

**KOVATEHOISEN KESTÄVYYSKUORMITUKSEN
VAIKUTUKSET VEREN TESTOSTERONI- JA
KORTISOLIPITOISUUKSIIN
NAISKESTÄVYYSURHEILJOILLA**

Niina Karstunen

Liikuntafysiologia

Kandidaatintutkielma

LFYA005

Syksy 2011

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän yliopisto

Työn ohjaaja: Antti Mero

TIIVISTELMÄ

Johdanto. Testosteroni on hormoni, jolla on elimistössä anabolinen eli kudoksia rakentava vaikutus. Sen pääasiallisena vastavaikuttajana toimii kudoksia hajottava katabolinen kortisoli, jolla on myös negatiivisia vaikutuksia elimistön immuunijärjestelmän toimintaan. Testosteronin ja kortisolin suhteen muutoksista voi päätellä elimistössä vallitsevaa anabolian ja katabolian tilaa. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää minkälaisia akuutteja vaikutuksia yksittäisellä kovatehoisella kestävyyskuormituksella (hiihtokilpailu) on elimistön testosteroni- ja kortisolipitoisuuteen ja niiden suhteeseen nuorilla naishihtäjillä.

Menetelmät. Koeryhmään kuului kymmenen nuorta naishihtäjää ja kontrolliryhmään kymmenen terveysliikuntaa harrastavaa nuorta naista. Mittaukset suoritettiin kunkin hiihtäjän osalta yhden kisaviikonlopun aikana tammi- ja helmikuussa. Alkumittaukset tehtiin kilpailua (lauantai) edeltävän perjantain aamuna ja loppumittaukset kilpailun jälkeisenä maanantaiaamuna. Osalla koehenkilöistä kisaviikonloppu piti sisällään vain yhden kilpailun (lauantai), kun taas osa osallistui kaksipäiväiseen kilpailuun (lauantai ja sunnuntai). Näin ollen loppumittaukset suoritettiin osalla 20 h ja osalla 40 h palautumisen jälkeen. Alku- ja loppumittauksissa hiihtäjiltä otettiin verinäyte (50 µl) kyynärvarren laskimosta sekä sylkinäyte näytetuppoa suussa kostuttamalla. Hiihtäjät ottivat lisäksi itse itseltään sylkinäytteen kilpailupäivän aamuna ja välittömästi kilpailun jälkeen. Kontrolliryhmän henkilöiltä kerättiin vastaavat veri- ja sylkinäytteet perjantaiaamuna, eivätkä he suorittaneet mitään kuormitusta. Verinäytteistä analysoitiin testosteronin ja kortisolin pitoisuudet ja sylkinäytteestä kortisolipitoisuus Siemens IMMULITE® 1000 Immunoassay System-laitteella. Tilastolliset analyysit tehtiin SPSS 15.0 for Windows-ohjelmalla käyttäen parillista ja paritonta t-testiä. Tilastollisen merkitsevyyden rajaksi asetettiin $p < 0.05$.

Tulokset. Hiihtäjien ja kontrolliryhmän välillä ei löytynyt alkumittauksissa merkitsevää eroa veren testosteroni- ja kortisolipitoisuuksissa. Veren testosteronipitoisuudet olivat hiihtäjillä loppumittauksissa merkitsevästi alkumittauksia alhaisemmat (alku: $2,2 \pm 1,2$ nmol/l; loppu: $1,8 \pm 1,0$ nmol/l; $p < 0,003$). Myös hiihtäjien veren kortisolipitoisuus oli alkumittauksiin (648 ± 141 nmol/l) verrattuna merkitsevästi alhaisempi loppumittauksissa (538 ± 161 nmol/l ; $p < 0,015$). Syljen kortisolipitoisuudessa ja testosteroni-kortisolisuhteessa ei tapahtunut hiihtäjillä merkitsevää muutosta.

Johtopäätökset. Tuloksista voidaan päätellä, että naisilla kilpailua edeltävä (20 h ennen) kortisolipitoisuus on korkeammalla kuin 20 h – 40 h kilpailun jälkeen mitattu kortisolipitoisuus osoittaen mahdollista kilpailulatautumista. Sen sijaan kilpailukuormitus laskee veren testosteronitasoa 20 h – 40 h tuntia kilpailun jälkeen korostaen riittävän palautumisen tärkeyttä kilpailun jälkeisinä päivinä.

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | JOHDANTO | 4 |
| 2 | KIRJALLISUUSKATSAUS | 5 |
| 2.1 | Kestävyyskuormitus ja testosteroni..... | 6 |
| 2.1.1 | Testosteroni | 6 |
| 2.1.2 | Kestävyyskuormituksen vaikutus testosteronipitoisuuteen | 6 |
| 2.2 | Kestävyyskuormitus ja kortisoli..... | 7 |
| 2.2.1 | Kortisoli..... | 7 |
| 2.2.2 | Kestävyyskuormituksen vaikutus kortisolipitoisuuteen... | 10 |
| 2.3 | Testosteroni-kortisolisuhte | 11 |
| 2.4 | Testosteronin ja kortisolin vaikutukset immunologiaan | 12 |
| 3 | TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA HYPOTEEESIT | 16 |
| 4 | TUTKIMUSMENETELMÄT | 17 |
| 4.1 | Koehenkilöt..... | 17 |
| 4.2 | Koeasetelma..... | 17 |
| 4.3 | Aineiston keräys ja analysointi..... | 18 |
| 4.4 | Tilastolliset analyysit | 18 |
| 5 | TULOKSET..... | 19 |
| 6 | POHDINTA..... | 21 |
| 7 | LÄHTEET | 25 |
| 8 | LIITTEET | 29 |

1 JOHDANTO

Testosteroni on anabolinen steroidihormoni, jolla on suora vaikutus lisääntymisessä ja merkittävä rooli kudosten rakennuksessa ja ylläpidossa (esim. Hoffman 1992). Naisilla testosteronipitoisuudet ovat huomattavasti miesten pitoisuuksia alhaisemmat, mutta myös pienillä pitoisuuksilla on naiselimistössä merkittävä rooli muun muassa lihasten kasvun ja luuston tiheyden osalta. Näillä ominaisuuksilla on myös urheilusuorituksessa merkitystä. (esim. Consitt ym. 2002.)

Kestävyyskuormituksella on havaittu olevan negatiivisia vaikutuksia elimistön testosteronipitoisuuteen ja kuormituksen jälkeen pitoisuus voi pysyä alhaisena tunteja tai jopa päiviä. Tällöin elimistön anabolia laskee, mutta kohoaa jälleen elimistön palautuessa kuormituksesta. (esim. Lac & Berthon 2000.)

Kortisoli on katabolisena hormonina testosteronin pääasiallinen vastavaikuttaja. Se muun muassa vähentää proteiinisynteesiä ja lisää proteiinien hajotusta elimistössä. Kortisoli aiheuttaa myös huomattavia muutoksia immuunijärjestelmän toiminnassa. (esim. Guyton & Hall 2006.) Normaalit fysiologiset pitoisuudet ovat immuunijärjestelmän toimintaa tukevia, kun taas stressin aiheuttama kohonnut pitoisuus heikentää immuniteettia (esim. Webster Marketon & Glaser 2007). Fyysinen rasitus on yksi kortisolin erittymiseen vaikuttava stressori (esim. Duclos ym. 1996).

Sekä testosteroni- että kortisolipitoisuuden fyysisestä rasituksesta johtuviin muutoksiin vaikuttavat keskeisesti kuormituksen intensiteetti ja kesto (esim. Duclos ym. 1996). Pitoisuuksien muuttuessa muuttuu myös testosteroni-kortisolisuhte, jonka on ajateltu kuvaavan elimistön anabolian ja katabolian välistä suhdetta. Suhteen on havaittu pienentyvän hetkellisesti kuormituksen seurauksena ja kasvavan taas elimistön palautuessa rasituksesta. (esim. Vervoorn ym. 1991.) Testosteroni-kortisolisuhteen muutosta voidaan pitää jossain määrin merkinä urheilijan yllirasitustilasta (esim. Mackinnon ym. 1997).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, onko yksittäisellä kovatehoisella kestävyyskuormituksella (hiihtokilpailu) vaikutusta elimistön testosteroni- ja kortisolipitoisuuteen ja niiden suhteeseen.

2 KIRJALLISUUSKATSAUS

2.1 KestävyySKUORMITUS JA TESTOSTERONI

2.1.1 Testosteroni

Testosteroni on androgeeni eli steroidihormoni jolla on maskuliininen vaikutus elimistössä. Sillä on suora vaikutus lisääntymisessä ja tärkeä anabolinen rooli kudosten rakennuksessa ja ylläpidossa. (Hoffman 1992.) Miehillä testosteronia erittyy kiveksistä, naisilla testosteronin pääasiallisena lähteenä toimii valmistus androstedenionista ja dehydroepiandrosteronista (DHEA), loppu erittyy munasarjoista ja lisämunuaisesta. (Consitt ym. 2002.) Aivojen hypotalamus ja aivolisäke säätelevät testosteronin erittymistä negatiivisen feedbackin avulla. Erittymisen jälkeen testosteroni kulkeutuu veressä eri puolille elimistöä pääasiassa sukupuolihormoneja sitovaan globuliiniin (SHBG) sitoutuneena. (Hoffman 1992.) Testosteronin vaikutuksia naisilla ei ole vielä täysin selvitetty, mutta testosteronihoidoilla on saatu aikaan parannusta psyykkisessä hyvinvoinnissa, seksuaalisuudessa, luun tiheydessä ja kehon rasvattomassa massassa. Näillä fysiologisilla muuttujilla on tärkeä osuus myös urheilusuorituksessa esimerkiksi juuri lihasten kasvun ja luun tiheyden kautta. (Consitt ym. 2002.)

Testosteronipitoisuus noudattaa vuorokausirytmiiä. Pitoisuus on korkeimmillaan aamulla kello kuuden ja kahdeksan välillä ja laskee tämän jälkeen päivän mittaan n. 35 % kunnes kääntyy taas nousuun puolenyön aikaan. (Hoffman 1992.) Normaali testosteronipitoisuus nuorilla naisilla on n. 1,2 nmol/l (Sinha-Hikim ym. 1998). Miehillä pitoisuus on huomattavasti suurempi, n. 23 nmol/l (Simon ym. 1996).

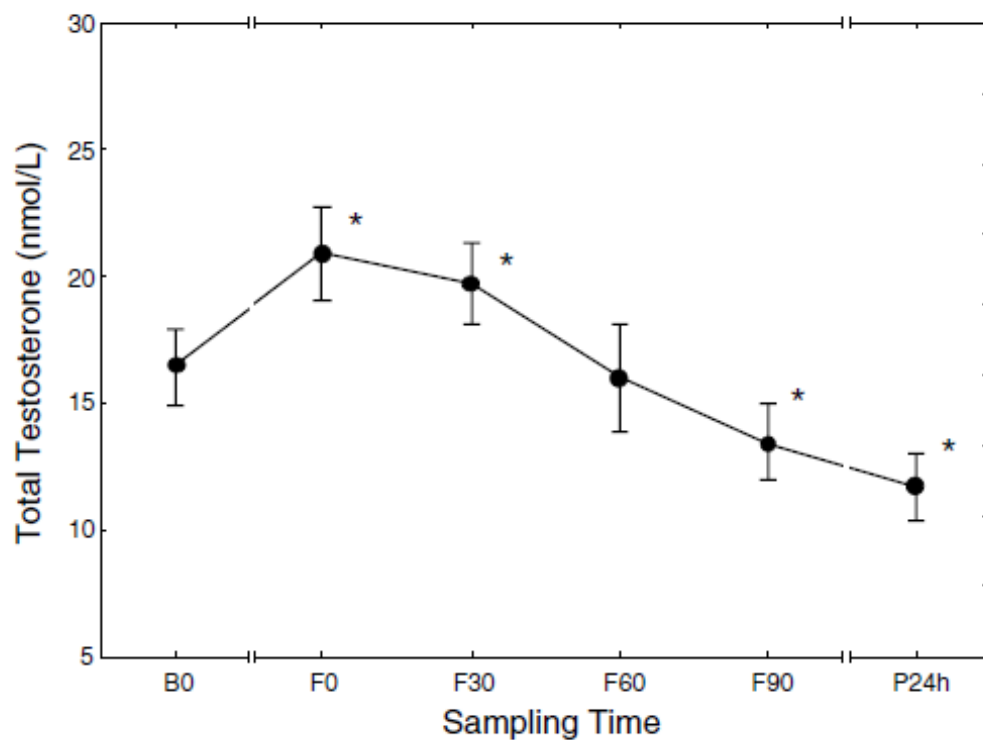
2.1.2 KestävyySKUORMITUKSEN VAIKUTUS TESTOSTERONIPITOISUUTEEN

Lyhytkestoisen kestävyyskuormituksen on havaittu akuutisti nostavan veren testosteronipitoisuutta (Volek ym. 1997). Kuormituksen jatkuessa pitoisuuden on kuitenkin havaittu kääntyvän laskuun (Lac & Berthon 2000). Consitt ym. (2002) arvelivat testosteronipitoisuuden kasvun johtuvan testosteronin poiston hidastumisesta

kuormituksen alettua. Tähän syynä on maksaan johtavan verenkierron hidastuminen kuormituksen aikana (Enea ym. 2011).

Kuormituksen jatkuessa testosteronipitoisuus kääntyy laskuun ja pitoisuuden on havaittu pysyvän alhaisena tunteja tai jopa päiviä kuormituksen päättymisen jälkeen. Testosteronipitoisuuden normaaliksi palautumiseen kuluva aika riippuu kuormituksen kestosta ja intensiteetistä. (Lac & Berthon 2000).

Myös Daly ym. (2004) havaitsivat kestävyysurheilijamiehillä uupumukseen asti tehdyssä tutkimuksessaan testosteronipitoisuuden olevan alhainen vielä vuorokausi kuormituksen päättymisen jälkeen (Kuva 1).



KUVA 1. Testosteronipitoisuus ennen kestävyyskuormitusta sekä 0min, 30min, 60min, 90min ja 24 h sen jälkeen miehillä (Daly ym. 2004).

Pitoisuuden muutoksen on havaittu olevan lineaarista kuormituksen ja intensiteetin ja keston kanssa. Koska testosteroni on anabolinen hormoni, voidaan sen pitoisuuden päätellä kertovan elimistön anabolisesta tilasta. Kuormituksen aikana ja sen jälkeen elimistön anabolia heikkenee, mistä kertoo myös testosteronipitoisuuden lasku. Palautuessa testosteronipitoisuus lähtee jälleen nousuun. (Lac & Berthon 2000.)

Vastaavia tuloksia on saatu paitsi laboratoriomittauksissa, myös kilpailutilanteessa tehdyissä mittauksissa. Kenttätutkimusten tuloksia analysoitaessa on kuitenkin noudatettava varovaisuutta, sillä esimerkiksi intensiteettiä ja kestoja on vaikeaa tarkkaan kontrolloida. Osassa tutkimuksista myös jännityksen on huomattu vaikuttavan testosteronipitoisuuteen mutta päinvastaisiakin tuloksia on saatu. (Consitt ym. 2002.)

Testosteronipitoisuuden muutokset ovat selviä miehillä, mutta naisilla tehdyistä tutkimuksista saadut tulokset ovat ristiriitaisia. Tämä johtuu enimmäkseen naisten luonnostaan hyvin alhaisesta testosteronipitoisuudesta, jolloin muutoksia on vaikea havaita. (Lac & Berthon 2000.)

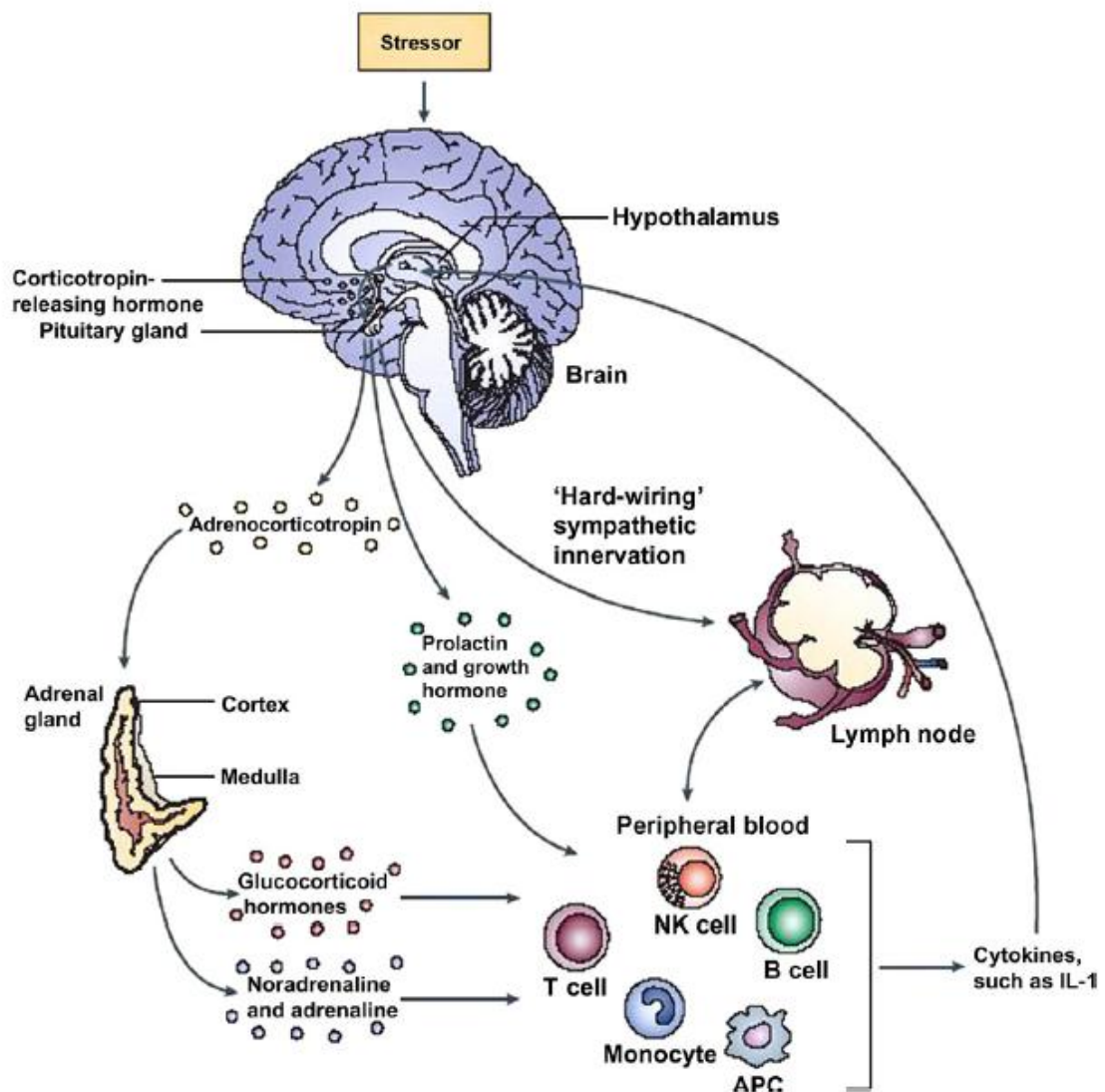
Pitkäaikaisen kestävyysharjoittelun vaikutuksia veren testosteronipitoisuuteen on tutkittu sekä miehillä että naisilla. Miehillä kestävyystyyppisen harjoittelun on havaittu laskevan veren testosteronipitoisuutta merkittävästi, mutta naisilla tehdyissä tutkimuksissa tulokset ovat epäselviä. (Consitt ym. 2002.) Esimerkiksi Keizerin ym. (1987) tutkimuksessa veren testosteronipitoisuuden havaittiin naisilla laskevan kolmen kuukauden kestävyysharjoittelun seurauksena, mutta muutos havaittiin ainoastaan kuukautiskierron luteaalivaiheessa (kuukautisia edeltävä vaihe). Myös Urhaisen ym. (1987) havaitsivat tutkimuksessaan kestävyysharjoittelun laskevan veren testosteronipitoisuutta. Tutkimuksessa oli kuitenkin mukana ainoastaan kolme naispuolista koehenkilöä.

2.2 Kestävyyskuormitus ja kortisoli

2.2.1 Kortisoli

Stressi, niin fyysinen kuin henkinenkin, saa aikaan neuroendokriinisignaalien lähettämisen aivoista. Elimistön kaksi pääasiallista neuroendokriinista reittiä ovat hypothalamus-aivolisäke-lisämunuaisreitti (HPA-reitti) ja sympaattinen hermosto (Kuva

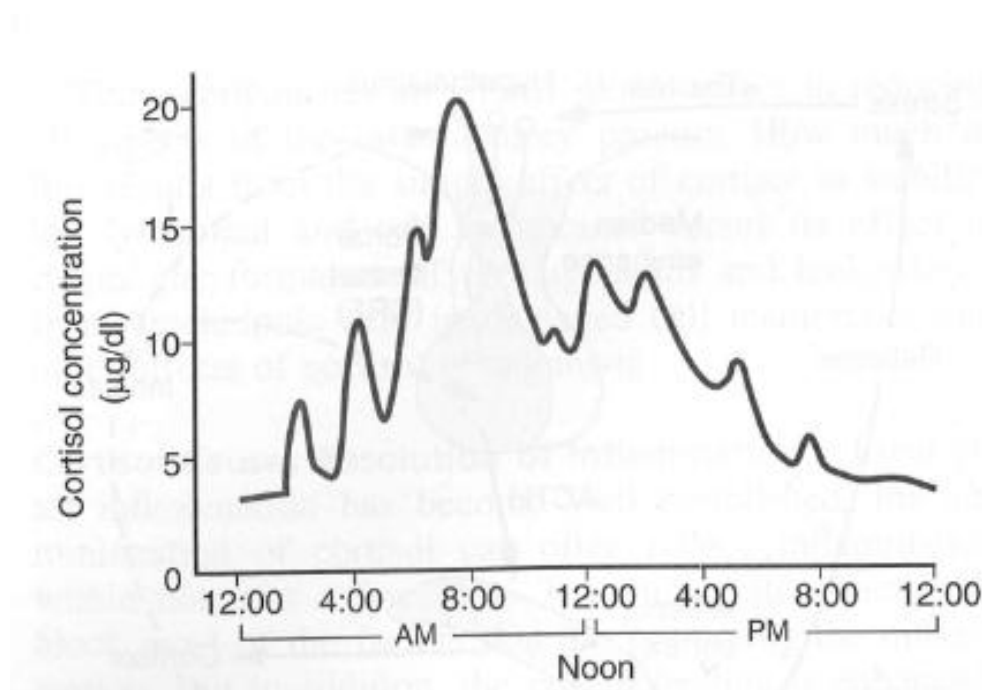
2). HPA-reitti saa aikaan glukokortikoidien erityksen lisämunuaiskuorelta, kun taas sympaattisen hermoston vaikutuksesta vapautuu katekoliamiineja, kuten adrenaliinia ja noradrenaliinia. (Webster Marketon & Glaser 2007.) Kortisoli on glukokortikoideista tärkein, lisämunuaisen kuorikerroksen erittämä steroidinen hormoni. Stressi saa aikaan kortikotropiinin vapauttajahormonin (CRH) erittymisen aivojen hypotalamuksesta. Tämä puolestaan laukaisee adrenokortikotrooppisen hormonin (ACTH) erittymisen aivolisäkkeen etuosasta. (Hill ym. 2008.) ACTH aiheuttaa muutamien minuuttien sisällä lisääntyntä kortisolin tuotantoa ja eritystä lisämunuaisen kuorikerroksesta. Kortisolin erityks pysyy optimitasolla feedbackin avulla. Kun kortisolia sitoutuu riittävästi solujen glukokortikoidireseptoreihin, lähtee aivoihin signaali HPA-reitin hidastamiseksi. (Feltosa ym. 2002.)



KUVA 2: Hypotalamus-aivolisäke-lisämunuaisreitti (Webster Marketon & Glaser 2007).

Kortisolilla on useita tehtäviä muun muassa elimistön aineenvaihdunnassa. Se esimerkiksi stimuloi maksan glukoneogeneesia, eli glukoosin valmistusta muun muassa proteiineista. Kortisoli myös vähentää proteiinisynteesiä ja lisää proteiinien kataboliaa eli hajotusta kaikkialla elimistössä maksaa lukuun ottamatta. Kortisoli aiheuttaa myös huomattavia muutoksia elimistön immuunijärjestelmän toiminnassa. Se sekä estää tulehduksen syntymistä että nopeuttaa tulehduksesta paranemista estämällä valkosolujen kulkeutumista tulehtuneelle alueelle ja vaimentamalla immuunisysteemin toimintaa vähentämällä lymfosyyttien tuotantoa. (Guyton & Hall 2006: 950 - 956.) Fysiologiset pitoisuudet elimistössä ovat immuunijärjestelmän toimintaa tukevia, kun taas stressin aiheuttama kohonnut pitoisuus on immunitettä heikentävää (Webster Marketon & Glaser 2007).

Aikuisilla kortisolin normaali vaihteluväli veressä aamulla on 123 - 626 nmol/l ja syljessä 3,5 - 27 nmol/l (Ljubijankic ym. 2008). Pitoisuus noudattaa vuorokausirytmää, pitoisuuden ollessa korkeimmillaan aikaisin aamulla ja matalimmillaan yöllä 3-5 h nukahtamisen jälkeen (kuva 3) (Karacabey ym. 2005). Kortisolipitoisuus on samansuuruinen sekä miehillä että naisilla. Myös vuorokausirytmä on sukupuolesta riippumatonta. (Aardal ja Holm 1995.)



KUVA 3 Kortisolipitoisuuden noudattama vuorokausirytmä (Guyton & Hall 2006: 956).

2.2.2 Kestävyytkuormituksen vaikutus kortisoliin

Fyysinen rasitus on huomattava kortisolin erittymiseen vaikuttava stressori. Plasman kortisolipitoisuuden kasvu korreloi lineaarisesti sydämen lyöntitiheyden kanssa sen jälkeen kun 60 – 70 % maksimisykkeestä on saavutettu. Korkeaintensiteettisessä työssä homeostaattiset muutokset, lähinnä anaerobisten aineenvaihduntatuotteiden kasaantuminen, stimuloivat ACTH:n tuotantoa, joka puolestaan lisää kortisolin vapautumista lisämunuaisen kuorelta. (Duclos ym. 1996.) Duclos ym. (1996) huomasi tutkimuksessaan myös, että kortisolin erityksen lisääntyminen vaatii korkean intensiteetin lisäksi riittävän pitkäaikaista kuormitusta. Korkeaintensiteettinen 20 min kestävä kuormitus ei ollut riittävä aiheuttamaan muutoksia kortisolipitoisuudessa, kun taas korkeaintensiteettinen 120 min kestänyt suoritus nosti pitoisuutta.

Myös Hill ym. (2008) havaitsivat intensiteetin vaikuttavan veren kortisolipitoisuuteen. Tutkimuksessa käytettiin kolmea eri intensiteettiä (40, 60, 80 % VO₂max), joista 60 ja 80 % intensiteetit aiheuttivat merkitsevän nousun veren kortisolipitoisuudessa. Muutokset johtuvat hemokonsentraatiosta ja hypotalamus-aivolisäkelisämunuaisakselin stimuloitumisesta. (Hill ym. 2008.) Kuormituksen aiheuttama lisäys kortisolin erittymisessä on hetkellistä, sillä lepotilassa kortisolin on havaittu pysyvän normaalitasolla harjoitelleillakin henkilöillä (Duclos ym. 2002). Kortisolipitoisuus pysyy koholla tunteja tai jopa päiviä rasituksen jälkeen, palautumisaika riippuu siitä, kuinka korkealle kortisolipitoisuus on kuormituksen seurauksena noussut (Lac & Berthon 2000). Veren kortisolipitoisuuden on myös havaittu nousevan vähemmän harjoitteleilla henkilöillä verrattuna harjoittelemattomiin henkilöihin samalla kuormalla tehdyssä rasiustestissä (McArdle ym. 2007: 450).

Esim. Highet (1989) on havainnut tutkimuksissaan naisten olevan miehiä herkempiä fyysiselle stressille. Näin ollen fyysinen kuormitus saattaa naisilla vaikuttaa kortisolipitoisuuteen enemmän.

Pitkäaikaisen kestävyysharjoittelun vaikutusta veren kortisolipitoisuuteen naisilla on tutkittu, mutta suurimmassa osassa tutkimuksia muutokset ovat olleet vähäisiä tai ristiriitaisia (Consitt ym. 2002). Esimerkiksi kuuden kuukauden uintiharjoittelulla ei havaittu olevan vaikutusta veren kortisolipitoisuuteen naisuimareilla tehdyssä tutkimuksessa (Hooper ym. 1993). Tegelman ym. (1990) puolestaan havaitsivat

tutkimuksessaan naiskestävyysurheilijoiden veren kortisolipitoisuuden olleen merkitsevästi harjoittelemattoman kontrolliryhmän pitoisuuksia korkeammalla.

Koska kortisoli on stressihormoni, jonka erityksen laukaisee niin fyysinen kuin psyykinenkin stressi, on myös kilpailulatauksen vaikutusta kortisolipitoisuuteen tutkittu. Esimerkiksi judokoilla tehdyssä tutkimuksessa (Salvador ym. 2003) kortisolipitoisuuden havaittiin olevan merkitsevästi korkeampi 30 min ennen kilpailusuoritusta, kuin ennen samaan vuorokaudenaikaan suoritettua ei-kilpailullista urheilusuoritusta. Tästä voidaan päätellä, että kilpailulatauksella (psykologinen stressi) itsellään on kortisolipitoisuutta nostava vaikutus. (Salvador ym. 2003.)

Kortisolipitoisuutta tutkittaessa voidaan mitata pitoisuus sekä verestä että syljestä. Syljen kortisolipitoisuus korreloi hyvin veren kortisolipitoisuuteen, mutta sen tulkinnassa täytyy noudattaa tarkkuutta, sillä syljen kortisolipitoisuus ei etenkään naisilla aina käyttyädy lineaarisesti seerumipitoisuuteen nähden. Syynä tähän voivat olla esimerkiksi kuukautiskierron vaiheet, ehkäisyväkitys tai raskaus, jotka kaikki vaikuttavat kortisolia sitovan globuliinin määrään. (Hellhammer ym. 2008.)

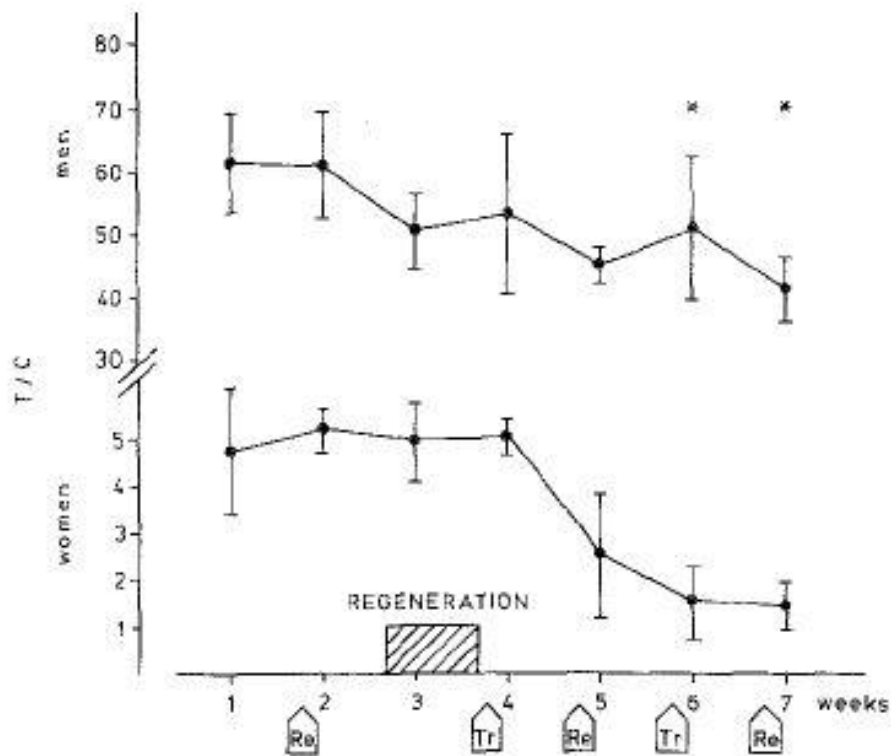
2.3 Testosteroni-kortisolisuhte

Tasapainon anabolisen ja katabolisen aineenvaihdunnan välillä tiedetään olevan ratkaisevaa urheilijan optimaalisessa kehitymisessä pitkällä aikavälillä. Tätä tasapainoa voidaan kuvata testosteronin ja kortisolin välisellä suhteella. Testosteroni-kortisolisuhteen on havaittu pienentyvän hetkellisesti kuormituksen seurauksena ja kasvavan taas elimistön palautuessa rasituksesta. Anabolian kiihtyessä palautumisen aikana tapahtuu urheilijan kehittymistä. (Vervoorn ym. 1991.) Koska testosteronilla ja kortisolilla tiedetään olevan päinvastaiset vaikutukset lihasten metaboliaan, proteiinisynteesiin ja kasvuun, on joissain tutkimuksissa esitetty että elimistön testosteroni-kortisolisuhdetta ja sen muutosta voitaisiin mahdollisesti pitää merkinä urheilijan ylläpitämisestä. Tulokset ovat kuitenkin kiistellyjä, sillä joissain tutkimuksissa merkitseviä muutoksia ei ole havaittu. (Mackinnon ym. 1997.)

Urhausen ym.(1987) havaitsivat testosteroni-kortisolisuhteen pienenevän merkitsevästi seitsemänviikkoisen harjoittelu- ja kilpailujakson aikana sekä mies- että naissoutajilla (kuva 4). Viikon mittaisen palautumisjakson aikana testosteroni-kortisolisuhteessa

tapahtui palautumista, mutta suhde kääntyi jälleen laskuun intensiivisen harjoittelun jatkuessa, kuten kuvasta 4 ilmenee. Riittävän palautumisen voidaan olettaa olevan edellytys ylirasitustilan välttämiseksi. (Urhausen ym. 1987.)

Heikkoa palautumista ja ylirasitustilaa kuvaavat muun muassa väsymys, huonot urheilusuoritukset harjoittelusta huolimatta, sekä jatkuva sairastelu, etenkin ylähengitysteiden sairaudet (Gabriel ym. 1998).

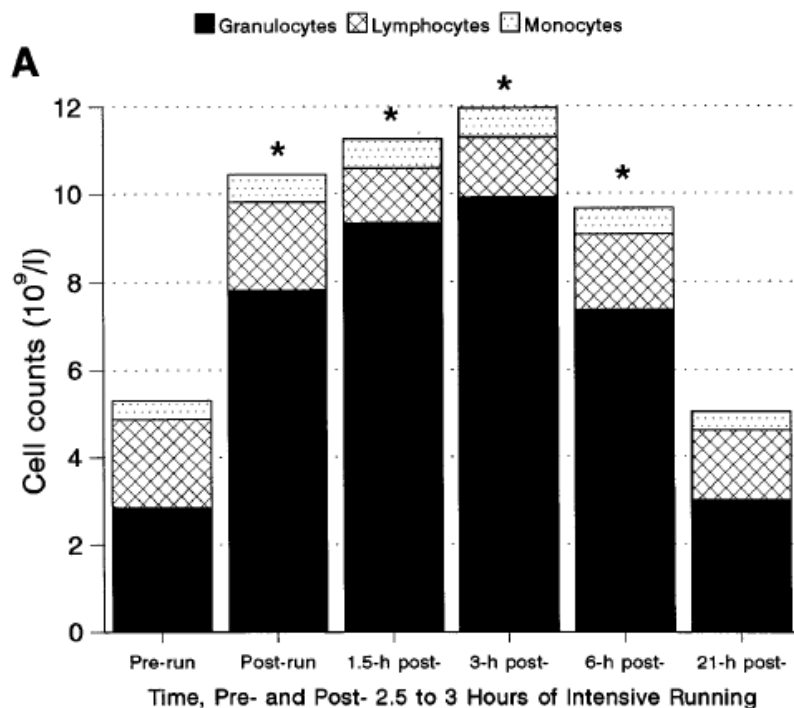


KUVA 4 Testosteroni-kortisolisuhteen muuttuminen seitsemänviikkoisen harjoittelu- ja kilpailujakson aikana mies- ja naissoutajilla. Re = Regatta (kilpailu), Tr = Training camp (harjoitusleiri), regeneration = palautumisjakso, * = merkitsevä muutos. (Urhausen ym. 1987)

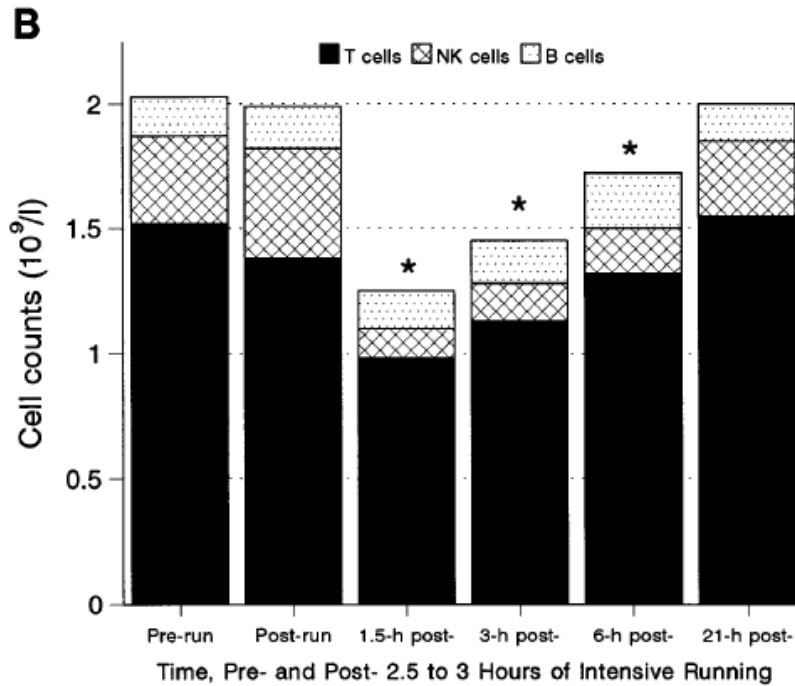
2.4. Testosteronin ja kortisolin vaikutukset immunologiaan

Liikunnan harrastamisen on todettu parantavan elimistön immuunijärjestelmän toimintaa ja tätä kautta vähentävän sairastumista infektioauteihin. Tämä koskee kuitenkin kohtuullista liikuntaa, sillä kovatehoisella harjoittelulla on havaittu olevan negatiivisia vaikutuksia immuunijärjestelmän toimintaan etenkin palautumisen aikana. (Pedersen ym. 1998.)

Immuunijärjestelmän toiminnan heikkeneminen johtuu muutoksista immuunijärjestelmän solujen määrässä ja aktiivisuudessa (Pedersen ym. 1998). Kovatehoisen kuormituksen on muun muassa havaittu nostavan aluksi lymfosyyttien määrää. Kuormituksen jälkeen lymfosyyttien määrä kuitenkin pienenee nopeasti ja voi laskea lepotason alapuolelle. Kevyemmällä kuormituksella ei ole vastaavia vaikutuksia. Lymfosyyttikonsentraation muutokset johtuvat eri solutyypin (T-lymfosyytit, B-lymfosyytit, luonnolliset tappajasolut) määrän muutoksista. Kuormituksen on havaittu vaikuttavan myös immuunijärjestelmän solujen aktiivisuuteen (Kuvat 4 ja 5). (Nieman 1997.)



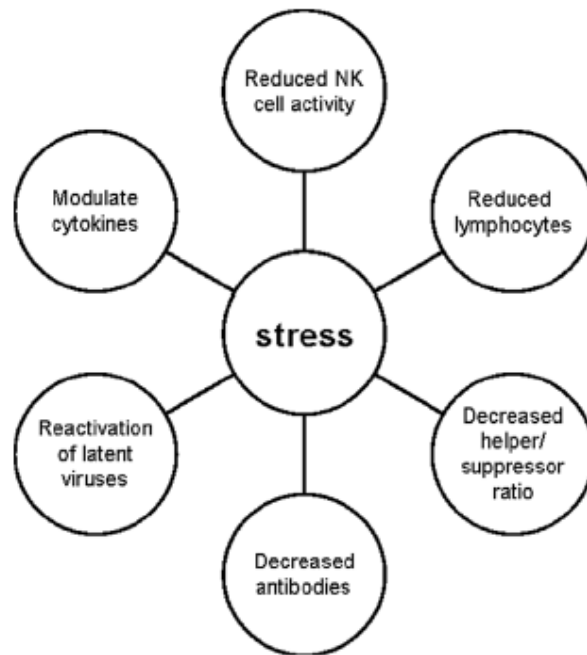
KUVA 4 Kovatehoisen kuormituksen vaikutukset leukosyyttien määriin (Nieman 1997).



KUVA 5 Kovatehoisen kuormituksen vaikutukset lymfosyyttien määriin (Nieman 1997).

Myös antibodien tuotanto verenkierrassa ja immunoglobuliini A:n tuotanto limakalvoilla laskee kovatehoisen kuormituksen seurauksena (Pedersen ym. 1998).

Immuunijärjestelmän solumäärien muutosten tiedetään johtuvan pääasiassa kortisolipitoisuuden muutoksista (Nieman 1997). Normaalitilanteessa kortisoli on immuunijärjestelmän toimintaa tukevaa, mutta stressitilanteessa kortisolipitoisuuden nousu aiheuttaa muutoksia etenkin soluliikenteessä (Webster Marketon & Glaser 2007.) Kohonneen kortisolipitoisuuden on raportoitu aiheuttavan erityisesti neutrofiliaa, eosinopeniaa, lymfopenia ja NK- ja T-solujen toiminnan heikkenemistä. (Nieman 1997.) Fyysinen kuormitus ei ole ainoa immuunijärjestelmää heikentävä stressori. Luonnollisesti myös esimerkiksi vaikeasta elämäntilanteesta tai vaikkapa puheen pitämisestä aiheutuva stressi vaikuttaa immuunijärjestelmän toimintaan samoin kuin kova fyysinen kuormitus (Kuva 6). (Webster Marketon & Glaser 2007.)



KUVA 6. Stressillä on useita vaikutuksia immuunijärjestelmän soluihin (Webster Marketon & Glaser 2007).

Kuormituksen jälkeistä tilapäisesti heikentyneen immunitetin jaksoa kutsutaan termillä ”open window”. Jakson pituus on normaalisti 3 - 72 h. Tänä aikana elimistön puolustusjärjestelmä on heikentynyt ja virusten ja bakteerien on helpompi tunkeutua elimistöön ja aiheuttaa sairastumista. (Nieman 2008.) Erityisen alttiita kovaa harjoittelevat urheilijat ovat ylähengitystieinfektioille eli URTI:lle (Upper Respiratory Tract Infection) (Nieman 1994).

3 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA HYPOTEESIT

Työn tarkoituksena oli tutkia, onko kovatehoisella kestävyyskuormituksella vaikutusta veren testosteroni- ja kortisolipitoisuuksiin ja niiden suhteeseen noin 20 - 40 tuntia kuormituksen jälkeen. Vertailuarvot otettiin n. 20 h ennen kilpailua. Lisäksi tarkoituksena oli selvittää onko kovatehoisella kestävyyskuormituksella välitöntä vaikutusta syljen kortisolipitoisuuteen.

Tutkimusongelmat olivat seuraavanlaiset:

1. Onko kovatehoisella kestävyyskuormituksella vaikutusta veren kortisolipitoisuuteen 20 - 40 tuntia kuormituksen jälkeen?
2. Onko kovatehoisella kestävyyskuormituksella välitöntä vaikutusta syljen kortisolipitoisuuteen?
3. Onko kovatehoisella kestävyyskuormituksella vaikutusta veren testosteronipitoisuuteen 20 - 40 tuntia kuormituksen jälkeen?
4. Onko kovatehoisella kestävyyskuormituksella vaikutusta veren testosteroni-kortisolisuhteeseen 20 - 40 tuntia kuormituksen jälkeen?

Hypoteesit olivat seuraavanlaiset:

- H1: Kortisolin määrä veressä 20 - 40 tuntia kuormituksen jälkeen on sama tai suurempi kuin ennen kuormitusta.
- H2: Kortisolin määrä syljessä välittömästi kuormituksen jälkeen on suurempi kuin ennen kuormitusta.
- H3: Testosteronin määrä veressä 20 - 40 tuntia kuormituksen jälkeen on pienempi kuin ennen kuormitusta.
- H4: Veren testosteroni-kortisolisuhte 20 - 40 tuntia kuormituksen jälkeen on pienempi kuin ennen kuormitusta.

4 TUTKIMUSMENETELMÄT

4.1 Koehenkilöt

Tutkimuksen koehenkilöt jaettiin kahteen ryhmään (hiihtäjät ja kontrollit). Hiihtäjryhmässä koehenkilöinä toimi kymmenen iältään 21 – 27 -vuotiasta naishiihtäjää (taulukko 1). Suomen maastohiihdon ranking-listalla he sijoituivat vuonna 2010 sijoille 13 - 102. Kontrolliryhmässä oli kymmenen terveystoimintaa harrastavaa 21 - 28 -vuotiasta naista. Koehenkilöitä tiedotettiin ennen tutkimuksen alkua tutkimuksen tarkoituksista ja kulusta ja he täyttivät terveys- ja taustatietokyselyn (liite 1). Samalla he antoivat kirjallisen suostumuksen osallistumisestaan. Jyväskylän yliopiston Eettinen toimikunta antoi puoltavan lausunnon tutkimussuunnitelmasta.

Taulukko 1. Koehenkilöiden antropometria ja harjoittelutausta. (* = Kontrolliryhmän harjoittelu raportoitiin 25 viikon ajalta.)

| | n | Ikä (vuotta) | Paino (kg) | Pituus (cm) | Rasva- % | Lihäs- massa (kg) | Harjoitus- määrä vuodessa (h) | Ranki- sijoitus |
|-------------------|----|-----------------|---------------|----------------|---------------|-------------------------|--|--------------------|
| Hiihtäjät | 10 | 23.6 ± 2.8 | 60.4 ± 6.2 | 167 ± 5.6 | 19.9 ± 4.0 | 28.0 ± 3.0 | 663 ± 101 | 44 ± 25.8 |
| Kontrollit | 10 | 24.8 ± 3.2 | 58.5 ± 6.2 | 165 ± 5.0 | 27.2 ± 5.4 | 24.7 ± 2.7 | * | no |

4.2 Koeasetelma

Mittaukset suoritettiin kunkin hiihtäjän osalta yhden kilpailuviikonlopun aikana. Alkutestit sisälsivät veri- ja sylkinäytteen keräyksen ja ne suoritettiin kilpailupäivää edeltävän perjantain aamuna. Lopputestit (veri- ja sylkinäyte) suoritettiin kilpailupäivän jälkeisen maanantain aamuna. Molempina päivinä testit tehtiin paastotilassa (12 h paasto yön yli). Kilpailupäivän aamuna hiihtäjät ottivat itseltään sylkinäytteen ja

toistivat näytteenoton välittömästi kilpailusuorituksen päätyttyä. Kilpailusuorituksen pituus vaihteli hiihtäjistä riippuen noin kolmen minuutin sprinttihiihtosuorituksesta pikamatkan noin 25 minuutin suoritukseen. Kontrolliryhmän mittaukset suoritettiin perjantaiamuna ja tulosten oletettiin pysyvän muuttumattomina viikonlopun yli joten maanantaina näytteitä ei kerätty.

4.3 Aineiston keräys ja analysointi

Mittaukset tehtiin Jyväskylän yliopiston liikuntalaboratoriossa. Tutkimusta varten koehenkilöiltä otettiin verinäyte (50 µl) kyynärvarren laskimosta. Laskimoverinäytteen oton suoritti ammattitaitoinen laborantti, joka vastasi myös näytteiden jatkokäsittelystä. Verinäytteitä sentrifugoitiin (3500 rpm) 10 min, jonka jälkeen ne asetettiin pakastimeen (- 80°C) odottamaan analysointia.

Verinäytteestä analysoitiin kortisolin ja testosteronin määrä Siemens IMMULITE® 1000 Immunoassay System-laitteella. Laitteen toiminta perustuu kemiluminesenssiin. Laitteen erottelukyky kortisolille on 5,5 nmol/l ja variaatiokerroin on 7,4 %. Testosteronille erottelukyky on 0,5 nmol/l ja variaatiokerroin on 5,7 %.

Sylkinäytteen otto tapahtui kostuttamalla näytepötköä suussa kunnes se oli täysin kastunut. Tarvittu näytemäärä oli 1 ml. Koehenkilöitä ohjeistettiin ottamaan sylkinäyte kilpailupäivänä itse vastaavalla tavalla. Näytteenoton jälkeen sylkinäytteen säilytys tapahtui jääkaapissa analysointivaiheeseen saakka. Sylkinäytteestä analysoitiin kortisolin määrä Siemens IMMULITE® 1000 Immunoassay System-laitetta.

4.4 Tilastolliset analyysit

Veri- ja sylkinäytteiden tulokset analysoitiin SPSS 15.0 for Windows -ohjelmalla. Hiihtäjien veri- ja sylkinäytteiden tuloksia (alku - loppu -tilanne) analysoitiin parillisella t-testillä. Hiihtäjien ja kontrollien näytteiden arvoja verrattiin parittomalla t-testillä. Tilastollisen merkitsevyyden rajaksi asetettiin $p < 0.05$.

5 TULOKSET

Alkumittausten testosteroni- ja kortisolipitoisuuksissa sekä näiden suhteessa ei löytynyt eroa hiihtäjä- ja kontrolliryhmän välillä.

Testosteroni. Hiihtäjillä alku- ja loppumittausten veren testosteronipitoisuudet poikkesivat toisistaan merkitsevästi (Taulukko 1). Pitoisuudet olivat loppumittauksissa merkitsevästi ($p < 0,015$) matalammalla kuin alkumittauksissa (Kuvio 1).

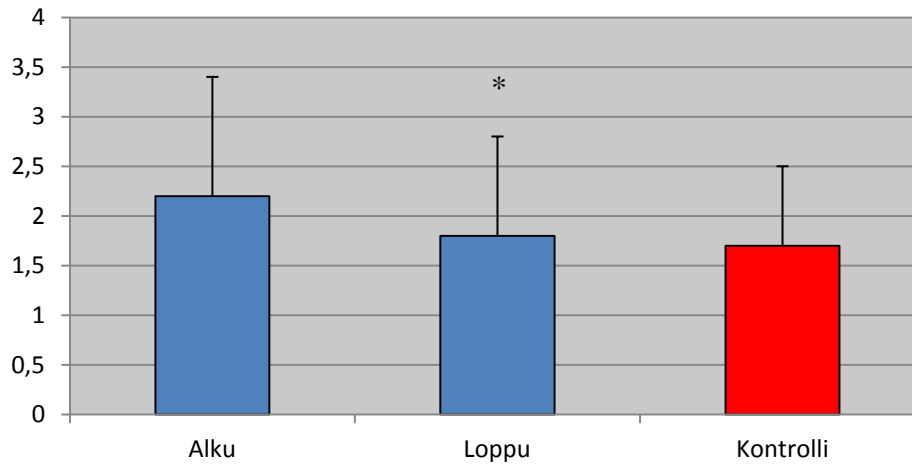
Kortisoli. Myös veren kortisolipitoisuuksissa tapahtui merkitsevää muutosta kisaviikonlopun aikana (Taulukko 1). Pitoisuudet olivat loppumittauksissa merkitsevästi ($p < 0,003$) matalammalla kuin alkumittauksissa (Kuvio 2). Syljen kortisolipitoisuuksien välillä ei löytynyt merkitsevää eroa.

Testosteroni-kortisolisuhte. Hiihtäjien veren testosteroni-kortisolisuhteessa ei tapahtunut merkitsevää muutosta kisaviikonlopun aikana (Taulukko 1).

TAULUKKO 1. Veren testosteroni- ja kortisolipitoisuus, syljen kortisolipitoisuus ja veren testosteroni-kortisolisuhte. . * = merkitsevä muutos. ** = Syljen kortisolin osalta alkumittaus suoritettiin kisapäivän aamuna ja loppumittaus välittömästi kisan jälkeen.

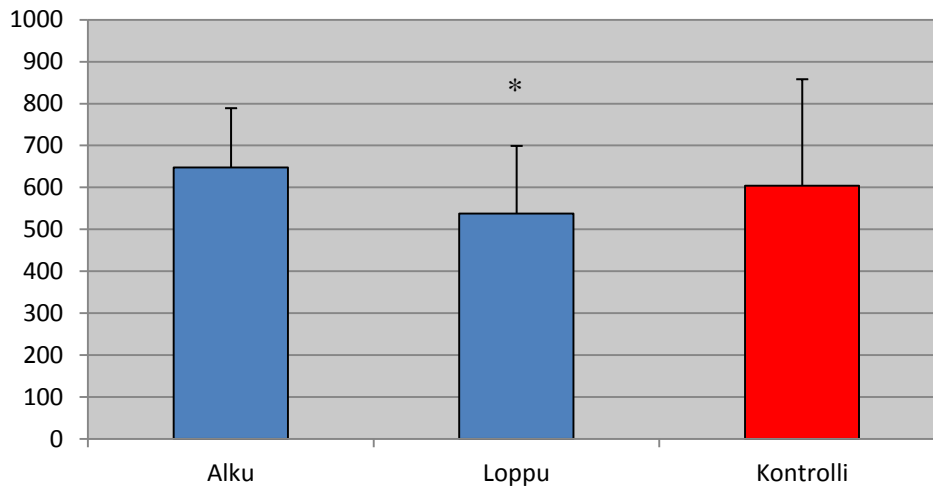
| | Hiihtäjät (alku) | Hiihtäjät (loppu) | Kontrolli (alku) |
|-----------------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Veren testosteroni (nmol/l) | 2,2 ± 1,2 | 1,8 ± 1,0* | 1,7 ± 0,8 |
| Veren kortisoli (nmol/l) | 648 ± 141 | 538 ± 161* | 604 ± 254 |
| Syljen kortisoli** (nmol/l) | 19 ± 8 | 25 ± 13 | 17 ± 9 |
| Testosteroni-kortisolisuhte | 0,0033 ± 0,002 | 0,0034 ± 0,002 | 0,0033 ± 0,002 |

Veren testosteroni



Kuvio 1. Veren testosteronipitoisuus (nmol/l) hiihtäjillä ennen ja jälkeen kisaviikonlopun, sekä vertailu kontrolliin. (* = merkitsevä muutos)

Veren kortisoli



Kuvio 2. Veren kortisolipitoisuus (nmol/l) hiihtäjillä ennen ja jälkeen kisaviikonlopun, sekä vertailu kontrolliin. (* = merkitsevä muutos)

6 POHDINTA

Testosteroni. Aikaisempien tutkimusten (esim. Lac & Berthon 2000) perusteella hypoteesina oli, että hiihtäjillä veren testosteronipitoisuus on loppumittauksissa pienempi kuin alkumittauksissa. Tämä johtuu kestävyyskuormituksen testosteronia laskevasta vaikutuksesta. Hypoteesi piti paikkansa, sillä hiihtäjien testosteronipitoisuudet olivat 20-40 h kilpailun jälkeen suoritetuissa mittauksissa merkitsevästi alkumittauksia pienemmät. Vastaavaa fyysisestä kuormituksesta johtuvaa testosteronipitoisuuden laskua on havaittu myös muissa tutkimuksissa. Esim. Tremblay ym. (2003) havaitsivat miehillä testosteronipitoisuuden laskevan lepotason alapuolelle kestävyyskuormituksen palautumisvaiheen aikana (1 h, 2 h, 3 h ja 4 h kuormituksen päätyttyä). Testosteronipitoisuus käyttäytyy siis samalla lailla sekä miehillä että naisilla. Tremblayn ym. tutkimuksessa kuormitus kuitenkin nosti testosteronipitoisuutta hetkellisesti, sillä pitoisuuden havaittiin olevan lähtötasoa korkeammalla välittömästi kuormituksen päättymisen jälkeen. Tässä tutkimuksessa hiihtokilpailun välitöntä vaikutusta veren testosteronipitoisuuteen ei voitu tutkia, sillä se olisi edellyttänyt laskimoverinäytteen ottoa suorituspaikalla.

On myös huomioitava, että testosteronin määrä elimistössä on naisilla hyvin vähäinen, jolloin pienetkin muutokset aiheuttavat tilastollista merkitsevyyttä. Muutoksen todellisia vaikutuksia elimistöön on myös vaikea sanoa ja aiheesta kaivataankin lisätutkimusta.

Tutkittaessa kilpailutilanteen vaikutuksia veren hormonipitoisuuksiin on otettava huomioon myös kilpailutilanteen aiheuttama psykologinen vaikutus. Mm. Suay ym. (1999) huomasivat veren testosteronipitoisuuden olleen juuri ennen kilpailutilannetta merkitsevästi korkeammalla kuin juuri ennen ei-kilpailullista urheilusuoritusta. Sama päti veren kortisolipitoisuuteen. Jännityksen osuus pitoisuuksiin on yksilöllistä, sillä kilpailulataus ja jännitys vaihtelevat henkilöstä ja kisasta riippuen. Jännityksen osuutta tuloksiin ei tässä hiihtäjillä tehdyssä tutkimuksessa otettu huomioon.

Kortisoli. Hiihtäjillä veren kortisolipitoisuus muuttui tilastollisesti merkitsevästi kilpailuviikonlopun aikana. Muutos tapahtui kuitenkin odotettua päinvastaiseen suuntaan, eli kuormituksen jälkeen tehdyissä mittauksissa kortisolipitoisuus oli ennen kuormitusta mitattua pitoisuutta pienempi. Aikaisempien tutkimustulosten (esim. Hill ym. 2008) perusteella olisi voinut odottaa pitoisuuden olleen loppumittauksissa korkeampi kuin alkumittauksissa tai jo laskeneen kuormitusta edeltävälle tasolle.

Kortisolipitoisuuden on havaittu kasvavan merkitsevästi korkeaintensiteettisen ja kestoltaan pitkän kuormituksen seurauksena (esim. Duclos ym. 1996, Hill ym. 2008). Tässä tutkimuksessa kuormitus (hiihtokilpailu) ei ilmeisesti ollut pituudeltaan riittävä aiheuttamaan kortisolipitoisuuden kasvua, vaikka intensiteetti olikin korkea.

Normaalisti kortisolin palautuminen normaalitasolle kestää tunteja tai päiviä riippuen siitä, kuinka korkealle kortisolipitoisuus on kuormituksen seurauksena noussut (Lac & Berthon 2000). Jos tässä tutkimuksessa kuormituksena käytetty hiihtokisa ei intensiteetiltään ja/tai kestoltaan ollut riittävä aiheuttamaan suurta muutosta kortisolipitoisuudessa, on pitoisuus saattanut loppumittauksiin mennessä jo palautua normaaliksi.

Alkumittausten loppumittauksia korkeampaan kortisolipitoisuuteen voi olla selityksenä myös kilpailulataus. Kilpailutilanteen on aiemmissa tutkimuksissa (esim. Salvador ym. 2003) havaittu nostavan kortisolipitoisuutta jo ennen kilpailua, jolloin kyseessä on psykologisen stressin aiheuttama kortisolipitoisuuden nousu. Salvadorin ym. tutkimuksessa kortisolipitoisuus mitattiin 30 min ennen kilpailun alkamista kun taas tässä tutkimuksessa verinäyte otettiin 20 h ennen kilpailua.

Kilpailu sai syljen kortisolipitoisuuksissa aikaan kasvua, mutta muutos ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Maanantaiaamun mittauksissa merkitseviä eroja ei edelleenkään löytynyt. Pitoisuuden olisi aikaisempien tutkimusten perusteella voinut odottaa olevan alkumittauksiin nähden merkitsevästi korkeampi välittömästi kuormituksen jälkeen. Tuloksiin luultavasti vaikuttaa kortisolipitoisuuden noudattama vuorokausirythmi. Hiihtäjät ottivat kilpailupäivän aamuna itseltään sylkinäytteen kello kahdeksan aikaan, jolloin kortisolipitoisuus on luonnollisesti korkeimmalla tasollaan. Seuraavan kerran, kilpailun jälkeen, näytettä otettaessa kortisolipitoisuus on vuorokausirythmin mukaisesti laskenut jopa puoleen aamun pitoisuudesta. Jotta

kuormituksen todellinen vaikutus kortisolipitoisuuteen olisi saatu esille, olisi sylkinäyte pitänyt ottaa juuri ennen kisasuorituksen alkua, ei aamulla.

Tutkimuksessa käytettiin kortisolipitoisuuden analysoimiseen sekä veri- että sylkinäytettä, sillä verinäytteen otto ei ollut mahdollista kilpailupäivänä. Veren ja syljen kortisolipitoisuuden on havaittu korreloivan keskenään hyvin (mm. Aardal ja Holm 1995, Neary ym. 2002).

Tämän tutkimuksen perusteella tämäntyyppisellä kovatehoisella kestävyyskuormituksella ei hypoteesin vastaisesti ole elimistön kortisolipitoisuutta nostavaa vaikutusta. Tutkimuksen luotettavuuteen voi vaikuttaa se, että kisaviikonloppunsa aikana hiihtäjät hiihtivät toisistaan poikkeavia matkoja. Esimerkiksi kaksi hiihtäjistä hiihti sprinttityyppisen kilpailun kun taas toiset hiihtivät normaalin pikamatkan. Osalla kisaviikonloppu sisälsi kilpailun molempina päivinä, osalla vain yhtenä päivänä. Kilpailut hiihdettiin eri paikoissa ja eri viikonloppuina, joten myös säällä voi olla vaikutusta tuloksiin. Esimerkiksi kova pakkanen on elimistölle erilainen rasite kuin lauha sää. Aikataulullisista syistä osalla hiihtäjistä mittausviikonloppu sijoittui tammikuulle, osalla helmikuulle. Näin ollen osa koehenkilöistä oli ehtinyt harjoitella ja kilpailla enemmän kuin toiset. Tällaisissa tilanteissa taustatekijöiden, kuten väsymyksen ja terveydentilan vaikutusta on mahdotonta eliminoida. Syljen kortisolinäytteen hiihtäjät keräsivät itse kisapäivän aamuna ja välittömästi kisan jälkeen. Koehenkilöiden itse suorittamaan näytteenkeräykseen liittyy aina se riski, että näytettä ei muisteta ottaa ajallaan tai sen säilytyksessä ei noudateta tarkkuutta. Tällaista ei kuitenkaan tämän tutkimuksen aikana raportoitu.

Testosteroni-kortisolisuhte. Hiihtäjien veren testosteroni-kortisolisuhteessa ei tapahtunut merkitsevää muutosta toisin kuin aiempien tutkimusten (esim. Vervoorn ym. 1991) perusteella olisi voinut olettaa. Normaalisti suhteen muutos johtuu sekä testosteronipitoisuuden pienenemisestä että kortisolipitoisuuden kasvusta. Tässä tutkimuksessa testosteronipitoisuus pieneni odotetusti, mutta samoin kävi myös kortisolipitoisuudelle, jolloin testosteroni-kortisolisuhte säilyi muuttumattomana. Testosteroni-kortisolisuhteessa tapahtuu vuorokauden aikana normaalia, molempien hormonien vuorokausirytmistä johtuvaa vaihtelua. Tässä tutkimuksessa vuorokausivaihtelun vaikutus testosteroni-kortisolisuhteeseen vakioitiin suorittamalla alku- ja loppumittaukset samaan vuorokaudenaikaan.

Johtopäätöksenä oli, että kilpailukuormitus laskee veren testosteronipitoisuutta 20 – 40 h kilpailun jälkeen. Tämä korostaa palautumisen tärkeyttä kilpailusuorituksen jälkeisinä päivinä, sillä veren testosteronipitoisuuden lasku kertoo elimistön heikentyneestä anaboliasta. Loppumittausten alkumittauksia matalampi veren kortisolipitoisuus osoittaa tämän tyyppisen hiihtokilpailusuorituksen olevan riittämätön aiheuttamaan veren kortisolipitoisuudessa kasvua, joka näkyisi vielä 20 – 40 h kuormituksen jälkeenkin. Alkumittausten korkeampi kortisolipitoisuus voi myös kertoa kilpailulatauksesta.

7 LÄHTEET

- Aardal, E. ja Holm, A-C. 1995. Cortisol in Saliva – Reference Ranges and Relation to Cortisol in Serum. *European Journal of Clinical Chemistry and Clinical Biochemistry*
- Consitt L.A. 2002. Endogenous Anabolic Hormone Responses to Endurance Versus Resistance Exercise and Training in Women. *Sports Medicine*. 32(1):1-22.
- Daly, W. ym. 2004. Relationship Between Stress Hormones and Testosterone with Prolonged Endurance Exercise. *European Journal of Applied Physiology* 93: 375-380.
- Duclos, M. ym. 1996. Trained Versus Untrained Men: Different Immediate Post-exercise Responses of Pituitary Adrenal Axis. *European Journal of Applied Physiology* 75: 343-350.
- Duclos, M. ym. 2002. Acute and Chronic Effects of Exercise on Tissue Sensitivity to Glucocorticoids. *Journal of Applied Physiology* 94:869-875.
- Enea, C. ym. 2011. Circulating Androgens in Women. *Sports Medicine* 41 (1): 1-15.
- Feitosa, M.F. ym. 2002. A Genetic Study of Cortisol Measured Before and After Endurance Training: The Heritage Family Study. *Metabolism* 51 (3) 360-365.
- Gabriel, H.H.W., ym. 1998. Overtraining and Immune System: A Prospective Longitudinal Study in Endurance Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 30 (7): 1151-1157.
- Guyton, A.C. & Hall, J.E. 2006. *Textbook of Medical Physiology*. Elsevier Saunders.
- Hellhammer, D.H. ym. 2008. Salivary Cortisol as a Biomarker in Stress. *Psychoneuroendocrinology* 34: 163-171.
- Hight, R. 1989. Athletic Amenorrhea. An Update on Etiology, Complications and Management. *Sports Medicine* 7: 82-108

- Hill, E.E. ym. 2008. Exercise and Circulating Cortisol Levels: The Intensity Threshold Effect. *Journal of Endocrinological Investigation* 31: 587-591.
- Hoffman, M.S. 1992. Testosterone: A Review of Physiological Effects and Exercise Responses. *National Strength and Conditioning Association Journal* 14(4): 10-17.
- Hooper S. ym. 1993. Hormonal Responses of Elite Swimmers to Overtraining. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 25 (6): 741-747.
- Karacabey, K. ym. 2005. The Effects of Exercise on the Immune System and Stress Hormones in Sportswomen. *Neuroendocrinology Letters* 4 (26): 361-366.
- Keizer H.A. ym. 1987. Effect of a 3-month Endurance Training Program on Metabolic and Multiple Hormonal Responses to Exercise. *International Journal of Sports Medicine* 8:154-160.
- Kuoppasalmi, K. ym. 1980. Plasma Cortisol, Androstenedione, Testosterone and Luteinizing Hormone in Running Exercise of Different Intensities. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation* 40(5):403-9.
- Lac, G. & Berthon, P. 2000. Changes in Cortisol and Testosterone Levels and T/C Ratio During an Endurance Competition and Recovery. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 40 (2): 139-144.
- Ljubijankic, N. ym. 2008. Daily Fluctuation of Cortisol in the Saliva and Serum of Healthy Persons. *Bosnian Journal of Basic Medical Sciences*. 8 (2): 110-115.
- Mackinnon, L.T. ym. 1997. Hormonal, Immunological, and Hematological Responses to Intensified Training in Elite Swimmers. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 29 (12): 1637-1645.
- McArdle, W. ym. 2007. *Exercise Physiology – Energy, Nutrition and Human Performance*. Sixth Edition. Lippincott Williams & Wilkins.
- Neary, J.P. ym. 2002. Relationship Between Serum, Saliva and Urinary Cortisol and its Implication During Recovery from Training. *Journal of Science and Medicine in Sport* 5 (2): 108-114.

- Nieman, D.C. 1994. Exercise, Infection, and Immunity. *International Journal of Sports Medicine* 15:S131-S141.
- Nieman, D.C. 1997. Immune Response to Heavy Exertion. *Journal of Applied Physiology* 82:1385-1394.
- Nieman, D.C. 2008. Immunonutrition Support for Athletes. *Nutrition Reviews* 66 (6): 310-320.
- Pedersen, B.K. ym. 1998. Nutrition, Exercise and the Immune System. *Proceedings of the Nutrition Society* 57:43-47.
- Salvador, A. ym. 2003. Anticipatory Cortisol, Testosterone and Psychological Responses to Judo Competition in Young Men. *Psychoneuroendocrinology* 28: 364-375.
- Simon, D. ym. 1996. Sex Hormones, Aging, Ethnicity and Insulin Sensivity in Men: An Overview of the TELECOM Study. *Androgens and the Aging Male*. New York Parthenon Publishing.
- Sinha-Hikim, I. ym. 1998. The Use of a Sensitive Equilibrium Dialysis Method for the Measurement of Free Testosterone Levels in Healthy, Cycling Women and in Human Immunodeficiency Virus-infected Women. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 83: 1312
- Suay, F. ym. 1999. Effects of Competition and Its Outcome on Serum Testosterone, Cortisol and Prolactin. *Psychoneuroendocrinology* 24: 551-566.
- Tegelman R. ym. 1990. Endogenous Anabolic and Catabolic Steroid Hormones in Male and Female Athletes During Off Season. *International Journal of Sports Medicine* 11: 103-106
- Tremblay, M.S. ym. 2003. Effect of Training Status and Exercise Mode on Endogenous Steroid Hormones in Men. *Journal of Applied Physiology* 96: 531–539, 2004.
- Urhausen ym. 1987. A 7-week Follow-Up Study of the Behaviour of Testosterone and Cortisol During the Competition Period in Rowers. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 56 (5): 528-533.

- Vervoorn, C. ym. 1991. Seasonal Changes in Performance and Free Testosterone-Cortisol Ratio of Elite Female Rowers. *European Journal of Applied Physiology* 64: 14-21.
- Volek, J.S. 1997. Testosterone and Cortisol in Relationship to Dietary Nutrients and Resistance Exercise. *Journal of Applied Physiology* 82: 49-54, 1997.
- Webster Marketon, J. & Glaser, R. 2007. Stress Hormones and Immune Function. *Cellular Immunology* 252: 16-26.

3b. Oletko yö / 3-vuorotyössä?

Kyllä En

Kyllä Ei En tiedä

4. Onko sinulla seuraavia sairauksia

- | | | | |
|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| - diabetes | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| - sydämen läppävika | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| - sepelvaltimotauti | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| - sydämen rytmihäiriö/tahdistin | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| - sydämen vajaatoiminta? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

5. Onko sinulla lääkitys, jos mikä?

- | | | |
|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| - verenpaineeseen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| - diabetekseen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| - kilpirauhasen toimintaan? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

6. Onko sinulla ollut vaivoja, nivelrikkoja tai reumaa

- | | | | |
|---------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| - nilkassa | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| - polvessa | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| - lonkassa | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| - alaselässä | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| - olkapäissä? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

7. Onko sinulta murtunut luita?

8. Jos vastasit Kyllä edelliseen kysymykseen, tarkentaisitko?

| Milloin? | Murtunut luu /luut? | Murtuman syy /syyt? |
|----------|---------------------|---------------------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

9. Paljonko nukut keskimäärin yössä ? _____

10. Käytätkö hormonilääkitystä

- satunnaisesti

- säännöllisesti?

Kyllä Ei En tiedä

11. Onko sinulla jokin muu merkittävä sairaus,
joka vaatii lääkärissä käyntiä tai lääkitystä?

Mikä? _____

12. Käytättekö alkoholia?

- En / hyvin harvoin
 1-3 kertaa kuukaudessa
 1-2 kertaa viikossa
 3-4 kertaa viikossa
 Päivittäin tai lähes päivittäin

13. Arvioikaa kuinka paljon juotte seuraavia juomia viikon aikana:

| | |
|------------------------|----------------------------------|
| Limonadia | _____ lasillista (1,7 dl) |
| Kevytlimonadia | _____ lasillista |
| Kivennäisvettä | _____ lasillista |
| Tuoremehua | _____ lasillista |
| Teetä | _____ kupillista (1,5 dl) |
| Kahvia | _____ kupillista |
| Olutta / siideriä | _____ ravintola-annosta (0,33 l) |
| Viiniä | _____ ravintola-annosta (12 cl) |
| Väkeviä alkoholijuomia | _____ ravintola-annosta (4 cl) |

14. Millainen terveydentilanne on omasta mielestänne tällä hetkellä?

- Erinomainen
 Hyvä
 Kohtalainen
 Huono
 Surkea

15. Miten kuvaisit tämän hetkistä suorituskykyäsi?

- Erinomainen
- Hyvä
- Kohtalainen
- Huono
- Surkea

16. Millainen mielialanne on omasta mielestänne ollut viimeisten kuukausien aikana?

- Erinomainen
- Hyvä
- Kohtalainen
- Huono
- Surkea

17. Viimeisten kuukautisten ajankohta ennen mittauksia?
