

## **Lappidoc – juoman nauttimisen vaikutus nestetasapainoon ja suorituskykyyn pitkäkestoisessa juoksusuorituksessa**

Lotta Viitala

Opinnäytetyö

Vierumäen yksikkö

Liikunnan ja vapaa-ajan koulutusohjelma

Kevät 2009



**Liikunnan ja vapaa-ajan koulutusohjelma**

<p><b>Tekijät</b> Lotta Viitala</p>	<p><b>Ryhmä</b> Lot-2009</p>
<p><b>Opinnäytetyön nimi</b> Lappidoc – juoman nauttimisen vaikutus nestetasapainoon ja suorituskykyyn pitkäkestoisessa juoksusuorituksessa</p>	<p><b>Sivu- ja liitesivumäärä</b> 37 + 1</p>
<p><b>Ohjaajat</b> Timo Vuorimaa</p>	
<p>Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää Lappidoc – juoman vaikutusta nestetasapainoon ja fyysiseen suorituskykyyn pitkäkestoisen juoksusuorituksen aikana.</p> <p>Tutkimukseen osallistui 14 koehenkilöä, jotka juoksivat saman juoksutestin kolme kertaa syksyllä 2008. Testi koostui vauhtiohjattusta conconi-testistä, jonka jälkeen juostiin tasavauhtinen kymmenen kilometriä ja lopuksi toinen vauhtiohjattu conconi-testi. Ensimmäisellä testikerralla koehenkilöt eivät nauttineet lainkaan juomaa. Toisella ja kolmannella kerralla koehenkilöt joivat joko vettä tai Lappidoc – juomaa satunnaistetussa järjestyksessä. Ennen juoksutestejä koehenkilöt punnittiin ja heiltä määritettiin hemoglobiini- ja hematokriittiarvot sekä virtsan ominaispaino. Samat kokeet suoritettiin juoksun jälkeen. Lisäksi koehenkilöt vastasivat tuntemuskyselyyn.</p> <p>Lappidoc – juomaa juodessaan koehenkilöiden väsymistä kuvaava indeksi oli pienempi kuin muilla testikerroilla (<math>p = 0.000</math>). Kymmenen kilometrin aika parani merkitsevästi, kun koehenkilöt nauttivat vettä (<math>p = 0.004</math>) tai Lappidoc – juomaa (<math>p = 0.004</math>). Ilman nesteen nauttimista koehenkilöiden kehon paino putosi testisuorituksen aikana 1.8 % (<math>p = 0.000</math>). Vettä ja Lappidoc – juomaa nautittaessa kehon painon pudotus oli 0.7 % (<math>p = 0.000</math>) ja 0.9 % (<math>p = 0.000</math>), mikä on pienempi (<math>p = 0.000</math>) painon menetys kuin ilman nesteen nauttimista. Ilman nesteen nauttimista koehenkilöiden virtsan ominaispaino nousi testisuorituksen aikana 0.5 % (<math>p = 0.019</math>) ja Lappidoc – juomaa nautittaessa 0.3 % (<math>p = 0.038</math>). Ilman nesteen nauttimista koehenkilöiden hemoglobiiniarvot nousivat testisuorituksen aikana 0.3 % (<math>p = 0.002</math>), mikä on merkitsevästi suurempi nousu kuin testikerralla, jolloin nautittiin vettä (0.005 %, <math>p = 0.028</math>). Koehenkilöt kokivat juoksun rankimmaksi silloin, kun he joivat vettä, mikä on merkitsevästi enemmän, kun he eivät juoneet mitään (<math>p = 0.014</math>) tai kun he joivat Lappidoc – juomaa (<math>p = 0.000</math>). Lappidoc – juomaa juodessaan koehenkilöt kokivat pistosta (<math>p = 0.013</math>) ja pahoinvointia (<math>p = 0.006</math>) vähemmän kuin muilla testikerroilla.</p> <p>Tämän tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että kohtuullisen rasittavassa alle kaksi tuntia kestävässä suorituksessa väsymystä tapahtuu vähemmän, kun nautitaan suoloja, hiilihydraatteja ja proteiineja sisältävää juomaa verrattuna siihen, ettei nautita nestettä lainkaan tai nautitaan vettä. Myös veden nauttiminen parantaa suorituskykyä verrattuna siihen, jos ei juoda mitään. Juoksun aikaiset tuntemukset olivat Lappidoc – juomaa nautittaessa paremmat kuin muilla kerroilla. Jos tällaisen juoksusuorituksen aikana ei nautita lainkaan nestettä, elimistö kärsii nestehukasta. Tähän viittaavat lähes 2 % painon lasku suorituksen aikana sekä hemoglobiinin ja virtsan ominaispainon nousu kerralla jolloin ei nautittu lainkaan nestettä.</p>	
<p><b>Asiasanat</b> nestetasapaino, Lappidoc – juoma, vesi, fyysinen suorituskyky</p>	

Degree programme sports and leisure management

<p><b>Authors</b> Lotta Viitala</p>	<p><b>Group</b> Lot-2009</p>
<p><b>The title of thesis</b> The effects of drinking Lappidoc –fluid during long-distance running on hydration status and physical performance</p>	<p><b>Number of pages and appendices</b> 37 + 1</p>
<p><b>Supervisors</b> Timo Vuorimaa</p>	
<p>The aim of this thesis was to study the effects of Lappidoc –fluid on hydration status and physical performance during long-distance running. The other aim of the study was to compare differences between water and Lappidoc –fluid to running test results.</p> <p>The target group consisted of 14 of Haaga-Helia students doing the Degree Programme in Sport and Leisure Management. The subjects ran the same test three times in August 2008. First they ran a Conconi-test, then ten kilometers at constant speed and finally a Conconi-test again. In the first test nobody drank anything. In the second and in the third test the subjects drank either water or a Lappidoc –fluid. Everyone drank water only once and the Lappidoc –fluid only once. The blood count, the specific weight of the urine and the body weight of the testees were recorded both before and after each test. Additionally the testees recorded their experiences and sensations immediately after each test.</p> <p>The first study question was: Does dehydration or fatigue take place during the running tests? In the sub-category to these questions there were two additional questions: Does blood count and the specific weight of the urine change? The second study question was: How did the three test results differ from each other?</p> <p>The main results of the study were that the Lappidoc –fluid product decreased the sensation of fatigue in the Conconi-tests compared to water (<math>p = 0.000</math>). The testees ran the ten kilometers run at constant speed faster when they drank any of the two liquids when compared to when they did not drink anything (<math>p = 0.004</math>). The hemoglobin values and body weight were better when drinking water instead of the Lappidoc –fluid. There were no significant changes either in the hematocrit values. In every event the statistically significant limit was <math>p &lt; 0.05</math>. When drinking the Lappidoc –fluid the testees experienced less exhaustion and felt less nausea during the run than in other tests.</p>	
<p><b>Key words</b> hydration status, Lappidoc –fluid, water, physical performance</p>	

## **Esipuhe**

Tämä opinnäytetyönä tehty tutkimus tehtiin tilauksesta kotimaiselle uutta urheilujuomavalmistetta kehittäväälle yhtiölle, Lapland Nutrition Oy:lle. Tutkimuksen tilauksesta haluan kiittää Lapland Nutrition Oy:n toimitusjohtajaa Tea Skinnaria, sekä muuta yhtiön henkilökuntaa. Työn tarjoamisesta ja ohjaamisesta kiitän Timo Vuorimaata. Haluan kiittää myös liikuntalääketieteen erikoislääkäri Harri Hakkarasta sekä Suomen Urheiluopiston lääkäriaseman henkilökuntaa ja kaikkia tutkimuksessa avustaneita henkilöitä.

Iso kiitos kuuluu myös kaikille koehenkilöille, jotka osallistuivat tutkimukseen. Kiitokseksi osallistumisesta tutkimukseen kaikki koehenkilöt saivat Lapland Nutrition Oy:ltä yhteisen saunailan sekä yhtiön tuotteita.

Vierumäellä 10. maaliskuuta 2009.

Lotta Viitala

# Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Nestetasapaino ja fyysinen suorituskyky.....	3
2.1	Vesi.....	3
2.2	Suola ja natrium.....	4
2.3	Nesteen nauttiminen ennen urheilusuoritusta.....	6
2.4	Nesteytys urheilusuorituksen aikana.....	7
2.5	Liikaa vai liian vähän nestettä?.....	8
2.6	Nestetasapainon korjaaminen urheilusuorituksen jälkeen.....	10
3	Nestetasapainon mittaaminen ja arviointi.....	11
3.1	Kehon paino.....	11
3.2	Virtsan osmolaliteetti ja ominaispaino.....	11
3.3	Veriarvot.....	12
3.4	Bioimpedanssi.....	13
4	Energiatasapaino ja nesteenkoostumus.....	14
4.1	Suorituksen aikana nautittavan nesteen koostumus.....	14
4.2	Lämmönsäätely.....	17
4.3	Janon tunne ja nestehukka.....	18
5	Tutkimuksen tarkoitus ja tutkimusongelmat.....	20
6	Menetelmät.....	21
6.1	Koehenkilöt.....	21
6.2	Koeasetelma.....	21
6.3	Mittausmenetelmät.....	23
6.4	Tilastolliset tarkastelut.....	24
7	Tutkimustulokset.....	25
7.1	Suorituskyvyn muutokset.....	25
7.2	Nestetilan muutokset.....	25
7.2.1	Kehon painon muutokset.....	25
7.2.2	Virtsan ominaispainon muutokset.....	26
7.2.3	Hemoglobiinin ja hematokriitin muutokset.....	27
7.3	Subjektiiiviset tuntemukset.....	29
8	Pohdinta.....	31
	Lähteet.....	35
	Liitteet	
	Liite 1. Tuntemuslomake.....	37

# 1 Johdanto

Nesteen nauttiminen ennen suoritusta, suorituksen jälkeen sekä suorituksen aikana on monissa urheilulajeissa kiistanalainen aihe. Tiedetään, että nesteen nauttimisella voidaan saavuttaa parempia tuloksia ja palautuminen suorituksesta nopeutuu. Mutta kuinka paljon tulisi juoda ja minkä tyyppistä juomaa? Nämä kysymykset ovat monille urheilijoille ja etenkin kuntoilijoille jokapäiväisiä kysymyksiä, joten niiden tutkiminen on edelleen tarpeellista.

Urheilusuurituksissa tarvittava nesteen määrä ja laatu riippuvat suorituksen laadusta ja intensiteetistä. Myös ilman lämpötilalla, kosteudella ja tuulioloilla on paljon merkitystä nesteytyksessä. Mitä rankempi ja hikoiluttavampi suoritus on, sitä enemmän on juotava. Juoman on sisällettävä myös suoloja, kun hikoilu on runsasta. Kansainvälisen maratonjuoksujen lääkäriyhdistyksen (IMMDA) mukaan muun muassa kestävyysjuoksijoiden riittävänä ja turvallisena nesteen saantina voidaan pitää 0.4 - 0.8 litraa tunnissa. Toinen suuntaa antava ohje on nauttia nestettä 0.6 - 1.2 l/t. (Ilander 2006, 434.)

Edellä mainitut juomisohteet ovat kuitenkin viitteellisiä. Esimerkiksi maratonjuoksussa hyponatremian eli vesimyrkytyksen riski on melkein yhtä suuri kuin nestehukan vaara. Etenkin hentorakenteiset naiset, jotka käyttävät aikaa juoksuun 4 - 5 tuntia ovat vaarassa saada hyponatremian, jos vettä nautitaan liikaa. Tämä kävi ilmi muun muassa vuonna 2003 Bostonin maratonilla tehdyssä tutkimuksessa, jossa ensiapuun tulleista 140 juoksijasta 37 prosenttia kärsi nestehukasta ja 32 prosenttia hyponatremiasta. (Ilander 2006, 437.) Veden nauttimastakaan ei siis pidä liioitella, vaikka suoritus olisikin pitkä.

Jokaisen urheilijan ja kuntoilijan on itse osattava arvioida oma juomisen tarve urheilusuurituksen aikana päivittäisen normaalin nesteensaannin lisäksi. Tämä on hyvin yksilöllistä ja etenkin maratoonareiden ja muiden kestävyyslajien harrastajien on syytä kokeilla erilaisia nesteytysstrategioita ennen varsinaista pääsuoritusta tai kilpailua. Näin minimoidaan suorituskyvyn heikkeneminen nestevajeen takia sekä liiallisen nesteen saannin vaikutuksesta aiheutuva nesteen hölskyminen mahassa, pistokset, pahoinvointi ja pahimmassa tapauksessa hyponatremia. Hyponatremiassa veren natriumpitoisuus laskee liian alhaiseksi, jolloin elimistö kärsii vesimyrkytyksestä.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää Lappidoc –juoman nauttimisen vaikutusta nestetasapainoon ja suorituskykyyn pitkäkestoisen juoksusuorituksen aikana. Lappidoc –juoman on kehittänyt suomalainen yritys Lapland Nutrition Oy. Juomavalmisteessa on hyödynnetty

kotimaisia puhtaita luonnontuotteita ja se on väri- ja lisäaineeton. Juoma sisältää sokereita, suoloja ja proteiineja.

## 2 Nestetasapaino ja fyysinen suorituskyky

### 2.1 Vesi

Vesi on elämälle välttämätöntä. Ilman sitä elintärkeät kemialliset reaktiot, aineiden kuljetus ja lämmönsäätely eivät toimi. Ihmiselimestöstä vähintään puolet on vettä. Hoikassa mieheissä vettä on noin 60 prosenttia painosta, normaalipainoisissa noin 55 prosenttia ja lihavassa mieheissä noin 50 prosenttia. Lihavien ihmisten veden vähyys johtuu siitä, että rasvakudoksen painosta noin kymmenen prosenttia on vettä. Lihaksissa ja muissa rasvattomissa kudoksissa vettä on sen sijaan yli 70 prosenttia. Naisissa on keskimääräisesti enemmän rasvaa kuin mieheissä ja siksi miehillä on isompi vesipitoisuus kuin naisilla. Hoikassa tai normaalipainoisessa naisessa vettä on noin 55 prosenttia, hieman ylipainoisessa 50 prosenttia ja lihavassa naisessa on noin 45 prosenttia vettä henkilön painosta. (Nienstedt, Hänninen, Arstila & Björkvist 2004, 376; Mero 2007, 174; Borg, Fogelholm & Hiilloskorpi 2004, 257 - 256; Komppa 2003, 28.)

Normaali veden päivittäinen tarve on 2.5 litraa. Päivän aikana naisurheilija menettää normaalisti 2 - 3 litraa ja mies 3 - 4 litraa nestettä. Vettä menetetään monella eri tavalla (taulukko 1). Iholta poistuu diffuusion avulla nestettä, liikunnan aikana hengitys tiheenee ja näin ollen suun kautta menetetään normaalia enemmän vettä. Myös ulosteiden mukana menetetään vettä. Nestettä saadaan ruoasta ja ruokajuomista. Normaalisti nesteen runsaaseen nauttimiseen ei tarvitse kiinnittää erityistä huomiota. Fyysisesti aktiivisilla henkilöillä tilanne on kuitenkin toinen, koska liikunta ja muu fyysinen kuormitus lisäävät nesteen menetystä oleellisesti. Fyysisen suorituksen aikaansaama nestevaje on korjattava ennen seuraavaa harjoitusta, koska nestevaje heikentää fyysistä ja psyykkistä suorituskykyä ja vaikeuttaa näin tehokasta harjoittelua. Tämä pätee etenkin kestävyyttä vaativissa lajeissa. (Ilander 2006, 421; Borg ym. 2004, 258; Mero ym. 2007, 174.)



Taulukko 1. Veden menetys erilaisissa oloissa (l/vrk) (Borg ym. 2004, 258.)

	Tavallinen Lämpötila	Kuuma Lämpötila	Pitkäkestoinen Fyysinen rasitus
Virtsa	1.40	1.20	0.50
Hengitys	0.35	0.25	0.65
Diffuusio iholta	0.35	0.35	0.35
Ulosteeet	0.10	0.10	0.10
Hiki	0.10	1.40	5.00
Yhteensä	2.30	3.30	6.60

## 2.2 Suola ja natrium

Suolan saanti vaikuttaa nestetasapainoon, koska suolaa tarvitaan ylläpitämään plasman osmoottista painetta. Nesteen osmoottinen paine riippuu siihen liuenneiden molekyylien määrästä. Kun suolan saanti vähenee, myös osmoottinen paine pienenee, jolloin osa kehon vedestä poistuu. Kun taas siirrytään hyvin suolaiseen ruokavalioon, osmoottinen paine kasvaa, jolloin nestettä kerääntyy elimistöön. Tämä aiheuttaa turvotuksen tunteen. Suola on tärkein nestetasapainoon vaikuttava tekijä, mutta myös muilla elektrolyyteillä ja proteiineilla on virtsan erityykseen vaikuttavia ominaisuuksia. (Borg ym. 2004, 259.)

Hikoillessaan ihminen menettää suoloja. Keskimäärin hiki sisältää 2 - 3 grammaa suolaa. Suorituksessa, jossa hikoillaan voimakkaasti, voi ihminen menettää jopa kuusi grammaa suolaa tunnissa. Ravitsemussuosituksissa väestön natriumin saantia suositellaan rajoitettavaksi, koska sen suureen saantiin voi liittyä haittavaikutuksia. Miehillä suositellaan enintään seitsemän grammaa ja naisille kuusi grammaa natriumkloridia vuorokaudessa. Kovaa harjoittelevien ja paljon hikoilevien urheilijoiden ei tulisi kuitenkaan rajoittaa suolan saantiaan. Tällöin vältetään hyponatremialta eli riskiltä liian pieneen veren natriumpitoisuuteen. Tosin ruokaa ei urheilijoidenkaan tule suolata ylimääräisellä suolalla, sillä normaalisuolaisesta ruokavaliosta saadaan yleensä riittävästi suolaa myös urheilijoiden tarpeisiin nähden. Kesällä kuumassa ilmalassa harjoitellessa on tärkeää välttää suolansaannin tietoista rajoittamista. (Ilander 2006, 421 - 422.)

Terveiden urheilijoiden tavoitteena tulisi olla sopivan natriumin vuorokausisaannin turvaaminen välttämällä tiukkaa suolarajoitusta. Natriumin nauttimisesta suorituksen aikana voi olla hyötyä eri tilanteissa. Se esimerkiksi parantaa hieman nesteen imeytymistä. Natriumpitoinen neste ehkäisee vaarallista hyponatremiaa ja lykkää uupumusta, kun harjoittelu tapahtuu kuumissa ja voimakasta hikoilua aiheuttavissa olosuhteissa. (Ilander 2006, 191; Ilander 2008, 55.)

Yleensä urheilijat juovat liian vähän suorituksen aikana. Natriumpitoinen juoma ylläpitää janon tunnetta ja se kannustaa juomaan lisää ja edesauttaa näin suurempaa nesteensaantia. Sen sijaa suolaton neste laimentaa veren ja poistaa janon tunteen jo ennen kuin nestetasapaino on saavutettu. Hieman suolaa sisältävä neste koetaan myös paremman makuiseksi kuin suolaton, mikä myös lisää juomishalua. (Ilander 2006, 191; Ilander 2008, 55.)

Suorituksen jälkeisessä palautumisessa natrium tehostaa nesteen sitoutumista elimistöön, pienentää nestevajeen poistamiseen tarvittavaa nestemäärää ja vähentää virtsaneritystä. Täydellinen ja tehokas nestetasapainon korjaantuminen voidaan varmistaa korvaamalla sekä menetetty neste että menetetty suola. Liikunnan aikana menetetty suola saadaan korvattua syömällä natriumpitoista ruokaa ja juomalla palautumisjuomaa. Taulukossa 2 on esitetty juoman sopiva suolapitoisuus erilaisissa tilanteissa. Suolan sopiva pitoisuus määräytyy halutun vaikutuksen mukaan. Myös juoman maku asettaa rajoituksia suolan määrälle. Mikäli suolaa saadaan energiapatukoista tai esimerkiksi suolakurkuista voidaan suolan määrää vähentää. (Ilander 2006, 191 - 192.)

Taulukko 2. Juoman sopiva suolapitoisuus erilaisissa tilanteissa (Ilander 2006, 192.)

Tavoite	Tilanne	Juoman suolapitoisuus
Hyponatremian ehkäiseminen	Monituntiset ultrasuoritukset Kuumassa ilmanalassa	1.7 - 3 g/l
Nesteen imeytymisen Tehostaminen	Kaikki kestävyysuoritukset	0.8 - 2 g/l
Juomishalun lisääminen	Esimerkiksi liikunta helteellä Tai turnaukset	0.8 - 1 g/l
Nesteretention parantaminen	Palautuminen, nestetasapainon Korjaaminen liikunnan jälkeen	1 - 3 g/l

### 2.3 Nesteen nauttiminen ennen urheilusuoritusta

Päivittäisen perusnesteytyksen lisäksi suositellaan juotavan noin ½ litraa ylimääräistä nestettä rankkaa fyysistä urheilusuoritusta edeltävänä iltana. Aamulla tulisi nauttia uudelleen puoli litraa nestettä ja 1.5 - 2 tuntia ennen suoritusta jälleen saman verran urheilujuomaa tai vettä. Liikuntasuoritus on pyrittävä aloittamaan hyvin nesteytettynä, mutta liika vesi poistuu kuitenkin aina kehosta, joten liikajuomista on vältettävä. Jos ilmanala on kuuma, on hyvä juoda vielä uudelleen lähempänä itse suoritusta. Näin nestehukan muodostumisen vaara minimoidaan. Tällä tavalla voidaan toimia myös, jos perusnesteytyks on ollut puutteellista tai epäillään, että nestetasapainoa ei ole vielä saavutettu. (Ilander 2006, 428; Møslund, urheilijan nesteytyks.)

Edellä mainitun nesteytyksikäytännön lisäksi voidaan noin kymmenen minuuttia ennen suoritusta nauttia niin sanottu praimerin eli nesteannos. Praimerin tarkoituksena on suurentaa mahassa olevan nesteen määrää nopean mahan tyhjenemisen aikaansaamiseksi. Mahan nopeaa tyhjenemistä ja nestetilavuutta ylläpidetään nauttimalla suorituksen aikana pieniä nesteannoksia lyhyin väliajoin. Praimeri parantaa myös kehon nestetasapainoa, koska neste ei ehdi erittyä virtsaan ennen suoritusta. Intensiivisen suorituksen alettua neste jää elimistön käyttöön, koska virtsanmuodostus vähenee. Praimeri voi sisältää myös pitkiä suorituksia parantavia hiilihydraatteja. Kun ilma on kuuma ja nestetasapainon säilyttäminen on erityisen haasteellista, on praimerin merkitys suurin. (Noakes 1991, 125, 128; Ilander 2006, 249.)

Leiper (2001, teoksessa Ilander ym. 2006) toteaa, että tehokkain mahan tyhjeneminen saavutetaan silloin, kun mahan nestetilavuus on kuusi desilitraa. Näin täydellä mahalla tehokkaan liikunnan harrastaminen saattaa kuitenkin tuntua tottumattoman ihmisen mielestä epämukavalta. Näin ollen praimerin käyttöön kannattaa totutella pienempinä annoksina. Burke (2002a, teoksessa Ilander ym. 2006, 429) toteaa, että useimmat urheilijat sietävät noin 5 ml/kg (3 - 4 desilitran) praimerin hyvin. (Ilander 2006, 429.)

Lazka & Sawka (2002, teoksessa Ilander ym. 2006, 429) kirjoittavat, että runsaan nesteen juominen suoritusta edeltävinä tunteina ei näytä parantavan suoritusta. Runsaan juominen johtaa virtsan eritykseen ja näin ollen vain väliaikaiseen elimistön nestetilavuuden laajenemiseen, joten tilanne normalisoituu hyvin pian. Lisäksi ylinesteytyks lisää hyponatremian riskiä. (Ilander 2006, 429.)

## 2.4 Nesteytys urheilusuorituksen aikana

Kuumissa olosuhteissa nestehukka on merkittävin suorituskykyä heikentävä ja uupumusta aiheuttava tekijä kestävyysurheilussa. Suorituksen alkaessa urheilijan tulisi olla hyvässä nestetasapainossa. Vaikka urheilija olisikin huolehtinut riittävästä nesteytyksestä ennen suoritusta, syntyy nestevaje helposti hikoiluttavissa olosuhteissa. Suoritusta heikentävä nestevajaus voi syntyä jo tunnissa. Jo kahden prosentin nestehukka heikentää suoritusta. Mikäli vajuus on yli viisi prosenttia kehon painosta, voi suorituskyky heikentyä jopa 30 prosenttia. Jos urheilija on jo ennen suoritusta kroonisessa nestevajeessa esimerkiksi johtuen kuumasta ilmasta, voi hänen suorituksensa heikentyä jopa 6.3 prosenttia. Keskimäärin urheilija menettää kovatehoisessa urheilusuorituksen aikana 1 - 1.5 litraa nestettä tunnissa, mikä on korvattava nestetasapainon säilymistä turvaamiseksi. Tutkittaessa eri urheilulajien nesteen menetyksiä on todettu, että tyyppillisesti urheilijat korvaavat keskimäärin vain noin 50 prosenttia nesteen menetyksestään juomalla vain 300 - 600 ml/t. Juoman nauttimiseen urheilusuorituksen aikana vaikuttavat monet tekijät, esimerkiksi urheilijan oma tietoisuus nesteensä menetyksestä, urheilijan tietoisuus nesteen menettämisen haitoista, mahdollisuus juoda, juoman maukkaus, vatsan sietokyky, painonmenetyksen pelko ja pelko että kesken urheilun täytyy käydä virtsaamassa. (Hawley, Burke & Noakes 1998, 285 - 286; Maughan 2000, 419; Ilander 2006, 433.)

Juominen suorituksen aikana tehostaa lämmönsäätelyä ja ylläpitää veriplasman tilavuutta. Näin ollen nestevajeen ehkäiseminen riittäväällä juomisella edesauttaa kestävyysuoritusta. Nestettä on kuitenkin saatava kehoon nopeasti, sillä suolistossa ja mahalaukussa hölskyvä neste voi aiheuttaa pistoksia ja huonovointisuutta. Veden juomisella voidaan lykätä uupumusta kestävyysuorituksissa. Kevyessä liikunnassa veden on todettu olevan yhtä tehokas nestevajeen ehkäisijä kuin urheilujuomankin. Monissa tapauksissa hiilihydraatteja ja elektrolyyttejä sisältävien juomien avulla saavutetaan kuitenkin paras tulos. (Ilander ym. 2006, 433; Borg ym. 2004, 265) Esimerkiksi vuonna 2002 Englannissa tehdyssä tutkimuksessa todettiin, että hiilihydraatin nauttiminen ennen pitkäkestoista suoritusta ja sen aikana voi parantaa suoritusta. Hiilihydraatit auttavat ylläpitämään veren glukoosia ja lihaksen glykogeenia. Nämä aineet mahdollistavat tehokkaan liikuntasuorituksen. (Nicolette, Bishop, Micael, Gleeson, Ceri, Nicolas & Ajmol 2002, 145 - 156.)

Kestävyysuorituksen aikainen uupumus ilmenee nopeammin kuumalla kuin viileällä ilmalla. Kuumissa olosuhteissa nesteen nauttiminen on lämpösopeutumisen lisäksi tärkein keino parantaa kestävyttä. Glace ym. (2002a, teoksessa Ilander ym. 2006) esittää, että esimerkiksi lämpimissä olosuhteissa juostussa 160 kilometrin ultrajuoksussa maaliin selvinneet juoksijat olivat

juoneet huomattavasti enemmän kuin kilpailun keskeyttäneet juoksijat. Maaliin tulleiden nesteensaanti oli keskimäärin 0.74 l/t. Näiden urheilijoiden paino oli pienentynyt vain vähän kilpailun aikana, mikä osoittaa, että heidän nesteensaantinsa oli lähes yhtä suurta kuin nesteen menetys suorituksen aikana. Maratonjuoksujen voittajat juovat kuitenkin useimmiten paljon vähemmän kuin kuntojuoksijat. Näin ollen he kärsivät voimakkaasta nestevajeesta maaliin tullessaan. Nestehukka ei siis automaattisesti johda suorituksen epäonnistumiseen. On myös muistettava, että lievä (alle 1 - 2 prosentin) nestevaje ei heikennä suorituskykyä oleellisesti. Suorituksen aikaisella juomisella ei siis tarvitse pyrkiä korvamaan kaikkea suorituksen aikana menetettyä nestettä. Liiallista juomista tulee välttää myös, jotta vältetään vaaralliselta hyponatremialta. (Ilander 2006, 433 - 434.)

## **2.5 Liikaa vai liian vähän nestettä?**

Monet urheilijat juovat liian vähän liikunnan aikana. Juomiseen liittyvät käytännön ongelmat ja janon tunteen puuttuminen voivat vähentää suorituksen aikaista juomista. Kestävyystyypillisessä liikunnassa ihanteellista olisi, että nesteen nauttiminen perustuisi yksilölliseen tarpeeseen yleisten ohjeiden sijaan. Jokaisen pitkäkestoiseen urheiluosuuteen osallistuvan olisikin hyvä selvittää henkilökohtainen nestetarpeensa. Harva kuntoliikkuja on kuitenkaan selvillä omasta nesteen tarpeestaan. Yleisesti tunnettu ohjesääntö on juoda nestettä 0.4 – 1.2 l/t. Kuumassa ilmanalassa harjoittelevat sekä isokokoiset urheilijat, voivat hyötyä suuristakin nestemääristä. Turvallisena ja tehokkaana nesteen nauttimisen ylärajana voidaan urheilijoilla pitää 1.2 l/t. (Noakes 1991, 115; Noakes 2007, 463 - 466; Ilander 2006, 434.)

Mikäli lihasten glykogeenivarastot ovat täynnä vettä (max. 2 l) ja oletetaan, että henkilö juoksee maratonin neljässä tunnissa hikoillen litran tunnissa, riittää että henkilö nauttii 500 ml nestettä tunnissa. Näin hän kykenee ylläpitämään elimistön nestetasapainon. Noakes toteaa myös, että kuntomaratoonarille riittää, että hän juo vain silloin kun on janon tunne. Jos nestettä nautitaan jatkuvasti, se edesauttaa hyponatremian syntyä. (Noakes 1991, 115; Noakes 2007, 463 - 466; Ilander 2006, 434.)

Noakes (2003b, teoksessa Ilander ym. 2006) kirjoittaa, että vuoden 2002 Bostonin maratonilla naiskuntoilija menehtyi aivoödeemaan, jonka aiheutti veran liian alhainen natriumpitoisuus eli hyponatremia. Tämän aiheutti todennäköisesti liiallinen juominen ennen suoritusta ja suorituksen aikana. Tämä ei ole kuitenkaan ainutlaatuinen tapahtuma. Samankaltaisia tapahtumia on enemmänkin. Tämä on vaarana, kun ihmisillä on käsitys, että pitkäkestoissa suorituksissa tulisi ”juoda niin paljon kuin mahdollista”. (Ilander 2006, 437.)

Hyponatremian oireita voi olla vaikea erottaa dehydraation eli vakavan nestehukan oireista. Yleisin hyponatremian oire on oksentelu, jota ei esiinny nestehukan yhteydessä. Hew (2003, teoksessa Ilander ym. 2006) kirjoittaa myös, että hyponatremian tyypillisiä oireita ovat sekavuus ja heikotuksen tunne. Pahimmillaan tämä niin sanottu vesimyrkytys voi johtaa tajuttomuuteen ja kuolemaan. (Ilander 2006, 437.)

Almond (2005, teoksessa Ilander ym. 2006, 437) esittää, että kuumalla ilmalla juostujen maratonjuoksujen yhteydessä jopa 13 - 28 prosentilla juoksijoista esiintyy lievää, lähes oireetonta hyponatremiaa. Jo lievä veren natriumpitoisuuden lasku voi heikentää suorituskykyä. Vain 0.3 - 0.6 prosentilla osallistujista esiintyy vaarallista hyponatremiaa. Kylmässä ilmanalassa juostessa juodaan yleensä vähemmän, joten silloin hyponatremiaa esiintyy harvemmin. (Ilander 2006, 437.)

Liian runsas juominen on hyponatremian tärkein syy. Speedy ym. (2002, teoksessa Ilander ym. 2006, 437) toteaa, että hyponatremian riskiä suurentaa kuuma ilma, huono lämpösopeutuminen ja erittäin pitkäkestoinen suoritus. Vähäinen suolansaanti sekä suorituksen aikana että sen jälkeen voi lisätä myös hyponatremian riskiä. Tämä on kuitenkin kiistelty aihe. Pienikokoinen naismaratoonari, jonka suoritus kestää 4 - 5 tuntia, on tyypillinen hyponatremiapotilas. Tällainen juoksija kykenee nauttimaan suorituksen aikana paljon nestettä yhdelläkin kertaa, jolloin nesteen määrä kasvaa paljon. Hennon naisen veritilavuus on pieni, joten ylenpalttinen juominen laimentaa naisten verta enemmän kuin miesten. Naiset hikoilevat myös miehiä vähemmän ja ovat monesti tottuneempia juomaan suuria nestemääriä kuin miehet. (Noakes 1991, 116; Ilander 2006, 437.)

Kraz ym. (2005, teoksessa Ilander ym. 2006, 437) kirjoittaa, että IMMADA:n (International Marathon Medical Directors Association) uusien ohjeiden (suorituksen aikana nestettä 0.4 - 0.8 l/t) julkaisemisen jälkeen vuoden 2003 Bostonin maratonin yhteydessä tehdyssä tutkimuksessa selvisi, että ensiavun tarpeessa olleista 140 juoksijasta 32 prosenttia kärsi liiallisen juomisen aiheuttamasta hyponatremiasta ja 37 prosenttia kärsi liian vähäisen juomisen aiheuttamasta nestehukasta. Ilanderin ym. mukaan on mahdotonta sanoa, ovatko juoksijat noudattaneet annettuja ohjeita. On kuitenkin selvää, että liian vähäisen juomisen riski on vähintään yhtä todellinen kuin liiallinen juominen. (Ilander 2006, 437.)

Suolan saanti suorituksen aikana pienentää hyponatremian riskiä, kun suola ylläpitää veren natriumpitoisuutta. Natriumpitoisen urheilujuoman käyttö ei silti kokonaan sulje pois hyponat-

remian riskiä. Natriumia sisältävien tuotteiden käyttöökään ei siis tule liioitella. Tärkeää suolansaanti on pitkäkestoisissa suorituksissa, joissa hikoilu ja juominen ovat runsasta ja kun suoritus tapahtuu kuumissa ja kosteissa olosuhteissa. Tällaisissa tapauksissa suositeltava suolan määrä on 1.5 - 3 g/t. Matalilla tehoilla ja kylmässä ilmanalassa tapahtuvissa suorituksissa suolansaanti ei ole niin välttämätöntä kunhan nesteen nauttiminen pysyy kohtuudessa. Kun suolaa nautitaan noin 1 gramma tunnissa, se ylläpitää janon tunnetta tehostaa nesteenimeytymistä myös kylmissä olosuhteissa. (Ilander 2006, 437; Holmén 2007, 10.)

## **2.6 Nestetasapainon korjaaminen urheilusuorituksen jälkeen**

Nestetasapainon saavuttamien fyysisen kuormituksen jälkeen kestää yleensä luultua kauemmin. Nestevajeen korjaamiseen vaaditaan huomattavasti enemmän nestettä kuin mitä on menetetty. Vaikka harjoittelun aikana joisikin nestettä, syntyy elimistöön hikoilun myötä nestevajausta. Harjoituksen aikana nestehukka voi vaihdella puolesta jopa kolmeen litraan tunnissa. Kun harjoitellaan illalla, ei nestevaje yleensä ehdi korjaantua ennen nukkumaan menoa. Tässä tilanteessa nestevajausta on vielä seuraavana aamunakin. Mikäli nesteen nauttimiseen ei kiinnitetä riittävästi huomiota päivän aikana, ollaan tilanteessa, jolloin edellisen harjoituksen nesteen menetystä ei ole kyetty korjaamaan ennen seuraavan harjoituksen alkamista. (Ilander 2006, 421; Borg ym. 2004, 277 - 278; Suomen Olympiakomitea 2009.)

Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että liikunnan aikana nautitaan 0.4 - 0.8 litraa nestettä. Tämä lisäksi liikuntaa seuraavan vuorokauden perusruokavaliota täydennetään 1 - 1.5 litralla nestettä jokaista liikuttua tuntia kohti. Kuumissa olosuhteissa juoman nauttimista lisätään. Mikäli hikoilu on ollut vähäistä, voi vaadittava nestemäärä olla pienempi. Vastaavasti nesteentarve on suurempi lämpimällä ilmalla tapahtuneen raskaan liikuntasuorituksen jälkeen. (Ilander 2006, 421; Borg ym. 2004, 277 - 278; Suomen Olympiakomitea 2009.)

### **3 Nestetasapainon mittaaminen ja arviointi**

Kilpailujen ja harjoitusten alkaessa nestetasapainon tulisi siis olla kunnossa. Vaikeinta on kun ilma on kuuma ja rasituksia on hyvin usein. Nestetasapainoa voidaan mitata monilla käytännön menetelmillä. Yhteistä näille kaikille menetelmille on, ettei mikään niistä ole ihanteellinen. Useimmissa mittausmenetelmissä ongelmana on epäspesifisyys eli mittarin tulokseen vaikuttavat myös muut asiat kuin nestetasapaino. (Borg ym. 2004, 275.)

#### **3.1 Kehon paino**

Kehon painon mittaaminen on yksinkertaisin ja kokonaisvaltaisin menetelmä nestetasapainon arvioimiseen. Tämä on urheilijalle käytännössä riittävä menetelmä, kun otetaan huomioon muiden mittausmenetelmien epäspesifisyys. Teoriassa painon nopea lasku (1 - 4 kg) rasituksen aikana on yhtä suuri kuin menetetyt nesteet ja hiilihydraattien summa. Yksi gramma glyko-geenia sitoo 3 - 4 grammaa vettä, joten painon palautuminen kertoo myös glykogeenivarastojen täyttymisestä. Kun paino on rasituksen jälkeen taas palautunut normaaliksi, on nestetasapaino korjaantunut. Pysyvä painon lisäys kertoo rasvan tai lihasmassan lisääntymisestä. Rasva-prosentin mittauksella voidaan varmistaa, kummasta on kysymys. Kehon painon mittaaminen nestetasapainon määrittämisessä ei anna absoluuttisen luotettavaa tulosta, mutta se on halpa, nopea ja sopii lyhyt-aikaisen nestetasapainon arviointiin. Sen tarkkuus on huono, mutta toistettavuus on hyvä. Kehon painon mittaaminen nestetasapainon määrittämisessä edellyttää kuitenkin tarkkaa vaakaa. (Borg ym. 2004, 275; Fogelholm & Vuorimaa, 1991, 47 - 48.)

#### **3.2 Virtsan osmolaliteetti ja ominaispaino**

Ihmisen menettäessä nestettä elimistö reagoi pienentämällä virtsan määrää. Näin ollen virtsa väkevöityy ja sen väri tummuu. Nestevajeessa myös virtsaamistiheys harvenee. Virtsan ominaispainoa tai osmolaliteettia mittaamalla saadaan suhteellinen kuva nestetasapainosta. Tämäkään menetelmä ei anna kuitenkaan absoluuttista tulosta, koska ruokavalio voi vaikuttaa virtsan koostumukseen. Virtsan ominaispaino ja osmolaliteetti on kuitenkin helppo mitata ja oikein suoritettuna vakio-oloissa se toimii hyvänä nestetasapainon osoittimena. Tämän menetelmän tarkkuus on periaatteessa hyvä, mutta fysiologinen variaatio on suuri. Toistettavuus on sen sijaan huono, ellei mittausolosuhteita vakioida äärimmäisen huolellisesti. (Borg ym. 2004, 275 - 276; Fogelholm & Vuorimaa 1991, 48.)



Virtsan suhteellinen tiheys eli ominaispaino riippuu erilaisten virtsaan liuenneiden aineiden pitoisuuksista. Täten tämä kuvastaa munuaisten väkevöimiskykyä. Proteiinit ja glukoosi virtsassa nostavat sen suhteellista tiheyttä. Sekä kohonneita että alentuneita virtsanominaispainon arvoja tavataan erilaisten sairauksien yhteydessä. Virtsan ominaispainon nousu nestepaaston aikana kuvastaa munuaisten kykyä konsentroida virtsaa. Yövirtsan ominaispainon tutkiminen edellyttää ehdotonta nestepaastoa edellisestä illasta lähtien. Refraktometrinen mittaus antaa luotettavamman kvantitatiivisen tuloksen verrattuna liusketestiin. Virtsan suhteellisen mittauksen avulla voidaan varmistaa myös virtsanäytteen laatu. (Kairisto 2008.)

Virtsan ominaispainon viitearvot ovat 1.002 - 1.030, mutta yleensä tiheys vaihtelee välillä 1.005 - 1.030 elimistön vesitasapainosta riippuen. Veden ominaispaino on 1.000. Isotonisen virtsan ominaispaino on noin 1.010 ja aamuvirtsan suhteellinen tiheys terveellä aikuisella henkilöllä on vesipaaston jälkeen yli 1.020. Liuosta, jossa solun tilavuus pysyy muuttumattomana, kutsutaan isotoniseksi liuokseksi. (Kouri 2008.)

Virtsan ominaispainoa käytetään nestetasapainon mittarina, mutta kuntoilijoiden tutkiminen on jäänyt urheilijoita vähemmäksi. Eräissä tutkimuksissa tutkittiin Chicagossa ja Los Angelesissa sijaitsevien kuntosalien käyttäjien virtsan ominaispainoa. Tutkimuksessa tutkittiin myös kellonajan, maantieteellisen sijainnin ja sukupuolen vaikutusta virtsan ominaispainoon. Koehenkilöt kertoivat tutkijoille tyypillisen kunto-ohjelmansa ja nesteen juontitapansa. Tämän jälkeen koehenkilöt antoivat ennen harjoitusta virtsanäytteen. Näytteet mitattiin kannettavalla refraktometrillä. Virtsan ominaispainon keskiarvo oli 1.018 kaikilla alueilla. Miehillä oli korkeampi keskiarvo (1.020) kun heitä verrattiin naisiin (1.017), riippumatta ilmastosta tai päivän ajasta. Tutkimuksen mukaan 46 prosenttia kuntoilijoista kärsi nestevajeesta. (Stower, Petrie, Passe, Horswill, Murray & Wildman 2005, 320.)

### **3.3 Veriarvot**

Verestä ja sen osista voidaan mitata monien kymmenien aineiden pitoisuudet. Veren hemoglobiini- ja hematokriittipitoisuudet nousevat, kun veren nestemäärä pienenee. Näiden aineiden pitoisuuksien muutokset rasituksen aikana voivat kertoa nestetasapainon muutoksista. Ongelmana on kuitenkin, että pitkäkestoinen rasitus laajentaa nestetilavuutta. Tällöin vaikutus punasolumittareihin on päinvastainen kuin nestemenetykseen. Hemoglobiinin ja hematokriitin mittauksen toistettavuus on hyvä. Menetelmä on halpa ja se sopii hyvin lyhytaikaisen nestevajeen arviointiin. (Borg ym. 2004, 275 - 276; Fogelholm & Vuorimaa 1991, 48.)

### 3.4 Bioimpedanssi

Biosähköisellä impedanssimenetelmällä mitataan kehon sähkönjohtokykyä. Johtavuus on sitä parempi, mitä suurempi on solunulkoisen nestetilavuus. Koska rasva on lähes kokonaan vedetöntä kudosta, on hoikilla ihmisillä parempi solunulkoisen nestetilavuus. Yksifrekvenssinen virta kulkee enimmäkseen solunulkoisessa nesteessä. Monifrekvenssilaitteissa virta kulkee myös solujen sisällä. Ulkoisen vesitulavuuden, koko kehon vesitulavuuden ja koko kehon vesimäärän osuus rasvattomasta kudoksesta aiheuttavat yksilöiden välisiä eroja. (Borg ym. 2004, 158.)

Nesteen menetys, esimerkiksi rankan ja hikoiluttavan urheilusuorituksen jälkeen, suurentaa vastusta ja rasvan määrän ennustetta. Rasvan määrän ennustetta pienentää ylimääräinen neste elimistössä, esimerkiksi ennen kuukautisia tai aterian jälkeen. Tämän takia mittaus tehdään aina vähintään neljä tuntia edellisen aterian jälkeen. Virtsarakko tulee tyhjentää 30 minuuttia ennen testiä. On myös tärkeää, että mitattava henkilö ei ole hikoillut tai nauttinut alkoholia mittausta edeltävän 24 tunnin aikana. (Borg ym. 2004, 15 - 159.)

Bioimpedanssilla mittaaminen on nopeaa ja helppoa. Menetelmä on hyvä nestetasapainon mittaamiseen. Laitteesta saadaan resistanssilukema ja kun se sijoitetaan ennusteyhtälöön, saadaan arvio kehon nestemäärästä. Bioimpedanssin toistettavuus ja tarkkuus ovat kohtalaisia. Mittaus on myös helppo toteuttaa, mutta mittaolosuhteet on vakioitava hyvin. Tämäkään menetelmä ei anna kuitenkaan aivan absoluuttista tulosta. (Borg ym. 2004, 159, 276.)

## 4 Energiatasapaino ja nesteenkoostumus

### 4.1 Suorituksen aikana nautittavan nesteen koostumus

Suorituskyky alkaa heikentyä, kun elimistön normaalin toiminnan kannalta ihanteellinen tasapainotila heikkenee. Liikunnan aikana nautitulla nesteellä pyritään ylläpitämään neste-, elektrolyytti- ja energiatasapainoa. Elimistö menettää rasituksessa nestettä 0.5 - 2 l/t riippuen rasituksen tehosta ja ilman lämpötilasta. Yhdessä litrassa hikeä menetetään noin 1 - 3 grammaa suolaa. Tämä suolan määrä on mahdollista korvata nesteeseen lisätyn suolan avulla. Juomalla on kuitenkin vaikea saada imeytymään tunnissa yli yksi litra nestettä. (Borg ym. 2004, 268; Ilander 2008, 54 - 56.)

Hiilihydraatit ovat kovatehoisen ja pitkäkestoisen (60 - 80 % VO<sub>2</sub>max) suorituksen kannalta ratkaiseva energianlähde. Kun työskentelevien lihasten glykogeenivarastot ovat liian pienet ja veren glukoosipitoisuus alkaa pienentyä, on mahdotonta jatkaa entisellä teholla. Tarkkaa yhteyttä uupumisen ja hiilihydraattien välillä ei tiedetä. Yleensä lihasten glykogeenipitoisuus on pienentynyt lepotilan noin 150 mmol:aan/kg ja plasman glukoosipitoisuus noin 4.5 mmol:sta/l jopa alle 3.5 mmol:iin/l. Hiilihydraattien saatavuuden heikkeneminen vaikuttaa lihasten energiantuotannon nopeuden lisäksi myös kuormittuneisuuden kokemiseen. Pienillä hiilihydraattivarastoilla suoritus tietyllä teholla tuntuu rasittavammalta. Kun hiilihydraatteja nautitaan fyysisen suorituksen aikana, insuliinin erityis ei muutu. Samassa tilanteessa levossa insuliinin erityis kiihtyisi, jotta veren glukoosipitoisuus säilyisi mahdollisimman vakaana. Huolimatta insuliinivasteen puuttumisesta, hiilihydraattien nauttiminen lisää niiden hapettumista rasituksen yhteydessä. Samanaikaisesti rasvojen käyttö energianlähteenä vähenee. Tämä näkyy hengityskaasujen erittymisessä suurempana hengitysosamääränä eli RQ:na. RQ on uloshengitetyn hiilidioksidin ja sisään hengitetyn hapen määrän suhde. (Borg ym. 2004, 268 - 269.)

Alle 20 grammaa hiilihydraatteja tunnissa nautittuna ei vielä aiheuta merkittäviä aineenvaihdunnallisia muutoksia. Tätä suuremmat määrät vaikuttavat kuitenkin energialähteiden käyttöön. Päinvastoin kuin ennen on luultu, hiilihydraattien anto ei vähennä glykogeenin käyttöä. Hiilihydraattien nauttiminen 30 - 80 g/t kiistatta parantaa kestävyysuorituskykyä. Näin ollen todennäköisimpänä selityksenä on hiilihydraattien saatavuuden paraneminen silloin, kun sekä lihaksen että maksan glykogeenin pitoisuus on pienentynyt liikaa. Hiilihydraatteja ei kuitenkaan periaatteessa tarvitse nauttia jatkuvasti suorituksen aikana. Eräessä amerikkalaisessa tutkimuksessa yksi ainoa hyvin suuri annos glukoosia (200 grammaa liuotettuna 500 millilitraan nestettä), joka nautittiin noin 30 minuuttia ennen oletettua uupumusta, paransi suorituskykyä. Juuri

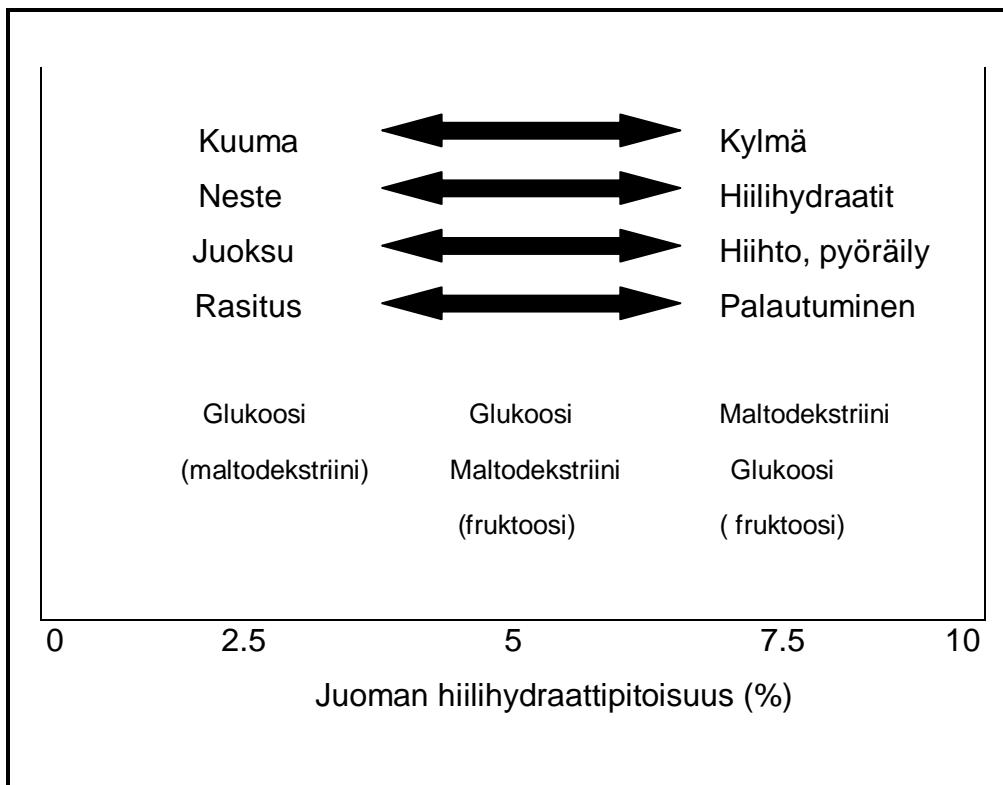
ennen väsymystä nautittu hiilihydraatti ei parantanut suorituskykyä. Myöskään keskisuuri määrä (21 g/15 min), joka aloitettiin 90 minuuttia rasituksen alettua, ei parantanut suorituskykyä. Suositeltavinta on siis nauttia hiilihydraattia tasaisesti koko suorituksen ajan, koska urheilijan on madotonta tietää uupumuksen ajankohtaa ja koska urheilijan on vaikea nauttia yhtä suurta hiilihydraattimäärää kesken suorituksen. (Borg ym. 2004, 269; Ilander 2005, 52; Ilander O, 2004, 17.)

Huipputason maratonjuoksussa energian kulutus on noin 1 050 kcal tunnissa. Tästä hiilihydraatteja on noin 55 - 70 prosenttia. Hiilihydraattien hapettumisnopeus on silloin 140 - 180 g/t. Ihmisen ulkopuolelta on mahdotonta saada näin paljon hiilihydraatteja, koska mahalaukun tyhjentyminen ja suoliston imeytyminen hidastavat niiden hyväksikäytettävyyttä. Tutkimusten mukaan ulkopuolelta tullutta glukoosia voidaan hapettaa korkeintaan noin 60 g/t. Jos glukoosia nautitaan 70 - 80 g/t, niin tämä toteutuu. Tätä suuremmat määrät eivät imeydy kunnolla, eivätkä ne näin ollen pysty parantamaan hiilihydraattien saatavuutta. Suuret glukoosimäärät voivat myös heikentää suorituskykyä, sillä hiilihydraatti vetää nestettä kehosta pois ja voi näin aiheuttaa elimistön kuivumista ja suolistovaivoja. Varsinkaan fruktoosia ei ole suositeltavaa nauttia yli 20 g/t, koska se on vielä tässä mielessä vielä herkempi. (Borg ym. 2004, 270.)

Kovatehoisessa (60 - 80 % vo<sub>2</sub>max), yhtämittaisessa ja pitkäkestoisessa (yli 90 minuuttia) suorituksessa hiilihydraattien nauttiminen parantaa kiistatta suorituskykyä. Tutkimukset puoltavat myös hyvin vahvasti, että myös hyvin kovatehoisissa ja jaksottaisissa urheilusuorituksissa (esimerkiksi jääkiekko, jalkapallo) hiilihydraattien nauttimisella on hyötyä suorituskyvyn ylläpitäjänä. On myös näyttöä, että juuri ennen rasitusta nautittu hiilihydraatti parantaisi noin 30 - 60 minuutin yhtäjaksoista suoritusta. Hiilihydraattien saatavuus ei kuitenkaan näin lyhyessä suorituksessa muodostu ratkaisevaksi tekijäksi liikunnan jatkamisen kannalta. Mekanismin on oltava siis jokin muu, esimerkiksi keskushermostoon liittyvä. (Borg ym. 2004, 270.)

Urheilujuoman on hyvä sisältää suolaa 1 - 3 g/l. Tällöin glukoosin imeytyminen ohutsuolessa varmistuu. Tämä suolamäärä on hyvin samankaltainen kuin plasmassa, joten jos rasitus kestää monta tuntia, suolasta alkaa olla hyötyä myös plasman osmolaliteetin säilyttämisessä. Tätä suuremmasta suolamäärästä ei ole rasituksen aikana hyötyä, koska se suurentaa nesteen osmoottista painetta, joka hidastaa imeytymistä elimistöön. Hiilihydraattien laatuun ja määrän tarpeeseen vaikuttavat muun muassa suorituksen kesto, lämpötila ja tyyppi (kuvio 1). Tämän takia ei ole olemassa mitään yleispätevää urheilujuomaa. Juomassa on kuitenkin hyvä olla hiilihydraatteja vähintään kaksi prosenttia. Harjoituksissa nesteeksi riittää pelkkä vesi, etenkin jos harjoitukset kestävät alle tunnin. Tällöin on kyseessä oikeastaan vain janon tunteen ja koetun kuor-

mittavuuden vähentämisestä limakalvojen kostuttamisen myötä. (Borg ym. 2004, 270; Ilander 2005, 52 - 53.)



Kuvio 1. Urheilujuoman koostumuksessa huomioitavia tekijöitä (Borg ym. 2004, 271.)

Nesteen imeytymisen nopeus on maksimissaan silloin kun hiilihydraattipitoisuus on korkeintaan neljä prosenttia. Kuumalla säällä tällaiset juomat ovat parhaita, koska nestettä on nautittava runsaasti ja nesteen saaminen on keskeistä. Koska mahassa tai suolistossa oleva neste voi aiheuttaa pahoinvointia, on laimeahko liuos turvallisin valinta myös juostessa. Kun juo neljän prosentin liuosta kahdeksan desilitraa tunnissa, on hiilihydraattien määrä tällöin 32 g/t. Tämä on juuri riittävä määrä parantamaan suorituskykyä. Esimerkiksi kylmän sään takia juoman määrä voi olla vähäisempi, joten silloin energiatasapainon säilyttämiseksi on syytä juoda väkevämpää liuosta. Koska nautittava määrä on melko pieni, ei mahaan jäävä neste ole ongelma. Hiihdossa ja pyöräilyssä on mahdollisuus nauttia väkevämpää juomaa, mutta kuumalla ilmalla kun juomaa pyritään nauttimaan yli yksi litra tunnissa, on juoman maksimiväkevyyden hyvä olla kuusi prosenttia. Energiatasapainon takia on muuten suositeltavaa juoda 8 - 10 prosentin juomia. (Borg ym. 2004, 271.)

Kun juoman hiilihydraattipitoisuus kasvaa, alkaa sokerin laatu olla merkittävässä asemassa, koska laimea juoma voi olla puhdasta glukoosia. Perussokerina sakkaroosi ei ole paras mahdollinen. Sen hajotessa ohutsuolessa glukoosia ja fruktoosia syntyy yhtä paljon. Pitkäketjuisen maltodekstriinin osuuden tulisi suurentaa yhdessä hiilihydraattipitoisuuden kanssa. Juoman soke-

ripitoisuus ei saisi ylittää kolmea prosenttia, koska väkevän sokeriliuoksen aiheuttama osmootinen paine hidastaa vatsalaukun tyhjenemistä. Pitkäketjuista sokeria voi kuitenkin olla esimerkiksi 5 - 10 prosenttia. (Borg ym. 2004, 271 - 272; Fogelholm & Vuorimaa 1991, 135.)

## 4.2 Lämmönsäätely

Liikuntasuorituksen aikana syntyy paljon lämpöä ja ylimääräisestä lämmöstä on päästävä eroon, koska lämpötilan nousu heikentää elimistön suorituskykyä. Äärimmäisessä vaiheessa syntyy lämpöuupumus, jonka oireita ovat huonovointisuus, pahoinvointi ja päänsärky. Lämmön haihtuminen iholta on tehokasta säteilyn ja virtauksen avulla vain silloin, kun ilman lämpötila on alhainen ja kun vartaloa ympäröivä ilma vaihtuu tehokkaasti. Lämpimissä ja viimattomissa olosuhteissa ainoa tehokas keino poistaa ylimääräinen lämpö kehosta on hikoilu. (Ilander ym. 2006, 430.)

Hikoilu pienentää veriplasman tilavuutta, ja tämä taas heikentää lämmön kulkeutumista lihaksista iholle. Kun nestetasapaino on heikentynyt, elimistön lämpötila nousee suuremmaksi kuin jos menetetty neste on korvattu ja veren plasmatilavuus säilytetty ennallaan. Esimerkiksi lihasten hapensaantia ja muiden aineiden kulkeutumista veressä voi heikentää veren plasmatilavuuden pieneneminen. Syketiheyden suureneminen ja sydämen iskutilavuuden pieneneminen ovat suoraan verrannollisia nestehukkaan. Montain ja Coyle (1992, teoksessa Borg ym. 2004, 262 - 263) kirjoittavat, että tutkimusten mukaan hyvin pieni nestehukka, jopa vain 1 - 2 prosenttia kehon painosta yli tunnin kovassa liikuntasuorituksessa heikentää suorituskykyä. Elimistön sisälämpötila ei näin pienestä nesteen menetyksestä vielä paljon muutu, joten elimistön muut mekanismit, esimerkiksi aineiden heikentynyt kuljetus veressä, ovat yhteydessä havaittuun suorituskyvyn laskuun. Viileässä ilmassa suorituskyvyn lasku vähäisemmällä nestehukalla ei ole niin suurta kuin kuumalla ilmalla. Borg ym. toteavat myös, että maksimaalinen hapenottookyky ja vastaavalla teholla tapahtuvat fyysiset suoritukset (5 - 15 minuuttia) heikkenevät noin 3 - 4 prosentin nestehukassa. (Borg ym. 2004, 262 - 263; Ilander ym. 2006, 431.)

Suorituskyky heikkenee ainakin osittain elimistön lämpötilan kohoamisen takia tai ainakin sen yhteydessä. Mielenkiintoinen havainto on myös, että sisälämpötilan kohoamisen sietokyky riippuu myös nestetasapainosta. Jos tarkastellaan lämpötilan yhteyttä, on suorituskyky samassa lämpötilassa parempi, jos plasmatilavuus on voitu edes jollakin tasolla säilyttää. Tämäkin havainto viittaa siihen, että lämpötilan lisäksi muut edellä mainitut asiat ovat yhteydessä hikoilun aiheuttamaan heikentyneeseen suorituskykyyn. (Borg ym. 2004, 263 - 264.)

Nestevajeen tavallisimpia oireita ovat huimaus, päänsärky, heikotus, sekavuus, nopea ja heikko syke, matala verenpaine, pahoinvointi ja vatsavaivat. (Ilander 2006, 433.)

Vuonna 2004 Australiassa tehdyssä tutkimuksessa tutkittiin kymmenen Ironman-triathlonistin kehon lämpötilaa kisan aikana ja heti kilpailun jälkeen. Keskiarvoaika triathlonisteilla oli 226 kilometrin kisassa 611 minuuttia, sydämen syke oli keskimäärin 143 lyöntiä minuutissa (83 prosenttia maksimista) ja kehon lämpötila oli keskimäärin 38.1 celsiusta. Kehon paino väheni merkittävät 2.3 kilogrammaa. Virtsan ominaispaino oli ennen testiä 0.011 ja kilpailun jälkeen se oli 1.017 g/ml ( $p < 0.05$ ). Natrium-, kalium- ja kloridiarvot eivät muuttuneet kilpailun aikana. Painon muutos ja kehonlämpötila eivät olleet yhteydessä toisiinsa. Tutkimuksen päätulos oli, että kehon painon lasku voi olla jopa kolme prosenttia ilman, että se vaikuttaa negatiivisesti kehon lämmön säätelyyn. (Laursen, Suriano, Quod, Lee, Abbis, Nosaka, Martin & Bishop 2006.)

### 4.3 Janon tunne ja nestehukka

Janon säätelykeskus sijaitsee hypotalamuksessa, joka on hyvin herkkä plasman osmoottisen paineen muutoksille. Jo 2 - 3 prosentin muutos saa aikaan janon tunteen ja se kiihdyttää anti-diureettisen eli virtsaneritystä vähentävän, hormonin erittymistä. Tällä tavalla janon ja virtsanerityksen fysiologinen säätely on loogisesti kytketty toisiinsa. Liikunnan aikana yli litran hikoilu aiheuttaa 2 - 3 prosentin suurenemisen osmoottisessa paineessa, jos nestehukkaa ei korvata. Mikäli puolet edellä mainitun suuruudesta korvataan elektrolyyttejä sisältävällä juomalla, osmolaliteetin muutos jää vain noin yhteen prosenttiin. (Borg ym. 2004, 264.)

Janon tunteeseen ovat yhteydessä myös plasman tilavuuden ja laskimopaineen muutokset. Nämä mekanismit ovat kuitenkin osmoottiseen paineeseen verrattuna vähemmän herkkiä. Esimerkiksi ennen kuin janon tunne aistitaan selvästi, on plasmantilavuuden pienennyttävä yli kymmenen prosenttia. Näin suuri plasman tilavuuden pieneneminen vaatisi kuitenkin monen tunnin urheilusuorituksen kuumassa säässä ilman että nestevajetta korvattaisiin lainkaan. Janon fysiologinen säätely on siis riittävä estääkseen lämpöuupumisen silloin kun fyysinen rasitus ei ole kovin suurta. Janon tunne ei ole kuitenkaan riittävä estämään suoritusta heikentävän nestehukan syntymistä. (Ilander 2006, 434; Borg ym. 2004, 264 - 265.)

Janoon vaikuttavat myös suun limakalvojen kuivuminen ja mahalaukun venymisen aste. Juo-  
dessa janon tunne häviää, kun suun limakalvot kostuvat ja neste on tullut mahaan, vaikka yhtään nestettä ei ole vielä imeytynyt kehoon. Tästä johtuen, vaikka liikunnan aikana muistettai-

siinkin juoda, juominen lopetetaan liian aikaisin, heti kun janon tunne on hävinnyt. Tämä taas altistaa herkemmin nestehukalle. (Ilander 2006, 434; Borg ym. 2004, 265.)

Fysiologisiin janonsäätelymekanismeihin liittyy paljon opittua. Tilanne on sama kuin syömisessä. Esimerkiksi kellonaika tai jokin tilanne saattavat laukaista nälän tunteen, vaikka olisikin syöty vasta hetki sitten. Janon tunteen oppiminen on kuitenkin myös hyvä asia, koska tällä tavalla kuntoilija tai urheilija voi oppia huolehtimaan nestetasapainostaan. Hyvin tärkeitä asioita tässä ovat kuitenkin suunnitelmallisuus ja harjoittelu. Tämän takia ainakin pitkien harjoitusten yhteydessä tulisi juoda kuten kilpailusuorituksen aikana. (Borg ym. 2004, 265; Ilander 2006, 434.)



## 5 Tutkimuksen tarkoitus ja tutkimusongelmat

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää Lappidoc – juoman vaikutusta nestetasapainoon ja fyysiseen suorituskykyyn pitkäkestoisen juoksuosuorituksen aikana.

Tutkimusongelmat olivat seuraavat:

1. Miten paljon noin 1 h 30 minuutin mittaisen sisähallissa toteutetun kovatehoisen juoksuosuorituksen aikana tapahtuu nestevajausta ja väsymistä?
  - 1.1 Miten suorituskyky muuttuu juoksun aikana?
  - 1.2 Miten kehon paino muuttuu juoksun aikana?
  - 1.3 Miten virtsan ominaispaino muuttuu juoksun aikana?
  - 1.4 Miten hemoglobiini ja hematokriitti muuttuvat juoksun aikana?
2. Muuttuvatko suorituskyky, kehonpaino, virtsan ominaispaino, hemoglobiini- tai hematokriittiarvot eri kerroilla, kun juodaan vettä tai Lappidoc – juomaa tai kun ei juoda mitään?
3. Millaiset ovat koehenkilöiden tuntemukset eri testikerroilla?
  - 3.1 Miten raskaaksi koehenkilöt arvioivat juoksun asteikolla 4 - 20?
  - 3.2 Kuinka paljon nesteen hölskymistä vatsassa koehenkilöt kokevat juoksun aikana arvioituna asteikolla 1 -6?
  - 3.3 Kuinka paljon pistosta koehenkilöt kokevat juoksun aikana arvioituna asteikolla 1 – 6?
  - 3.4 Kuinka paljon pahoinvointia koehenkilöt kokevat juoksun aikana arvioituna asteikolla 1 – 6?

## **6 Menetelmät**

### **6.1 Koehenkilöt**

Tutkimukseen osallistui 14 vapaaehtoista  $23 \pm 2$ -vuotiasta liikunnanohjaajaopiskelijaa, joista seitsemän oli naisia ja seitsemän miehiä. Koehenkilöiden painoindeksi oli  $22.7 \pm 1.5$ .

Kaikilla koehenkilöillä on vahva liikuntatausta. Osalla koehenkilöistä on kilpaurheilutausta maajoukkueetasolla asti, osalla puolestaan aktiivinen kuntoliikuntatausta.

Kenelläkään tutkimukseen osallistuneista ei ollut juokсутestien aikana juoksua haittaavia vammoja tai sairauksia. Yhdelläkään koehenkilöllä ei ollut tutkimuksen aikana nestetasapainoon vaikuttavaa lääkitystä.

### **6.2 Koeasetelma**

Koehenkilöille selvitettiin ennen tutkimuksen alkua tutkimuksen tarkoitus ja mihin he sitoutuivat osallistumalla tutkimukseen. Näin koehenkilöt sitoutuivat juoksemaan tutkimukseen kulluvan testin kolme kertaa ja osallistumaan tarvittaviin mittauksiin.

Ensimmäinen juokсутesti juostiin Vierumäen urheiluhallissa perjantaina 31.10.2008. Tutkimus alkoi kello 10.00. Tätä ennen koehenkilöt olivat olleet juomatta, syömättä ja virtsaamatta vähintään kaksi tuntia. Koehenkilöille oli annettu ohjeita myös kolmen testiä edeltävän päivän ruokailusta, juomisesta sekä muista nestetasapainoon vaikuttavista tekijöistä. Diureettien nauttiminen, saunominen ja fyysisesti hyvin raskaiden urheilusuoritusten teko oli kiellettyä. Saatuttuaan koepaikalle ennen testijuoksun alkua juoksijat antoivat ensimmäisenä virtsanäytteen. Tämän jälkeen heidät punnittiin ja heiltä otettiin perusverenkuva. Kaikki mittaustoimenpiteet suoritettiin Suomen Urheiluopiston lääkäriasemalla. Heti kokeiden jälkeen koehenkilöt verryttelivät kevyesti.

Testijuoksun ensimmäinen vaihe oli vauhtiohjattu conconi-testi, jossa lähtövauhti oli 2.5 m/s. Tämän jälkeen nopeutta lisättiin 200 metrin välein 0.1 m/s aina uupumiseen asti. Testijuoksun toinen vaihe oli tasavauhtinen kymmenen kilometriä, jossa sykkeet olivat juoksijoilla 30 lyöntiä alle maksimisykkeen. Hitaammat juoksijat lähtivät juoksemaan heti pudottuaan conconi-testistä, jolloin hitaampien ja nopeampien juoksijoiden kymmenen kilometrin maaliintuloaika

ei poikennut niin paljon, kuin jos kaikki olisivat lähteneet juoksemaan yhtä aikaa. Testijuoksun kolmannessa vaiheessa toistettiin vauhtiohjattu conconi-testi.

Heti juoksun jälkeen koehenkilöt antoivat jälleen virtsanäytteen, heiltä otettiin perusverenkuva ja heidät punnittiin. Lopuksi juoksijat vastasivat vielä kyselylomakkeeseen (liite 1), joka käsitteli heidän tuntemuksiaan juoksun aikana.

Toinen testi juostiin keskiviikkona 19.11.2009 kello 10.00. Koeasetelma oli sama kuin ensimmäisessä testissä, mutta nyt koehenkilöt joivat juoksun aikana nestettä. Ensimmäisen testin kymmenen kilometrin ajan perusteella koehenkilöille valittiin juoma, jota he joivat juoksun aikana. Puolet koehenkilöistä joi Lapland Nutrition Oy:n kehittämää Lappidoc – juomaa, joka sisälsi suoloja, hiilihydraatteja ja proteiineja, puolet joi vettä. Juomaa nautittiin yksi litra. Nesteen nauttiminen aloitettiin heti ensimmäisen conconi-testin jälkeen ja juoma tuli juoda loppuun ennen toisen conconi-testin alkua. Ennen juoksua ja juoksun jälkeen koehenkilöille tehtiin samat kokeet kuin ensimmäisessä testissä.

Kolmas testi juostiin keskiviikkona 3.12.2009 samaan kellon aikaan. Koeasetelma oli sama kuin toisella testikerralla, mutta tällä kertaa ne, jotka joivat viimeksi vettä, joivat nyt Lappidoc – juomaa.

11.12.2009 juostiin vielä korvaava testikerta, jolloin ne koehenkilöt, jotka olivat olleet jollain aikaisemmalla testikerralla sairaana, juoksivat nyt puuttuvan testin. Koeasetelma oli sama kuin muillakin koekerroilla (taulukko 3).

Taulukko 3. Testausaikataulu

Kello	1. Testi	2. Testi	3. Testi	Korvaava testi	Paikka
	31.10.2008	19.11.2008	3.12.2008	11.12.2008	
10.00	1. Virtsanäyte 2. Verenkuva 3. Punnitus	1. Virtsanäyte 2. Verenkuva 3. Punnitus	1. Virtsanäyte 2. Verenkuva 3. Punnitus	1. Virtsanäyte 2. Verenkuva 3. Punnitus	Suomen Urheiluopiston lääkäriasema
10.15	1. Conconi-testi	1. Conconi-testi	1. Conconi-testi	1. Conconi-testi	Vierumäen urheiluhalli 200 metrin sisärata
10.45	10 km juoksu (30 lyöntiä alle max.)	10 km juoksu (30 lyöntiä alle max.)	10 km juoksu (30 lyöntiä alle max.)	10 km juoksu (30 lyöntiä alle max.)	Vierumäen urheiluhalli 200 metrin sisärata
11.45	2. Conconi-testi	2. Conconi-testi	2. Conconi-testi	2. Conconi-testi	Vierumäen urheiluhalli 200 metrin sisärata
12.15	1. Virtsanäyte 2. Verenkuva 3. Punnitus 4. Tuntemuslomake	1. Virtsanäyte 2. Verenkuva 3. Punnitus 4. Tuntemuslomake	1. Virtsanäyte 2. Verenkuva 3. Punnitus 4. Tuntemuslomake	1. Virtsanäyte 2. Verenkuva 3. Punnitus 4. Tuntemuslomake	Suomen Urheiluopiston lääkäriasema

### 6.3 Mittausmenetelmät

Virtsan ominaispainon määrittäminen tapahtui valon refraktiota (taittumista) mittaavalla kannettavalla digitaalisella refraktiomittarilla (Atago, Japan Tokyo). Laitteella mitatussa virtsan ominaispainossa 1.000 on veden eli laimeimman mahdollisen näytteen refraktioarvo ja 1.026 on näytteen arvo, joka kuvastaa jo selvää nestevajausta.

Verinäytteistä nestetasapainoa arvioitiin hemoglobiini- ja hematokriittiarvojen perusteella. Laskimo verinäytteet otettiin koehenkilöiden istuessa tuolilla.

Koehenkilöiden kehon paino mitattiin digitaalisella henkilövaakaalla, jonka tarkkuus oli  $\pm 100$  grammaa. Samaa vaakaa käytettiin jokaisella mittauskerralla. Punnitseminen tapahtui testivaatteet päällä ilman kenkiä. Koehenkilöillä oli joka testikerta samat vaatteet päällä. Näin ollen vaatteiden paino ei muuttanut punnitustulosta eri testikerroilla.

Kymmenen kilometriä juostiin sisätiloissa 200 metrin radalla. Näin lämpötilat ja olosuhteet saatiin vakioitua mahdollisimman samanlaisiksi joka koekerralle. Puolesta välissä koehenkilöt vaihtoivat juoksusuuntaa.

Tuntemuslomakkeessa koehenkilöt vastasivat juoksun jälkeen asteikolla 1 - 6 kolmeen kysymykseen. Kysymykset käsittelivät pistosta, pahoinvointia ja nesteen hölskymistä vatsassa. Koehenkilöt arvioivat myös juoksun rankkuuden asteikolla 4 – 20 (Borgin RPE -taulukko) ja lopuksi he vastasivat avoimeen kyselylomakkeeseen.

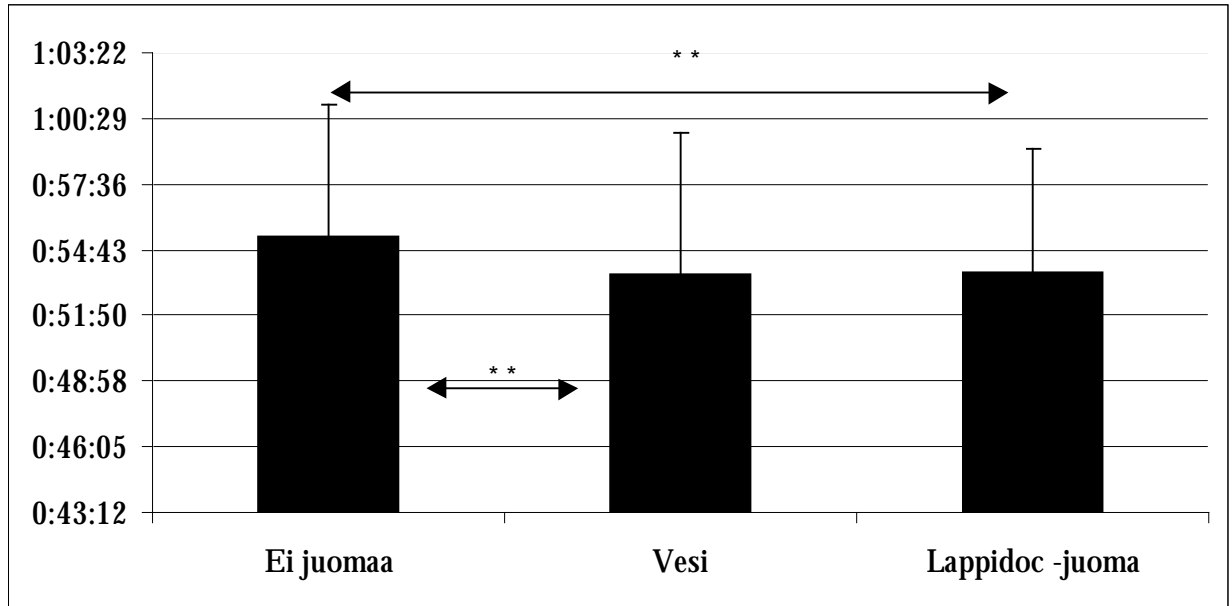
#### **6.4 Tilastolliset tarkastelut**

Tuloksia tarkasteltiin keskiarvoina ja keskihajontoina. Testikertojen välisiä keskiarvojen eroja testattiin kaksisuuntaisella parittaisten otosten t-testillä. Tilastollisen merkitsevyyden rajana kaikissa testeissä pidettiin  $p < 0.05$ .

## 7 Tutkimustulokset

### 7.1 Suorituskyvyn muutokset

Kymmenen kilometrin juoksu-aika parani 3.9 % juotaessa vettä tai Lappidoc – juomaa verrattuna kertaan, kun ei juotu mitään ( $p = 0.004$ ). (kuvio 2).



Kuvio 2. Koehenkilöiden 10 km:n ajat kolmella eri testikerralla. \*\*  $p < 0.01$ .  $N = 14$ .

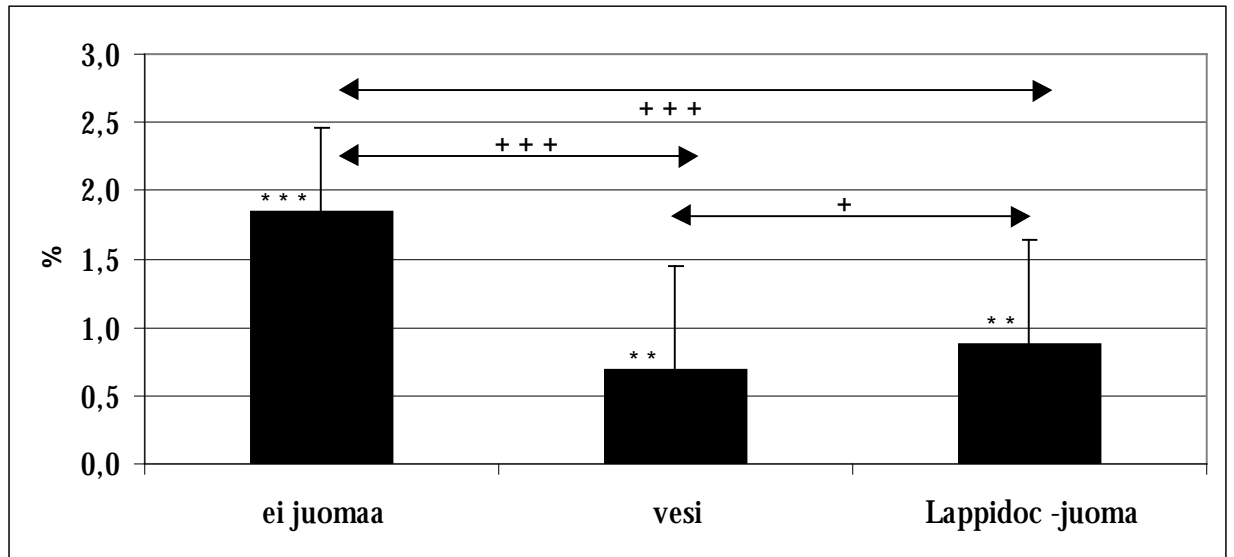
Väsymisprosentti oli Lappidoc – juomaa nautittaessa  $4.9 \pm 3.8$  %, mikä on merkitsevästi vähemmän kuin testikerralla, jolloin nautittiin pelkkää vettä ( $7.4 \pm 3.9$  %,  $p = 0.027$ ) tai ei nautittu nestettä lainkaan ( $10 \pm 3.8$  %,  $p = 0.000$ ). Ilman nesteen nauttimista väsymistä tapahtui merkittävästi enemmän kuin nautittaessa vettä ( $p = 0.006$ ). (kuvio 3).

Kuvio 3. Testin aikainen väsymisprosentti kolmella eri testikerralla \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$ .  $N = 14$ .

### 7.2 Nestetilan muutokset

#### 7.2.1 Kehon painon muutokset

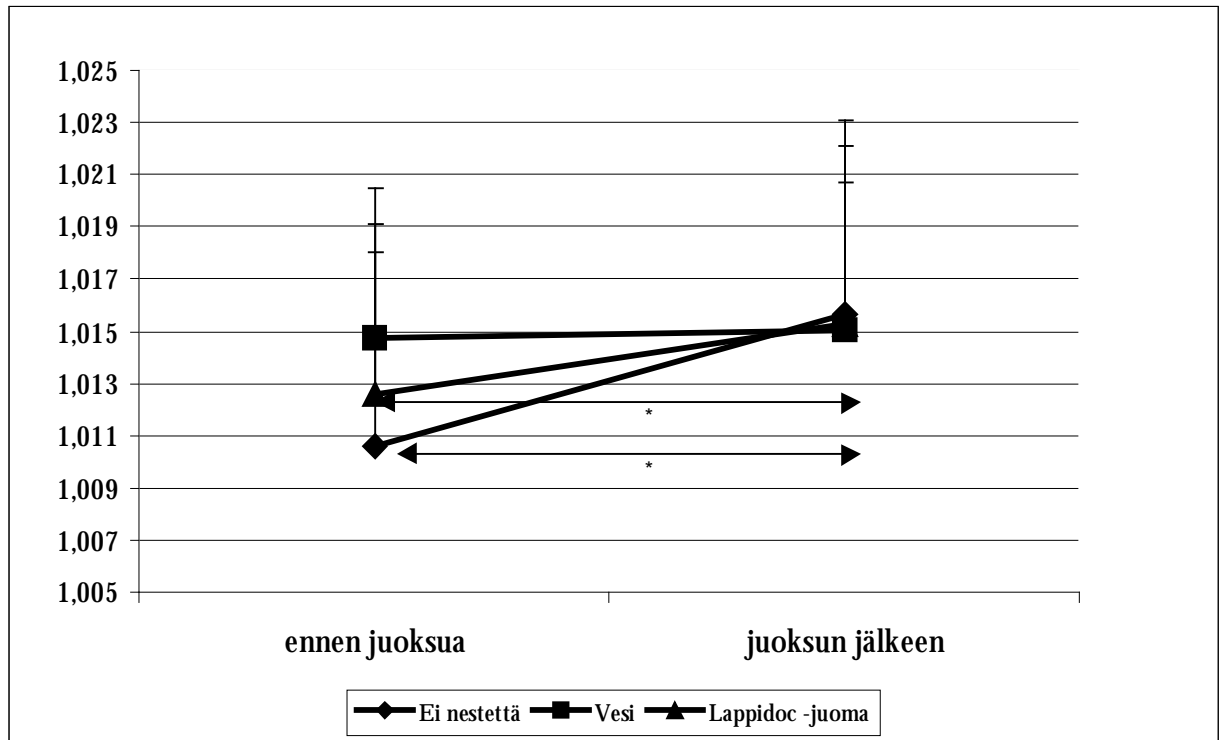
Ilman nesteen nauttimista koehenkilöiden kehon paino putosi testisuorituksen aikana 1.8 % ( $p = 0.000$ ). Vettä ja Lappidoc – juomaa nautittaessa kehon painon pudotus oli 0.7 % ( $p = 0.000$ ) ja 0.9 ( $p = 0.000$ ), mikä on pienempi ( $p = 0.000$ ) painon menetys kuin ilman nesteen nauttimista. Pelkkää vettä nautittaessa painon pudotus oli testisuorituksen aikana hieman pienempi ( $p = 0.028$ ) kuin Lappidoc – juomaa nautittaessa. (kuvio 4).



Kuvio 4. Koehenkilöiden painon muutokset kolmella eri testikerralla \*\*\*  $p < 0.001$ , \*\*  $p < 0.01$ . Eri testikertojen suhteellisten muutosten ero +++  $p < 0.001$ , +  $p < 0.05$ .  $N = 14$ .

### 7.2.2 Virtsan ominaispainon muutokset

Ilman nesteen nauttimista koehenkilöiden virtsan ominaispaino nousi testisuorituksen aikana 0.5 % ( $p = 0.019$ ). Lappidoc - juomaa nautittaessa virtsan ominaispainon nousu oli 0.3 % ( $p = 0.038$ ). Vettä nautittaessa virtsan ominaispainon nousu (0.04 %) ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Virtsan ominaispainossa ei tapahtunut tilastollisesti merkitseviä muutoksia eri testikertojen välillä, eikä virtsan ominaispainon lähtötasoissa ollut tilastollista merkitsevyyttä. (kuvio 5).

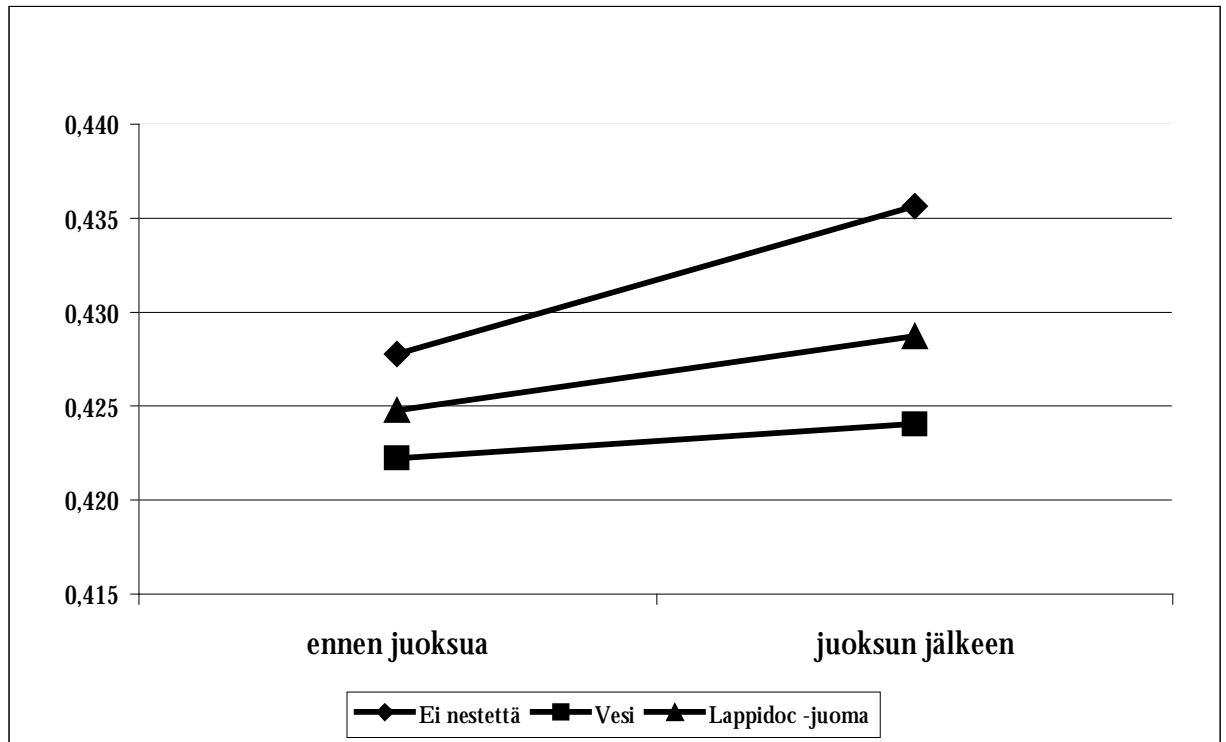


Kuvio 5. Koehenkilöiden virtsan ominaispainon muutokset kolmella eri testikerralla, \*  $p < 0.05$ .  $N = 14$ .

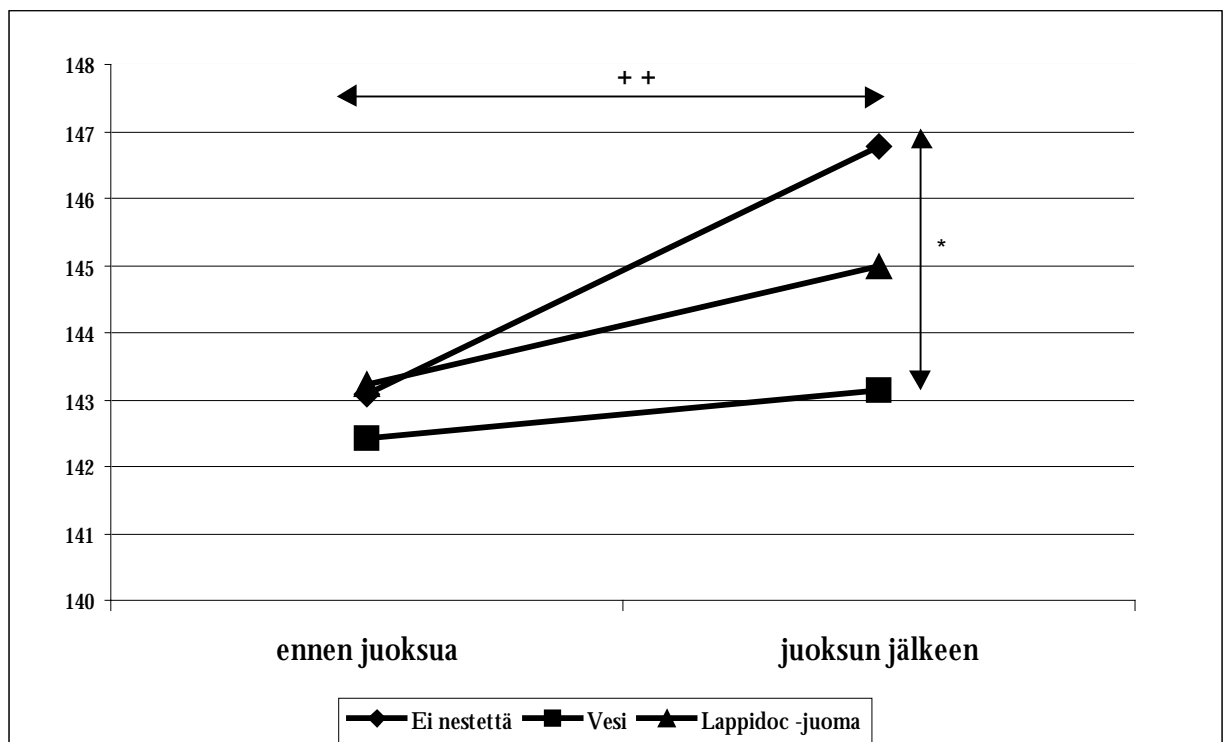
### 7.2.3 Hemoglobiinin ja hematokriitin muutokset

Ilman nesteen nauttimista koehenkilöiden hemoglobiiniarvot nousivat testisuorituksen aikana 0.3 % ( $p = 0.002$ ), mikä on merkitsevästi enemmän kuin testikerralla, jolloin nautittiin vettä (0.005 %,  $p = 0.028$ ). Muilla testikerroilla hemoglobiinin ja hematokriitin muutoksissa ei tapahtunut merkitseviä muutoksia, eikä arvojen lähtötasoissa ei ollut tilastollista merkitsevyyttä. (kuvio 6 ja 7.)





Kuvio 6. Koehenkilöiden hematokriitin muutokset kolmella eri testikerralla. N = 14.



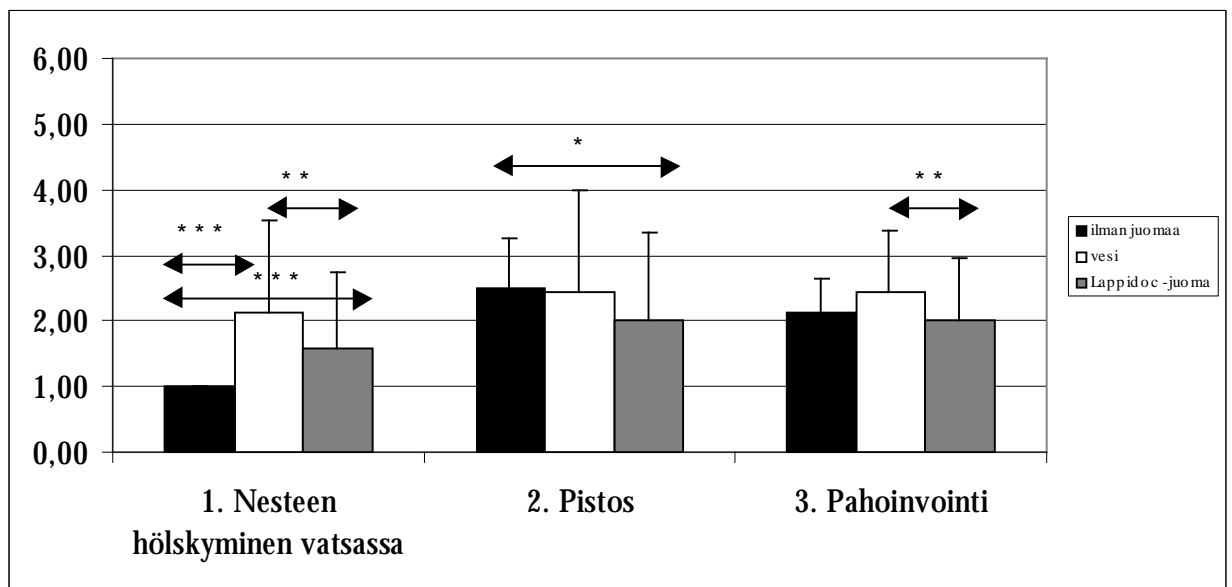
Kuvio 7. Koehenkilöiden hemoglobiinin muutokset kolmella eri testikerralla \*  $p < 0.05$ . Eri testikertojen suhteellisten muutosten ero ++  $p < 0.01$ . N = 14.

### 7.3 Subjektiiiset tuntemukset

Koehenkilöt arvioivat tuntemuksiaan asteikolla 1 – 6, jossa 1 = en tuntenut lainkaan ja 6 = tunsin erittäin paljon. Nesteen hölskymistä vatsassa koettiin vähiten kerralla, jolloin ei juotu mitään ( $1.0 \pm 0$ ), mikä on merkittävästi vähemmän kuin kerralla jolloin juotiin vettä ( $2.1 \pm 1$ ,  $p = 0.000$ ) tai Lappidoc – juomaa ( $1.6 \pm 0.5$ ,  $p = 0.001$ ). Vettä juodessa hölskymistä vatsassa koettiin merkitsevästi enemmän kuin Lappidoc – juomaa juodessa ( $p = 0.006$ ). (kuvio 8.)

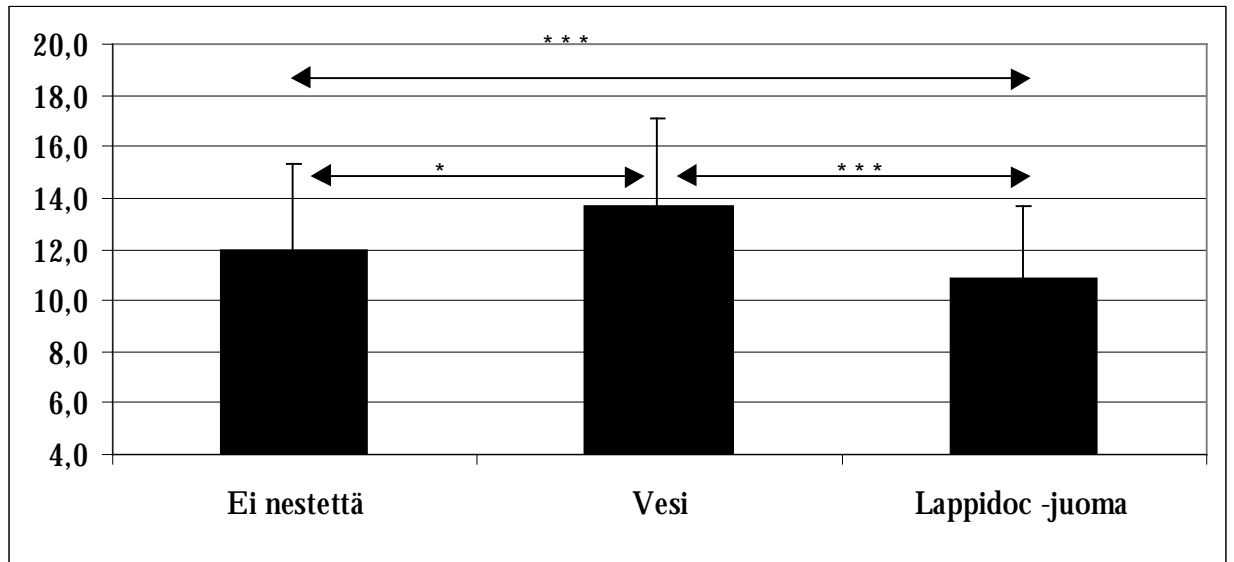
Pistosta koettiin eniten, kun ei juotu mitään ( $2.5 \pm 1.4$ ), mikä on merkitsevästi vähemmän kuin kerralla, jolloin juotiin Lappidoc – juomaa ( $2.0 \pm 1$ ,  $p = 0.013$ ). Veden kanssa pistosta koettiin  $2.4 \pm 1.6$ . (kuvio 8.)

Lappidoc – juomaa juodessa pahoinvointia koettiin vähiten ( $2.0 \pm 1$ ), mikä merkitsevästi vähemmän kuin vettä juodessa ( $2.4 \pm 1.3$ ,  $p = 0.006$ ). Kerralla, jolloin ei juotu mitään pahoinvointia koettiin  $2.14 \pm 1.2$ , arvioituna asteikolla 1 – 6. (kuvio 8.)



Kuvio 8. Koehenkilöiden tuntemukset nesteen hölskymisen, pistoksen ja pahoinvoinnin osalta kolmen eri testikerran aikana. \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$ .  $N = 14$ .

Koehenkilöt arvioivat asteikolla 4 - 20 juoksun rankimmaksi silloin, kun he joivat vettä ( $13.7 \pm 3$ ), mikä on merkitsevästi enemmän kuin silloin kun he eivät juoneet mitään ( $12.0 \pm 3$ ,  $p = 0.014$ ) tai kun he joivat Lappidoc – juomaa ( $10.9 \pm 3$ ,  $p = 0.000$ ). Lappidoc – juomaa juodessaan koehenkilöt kokivat väsymystä merkittävästi vähemmän kuin kerralla, jolloin he eivät juoneet mitään. ( $p = 0.000$ ). (kuvio 9).



Kuvio 9. Kolmella testikerralla koettu rasittavuus koehenkilöiden arvioimana asteikolla 4 – 20, \*\*\*  $p < 0.001$ , \*  $p < 0.05$ . N = 14.

## 8 Pohdinta

Tämän tutkimuksen merkittävimmät tulokset olivat seuraavat: Väsymistä kuvaava indeksi oli Lappidoc – juomaa nautittaessa merkitsevästi pienempi kuin testikerralla, jolloin nautittiin pelkkää vettä tai ei nautittu nestettä lainkaan. Ilman nesteen nauttimista väsymistä tapahtui merkittävästi enemmän kuin nautittaessa vettä. Kymmenen kilometrin aika parani merkitsevästi, kun koehenkilöt nauttivat vettä tai Lappidoc – juomaa. Vedellä ja Lappidoc – juomalla ei ollut tässä eroa.

Nestetasapainon muutoksia kuvaavissa indekseissä ilman nesteen nauttimista koehenkilöiden kehon paino putosi testisuorituksen aikana muita testikertoja huomattavasti enemmän. Vettä nautittaessa kehon painon menetys oli hieman pienempi kuin Lappidoc – juomaa nautittaessa. Ilman nesteen nauttimista ja Lappidoc – juomaa nautittaessa koehenkilöiden virtsan ominaispaino nousi testisuorituksen aikana merkittävästi. Virtsan ominaispainossa ei tapahtunut tilastollisesti merkitseviä muutoksia eri testikertojen välillä, eikä virtsan ominaispainon lähtötasossa ollut tilastollista merkitsevyyttä. Ilman nesteen nauttimista koehenkilöiden hemoglobiiniarvot nousivat testisuorituksen aikana merkittävästi enemmän kuin kerralla, jolloin nautittiin vettä. Muilla testikerroilla hemoglobiinin ja hematokriitin muutoksissa ei tapahtunut merkitseviä muutoksia, eikä arvojen lähtötasoissa ei ollut merkitsevyyttä.

Koehenkilöt arvioivat tuntemuksiaan asteikolla 1 – 6, jossa 1 = en tuntenut lainkaan ja 6 = tunsin erittäin paljon. Nesteen hölskymistä vatsassa koettiin oletetusti vähiten kerralla, jolloin ei juotu mitään. Lappidoc – juomaa juodessaan koehenkilöt kokivat nesteen hölskymistä vatsassa huomattavasti vähemmän kuin vettä juodessaan. Pistosta koettiin eniten, kun ei juotu mitään. Vähiten pistosta koettiin kerralla, jolloin juotiin Lappidoc – juomaa. Lappidoc – juomaa juodessaan koehenkilöt kokivat pahoinvointia vähiten ja vettä juodessaan eniten. Koehenkilöt arvioivat juoksun rankkuudeltaan kevyimmäksi, kun he joivat Lappidoc – juomaa. Vettä juodessaan koehenkilöt kokivat juoksun rankimmaksi.

Tutkimuksessa selvitettiin nesteen nauttimisen vaikutusta nestetasapainoon pitkäkestoisessa ja kohtuullisen rankassa urheilusuorituksessa. Koehenkilöiden suorituskyky parani, kun he joivat Lappidoc – juomaa tai vettä. Koehenkilöiden juodessa Lappidoc – juomaa väsymistä kuvaava indeksi oli pienin, verrattuna muihin testikertoihin. Myös kymmenen kilometrin aika parani noin kahdella minuutilla verrattuna juoksukertaan, jolloin koehenkilöt eivät juoneet mitään.

Nestetasapainoa arvioivissa muuttujissa painon lasku, virtsan ominaispainon ja hemoglobiinin nousu olivat vähäisintä, kun nautittiin vettä. Tämä osoittaa, että nauttimalla nestettä suorituksen aikana koehenkilöt pystyivät parempaan suoritukseen kuin silloin, kun he eivät juoneet mitään. Lappidoc – juoman ja veden välinen ero oli myös tilastollisesti merkitsevä. Lappidoc – juomaa juodessaan koehenkilöt juoksivat paremmin kuin veden kanssa. Tämä voi olla yhteydessä myös psyykkisiin tekijöihin. Kun koehenkilöt tietävät juovansa Lappidoc – juomaa, he alitajuntaisesti juoksevat sen voimalla pidempään. Koehenkilöiden juodessa vettä, oli painon lasku ja hemoglobiinin nousu silti pienintä, vaikka Lappidoc – juomaa juodessaan koehenkilöt juoksivatkin paremmin.

Testikerralla, jolloin koehenkilöt joivat vettä painon lasku, hemoglobiinin ja virtsan ominaispainon nousu olivat vähäisintä. Kun suorituksen aikana juodaan nestettä, veren plasmatilavuus säilyy paremmin ja näin ollen virtsa ei väkevöidy välittömästi. Samoin veriartot eivät muutu heti ja painon lasku ei ole niin suurta. Voidaan pohtia, miksi koehenkilöiden juodessa Lappidoc – juomaa, nämä arvot olivat nousseet enemmän kuin vettä juodessa. Yksi mahdollinen syy tähän on, että Lappidoc – juomaa juodessaan koehenkilöt kokivat juoksun helpommaksi ja näin ollen juoksun intensiteetti ja teho olivat suurempia kuin kerralla, jolloin koehenkilöt joivat vettä. Tällöin kovemman suorituksen vuoksi koehenkilöt menettivät enemmän nestettä kuin vettä juodessaan.

Keskushermoston väsymysteorian (Central Nervous Fatigue) mukaan rasituksen aikainen hiilihydraattien ja proteiinien nauttiminen on yhteydessä hiilihydraatti- ja proteiiniaineenvaihduntaan. Tutkimuksien mukaan proteiineilla voi olla vaikutusta sekä nestetilavuuden kasvuun että suorituskyvyn paranemiseen. Tähän ei kuitenkaan ole vielä vahvaa näyttöä. (Borg ym. 2004, 272 – 273.) Tässä tutkimuksessa kuitenkin mitä ilmeisimmin väsymyksen vastustuskyky oli hiilihydraattien ansioita.

Tutkimuksessa, jossa tutkittiin hiilihydraattituotteiden vaikutusta, suorituskykyyn todettiin, että hiilihydraatin nauttiminen ennen pitkäkestoista suoritusta ja sen aikana, voi parantaa suoritusta. Hiilihydraatit auttavat ylläpitämään veren glukoosia ja lihaksen glykogeenia. Nämä aineet mahdollistavat tehokkaan liikuntasuorituksen. (Bishop ym. 2002, 145 - 156.) Samalla tavalla myös tässä opinnäytetyössä tehdyssä tutkimuksessa Lappidoc – juoman nauttiminen on mahdollisesti parantanut koehenkilöiden suorituskykyä ja tuntemuksia juoksu suorituksen aikana.

Virtsan ominaispainon lähtötasoissa oli jonkin veran eroa. Koehenkilöille oli annettu ohjeeksi olla nauttimatta diureetteja liiallisia määriä, saunomatta ja välttämään hyvin raskaita fyysisiä

suorituksia kolmen päivän ajan ennen juokсутestiä. Koehenkilöiden tuli siis elää mahdollisimman normaalisti ja normaalilla terveellisellä ruokavaliolla testiä edeltävät päivät. Testiaamuna koehenkilöiden tuli olla nauttimatta ruokaa ja juomaa vähintään kaksi tuntia ennen näytteiden antoa. He eivät myöskään saaneet virtsata kahteen tuntiin ennen virtsanäytteen antoa. Kukaan ei kuitenkaan ollut tarkastamassa, miten koehenkilöt toimivat tai mitä he söivät ja joivat testejä edeltävinä päivinä. Jos koehenkilöt ovat laiminlyöneet annettuja ohjeita, voivat nämä seikat vaikuttaa virtsan ominaispainoon ja verenkuvaan jonkin verran. Kaikki koehenkilöt kuitenkin sitoutuivat noudattamaan ohjeita ja näin ollen näillä asioilla ei pitäisi olla merkittävää vaikutusta virtsan ominaispainon muutoksiin, veriarvojen muutoksiin eikä suorituskyvyn muutoksiin.

Koehenkilöt juoksivat jokaisen testin samanlaisilla vaatteilla, joten vaatteet eivät vaikuttaneet punnitukseen eivätkä hikoiluun vaihtelevasti juoksun aikana. Juoksu juostiin aina samassa tilassa Vierumäen urheiluhallissa. Lämpötilat olivat vakaat ja tuuliolosuhteilla ei ollut vaikutusta juoksuun. Testi juostiin 200 metrin radalla, jolloin maaston korkeuserojakaan ei juoksun aikana ollut. Juokсутestin olosuhteet olivat siis hyvin vakiot.

Voidaan kuitenkin pohtia, oliko juokсутestin rasittavuus riittävä aikaan saamaan merkittävää nestevajausta ja tästä johtuvaa suorituskyvyn heikentymistä. Testien juoksuosuus kesti kaikilta juoksijoilta alle kaksi tuntia, eikä kymmenen kilometrin vauhti ollut liian kova kenellekään. Jos juoksuosuus olisi kestänyt pidempään eli reilusti yli kaksi tuntia, voidaan pohtia olisivatko tulokset olleet erilaiset kuin ne nyt ovat. Silloin nestehukan määrä olisi todennäköisesti lisääntynyt ja virtsan ominaispainon, veriarvojen ja painon muutoksissa olisi todennäköisemmin ollut suurempia muutoksia. Samaten voidaan pohtia, oliko koehenkilöiden ryhmä paras mahdollinen koeryhmä testiin. Joukosta löytyi vain muutama vahvan kestävyysurheilutaustan omaava henkilö. Todennäköisesti tulokset eivät olisi kuitenkaan muuttuneet merkittävästi, vaikka kaikki koehenkilöt olisivat olleet kansallisen tason kestävyysurheilijoita.

Juokсутestit juostiin kolmen kuukauden sisällä. Ensimmäisellä koekerralla kaikki koehenkilöt juoksivat testin ilman nestettä. Toisella ja kolmannella koekerralla puolet koehenkilöistä nautti vettä ja puolet Lapland Nutrition Oy:n Lappidoc – juomaa. Osittain tuloksiin saattaa vaikuttaa myös koehenkilöiden kunnon paraneminen, kun he kahden viikon välein juoksivat kyseisen testin. Superkompensaation osuus testituloksiin on kuitenkin hyvin olematon, melkein mitätön, koska myös ne, jotka olivat jollain kolmesta testikerrasta sairaina, juoksivat korvaavan testin viimeisenä. Tällöin osa koehenkilöistä suoritti viimeisenä testin, jolloin he eivät juoneet

mitään. Juomien jakautuminen eri kerroille siis kompensoi superkompensaation osuutta tutkimustuloksiin.

Koehenkilöt ovat olleet hyvin nesteytettyjä jo ennen kaikkia kolmea testikertaa eli heidän lihastensa glykogeenivarastot ovat todennäköisesti olleet täydet, jolloin pieni nesteen menetys juoksun aikana ei juuri vaikuttanut kerroilla, jolloin koehenkilöt nauttivat nestettä. Kun koehenkilöt eivät nauttineet lainkaan nestettä, heidän elimistönsä kärsi nestehukasta.

Tutkimuksessa, jossa tutkittiin kuntosalien käyttäjien virtsan ominaispainoa ennen urheilusuoritusta, koko tutkimusjoukon virtsan ominaispainon keskiarvo oli 1.018. Miehillä oli korkeampi keskiarvo (1.020) kun heitä verrattiin naisiin (1.017). Tämän tutkimuksen mukaan 46 prosenttia kuntoilijoista on nestevajeessa verrattuna urheilijoilla tehtyihin tutkimuksiin. Tutkimuksessa virtsan ominaispainon arvoina pidettiin 1.017, jonka keskihajonta on 0.009. (Stower ym. 2005.) Kun edellä mainitun tutkimuksen koehenkilöiden virtsan ominaispainoja verrataan tämän opinnäytetyön tutkimuksen koehenkilöiden arvoihin, ovat ne paljon korkeammat. Tämän opinnäytetyön tutkimuksessa koehenkilöiden keskimääräinen virtsan ominaispaino oli 0.013. Tämä osoittaa sen, että tässä tutkimuksessa koehenkilöiden nestetasapaino oli kunnossa jo ennen kuin he lähtivät juoksemaan. Yli 0.020 arvon tuloksia voidaan pitää nestevajeen merkinä. Yhdelläkään testikerralla koehenkilöiden keskiarvo ei ylittänyt tätä rajaa. Isotonisen virtsan ominaispaino on noin 1.010. Isotoninen neste on sellainen, jonka osmoottinen paine on sama kuin verellä

Tutkimuksen pääjohtopäätöksenä voidaan pitää sitä, että kohtuullisen rasittavassa alle kaksi tuntia kestävässä suorituksessa suorituskyky paranee, jos nautitaan suoloja, hiilihydraatteja ja proteiineja sisältävää Lappidoc – juomaa. Myös veden nauttiminen parantaa suorituskykyä, verrattuna siihen, jos ei juoda mitään. Johtopäätöksiensä mukaan juoksun aikaiset tuntemukset olivat Lappidoc – juomaa nautittaessa paremmat kuin muilla testikerroilla. Jos tällaisen juoksu-suorituksen aikana ei nautita lainkaan nestettä, elimistö kärsii nestehukasta. Tähän viittaavat lähes 2 % painon lasku suorituksen aikana sekä hemoglobiinin ja virtsan ominaispainon nousu kerralla jolloin ei nautittu lainkaan nestettä. Tämä tutkimus ei kuitenkaan kerro, mitä tapahtuu pidempikestoisissa tai kuumemmissa oloissa tehdyssä suorituksessa, jos nautitaan vettä tai Lappidoc – juomaa. Lisätutkimukset ovat vielä tarpeen.

## Lähteet

Bishop, N. C., Gleeson, M., Nicholas, C. W & Ali, A. 2002. Influence of Carbohydrate Supplementation on Plasma Cytokine and Neutrophil Degranulation Responses to High Intensity Intermittent Exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 12, pp. 145 – 156.

Borg, P., Fogelholm, M. & Hiilloskorpi, H. 2004. *Liikkujan ravitseminen – teoriasta käytäntöön*. Edita Prima Oy. Helsinki.

Fogelholm, M. & Vuorimaa, T. 1991. *Haasteena pitkät kestävyyslajit*. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä.

Hawley, J., Burke, L. & Noakes, T. 1998. *Peak Performance, training and nutritional strategies for sport*. Allen & Unwin. Australia.

Holmén, J. 2007. Jannen juomaohjeet. *Juoksija*. 37. vuosikerta. 7, s. 10.

Ilander, O. 2006. Ravitseminen kestävyyspainotteisessa urheilussa. Teoksessa Ilander, O., Borg, P., Laaksonen, M., Mursu, J., Ray, C., Pethman, K. & Marniemi, A. (toim.). *Liikuntaravitseminen*. s. 405 – 498. VK-Kustannus Oy. Lahti.

Ilander, O. 2006. Makrokivennäisaineet. Teoksessa Ilander, O., Borg, P., Laaksonen, M., Mursu, J., Ray, C., Pethman, K. & Marniemi, A. (toim.). *Liikuntaravitseminen*. s. 185 – 203. VK-Kustannus Oy. Lahti.

Ilander, O. 2005. Sopivan sekoituksen salat. *Juoksija*. 35. vuosikerta. 5, s. 52–53.

Ilander, O. 2004. Urheilujuoman avulla juokset nopeammin. *Runner's World*. 14. vuosikerta. 2/2004. s. 17.

Ilander, O. 2008. Juomaa matkaan mukaan. *Juoksija*. 38. vuosikerta. 3, s. 54–56.

Kairisto, V. 2008. TYKSLAB. Suhteellinen tiheys, virtsasta. Luettavissa: <http://www.tyks.fi/store/tykslab/ohjekirja/2715.html>. Luettu: 18.2.2009.



Komppa, P. 2003. Juo oikein ja juokset paremmin. *Runner's World*. 51. vuosikerta. 11, s. 28–29.

Kouri, T. 2008. Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri. Suhteellinen tiheys, virtsasta. Luettavissa: <http://oyslab.fi/ohjekirja/2715.html>. Luettu: 18.2.2009.

Laursen, P. B., Suriano, R., Quod, M. J., Lee, H., Abbiss, C. R., Nosaka, K., Martin, D. T. & Bishop, D. 2006. Core temperature and hydration status during Ironman triathlon. *British Journal of Sport Medicine*, 40, pp. 320 – 325.

Maughan, R. J. 2000. Food and Fluids Before, During and After Prolonged Exercise. In R. J. Shephard. & P.-O. Åstrand (eds.). 2<sup>nd</sup> ed. Blackwell Science Ltd, pp. 419.

Mero, A. 2007. Ravintofysiologia. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K. & Häkkinen, K. *Urheiluvallmennus*. s. 145 – 214. 2. painos. VK-Kustannus Oy. Lahti.

Møslund, K., Orto-lääkärit Helsinki, Mehiläinen Helsinki, Paavo Nurmi - keskus Turku, ADT & Suunnistusliitto. Urheilijan nesteytys. Luettavissa: <http://koti.armas.fi/~T-klubi/nesteytys.pdf>. Luettu: 17.2.2009.

Nienstedt, W., Hänninen, O., Arstila, A. & Björkqvist, S-E. 2004. Ihmisen fysiologia ja anatomia. 15. uudistettu painos. WS Bookwell Oy. Porvoo.

Noakes, T. 1991. *Lore of running*. 3<sup>rd</sup> ed. Leisure Press. Illinois.

Noakes, T. 2007. Hydration in the marathon, Using Thirst to Gauge Safe Fluid replacement. In W. O. Roberts (ed.) *Sport Medicine*. Wolters Kluwer Helath. Auckland, pp. 463 - 466.

Stower, E. A., Petrie, H. J., Passe, D., Horswill, C. A., Murray, B. & Wildman, R. 2006. Urine specific gravity in exercisers prior to physical training. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 31, pp. 320 – 327.

Suomen Olympiakomitea 2009. Nestetasapaino. Luettavissa:

[http://www.noc.fi/urheilijan\\_ravitsemus/nestetasapaino/](http://www.noc.fi/urheilijan_ravitsemus/nestetasapaino/). Luettu: 16.2.2009.

# Tuntemuslomake

*Liite 1*

Nimi \_\_\_\_\_

Juoma \_\_\_\_\_

Tunsitko näitä oireita juoksun aikana tai sen jälkeen?

1. Nesteen hölskyminen vatsassa

1.....2.....3.....4.....5.....6

2. Pistos

1.....2.....3.....4.....5.....6

3. Pahoinvointi

1.....2.....3.....4.....5.....6

4. Arvioi 10 km juoksun kuormitus asteikolla 4-20. (4 = äärimmäisen helppo, 20 = äärimmäisen vaativa) \_\_\_\_\_

Muita tuntemuksia:

---

---

---

---

---

---

---