihasnäytteiden ottamista. Katetrit asetetaan kyynärvarren laskimoon sekä nivustaipeessa reiden valtimoon ja laskimoon. Kyynärvarren laskimon kautta infusoidaan aminohappoliuos (merkittyä fenyylialaniini-aminohappoa), jonka pitoisuuksia mittauksissa määritetään saman reiden valtimosta ja laskimosta ja ulommasta reisilihaksesta. Voimaharjoituksen yhteydessä katetrit asetetaan vasta harjoituksen jälkeen. Nivustaipeessa 8 cm pitkät ja joustavat katetrit työnnetään ohjaimen avulla suonen sisään ja ne pidetään siellä neljä tuntia. Lihasnäytteitä otetaan yhden kokeen aikana kolme kertaa ulommasta reisilihaksesta (vastus lateralis –lihas) lihasbiopsianeulalla. Ensin iho ja lihas puudutetaan paikallisesti, jonka jälkeen ihoon tehdään pieni viilto ja neula työnnetään lihakseen. Lihasnäytteen koko on noin 50 mg. Lääkäri suorittaa katetrien asettamisen ja lihasnäytteiden ottamisen sekä suorittaa jälkitarkastuksen. Kokeen lopussa katetrien poistamisen jälkeen koehenkilöltä mitataan lepotilan hapenkulutusta hengitysilmasta. Tätä varten hengitysilmaa kerätään pään ympärille asetettavasta läpinäkyvästä muovikuvusta tutkimuslaitteeseen, mistä otetaan näytettä Deltatrac-nimisellä hapenkulutusta ja hiilidioksidin tuottoa mittaavalla laitteella. Mittaus tehdään vuodelevossa 30 minuutin ajalta. Se ei aiheuta elimistössä muutoksia normaaliin lepoon verrattuna. Tutkimus voidaan keskeyttää milloin tahansa, mikäli koehenkilö niin haluaa.

3. Hyödyt ja haitat, joita koehenkilöt kohtuudella voivat odottaa

Voimaharjoituksen yhteydessä voi sattua pieniä lihasrevähdyksiä ja lihaskramppeja. Lihasbiopsia otetaan ulommasta reisilihaksesta paikallispuudutuksessa ja seuraavana päivänä voi lihaksessa tuntua arkuutta ja kovaa fyysistä harjoittelua on silloin syytä välttää. Katetrien asettaminen voi tuntua kivulta ("nipistää"pistettäessä suoneen ja työnnettäessä katetria suoneen) mutta verinäytteen ottamiseen sinällään ei liity kipua. Katetrien asettamiseen valtimoon liittyvä komplikaatioriski on noin 10%. Komplikaatiot esiintyvät katetrien poistamisen jälkeen, jolloin saattaa ilmetä sisäistä ja ulkoista verenvuotoa. Komplikaatiot pyritään estämään kahden tunnin vuodelevolla ja painositeellä mittauksien jälkeen. Verinäytteiden ottokohdassa voi olla seuraavina päivinä arkuutta ja punotusta. Myös aminohappoliuoksen suoneen laittamisen (infuusion) yhteydessä voi tuntua lievää kipua ja seuraavana päivänä toimenpidekohta voi olla arka ja lievästi tulehtunut. Mittauksia seuraavana vuorokautena koehenkilö ei saa tehdä mitään fyysistä työtä tai liikuntaa.

Mahdollisia hyötynäkökohtia koehenkilölle ovat tietoa omasta terveydestä (proteiiniaineenvaihdunnan tila, hemoglobiini, hematokriitti, laskeuma ja kolesteroli) ja voima-arvot voivat auttaa koehenkilöä harjoittelun suunnittelussa ja seurannassa. Lihasbiopsiasta saadaan selville lihassolusuhde (nopeat vs. hitaat lihassolut). Ruokapäiväkirja-analyysi voi auttaa koehenkilöä parantamaan ravintokäyttäytymistään terveellisempään suuntaan.

4. Miten ja mihin tietoja aiotaan käyttää

Tutkimustulokset julkaistaan alan kansainvälisissä aikakausilehdissä ja kansainvälisissä kongresseissa. Tutkimuksen tietoja proteiinisynteesimenetelmän osalta käytetään tutkimuksen ja opetuksen kehittämiseen yliopistossa ja lääketieteen eri kohteisiin (loukkaantumiset kuten esim. palovammat, vanheneminen ja lihasmassa, kova työkuormitus, lääkekehittely). Lisäksi tietoja aiotaan käyttää suomalaisten ravintoaineyritysten tuotekehittelyyn. Tutkimuksen antamien lisätietojen avulla joko kehitetään entisiä tuotteita tai tuotetaan uusia valmisteita. Tutkimustuloksista tiedotetaan hankkeessa mukana oleville yrityksille ja nämä käyttävät tiedot hyväkseen.

5. Tutkijoiden yhteystiedot

Antti Mero, Jyväskylän yliopisto, Liikuntabiologian laitos
014-602077 (puh)
014-602071 (fax)
mero@maila.jyu.fi

Tarja Nykänen, Jyväskylän yliopisto, Liikuntabiologian laitos
040-5588093 (puh)

Niina Vehviläinen, Jyväskylän yliopisto, Liikuntabiologian laitos
050-3665259 (puh)

Markku Alen, Jyväskylän yliopisto, Terveystieteen laitos
014-602164
0400-647457
alen@maila.jyu.fi

Juha Knuutinen, Jyväskylän yliopisto, Kemian laitos
014-602615

Juha Hyötyläinen, Jyväskylän yliopisto, Kemian laitos
014-602563

Kaisa Lahti, Jyväskylän yliopisto, Kemian laitos
kailaht@st.jyu.fi

OLAVI KEINÄNEN, KESKI-SUOMEN KESKUSSAIRAALA
0500-571424

LIITE 2

6. **Tutkimuksen taustatiedot soveltuvin osin**

Tutkimuslaitokset: Jyväskylän yliopisto, Tukiorganisaatiot: Tekes, Hi-Col Oy, Sport-Jet Oy, Oy Panda Ab

7. **Tutkittavan oikeudet**

Koehenkilöt tulevat tutkimukseen vapaaehtoisesti ja he voivat koska tahansa kieltäytyä osallistumasta tutkimukseen. He voivat missä vaiheessa tahansa kysyä lisätietoja tutkimuksesta ja he voivat missä vaiheessa tahansa perua osallistumisensa tutkimukseen. Tutkimustulokset ovat luottamuksellisia ainoastaan tutkijoiden tiedossa ja tuloksia käsitellään raportoinnissa nimettöminä.

8. Yliopisto on vakuuttanut koehenkilöt tapaturman varalta.

9. Koehenkilön suostumus

Olen perehtynyt tämän tutkimuksen tarkoitukseen ja sisältöön, tutkittavalle aiheutuviin mahdollisiin haittoihin sekä tutkittavan oikeuksiin. Olen terve ja suostun osallistumaan tutkimuksen mittauksiin ja tuloksiani saa käyttää nimettömänä tutkimustulosten raportoinnissa.

_____ _____

Aika ja paikka Allekirjoitus

LIITE 3

Ohjeet koehenkilölle

Koehenkilö aloittaa 14 vrk ennen mittauspäivää aamuisella paastoverinäytteen antamisella ja nauttimalla Suplementtia (joko Dynamic-ternimaitovalmistetta tai plaseboa satunnaistettuna). Valmistetta nautitaan yksi paketti (10 pussia á 2 g) päivässä. Jauhe sekoitetaan nesteeseen pakkauksen ohjeen mukaan eli yksi pussillinen n. 2 dl nestettä. Viimeinen paketti käytetään mittausta edeltävänä päivänä. Mittaukset tehdään paastotilassa, jolloin ainoastaan veden nauttiminen on sallittua.

Jakson aikana koehenkilö elää mahdollisimman normaalia ja säännöllistä elämää. Liikunnan ja ruoan määrä pyritään pitämään totutulla tasolla. Alkoholin käyttö ei ole suotavaa. Viiden viimeisen päivän aikana ennen mittausta pidetään ruokapäiväkirjaa ja harjoituspäiväkirjaa (liitteet).

Ruokapäiväkirjaan merkitään kaikki syödyt ruoat ja juomat, niiden määrä (yksikkö g, dl, kpl, viipale, lasi ym.) ja valmistustapa. Myös nautitun nesteen määrä ja Suplementin käyttö merkitään muistiin.

Harjoituspäiväkirjaan kirjataan urheilulaji, kesto ja kuormittavuus.(Esim. hiihto, 2 h, kevyt PK; kuntosali, ylävartalon lihakset, 1,5 h, maksimivoima). Koehenkilö ei saa tehdä mitään rasittavaa (esim. maksimi- tai perusvoimaharjoitusta) kolmea vuorokautta ennen mittausta. Edellisen vuorokauden pitää olla lepopäivä. Koehenkilö ei saa nauttia ravintoa 12 tuntia ennen mittausten alkua.

Mittausten tarkka paikka liikunta- ja terveystieteiden tiedekunnassa ja alkamisaika ilmoitetaan viikkoa ennen mittauspäivää. Mittaukset pyritään aloittamaan aamulla n. klo 8 (10 tunnin paaston jälkeen) ja ne kestävät n. kuusi tuntia. Sen jälkeen koehenkilö voi syödä, mutta hänen täytyy pysyä tutkimushuoneessa levossa komplikaatioiden välttämiseksi. Kotiin pääsee lähtemään n. klo 16-17. Mittauksiin kannattaa varata lukemista ym. mitä vuodelevossa voi tehdä. Asusteena koehenkilöllä tulee olla löysät shortsit, jolloin näytteiden ottaminen on helppoa.

Lisätietoja

Tarja Nykänen p. 040-5588 093
Niina Vehviläinen p. 050-3665 529
Antti Mero p. 014-602 077, 040-5408 704

0

Arvioikaa ruuan määrä esim. seuraavia mittoja käyttäen: LIITE 4

* desilitroina: juomat, keitot, puurot, raasteet, salaatit, keitetyt vihannekset
* ruokalusikallisina: hillot, kastikkeet, kahvimaito
* teelusikallisina: rasva leivällä, sokeri puurossa/kahvissa
* iso, keskikokoinen, pieni: hedelmät, perunat, kokonaiset kasvikset, lihapyörykät ym.
* senttimetrainä: leivän, pullan paksuus, pannukakku, pihvit yms.

VIHJEEKSI:

* Ruokamäärien arvioinnissa voitte käyttää apuna liitteessä esitettyjä piirroskuvia.
* Kaupasta ostettujen valmiiksi pakattujen elintarvikkeiden paino on aina merkitty pakkaukseen. Niistä saa apua ruokamäärien arviointiin.
* Kaupassa punnittujen hedelmien painon saa kätevästi jakamalla pussillisen painon kappalemäärällä.

RUOKA-ANNOSTEN KESKIMÄÄRÄISIÄ MITTOJA

1 kupillinen kahvia	= 1,25 dl
1 lasillinen maitoa	= 1,8 dl
1 ruisleipäviipale	= 35 g
1 graham- tai hiivaleipäviipale	= 30 g
1 teelusikallinen rasvaa	= 5 g
1 juustoviipale	= 10 g
1 makkaraviipale (kaupan)	= 15 g
1 peruna (kananmunan kokoinen)	= 60 g
1 porkkana	= 100 g
1 tomaatti	= 70 g
1 appelsiini	= 150 g
1 omena	= 135 g
kananmunan kokoinen pala lihaa	= 60 g
1 kokolihapihvi	= 125 g
1 porsaankyljys	= 150 g
1 jauhelihapyörykkä	= 25 g
1 jauhelijapihvi	= 60 g
pala lenkkimakkaraa (pituus 10 cm)	= 140 g
1 keskikokoinen silakka (perattu)	= 30 g
pala kalaa (malliliite)	= 70 g
1 lasi viiniä = 12 centtilitraa	= 1,2 dl

Määriä ilmoittaessanne voitte käyttää seuraavia lyhenteitä:

litra = l
desilitra = dl
kahvikupillinen = kkp
teekupillinen = tkp
ruokalusikallinen = rkl
teelusikallinen = tl
lautasellinen = laut
lasillinen = las
kappale = kpl

Ruokapäiväkirja 1

Atk-rek.pvm

suoritepvm ⌊_⌊_⌊_⌊_⌊_⌊_⌋ p v k k v v

klo ⌊_⌊_⌊_⌊_⌋ t t m m

suorittaja ⌊_⌊_⌊_⌋

varatila ⌊_⌊_⌊_⌊_⌋

Nimi _____ puh. kotiin _____ puh. työhön _____

Päiväkirjan täyttöjakso alkaa _____ kuun _____ pnä aamulla herättyänne ja kestää _____ vuorokautta.

Kirjanpitopäivät ovat _____

Kotona tavallisimmin käytetty maito _____ leipärasva _____

ruuanvalmistusrasva _____

Työpaikkaruokalassa käytetty maito _____ leipärasva _____

ruuanvalmistusrasva _____

1. päivä	2. aika	3. paikka	4. RUUAT, niiden laatu ja valmistustapa	5. MÄÄRÄ/ ANNOKSEN KOKO	TUTKIMUSMERKINTÖJÄ koodi Nutrica	g	vaiht.	ateria
	⌊⌊⌊				⌊⌊⌊⌊	⌊⌊⌊	⌊⌊⌊	

LIITE 5

Harjoituspäiväkirja

Nimi: _____

Ikä: _____

Puhelinnumero: _____

Urheilulaji: _____

PVM	URHEILULAJI	KESTO	KUORMITTAVUUS

Mittausaikataulu

LIITE 6

min.	kello	tapahtuma	vastuuhenkilö
-75	7.45	0-verinäytteet,sylkinäyte	Risto
-45		jalan tilavuuden mittaaminen	Janne
-30	8.30	kyynärvarren kanyyli (vasen)	
-15	8.35	0-verinäytteet, 16 ml (3-allas, verenvirtaus)	sairaanhoitaja
-5		2H5-phe -alkuannos 2 µmol/kg	sairaanhoitaja
0	9.00	2H5-phe -infuusion aloitus, infuusionopeus **9,4 ml/h** /ruisku	sairaanhoitaja
55	9.55	*voimaharjoitus alkaa*	Niina
105	10.45	*voimaharjoitus loppuu*	Niina
110	10.50	reisivaltimon ja -laskimon kanylointi alkaa	Olavi
120		kyynärvarren kanyyli (oikea)	sairaanhoitaja
125		ICG-infuusion aloitus infuusionopeus **60 ml/h**	sairaanhoitaja/ Tarja
135	11.15	verinäytteet, 25a+5v, 2+2VV	sairaanhoitajat/
145		verinäytteet, 4a+4v, 2+2VV	Olavi/
155		verinäytteet, 4a+4v, 2+2VV	Tarja
165		verinäytteet, 25a+5v, 2+2VV	
	11.45	lihasbiopsia	Markku/Risto
170		ICG-infuusion lopetus	sairaanhoitaja
260	13.20	ICG-infuusion aloitus infuusionopeus **60 ml/h**	sairaanhoitaja
270	13.30	verinäytteet, 25a+5v, 2+2VV	sairaanhoitajat/
280		verinäytteet, 4a+4v, 2+2VV	Olavi/
290		verinäytteet, 4a+4v, 2+2VV	Tarja
300		verinäytteet, 25a+5v, 2+2VV	
	14.00	lihasbiopsia	Markku/Risto
305		infuusioiden lopetus, kanyyleiden poisto, kh:n jälkitoimenpiteet	Olavi/ sairaanhoitajat