

SYKEMITTAUKSEEN PERUSTUVAN KUNTOTESTIN VALIDOINTI

Samppa Karvinen

Liikuntafysiologian Pro gradu -tutkielma

Kevät 2014

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän yliopisto

TIIVISTELMÄ

Samppa Karvinen (2014). Sykemittaukseen perustuvan kuntotestin validointi. Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto, Pro gradu –tutkielma, 55 s., 3 liitettä.

Hyvällä fyysisellä kunnolla ja pitkällä eliniällä on todettu olevan vahva yhteys. Vaikka viime aikoina on kiinnitetty huomiota myös hermolihasjärjestelmän toimintaan ja voimantuottoon, on kestävyyskuntoa pidetty hyvän fyysisen kunnan mittarina jo pitkään. Kestävyyskunnan mittaamiseen on kehitetty useita erilaisia menetelmiä. Tässä tutkimuksessa esitellään uudenlainen sykemittaukseen perustuva menetelmä.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää Firstbeat Technologies Oy:n kehittämän kuntotestin, Firstbeat kuntotesti, validiteetti verrattuna suoraan maksimaaliseen hapenottokyvyn testiin. Testi arvioi sydämen sykkeen ja matkan/nopeuden perusteella henkilön maksimaalisen hapenottokyvyn. Testejä tehtiin kaksi, maksimaalinen juoksumattotesti laboratoriossa sekä submaksimaalinen kenttätesti. Lisäksi selvitettiin kuntotestissä tarvittavien matkaa mittaavien laitteiden, Foot Pod ja Gps Pod, eroja. Tilastolliset analyysit tehtiin käyttäen Bland-Altman –metodia ja Pearsonin korrelaatiota.

Bland-Altman –metodilla analysoidut tulokset kertoivat kohtuullisesta keskimääräisestä vastaavuudesta menetelmien välillä (1.2 – 3.2 ml/kg/min), mutta luottamusvälien todettiin olevan erittäin suuria (-16 – 23 ml/kg/min). Firstbeatin kuntotesti korreloi positiivisesti suoran testin kanssa (juoksumattotesti $p=0.461$, juoksumattotesti maksimaalinen syke määritettynä $p=0.614$, kenttätesti $p=0.535$, kenttätesti maksimaalinen syke määritettynä $p=0.676$). Tämän tutkimuksen tulosten perusteella Firstbeat kuntotesti ei arvioi maksimaalista hapenottokykyä kovinkaan tarkasti. Matkaa mittaavien laitteiden todettiin sen sijaan olevan tarkkoja (r (Foot pod) = 0.949; (r (Gps pod) = 0.964).

Avainsanat: Maksimaalinen hapenottokyky, kuntotesti

ABSTRACT

Samppa Karvinen (2014). Validation of fitness test based on heart beat. Department of Biology of Physical Activity, University of Jyväskylä, Master's thesis, 55 pp., 3 appendices.

Good physical health and long life span are strongly associated. Endurance capacity has for long been considered to be a good indicator for good physical health, although recently the muscular-nervous system has got more emphasis. Nowadays there are many different methods to measure endurance capacity.

The aim of this thesis was to validate a fitness test, FB kuntotesti, which has been invented by Firstbeat Technologies Oy. The test will estimate maximal oxygen uptake on the basis of heart rate and distance used in the test. Two different tests were made, maximal treadmill test and submaximal field test. All the comparisons were made against straight maximal treadmill running test. We also compared two gadgets, Foot Pod and Gps Pod, that measure distance during the tests. Statistical analyses were carried out using Bland-Altman method and Pearson's correlation.

There was reasonable mean error (1.2 – 3.2 ml/kg/min) between the two studied methods but the limits of agreement were wide (-16 – 23 ml/kg/min) according to the Bland-Altman method. Pearson's correlation showed positive correlation between the methods (treadmill $p=0.461$, treadmill with known maximal heart rate $p=0.614$, field test $p=0.535$, field test with known maximal heart rate $p=0.676$). In conclusion FB kuntotesti was estimating the maximal oxygen consumption with insufficient accuracy. Gadgets in turn were found to be reliable (r (Foot pod) = 0.949; (r (Gps pod) = 0.964)).

Key words: Maximal oxygen uptake, FB kuntotesti

KÄYTETYT LYHENTEET

FB kuntotesti Firstbeat Technologies Oy kehittämä kuntotesti.

Foot Pod Sykemittariin yhteydessä oleva laite, joka mittaa matkaa ja korkeutta. Kiinnitetään juoksukenkiin ennen testiä.

Gps Pod Sykemittariin yhteydessä oleva laite, joka mittaa matkaa ja korkeutta. Kiinnitetään käsivarteen erillisellä kiinnikkeellä ennen testiä. Ei toimi sisätiloissa signaalin heikkouden vuoksi.

VO_{2max} Maksimaalinen hapenkulutus verenkierto- ja hengityselinten toimintakykyä kuvaava luku, joka ilmoittaa, paljonko happea enintään siirtyy lihaskuormituksen aikana ilmasta keuhkojen ja verenkierron kautta kudoksiin.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

KÄYTETYT LYHENTEET

1 JOHDANTO	1
2 FYYSINEN SUORITUSKYKY	2
2.1 Määritelmä.....	2
2.2 Kestävyyuskunnan eri osa-alueet ja harjoitusvasteet	3
2.3 Fyysisen suorituskyvyn testaus ja terveystositukset	4
3 MAKSIMAALINEN HAPENOTTOKYKY	9
3.1 Miten maksimaalista hapenkulutusta mitataan?	12
3.1.1 Maksimaalinen testi.....	12
3.1.2 Submaksimaalinen testi	14
3.2 Aerobinen ja anaerobinen kynnys	17
3.3 Maksimaaliseen hapenottokyvyn vaikuttavia tekijöitä.....	18
4 MAKSIMAALISEN HAPENOTTOKYVYN MITTAAMISEEN KÄYTETTYJÄ TESTEJÄ	21
4.1 Cooperin testi.....	21
4.2 Kestävyyssukkulajuoksutesti.....	23
4.3 UKK-kävelytesti.....	25
4.4 WHO:n kolmiportainen testi.....	26
4.5 FB kuntotesti	27
5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT	32
6 MENETELMÄT	33

6.1 Koehenkilöt	33
6.2 Koeasetelma.....	34
6.2.1 Suora maksimaalinen testi.....	34
6.2.2 Kenttätesti.....	35
6.3 Tilastolliset analyysit.....	36
7 TULOKSET	38
7.1 Maksimaalisen hapenottokyvyn vertailu juoksumattotestissä.....	38
7.2 Maksimaalisen hapenottokyvyn vertailu kenttätetissä.....	40
7.3 Vertaileva testi.....	42
7.4 Kuljettu matka	42
7.5 Syke	43
8 POHDINTA.....	45
9 LÄHTEET	49
10 LIITTEET	

1 JOHDANTO

Hyvällä fyysisellä suorituskyvyllä on todettu olevan vahva yhteys hyvään terveydentilaan ja pitkään elinikään (Myers ym. 2002). Hyväkuntoisella ihmisellä onkin vähentynyt riski sairastua esimerkiksi sydän- ja verisuonitauteihin. Erilaiset järjestöt ympäri maailman ovat laatineet ohjeita kuinka riskiä em. sairauksiin voitaisiin vähentää. Yhden arvostetuimman, American College of Sport Medicine:n (ACSM), ohjeet perustuivat vuoteen 2009 saakka lähinnä kestävyyspuolen ja maksimaalisen hapenottokyvyn parantamiseen. Vaikka nykyään harjoitusohjeisiin on otettu mukaan myös hermolihasjärjestelmän toiminnan parantaminen ja voiman harjoittelu, on kestävyyskunnan merkitys hyvän terveyden edistäjänä säilynyt vahvana (American College of Sports Medicine 2000, 137-164; Whaley & American College of Sports Medicine 2006, 133-174; Thompson ym. 2010, 152-182; UKK-instituutti 2011). Kestävyyskunnan mittaamista voidaan näin ollen pitää erittäin tärkeänä. Mittaustulosten kautta voidaan mm. arvioida henkilön harjoituksen tarvetta ja antaa ohjeita terveyden ylläpitoon. Maksimaalista hapenottokykyä pidetään parhaana muuttujana mittaamaan aerobista aineenvaihduntaa, joten kestävyyskuntoa mitataan useimmiten maksimaalisen hapenottokyvyn testeillä. Maksimaalinen hapenottokyky voidaan mitata suoraan hengityskaasuanalysointilaitteella maksimaalisessa kuormituksessa. Tällainen testaus vaatii kuitenkin erityiset laitteet sekä koulutetun henkilökunnan sen käyttöön. Sen takia testaus on kallista, aikaa vievää ja vaatii laboratorio-olosuhteet. Sen lisäksi maksimaalinen testi voi olla terveystarve joillekin henkilöille, eikä testiä tästä syystä pystytä tekemään. Tämän takia onkin syytä tarkastella muita mahdollisia keinoja arvioida maksimaalista hapenottokykyä.

Sykkeen on todettu korreloivan erittäin hyvin hapenottokyvyn kanssa korkeilla kuormitusintensiteeteillä. Sykettä on helppo mitata ja se on ei-invasiivinen menetelmä. Monet mittausmenetelmät pohjautuvatkin sykkeen mittaamiseen ja ns. steady state –kuormitukseen. Sykettä monitoroimalla on siitä todettu saatavan muutakin tietoa elimistön toiminnasta kuin pelkän sydämen sykenopeuden. Tällaisia muuttujia ovat mm. hengitysfrekvenssi ja kuormitusintensiteetin muutokset (Pulkkinen 2003). Tässä tutkimuksessa pureudutaan sykkeeseen perustuvan menetelmän kykyyn arvioida maksimaalista hapenottokykyä.

2 FYYSINEN SUORITUSKYKY

2.1 Määritelmä

Fyysinen suorituskyky tai kunto on käsitteenä haastava määrittellä. Eri ihmisryhmille hyvä fyysinen kunto voi tarkoittaa eri asioita. Sairaalle ihmiselle hyvä fyysinen kunto tarkoittaa, ettei sairauden merkkejä näy päivittäisessä elämässä. Urheilijalle hyvä fyysinen kunto voi puolestaan tarkoittaa, että hän pystyy osallistumaan kilpailuihin ja onnistumaan niissä. Niin sanotulle tavalliselle ihmiselle toimintakyky voidaan määrittellä selviytymisenä jokapäiväisen elämän haasteista (Smolander & Hurri 2004). Smolander ja Hurri (2004) erottelevat vielä työkyvyn toimintakyvystä ja määrittelee sen selviytymisenä työn asettamista vaatimuksista. Keskinen ym. (2010) mukaan hyvän kunnan kriteeri niin sanotulle tavalliselle ihmiselle on seuraava:

”yksilö pystyy elämään normaalia elämää ilman epämiellyttäviä fyysisiä tunteuksia ajoittain raskaittenkin ponnistusten aikana”

ACSM on määritellyt fyysisen kunnan piirteiksi ne, jotka ihmisellä on tai ne, jotka hän saavuttaa, jotta pystyy selviytymään fyysisestä aktiivisuudesta (Thompson ym. 2010, 2).

Shephard ym. (2000) ottaa kantaa fyysiseen suorituskykyyn enemmän urheilun näkökulmasta. Hän sanoo urheilijan menestyksen johtuvan fysiologisista, biomekaanisista, kemiallisista ja psyykkisistä tekijöistä (Shephard ym. 2000). Smolander ja Hurri (2004) ovat samaa mieltä. Heidän näkemyksensä mukaan fyysinen suorituskyky liittyy läheisesti urheiluun ja liikunafysiologiaan. Suorituskyvyn mittauksissa seurataan yleensä yleiskestävyyttä, paikallista lihaskestävyyttä, lihasvoimaa ja koordinaatiota sekä notkeutta ja nopeutta. He nostavat myös motivaation tärkeäksi tekijäksi suorituskykymittauksissa. (Smolander & Hurri 2004.)

2.2 Kestävyyuskunnan eri osa-alueet ja harjoitusvasteet

Kestävyyuskuntaa voidaan harjoittaa monin eri tavoin, riippuen siitä, mitä kestävyyttä halutaan kehittää. Taulukossa 1. on esitelty eri kestävyiden alueet.

TAULUKKO 1. Kestävyyden eri osa-alueet (Nummela 2010)

Kestävyyden eri osa-alueet						
Perus-kestävyys	Aerobinen kynnys	Vauhti-kestävyys	Anaerobinen kynnys	Maksimi-kestävyys	VO ₂ _{max}	Nopeus-kestävyys
Työteho, nopeus ja syke kasvavat →						

Harjoittelun myötä tapahtuvat metaboliset muutokset lihaksessa ovat tärkeitä parantamaan submaksimaalista kestävyyttä. Kun harjoitellaan peruskestävyysominaisuuksia, mitokondrioiden koko ja lukumäärä luustolihasissa kasvavat ja lisäksi entsyymien määrä mitokondrioissa nousee. Peruskestävyys harjoittelu lisää myös valtimo-laskimo-happieroa, kun lihasten hiussuonitus kasvaa ja happi siirtyy paremmin lihakseen. Tämä johtaa parempaan rasvanpolttoon ja alentaa laktaatin tuottoa samalla hapenkulutuksen tasolla. (Bassett & Howley 2000.)

Peruskestävyys harjoittelun myötä myös:

- Lihasten glykogeeni- ja rasvavarastot kasvavat
- Hitaat lihassolut kasvavat nopeita lihassoluja suuremmiksi
- Sydämen vasemman kammion koko kasvaa ja sitä myöten kasvaa myös sydämen iskutilavuus ja minuuttitilavuus
- Levossa ja submaksimaalisessa kuormituksessa syke ja verenpaine laskevat sekä ventilaatio pienenee, mutta maksimaalinen ventilaatio sen sijaan kasvaa
- Plasman koko ja veren tilavuus nousevat (Bassett & Howley 2000)

Fyysinen aktiivisuus aiheuttaa elimistössä homeostaasin järkkymistä, johon keho reagoi pääasias-
sa autonomisen hermoston kautta. Se miten autonominen hermosto reagoi, riippuu kuormituksen
kestosta ja intensiteetistä. Sykevälivaihtelu kuvaa hyvin autonomisen hermoston tilaa. Lepotilassa
sykevälivaihtelu on suurta parasympaattisen hermoston ollessa ”vallassa”. Mitä korkeampi syke
on, sitä enemmän sympaattinen hermosto vaikuttaa ja sitä vähäisempää sykevälivaihtelu on. Sy-
kevälivaihtelua pidetäänkin hyvänä vagaalisen eli parasympaattisen hermoston mittarina (Porges
& Byrne 1992). Vagaalinen vaihtelu on nopeaa ja se voi vaihdella yksittäistenkin sydämenlyön-
tien välillä. Syke synkronoituu hengityksen tahtiin. Syke nousee sisäänhengityksen aikana sekä
laskee uloshengityksen aikana. Ilmiön nimi on respiratorinen sinusarytmia (Casadei ym. 1995).
Fyysisen kuormituksen jälkeen sykevälivaihtelun palautuminen voi kestää minuuteista vuorokau-
teen harjoitusintensiteetistä riippuen. KIHU:n raportin mukaan kestävyysharjoittelu voi johtaa
sykevälivaihtelun laskuun, vaikkei kaikissa tutkimuksissa olekaan löydetty tätä yhteyttä (Kaikko-
nen 2006). Parasympaattinen hermosto toimii nopeammin kuin sympaattinen hermosto ja sen
avulla pystytään mukautumaan nopeammin kuormituksen vaatimuksiin. Parasympaattinen her-
mosto toimii kuitenkin tutkimusten mukaan sykkeellä, joka on alle 100 lyöntiä minuutissa tai alle
40 % maksimaalisesta hapenkulutuksesta. Tämän jälkeen sympaattisella hermostolla on suurempi
rooli sykkeen nostajana. (Porges & Byrne 1992, Rowell 1993, 166.)

2.3 Fyysisen suorituskyvyn testaus ja terveystositukset

*”Liikunnan lisäämisestä hyötyvät terveystositisesti eniten ne, jotka liikkuvat kaikkein vähi-
ten” (UKK-instituutti 2006, 8)*

Kuntotestauksella pyritään testattavan henkilön ominaisuuksista johtuen erilaisiin päämääriin.
Ilmasen (2007) mukaan asiakasryhmien erikoistarpeet tulisi ottaa huomioon, jotta kuntotestauk-
sesta saataisiin mahdollisimman paljon hyötyjä. Urheilija haluaa tehdä testejä havaitakseen miten
harjoittelu on tehonnut, ja voidakseen tehdä testien perusteella muutoksia harjoitusohjelmaansa.
Harrastaja voi saada lisävirikkeitä liikkumiseen tai vähän liikkuva kimmokkeen aloittaa liikkumia
kuntotestauksen tulosten perusteella. (Ilmanen 2007.) Laajemmin ajateltuna kuntotesteillä voi-
daan seurata valtakunnallisesti kansanterveyttä ja tehdä sen perusteella päätöksiä mihin suuntaan

liikuntakasvatusta tulisi ohjata. Parhaimmillaan kuntotestaus voi Ilmasen (2007) mukaan olla tukemassa isojen joukkojen elinikäistä liikuntaharrastusta. Suomessa onkin tehty Terveys-suositukset, jonka yhtenä suurena osana on kestävyyskunnan parantaminen. Sen lisäksi terveys-suositukset sisältävät nykyisin lihaskunnan ja liikehallinnan kohentamista. Suositukset on tehnyt UKK-instituutti ja ne on tehty 18–64 -vuotiaille. UKK-instituutti esittää terveys-suositukset liikuntapiirakan muodossa kuvassa 1 (UKK-instituutti 2011).



KUVA 1. Liikuntapiirakka (UKK-instituutti 2011)

Suomessa kuntotestausta tehdään useissa eri paikoissa. Sairaalat toimivat eräänlaisena kuntotestausasemana, jossa mitataan yleensä sairaiden ihmisten kunnon tilaa. Varsinaisia kuntotestejä tehdään enemmän erillisillä kuntotestausasemilla, kuntosaleilla tai kylpylöissä. Testauksen suoritus-

taa siihen koulutettu henkilö, esimerkiksi fysioterapeutti. Ilmasen (2007) mukaan keskimääräinen kuntotestattava on 31–50 -vuotias kunnostaan huolta pitävä henkilö, ja kuntotestauksella pyritään löytämään liikuntaohjelma, joka on testattavalle tavoitteisiin ja elämäntilanteeseen nähden sopiva.

Kuntotestausta ei erikseen säädellä lainsäädännössä, paitsi jos se on terveydenhuollon piirissä tapahtuvaa kuntotestausta. Sitä säätelee terveydenhuoltoa yleisesti säätelevä lainsäädäntö sekä testaajia terveydenhuollon ammattihenkilöstöä säätelevät lait. Vahinkotapauksissa sovelletaan potilasvahinkolakia. Terveydenhuollon ulkopuolella tapahtuvaa testausta ei säädellä erikseen, mutta siihen sovelletaan kuluttajansuojalakia sekä lakia sopimattomasta menettelystä elinkeinotoiminnassa. Sekä terveydenhuollon parissa ja sen ulkopuolella tapahtuvassa testauksessa sovelletaan henkilötietolakia testattavan tulosten säilyttämisessä. (Viertola 2010.)

Keskisen ym. (2010) mukaan testejä ajatellaan hieman väärin vain yksittäisinä testeinä vaikka ne pitäisi ymmärtää kokonaisvaltaisimpina sarjoina, joilla palvellaan testattavalla olevia tavoitteita. MacDougal ym. (1991, 3-4) ovat määritelleet laadukkaan kuntotestauksen seuraavasti:

- Mitattavien muuttujien ja käytettyjen testimenetelmien pitää olla tarkoitukseen sopivia
- Kuntotestin pitää mitata pätevästi juuri sitä ominaisuutta, jonka mittaamiseen se on tarkoitettu (validiteetti) ja testin pitää olla luotettava (reliabiliteetti)
- Testin suorittamisen pitää olla tarkasti kontrolloitua ja valvottua
- Testaaminen toistetaan säännöllisin väliajoin
- Tulokset tulkitaan suoraan asiakkaalle ilman välikäsiä
- Testattavan ihmisoikeuksia kunnioitetaan

Testejä voidaan tehdä eri olosuhteissa. Laboratorio-olosuhteissa saadaan kitkettä pois erilaisia muuttujia, esimerkiksi tuulen vaikutus, ja testeistä saadaan kliinisempiä, luotettavampia tuloksia.

Kenttäolosuhteet ovat kuitenkin monesti käytännöllisempiä esimerkiksi testattaessa suuria joukkoja koehenkilöitä samanaikaisesti, tai silloin kun erityisvälineitä ei ole saatavilla. (Keskinen ym. 2007b.) Koska kenttätestauksessa ollaan niin sanotusti luonnon armoilla, saattaa se aiheuttaa mittausvirheitä. Testituloksissa pitääkin ottaa huomioon, mikäli sama testi tehdään ensimmäistä kertaa esimerkiksi tuulettomassa, lämpimässä säässä ja toisella kertaa vastatuuleen hieman kylmemmissä olosuhteissa.

ACSM on myös määritellyt hyvän kuntotestauksen vaiheet. Niitä ovat lämmittely, venyttely, itse suoritus ja verryttely. Hyvän kuntotestauksen periaatteisiin kuuluu myös riskitekijöiden poissulkeminen ennen testiä, toisin sanoen selvitetään testattavan sairaustausta. Mikäli testattavalla on akuutti tulehdussairaus, esimerkiksi kuume, testiä ei tehdä. Testaus ei ole tällöin turvallista eikä siitä saada luotettavia tuloksia. Myös muut mahdolliset sairaudet tai rajoitukset testin tekemiselle on hyvä selvittää ennen testiä. Testattavan lääkitys on lisäksi hyvä tietää, koska se voi vaikuttaa testituloksiin. (Thompson ym. 2010, 153.)

Kuntotestauksen peruseriaatteisiin kuuluu ACSM:n mukaan se, että oli kyseessä suora tai epäsuora testi, on testattavan syytä välttää edellisenä päivänä rankkaa liikuntaa tai juomasta alkoholia. Muutamaa tuntia ennen testiä ei suositella syömään raskaasti, tupakoimaan tai juomaan kofeiinipitoisia juomia. Hyviin tutkimustapoihin kuuluu myös tehdä terveystarkastus ennen testin aloittamista. Sairaana testejä ei saa suorittaa. (Thompson ym. 2010, 57.) Testiä edeltävänä yönä testattavan tulisi nukkua riittävästi (6-8 tuntia). Testeissä tulisi käyttää sopivaa vaatetusta, kiristämättömiä vaatteita sekä liikuntaan sopivia jalkineita. Testeissä tulee huomioida, että jotkut testit voivat olla erittäin vaativia ja voivat vaikuttaa autolla ajokykyyn testin jälkeen. Mikäli tehdään diagnostisia testejä, sydän- ja verenkiertoelimistöön vaikuttava lääkitys tulee keskeyttää. Suorituskyvyn testauksissa näin ei tarvitse tehdä. Testattavan tulee aina ilmoittaa lääkityksensä sekä niiden viimeisin nauttimisaika. Myös ennen varsinaista suoritusta olisi hyvä juoda riittävästi vettä, jottei se aiheuttaisi mittausvirheitä. (Thompson ym. 2010, 58). Ennen testiä koehenkilöltä kerätään esitiedot lomakkeelle sekä määritellään tavoitetilä ja lopuksi esitietolomake allekirjoitetaan.

Itse testin valinta perustuu esitietolomakkeeseen. Testattavan tulee olla vapaaehtoinen testin tekemiseen ja hänelle annetaan tarkat ohjeet testin suorittamisesta, kerrotaan oikeudesta keskeyttää testi sekä kerrataan varomääräykset. Testin suorittamisen aikana testaajan on oltava paikalla koko testin ajan. Mikäli kyseessä on riskiryhmiin kuuluvia testattavia, jokaisella testattavalla pitää olla oma testaaja ja lääkäri paikan päällä tai välittömässä läheisyydessä. Testin jälkeen on hyvä verryttellä häiriöttömän verenkierron varmistamiseksi. Kun on varmistuttu, ettei testauksen jälkeisiä komplikaatioita ilmene, voidaan testattavalle antaa aikaa siistiytyä, jonka aikana testin tekijä voi paneutua tuloksiin. Tämän jälkeen testattavalle annetaan henkilökohtainen palaute ja ohjeet jatkoa varten. Ohjeet pitää pystyä kysymään myös jälkikäteen. (Keskinen ym. 2010.)

Kuntotestausmenetelmiä on useita erilaisia. Tutkittavalta voidaan esimerkiksi mitata kehon koostumus ja tehdä sen pohjalta päätelmiä testattavan tilasta. Tutkittavalta voidaan myös mitata hermo-lihasliitosten toimintaa tekemällä voimatyyppejä testauksia tai tasapainomittauksia. Tässä tutkielmassa keskitytään kestävyysominaisuuksien testaamiseen. Yleisin tapa mitata kestävyysominaisuuksia on mitata maksimaalista hapenottokykyä.

3 MAKSIMAALINEN HAPENOTTOKYKY

Maksimaalinen hapenkulutus (VO_{2max}) voidaan määritellä suurimmaksi mahdolliseksi määräksi happea, jota aktiiviset lihakset käyttävät työskentelyssä, ja joka johtaa uupumiseen (Mauger & Sculthorpe 2012). Maksimaalinen hapenkulutus tarkoittaa siis sitä, kuinka paljon ihminen pystyy hyödyntämään hengittämänsä happea. Hapenkulutus voidaan laskea minuuttitilavuuden (cardiac output) ja valtimo-laskimohappieron ($a-vO_2$) perusteella. Hapenkulutukseen vaikuttavat myös hermolihasjärjestelmän suorituskyky sekä suorituksen taloudellisuus (Bassett & Howley 2000).

Maksimaalinen hapenkulutus voidaan ilmoittaa monella eri tavalla. Seuraavassa kolme yleistä tapaa:

- l/min (esim. 4.1 l/min)
- ml/kg/min (esim. 72 ml/kg/min)
- MET-yksikköinä (esim. 11.6 MET)

Kaksi jälkimmäistä tapaa ilmoittaa hapenkulutuksen suhteutettuna painoon, joten nämä luvut ovat vertailukelpoisia eri henkilöiden välillä. Vähemmän liikkuvilla maksimaalinen hapenkulutus on noin 20 - 30 ml/kg/min, kun taas suurimmat mitatut hapenkulutukset ovat yli 90 ml/kg/min.

Schwartz ja Reibold (1990) ovat määritelleet katsausartikkelissaan maksimaalisen hapenottokyvyn luokituksen eri ikäluokille. Luokitus pohjautuu mittauksiin terveillä harjoittelemattomilla 6–75 -vuotiailla ihmisillä USA:sta, Kanadasta ja seitsemästä Euroopan maasta. Taulukossa 2 ja 3 näkyvät kuntoluokitukset miehille ja naisille.

TAULUKKO 2. VO_{2max} kuntoluokitus miehille (Shvartz & Reibold 1990)

IKÄ	1	2	3	4	5	6	7
12 - 13	<34	34 - 40	41 - 46	47 - 53	54 - 59	60 - 65	> 65
14 - 15	<34	34 - 39	40 - 46	47 - 53	54 - 59	60 - 65	> 65
16 - 17	<34	34 - 39	40 - 45	46 - 52	53 - 58	59 - 64	> 64
18 - 19	<33	33 - 38	39 - 44	45 - 51	52 - 57	58 - 63	> 63
20 - 24	<32	32 - 37	38 - 43	44 - 50	51 - 56	57 - 62	> 62
25 - 29	<31	31 - 35	36 - 42	43 - 48	49 - 53	54 - 59	> 59
30 - 34	<29	29 - 34	35 - 40	41 - 45	46 - 51	52 - 56	> 56
35 - 39	<28	28 - 32	33 - 38	39 - 43	44 - 48	49 - 54	> 54
40 - 44	<26	26 - 31	32 - 35	36 - 41	42 - 46	47 - 51	> 51
45 - 49	<25	25 - 29	30 - 34	35 - 39	40 - 43	44 - 48	> 48
51 - 54	<24	24 - 27	28 - 32	33 - 36	37 - 41	42 - 46	> 46
55 - 59	<22	22 - 26	27 - 30	31 - 34	35 - 39	40 - 43	> 43
60 - 64	<21	21 - 24	25 - 28	29 - 32	33 - 36	37 - 40	> 40
65 - 69	<20	20 - 22	23 - 26	27 - 30	31 - 34	35 - 38	> 38
70 - 74	<18	18 - 20	21 - 24	25 - 28	29 - 31	32 - 34	> 34
75 - 79	<16	16 - 19	20 - 23	24 - 26	27 - 29	30 - 32	> 32

TAULUKKO 3. VO_{2max} kuntoluokitus naisille (Shvartz & Reibold 1990)

IKÄ	1	2	3	4	5	6	7
12 - 13	<29	29 - 34	35 - 39	40 - 45	46 - 50	51 - 55	> 55
14 - 15	<29	29 - 33	34 - 39	40 - 44	45 - 49	50 - 54	> 54
16 - 17	<28	28 - 33	34 - 38	39 - 43	44 - 48	49 - 53	> 53
18 - 19	<28	28 - 32	33 - 37	38 - 42	43 - 47	48 - 52	> 52
20 - 24	<27	27 - 31	32 - 36	37 - 41	42 - 46	47 - 51	> 51
25 - 29	<26	26 - 30	31 - 35	36 - 40	41 - 44	45 - 49	> 49
30 - 34	<25	25 - 29	30 - 33	34 - 37	38 - 42	43 - 46	> 46
35 - 39	<24	24 - 27	28 - 31	32 - 35	36 - 40	41 - 44	> 44
40 - 44	<22	22 - 25	26 - 29	30 - 33	34 - 37	38 - 41	> 41
45 - 49	<21	21 - 23	24 - 27	28 - 31	32 - 35	36 - 38	> 38
51 - 54	<19	19 - 22	23 - 25	26 - 29	30 - 32	33 - 36	> 36
55 - 59	<18	18 - 20	21 - 23	24 - 27	28 - 30	31 - 33	> 33
60 - 64	<16	16 - 18	19 - 21	22 - 24	25 - 27	28 - 30	> 30
65 - 69	<15	15 - 17	18 - 19	20 - 22	23 - 25	26 - 28	> 28
70 - 74	<13	13 - 15	16 - 17	18 - 20	21 - 22	23 - 25	> 25
75 - 79	<12	12 - 13	14 - 15	16 - 17	18 - 20	21 - 22	> 22

Ensimmäistä kertaa hapenottoikykyä rajoittavia tekijöitä tutkivat Hill ja Lupton (Hill & Lupton 1923). Heidän tuloksensa ovat vieläkin pohjana ajattelulle maksimaalisesta hapenottoikyvästä.

Heidän mukaansa väsyminen harjoituksessa johtuu siitä, että sydän ei pysty pumppaamaan tarpeeksi happea työskenteleville lihaksille, jolloin niihin alkaa kerääntyä laktaattia ja ne väsyvät. Näin ollen maksimaalisen hapenottokykyyn vaikuttaa kardiorespiratorisen systeemin kyky viedä happea työskenteleville lihaksille eikä niinkään lihaksen kyky käyttää happea. Myöhemmin myös Bassett ja Howley (2000) ovat perustelleet tätä kolmella syillä:

- 1) Kun kardiorespiratoriseen systeemiin vaikutettiin esim. beta-salpaajilla, muuttui myös hapenottokyky
- 2) Harjoittelun myötä parantunut hapenottokyky johtui paremmasta minuuttitilavuudesta, ei paremmasta valtimo-laskimo-happierosta
- 3) On myös huomattu, että kun happea on runsaasti tarjolla, pystyy lihas kuluttamaan sitä paljon

Näitä väitteitä tukee myös Birnbaumin ym. tutkimus, jossa verenluovutus vaikutti heikentävästi maksimaaliseen hapenottokykyyn. Tämä johtui alemmasta hemoglobiinin määrästä ja sitä kautta huonommasta iskutilavuudesta ja hapenviennistä lihaksille. Syke ja valtimolaskimoero pysyivät ennallaan. (Birnbaum ym. 2006.)

On myös mietitty, voisiko ”central governor” -malli olla oikeampi tulkinta elimistön säätelystä kuormituksessa. Tässä mallissa painotetaan keskushermoston roolia kontrolloivana tekijänä väsymiselle. Malli ehdottaa, että fyysistä suorituskykyä säädellään (ei rajoiteta niin kuin Hillin mallissa) keskushermoston taholta niin, ettei kehon metabolinen tasapaino järky liikaa (Noakes 2008). Tosin vastaväitteitä on ehditty esittää myös tälle mallille (Brink-Elfegoun ym. 2007).

Testeissä pyritään saavuttamaan hapenkulutuksessa tasanne, jolloin hapenkulutus ei enää nouse vaan pysyy samana. Tällöin voidaan päätellä, että maksimaalinen hapenkulutus (VO_{2max}) on saavutettu. Testeissä voidaan löytää myös selkeä kohta, jossa hapenkulutus on korkeimmillaan, mutta lähtee tämän jälkeen laskuun (VO_{2peak}). Testeissä pyritään aina saavuttamaan tasannevaihe,

mutta Day (2003) käsittelee tutkimuksessaan mittauksissa käytetyn VO_{2peak} ja VO_{2max} eroa ja toteaa, että tutkimustuloksissa voidaan käyttää myös VO_{2peak} -tulosta (Day ym. 2003). Myös Duncan ym. (1997) ovat sitä mieltä, ettei tasannetta tarvitse välttämättä saavuttaa. Heidän tutkimuksessa kerrotaan, että hengitysosamäärän ollessa ($RER > 1.15$) ja veren laktaattipitoisuuden ollessa ($La > 8$ mmol/l), olisivat ne riittäviä arvoja kertomaan maksimaalisesta hapenkulutuksesta.

3.1 Miten maksimaalista hapenkulutusta mitataan?

Maksimaalisen hapenottokyvyn testejä on kehitelty erittäin paljon. Yksinkertaisimmassa testissä koehenkilön ei tarvitse tehdä mitään fyysistä, vaan maksimaalinen hapenottokyky voidaan arvioida henkilökohtaisten muuttujien perusteella. Esimerkiksi Jacksonin ym. (1990) tutkimuksessa muodostettu yhtälö ennustaa maksimaalista hapenottokykyä iän, pituuden, painon, sukupuolen ja liikunnallisen aktiivisuuden mukaan: $VO_{2max} = 56.363 + 1.921 * (\text{liikunnallinen aktiivisuus}) - 0.381 * (\text{ikä}) - 0.754 * (\text{painoindeksi}) + 10.987 * (\text{sukupuoli. } 0 = \text{nainen, } 1 = \text{mies})$ (Jackson ym. 1990). Testimenetelmät voidaan jakaa kahteen eri luokkaan: maksimaalisiin ja submaksimaalisiin testeihin. Maksimaalinen testi tehdään monesti suorana testinä eli maksimaalinen hapenottokyky mitataan suoraan hengitysilmaasta. Suoran ja epäsuoran testin valinta riippuu pitkälti testin päämääristä ja tarpeellisen laitteiston sekä henkilöstön saatavuudesta. Suora maksimaalinen testi tarjoaa tarkemman arvion maksimaalisesta hapenottokyvystä sekä kynnysluvuista, mutta koska testattava joutuu tekemään maksimaalisen suorituksen, ei se sovellu sairaille tai huonokuntoisille ihmisille (Thompson ym. 2010, 73). Seuraavaksi esitellään lähinnä laboratorio-olosuhteissa tehtäviä testejä. Luku 4 sisältää enemmän kenttätestaukseen soveltuvia testimuotoja.

3.1.1 Maksimaalinen testi

Mikäli laitteistoa on saatavilla, perinteinen tapa seurata urheilijoiden kunnonkehitystä on hengityskaasumittaukset. Hengityskaasuanalysointoreilla mitataan sisään menevän ja ulostulevan hapen ja hiilidioksidin pitoisuuksia (Thompson ym. 2010, 72-73). Maksimaalisen laboratoriotestin

aikana suoritustehoa nostetaan asteittain, kunnes testattava ei enää jaksa ja lopettaa testin. Suora maksimaalinen testi voidaan tehdä joko lyhyellä tai pitkällä tavalla. Mikäli mitataan pelkästään maksimaalista hapenottokykyä, voidaan suorittaa lyhyt testi, jossa kuormitusportaita nostetaan 30 tai 60 sekunnin välein. Mikäli halutaan määrittää myös aerobinen ja anaerobinen kynnys, tehdään pitkä testi. Tässä kuormitusta nostetaan 2-4 minuutin välein. Kun testattava tekee suoritusta, mitataan hengityskaasuanalysaattorilla hapenottokykyä, hiilidioksidin tuottoa, hengitysosamäärää ja hengitysmuutoksia. Samaan aikaan syke tallennetaan mittarille ja jokaisen kuormitusportaan jälkeen voidaan ottaa sormenpästä verta laktaattipitoisuuden määrittämistä varten. (Nummela 2010.)

Hengityskaasumittausten, laktaattimääritysten ja syketietojen avulla voidaan määrittää aerobinen ja anaerobinen kynnys. Näitä tietoja voidaan käyttää hyväksi jatkossa kunnon kehityksen seurannassa sekä liikuntaohjeiden laadinnassa. Hengityskaasuanalysaattorin avulla tehtävä testi on toistaiseksi tarkin testi maksimaalisen hapenottokyvyn määrittämiseen. Maksimaalinen testi sopii hyvin terveiden ja aktiivisesti kestävyysurheilua harjoittaville kuntoilijoille iästä riippumatta, urheilijoille sekä nuorille liikunnan harrastajille (Nummela ym. 2004, Noakes 2008). Urheilijoille, joiden kestävyysominaisuudet kehittyvät vain noin 1-3 prosenttia vuodessa, on testauksen tarkkuus erittäin tärkeää (Nummela 2010). Suorissa testeissä virhelähteitä voi aiheuttaa testattavan suoritusmotivaatio tai kyky aikatauluttaa suoritus oikein (Noakes 2008).

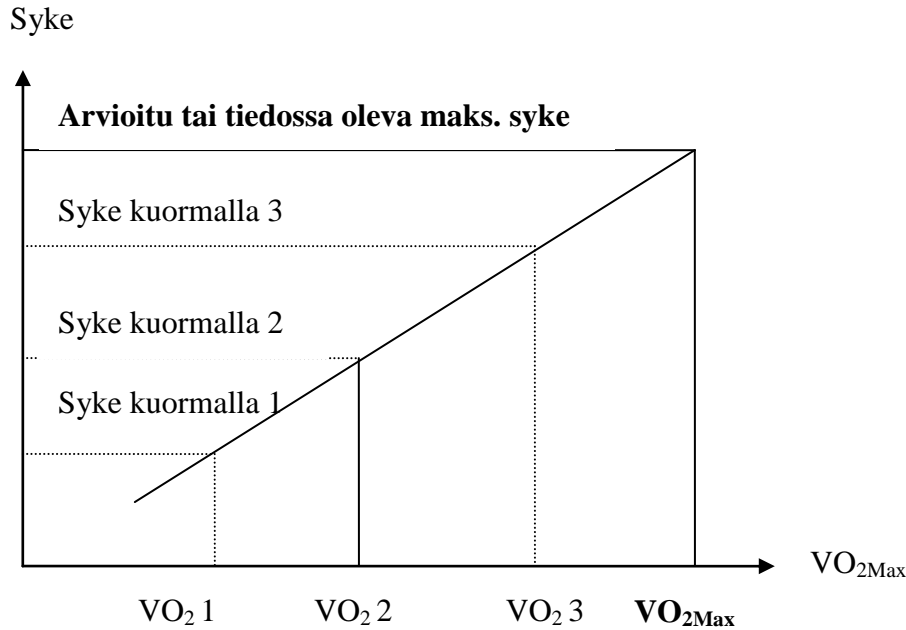
Suorilla maksimaalisilla testeillä voidaan mitata VO_{2max} todellisena maksimaalisena lukuarvona. Suoran maksimaalisen testin suorittaminen vaatii kuitenkin laboratorio-olosuhteet, kalliit laitteet ja erikoiskoulutetun henkilökunnan ja mahdollisesti lääkärin paikallaolon. Maksimaalista testiä ei aina voida edes suorittaa esimerkiksi huonon peruskunnon tai terveydellisten riskien takia. Näinpä maksimaalinen hapenkulutus voidaan arvioida myös epäsuorilla submaksimaalisilla työkuormituksilla tehdyillä testeillä.

3.1.2 Submaksimaalinen testi

Hengityskaasuanalysointorit ovat monesti vaikeasti saatavissa tai niiden käyttäminen on hankalaa kenttäolosuhteissa. Niinpä maksimaalista hapenottokykyä on pystytään arvioimaan myös muilla menetelmillä ja monet epäsuorat menetelmät pohjautuvat ns. steady state –kuormitukseen. Testit perustuvat siihen olettamukseen, että hapenkulutus ja sydämen syke nousevat samassa suhteessa kuormituksen noston kanssa. Näin VO_{2max} voidaan määrittää ilman, että ihminen rasittuu liikaa. Submaksimaalinen testi onkin testattavalle huomattavasti inhimillisempi ja siksi useammalle ihmiselle sopiva testausmuoto. Testausmuoto on myös hyvä kestävyysurheilijoille, jotka harjoittelevat yleensä pienemmillä raskustasoilla kuin VO_{2max} . Näin heille saadaan tietoa submaksimaalisista harjoitustehoista. (Keskinen 2007a.)

Testit perustuvat siis siihen, että minuuttitilavuus korreloi erittäin hyvin hapenottokyvyn kanssa (McArdle ym. 2007, 464-465). Minuuttitilavuus on syke kerrottuna iskuilavuudella eli sillä, kuinka paljon sydän pumppaa yhdellä kerralla verta aorttaan. Koska iskuilavuus saavuttaa suurimman tilavuuden jo 40–50 % tasolla maksimaalisesta hapenottokyvystä, vaikuttaa minuuttitilavuuden kasvuun sen jälkeen vain syke. Sykkeen sanotaankin kasvavan dynaamisessa työssä lineaarisesti suhteessa hapenkulutukseen ja työtehoon submaksimaalisilla työtehoilla. Korkeammilla työtehoilla hapenkulutus nousee nopeammin kuin alhaisilla ja hapenkulutuksen ja sykkeen suhdetta voidaankin kuvata kurvilinearisella käyrällä (McArdle ym. 2007, 464). Silti erittäin useat testimenetelmät perustuvat tehon ja hapenkulutuksen lineaariseen suhteeseen.

Yleensä submaksimaalisissa testeissä koehenkilö tekee jonkun liikunnallisen suorituksen, josta maksimaalinen hapenottokyky arvioidaan. Yleensä testi sisältää kolmesta neljään kuormaa, jolloin saadaan muodostettua regressioyhtälö ja VO_{2max} voidaan päätellä (Kuva 2). Tätä päättelyä varten tarvitaan tietää henkilön maksimisyke. Se voidaan myös arvioida iän perusteella. Ihmisen maksimisyke on kuitenkin hyvin yksilöllinen ja tästä syystä koehenkilölle arvioitu maksimisyke voi tuottaa huomattavan virhelähteen tuloksiin submaksimaalisissa testeissä (Keskinen 2007a).



KUVA 2. Maksimaalisen hapenottokyvyn arvioiminen submaksimaalisessa testissä

Myös muunlaisia submaksimaalisia testimuotoja on tutkittu. Faulkner ym. (2007) arvioivat maksimaalista hapenottokykyä omassa tutkimuksessaan Borgin (1982) tutkimukseen perustuvia RPE-arvoja ekstrapoloimalla. Faulkner ym. (2007) tutkivat miten tarkasti VO_{2max} pystytään ennustamaan submaksimaalisen sykkeen ja subjektiivisen tuntemuksen perusteella (RPE). Tuloksien perusteella RPE-luvun ja sykkeen perusteella VO_{2Max} :ia pystyttiin ennustamaan hyvin. La Gerche ym. (2011) puolestaan tutkivat harjoittelun vaikutuksia hapenottokykyyn sydämen toiminnan ja koon perusteella. He tulivat siihen tulokseen, että sydämen koon mittaamisella on vahva yhteys hapenottokykyyn terveillä aikuisilla ja hyvin harjoitelleilla. Sydämen toiminnalliset muutokset harjoittelun myötä eivät vaikuta niin paljon hapenottokyvyn kasvamiseen kuin koon muutos. (La Gerche ym. 2011.)

Uusimmissa tutkimuksissa on huomattu, ettei perinteisillä portaittain kuormitusta lisäävillä menetelmillä, maksimaalisilla tai submaksimaalisille, välttämättä saada parasta maksimaalista hapenottokykyä selville (Beltrami ym. 2012, Sawyer ym. 2012). Tarkkoja syitä tähän ei ole heidän mukaan kuitenkaan vielä löydetty. Mauger ja Sculthorpe (2012) ovat kritisoineet perinteisiä portaittain nousevia testejä kolmella väittämällä:

- testattava ei tiedä tarkalleen milloin testi päättyy, joten testattava saattaa tehdä kompromisseja suorituksessaan. Jos testattavalla olisi tämä tieto, voisi hän jakaa paremmin voimiaan.
- testiä ei pystytä suorittamaan laboratoriosuhteiden ulkopuolella, josta syntyy kysymys testin ekologisesta validiteetista.
- perinteisissä testeissä testattava voi päättää ainoastaan testin lopetuksesta. Tästä syystä testattavan täytyy olla todella motivoitunut testiin, jotta siitä saataisiin paras tulos.

He ovat myös kehitelleet uusia testausmuotoja esimerkiksi sellaisia, joissa testattava saa itse päättää vauhdin testin aikana halutulla RPE-lukemalla (Mauger & Sculthorpe 2012).

Noakes (2008) on myös kritisoinut vahvasti sitä, että maksimaalinen hapenkulutus kertoisi urheilijan mahdollisesta onnistumisesta. Tällöin parhaan hapenottokyvyn omaava voittaisi kilpailuissa aina. Hän perustelee näkemyksiään sillä, että testeissä ei käytetä sellaisia metodeja, jollaisia ihmiset käyttävät normaalissa harjoittelussaan. Esimerkiksi testattava ei tiedä testiin käytettävää aikaa testin aikana eikä testattava voi kontrolloida sitä. Toisekseen henkilön harjoittellessa, hän sovittaa harjoittelun intensiteetin suhteessa sen keston. Näin ihminen pyrkii pääsemään maaliin ilman suuria ”vaurioita”. Koska perinteisissä testeissä testattava ei voi vaikuttaa itse testin keston tai siinä käytettävään vauhtiin, ei näillä testeillä saada optimaalista tulosta arvioimaan urheilijan potentiaalia tai ymmärrystä urheilijan biologisista kyvyistä. (Noakes 2008.)

3.2 Aerobinen ja anaerobinen kynnys

Kun maksimaalista hapenottoa testataan laboratoriotesteissä, määritetään samalla useasti myös aerobinen ja anaerobinen kynnys. Yleensä ne mitataan ottamalla kuormien välissä verinäytteitä, mutta niiden määrittäminen onnistuu myös hengityskaasuja analysoimalla. Mortonin ym. (2012) tutkimuksen mukaan näin ei voisi toimia ja hän perustelee näkemystään yksilöllisillä eroilla laktaatin syntymisessä (Morton ym. 2012).

Aerobisesta kynnyksestä puhutaan silloin, kun laktaattipitoisuus veressä nousujohtaisen rasituksen aikana nousee ensimmäistä kertaa yli perustason. Se kuitenkin poistetaan tehokkaasti ja käytetään energiana eikä laktaattia ala kertyä elimistöön (Nummela 2004). Myös keuhkotuuletus jatkaa kasvuaan rasituksen kasvaessa. Keuhkotuuletuksen avulla mitattuna aerobinen kynnys sijaitsee kohdassa, jossa uloshengityksen happipitoisuus alkaa pienentyä suurimmasta arvostaan ja hengitysosamäärä nousee alimmasta kohdastaan. Aerobinen kynnys määritellään monesti sille syketasolle, missä veren laktaattipitoisuus on n. 2 mmol/l ja se on yleensä noin 55 - 75% maksimisykkeestä. Sykeraja voi vaihdella hieman päivittäin esim. ravinnon, rasituksen yms. Mukaan. Peruskestävyyttä tulee harjoittaa aerobisen kynnyksen molemmilla puolilla olevilla harjoituksilla. (Nummela 2004.)

Anaerobisella kynnyksellä tarkoitetaan työtehoa, jolla laktaatin nousu alkaa kiihtyä nousujohteisessa kuormituksessa. Anaerobinen kynnys on suurin työteho ja energiankulutuksen taso, jossa veren laktaattipitoisuus ei kasva koko suorituksen ajan (Nummela 2010). Kuormitusta jatkettaessa anaerobisen kynnyksen yläpuolella, johtaa se uupumiseen muutamassa minuutissa. Bassett ja Howley (2000) pitävät nopeutta anaerobisella kynnyksellä parhaana muuttujana ennustamaan kestävyysjuoksijan suorituskykyä (Bassett & Howley 2000). Kynnys sijaitsee monesti syketasolla, jossa laktaattipitoisuus veressä ylittää 4 mmol/l ja on yleensä n. 70 - 90% maksimisykkeestä. Myös anaerobinen kynnys voi vaihdella päivittäisen vireystilan mukaan hieman (Nummela 2004). Keuhkotuuletus kasvaa suhteessa kulutettuun hapen määrään ja hiilidioksidin tuotto lisääntyy. Samalla uloshengitysilman happiprosentti laskee entistä selvemmin. Anaerobinen kyn-

nys erottaa kestävyysharjoittelun vauhti- ja maksimikestävyysalueet toisistaan. Vauhtikestävyysharjoituksissa suoritusteho on aerobisesta kynnystehosta vähän yli anaerobisen kynnystehon. Maksimaalista kestävyyttä harjoitellaan anaerobista kynnystä suuremmilla suoritustehoilla. (Nummela 2010.)

Laktaatin mittausta perustuu Hillin ja Luptonin (1923) ajatukseen siitä, että kun suoritusteho kasvaa, elimistö alkaa käyttää yhä enemmän glykolyysiä energiantuottotapana. Samalla lihakset alkavat tuottaa maitohappoa. Maitohappo hajoaa lihaksessa vetyioneiksi ja laktaateiksi. Nämä aiheuttavat happamoitumista, jolloin lihas ei toimi optimaalisesti (Nummela 2010). Nykytutkimusten valossa lihasten väsymiseen vaikuttaa kuitenkin lihassolun sisäiset syyt: alentunut pH, inorgaanisen fosfaatin kertyminen lihassoluun, vähentynyt kalsium-ionien (Ca^{2+}) vapautuminen ja pienentynyt myofilamenttien herkkyys kalsium-ioneille (Allen ym. 1992, Westerblad ym. 1998). Elimistö pyrkii pääsemään eroon näistä aineista keuhkotuuletuksella sekä puskuroimalla vetyioineja bikarbonaateilla (Nummela 2010).

3.3 Maksimaaliseen hapenottokykyyn vaikuttavia tekijöitä

Maksimaalisessa hapenottokyvyssä on eroja sukupuolten välillä. Naiset saavuttavat tyypillisesti noin 15 – 30 prosenttia pienempiä $\text{VO}_{2\text{max}}$ -arvoja kuin miehet painoon suhteutettuna. Hyvin harjoitelleilla urheilijoillakin ero on 15 – 20 prosentin luokkaa. Erot selittyvät eroilla kehonkoostumuksessa ja veren hemoglobiinipitoisuuksissa. Miesten keskimääräinen rasvaprocentti on noin 15 %, kun naisilla sama luku on noin 25 %. Testosteronista johtuen miehillä on myös yleensä 10 – 14 prosenttia korkeampi veren hemoglobiinipitoisuus, jonka avulla miesten verenkierron hapenvientikyky paranee naisiin verrattuna. (McArdle ym. 2007, 241.)

Myös ikä vaikuttaa maksimaaliseen hapenottokykyyn. Hapenottokyky pienenee noin prosentin vauhdilla vauhdilla vuodessa 25 ikävuoden jälkeen (McArdle ym. 2007, 241). Iän myötä pienenevä iskutilavuus, aleneva syke ja vähentynyt valtimolaskimohappiero pienentävät maksimaalista hapenottokykyä (Ogawa ym. 1992). Maksimaalinen hapenottokyky laskee myös, jos ihminen

joutuu olemaan vuodelevossa. Tämä johtuu siitä, että vaikka valtimolaskimohappiero ei muutu, verenkierto, punasolujen määrä ja kapillarisaatio työskentelevissä lihaksissa muuttuu (Convertino 1997).

Ilmanpaineella on myös omat vaikutuksensa maksimaaliseen hapenottokykyyn. Korkeassa ilmanalassa veren punasolujen tilavuus sekä hemoglobiinin määrä nousevat parantaen hapenottokykyä. Korkeassa ilmanalassa harjoittelu on kuitenkin pienemmän hapen osamäärän takia vaikeampaa kuin merenpinnan tasolla. Sanotaankin, että kestävyysurheilijan tulisi asua korkealla merenpinnan yläpuolella ja harjoitella alhaalla lähempänä merenpinnan tasoa. (Levine & Stray-Gundersen 1997, Stray-Gundersen ym. 2001, Wehrlin ym. 2006.)

Ilmanpaineen lisäksi myös vallitsevalla lämpötilalla on merkitystä. Lämpimässä lämpötilassa syke on yleensä korkeampi submaksimaalisilla alueilla liikuttaessa kuin kylmässä. Koska verenkiertoa pitää ohjata perifeerisille alueille, ei lihaksille ohjaudu niin paljoa hapekasta verta. Lisäksi hikoilu vaikuttaa veren koostumukseen ja pienentää minuuttitilavuutta ja näin ollen vaikuttaa maksimaaliseen hapenottokykyyn. (McArdle ym. 2007, 627.) Perimällä on myös oma osansa hapenottokykyyn. Monet perinnöllisyyttä tutkivat projektit on tehty kaksosia tutkimalla. Tutkijat ovat päätyneet siihen lopputulokseen, että perimällä on jopa 20 - 30 % vaikutus maksimaaliseen hapenottokykyyn (McArdle ym. 2007, 239).

Käytettävä testi kannattaa myös valita testattavan oman lajitaustan mukaan. Mikäli testi pystytään tekemään laboratorio-olosuhteissa, se tehdään yleensä juoksumatolla juosten tai kävellen. Testeissä voidaan käyttää myös polkupyöraergometriä tai soutuergometriä riippuen testattavan lajitaustasta. Yleisten harjoitteluperiaatteiden mukaan harjoituksen on oltava spesifiä ja kuormituksen on ylitettävä arkielämän aiheuttama kuormitus aiheuttaakseen positiiviseen harjoitteluvasteeseen (Thompson 2010, 154; McArdle 2007, 470-471). Lajiharjoittelu kehittää niiden lihasten ja alueiden hapenottokykyä, joihin harjoittelu kohdistuu. Tämän takia pyöräilijöiden on syytä tehdä maksimaalinen hapenottotesti pyöräillen, koska tämä tuottaa suurimman VO_{2max} -arvon eikä esi-

merkiksi hiihtäen, vaikka siinä käytettäisiinkin enemmän lihasyhmiä kuin pyöräilyssä (Brink-Elfegoun ym. 2007). Testin valinnalla ei ole niin suurta merkitystä mikäli kyseessä on kuntoilija, mutta hyvin harjoitellutta urheilijaa testattaessa testaustapa voi tuoda tuloksiin suuriakin eroja (Ricci & Léger 1983, Carey ym. 2009).

Kuntotesteissä motivaatiolla on myös suuri rooli. Varsinkin maksimaalisissa testeissä, joissa testattava täytyy saada ”antamaan kaikkensa”, on motivaation merkitys suuri. Tähän vaikuttaa myös kannustus testin aikana. (Noakes 1988.)

4 MAKSIMAALISEN HAPENOTTOKYVYN MITTAAMISEEN KÄYTETTYJÄ TESTEJÄ

Tässä luvussa käsitellään erilaisia kuntotestaukseen liittyviä testejä. Ensin esitellään kaksi maksimaalista testimuotoa, jonka jälkeen kolme submaksimaalista testiä.

4.1 Cooperin testi

Yhdysvaltalainen Kenneth H. Cooper kehitti 1960- 1970-luvuilla testejä, joista yksi tunnetuimmista on Cooperin 12 minuutin juokсутesti. Hänen mukaansa testeissä löytyi erittäin suuri korrelaatio juostun matkan ja käytetyn hapen välillä ($r = 0.897$). (Cooper 1968). Testissä tulee juosta tasaisella vauhdilla 12 minuuttia mahdollisimman pitkä matka. Testi juostaan yleensä yleisurheilukentällä, jolloin maan pinnan korkeusvaihteluilla ei ole vaikutusta testin tulokseen. Testattavan on myös helppo seurata juoksemaansa matkaa sekä testin loputtua juostu kokonaismatka voidaan mitata helposti. Testin järjestäjä voi antaa väliaikoja testin etenemisestä esimerkiksi 400 metrin välein. Testitilanne on helppo järjestää ja se soveltuu hyvin joukkuelajien edustajille tai muuten laajojen massojen testiksi, koska sen voi suorittaa yhtä aikaa monta henkilöä. Esimerkiksi Suomen armeija käyttää Cooperin testejä laajasti varusmiesten kuntotestaukseen (Keskinen ym. 2007b).

Taulukosta 4. nähdään Cooperin testissä käytetty taulukko, josta voidaan päätellä testituloksen perusteella mihin kuntoluokkaan testattava kuuluu. Tulokset on jaettu viiteen eri luokkaan erinomaisesta tuloksesta hyvin huonoon. Luokitteluun vaikuttaa tuloksen lisäksi testattavan ikä.

TAULUKKO 4. Cooperin testin (20-50+) taulukko (Mukaeltu Keskinen ym. 2007, 109)

Ikä	Sukup.	Erinomainen	Hyvä	Keskitaso	Huono	Hyvin huono
20-29	M	2800 m –	2400-2800 m	2200-2399 m	1600-2199 m	- 1600 m
	N	2700 m –	2200-2700 m	1800-2199 m	1500-1799 m	- 1500 m
30-39	M	2700 m –	2300-2700 m	1900-2299 m	1500-1899 m	- 1500 m
	N	2500 m –	2000-2500 m	1700-1999 m	1400-1699 m	- 1400 m
40-49	M	2500 m –	2100-2500 m	1700-2099 m	1400-1699 m	- 1400 m
	N	2300 m –	1900-2300 m	1500-1899 m	1200-1499 m	- 1200 m
50+	M	2400 m –	2000-2400 m	1600-1999 m	1300-1599 m	- 1300 m
	N	2200 m –	1700-2200 m	1400-1699 m	1100-1399 m	- 1100 m

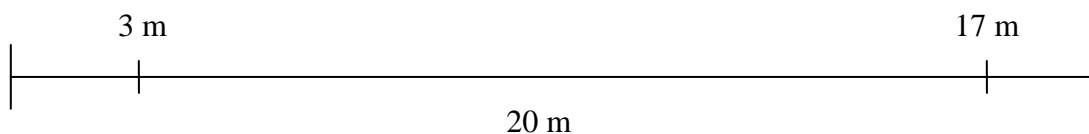
Cooperin testin tuloksista voidaan laskea matkan ja ajan seurauksena nopeus. Tästä voidaan ACSM:n mukaan laskea myös maksimaalinen hapenottokyky esimerkiksi kaavalla $VO_{2max} = (0.2 * v) + 3.5$, jossa v on juoksunopeus metreinä minuutissa. Arvioitu hapenkulutus ilmoitetaan millilitroina painokiloa kohti minuutissa. Esim. 3 000 m cooperissa juoksevalle henkilölle edellä mainitulla kaavalla saadaan arvioitua VO_{2max} : $(0.2 * 3000 / 12 + 3.5) \text{ml} / \text{kg} / \text{min} = 53.5 \text{ ml} / \text{kg} / \text{min}$. (Thomson 2010, 160.)

Penry yms. (2011) ovat todenneet tutkimuksessaan Cooperin testistä mitatun maksimaalisen hapenottokyvyn aliarvioivan sitä matalilla VO_{2max} -arvoilla ja yliarvioivan sitä korkeilla VO_{2max} -arvoilla (Penry ym. 2011). McNaughton ym. (1998) toteavat Cooperin testin olevan erittäin hyvä testi arvioimaan VO_{2max} :ia ($p = 0,87$). He toteavat myös kestävyyskukulajuoksutestin olevan hyvä arvioimaan maksimaalista hapenottokykyä nuorilla miehillä ($p = 0,87$) (McNaughton ym. 1998).

4.2 Kestävyyssukkulajuokсутesti

Kestävyyssukkulajuokсутestiä kutsutaan myös nimillä ”Shuttle run test” tai ”piippitesti” (beep test). Léger ym. (1982) ovat tutkineet, että testin tuloksella pystytään ennustamaan hyvin maksimaalista hapenottokykyä. Se on kehitetty muihin testeihin liittyvien vauhdinjaon vaikeuteen liittyvien ongelmien välttämiseksi. (Léger & Lambert 1982.)

Testi suoritetaan tasaisella alustalla. Testiä varten merkitään tarkasti 20 metrin matka esimerkiksi viivoilla, jonka lisäksi merkitään kolmen metrin matka molemmista päätyviivoista (Kuva 3). Testiin tarvitaan myös nauhuri, jonka antama äänimerkki osoittaa testin nimen mukaisesti ”piippauksella” milloin testattavan tulee olla seuraavalla viivalla. Testi juostaan edestakaisin viivalta toiselle nauhurin tahdittamana. Testi alkaa 8 km:n tuntinopeudella ja alun perin testin nopeutta lisättiin joka minuutti 0,5 km/h. Mikäli testattava on ehtinyt maaliviivalle ennen seuraavan ”piipin” kuulamista, hän odottaa ja lähtee liikkeelle sen kuuluessa. Mikäli hän ei ole ehtinyt viivalle, kun ”piippi” kuuluu, juoksee hän viivalle ja kääntyy välittömästi takaisin. Testi päättyy, kun testattava ei ole kahden peräkkäisen ”piipin” aikana saavuttanut 3 metrin viivaa ennen varsinaista kääntöpistettä. Yksi 20 metrin juoksupätkä on nimeltään vaihe ja tulos merkitään ylös puolen vaiheen tarkkuudella. Alun perin vaiheiden välinen aika oli kaksi minuuttia, mutta varsinkin lapsille tämä aika todettiin liian pitkäksi ja vaiheen pituutta muutettiin minuuttiin (Leger ym. 1988).



KUVA 3. Kestävyyssukkulajuokсутun merkitseminen suorituspaikalle

Testistä on kehitelty myös versio, jossa nopeus nousee jokaisen 20 metrin juoksun jälkeen. Muunneltu versio kehitettiin sitä varten, koska koehenkilöt jättivät juoksun kesken monesti vaiheen muuttumisen jälkeen. Tutkimuksessa portaittaisella vauhdin lisäyksellä saatiin ehkäistyä ennen aikaista lopettamista ja saatiin koehenkilöistä enemmän irti (Wilkinson ym. 1999).

Perinteinen kestävyyskukulajuoksumat testi on hyvä urheilujoukkueiden tai muiden ihmisjoukkojen testaamiseen, sillä se voidaan tehdä usealle ihmiselle yhtä aikaa. Tuloksesta voidaan arvioida maksimaalinen hapenottokyky Légerin ym. (1982) testituloksiin perustuen. Nämä tulokset perustuvat juoksumatolla tehtyihin suoriin testeihin. Leger ym. (1982) ovat todenneet testin olevan luotettava sekä lapsilla ($r = 0.89$) että aikuisilla ($r = 0.95$). Eroja ei löytynyt testin ja uudelleen testin välillä. Lapsilla maksimaalinen hapenottokyky saatiin arvioitua loppunopeudesta korrelaation ollessa 0.71 ja keskivirheen noin 5.9 ml/kg/min tai 12.1 %. Aikuisilla samat arvot olivat vastaavasti $r = 0.90$, keskivirhe = 4.7 ml/kg/min tai 9.6 %. (Leger ym. 1988.)

Vuonna 1988 tehdyn tutkimuksen mukaan kestävyyskukulajuoksumat testi on erittäin validi testi arvioimaan maksimaalista hapenottokykyä (Ramsbottom ym. 1988). Myöhemmin tehdyt tutkimukset väittävät, ettei ”piippitesti” olisi kuitenkaan validi testimenetelmä (Cooper ym. 2005, Penry ym. 2011). Cooperin ym. (2005) tutkimuksen mukaan testi on toistettava, mutta aliarvioi hapenottokykyä suoraan maksimaaliseen hapenottokykyyn verrattuna. Davies ym. (Davies ym. 2008) päätyivät myös samaan tulokseen. Heidän mielestään piippitestiä voidaan kuitenkin hyvin käyttää maksimaalisen hapenottokyvyn mittaamiseen, mikäli se suoritetaan suorana testinä. Penry ym. olivat verranneet Cooperin testiä ja kukulajuoksumat testiä ja tulivat siihen tulokseen, että kukulajuoksumat testi olisi tarkempi kenttätestimuo- to ennustamaan nuorien terveiden ihmisten maksimaalista hapenottokykyä (Penry ym. 2011). Nummelan (2010) mukaan testin antamaan VO_{2max} -arvoon sisältyy 4.4 ml/kg/min virhe.

4.3 UKK-kävelytesti

UKK kävelytesti tehdään nimenmukaisesti kävellen. Tämän vuoksi UKK-testi on turvallinen ja sopii erittäin hyvin kaikenlaisten ihmisten aerobisen kunnan testaukseen. Testi on syntynyt tarpeesta kehittää testausmenetelmä myös vähän liikkuvalla väestöosalla ja tehdä heille liikuntaa edistävä ja sitä tukeva testi. UKK-instituutin mukaan (2006, 8) testi on tarkoitettu 20-65 -vuotiaalle aikuisille heidän hengitys- ja verenkiertoelimistön suorituskyvyn eli hapenottokyvyn mittaamista varten. Testi käy hyvin myös omatoimiseen kunnan mittaukseen, koska se on helppo toteuttaa esim. kenttätestinä eikä se vaadi erityislaitteistoja.

Testi kertoo hengitys- ja verenkiertoelimistön kunnosta ja sillä saadaan arvio henkilön maksimaalisesta hapenottokyvystä. Joissain tutkimuksissa sen on kerrottu kertovan hyvin myös tuki- ja liikuntaelimistön kunnosta. Testi sopii parhaiten normaalikuntoisille sekä ylipainoisille miehille ja naisille. Testiä ei sen sijaan suositella hyväkuntoisille ja paljon tehokasta liikuntaa harrastavien kunnan mittaukseen eikä silloin, mikäli testattavalla on jokin tuki- ja liikuntaelinsairaus, joka estää nopean kävelyn. (UKK-instituutti 2006, 9.)

UKK-kävelytesti perustuu viitearvoihin, jotka on saatu 170:lle 20-65 -vuotiaalle tamperelaiselle miehelle ja naiselle tehdyistä laboratoriotesteistä. Kävelytestistä saatava kuntoindeksi kertoo näin ollen testattavan suhteen tamperelaisväestöön. Koska suomalainen kansa on kuitenkin suhteellisen homogeenistä, voidaan kuntoindeksiä katsoa edustavan kohtuullisen hyvin koko Suomea. (UKK-instituutti 2006, 9.)

UKK-testissä kävellään kahden kilometrin matka mahdollisimman nopeasti. Testi voidaan tehdä joko ulkona tai sisällä. Ulkona testiin vaikuttaa enemmän virhetekijöitä kuten mahdollisesti korkeampi ilmanvastus ja lämpötila (UKK-instituutti 2006, 38.). Mikäli testi suoritetaan ulkona, on urheilurata hyvä paikka tähän, koska rata on tasainen sekä matka on helppo mitata. Keskisen ym. mukaan (2007b) 10 metrin virhe matkassa sekä viiden sekunnin virhe ajanotossa vastaa yhtä kuntoindeksipistettä. Testistä tulokseksi saatava kuntoindeksiluku on kehon massa suhteutettu

maksimaalinen hapenotto-kyky. Tästä syystä painon lasku nostaa indeksilukua ja päinvastoin mikäli muut tekijät pysyvät muuttumattomina. Kaava, jolla kuntoindeksi lasketaan, perustuu testattavan kävely-aikaan, lopussa mitattuun sykkeeseen, testattavan ikään ja paino-indeksiin (BMI) (Keskinen ym. 2007b).

Testikävely, jossa testattavaa opastetaan kävelemään testimatka tasaisella vauhdilla niin nopeasti kuin testattavan kunto ja terveys sallii ilman loppukiriä, kilpakävelyä tai juoksemista. Maalintuloaika ja testattavan syke kirjataan välittömästi testattavan tullessa maaliin.

Rance ym. (2005) totesi UKK-kävelytestin olevan hyvä testi ennustamaan maksimaalista hapenotto-kykyä vanhempien naisten joukossa. Mitattu ja arvioitu VO_{2max} korreloivat vahvasti ($r = 0.63$, $p < 0.01$). Arvioitu VO_{2max} (20.5 ± 6.1 ml/min/kg) ei poikennut huomattavasti mitatusta VO_{2max} (18.7 ± 3.4 ml/min/kg). Keskimääräinen virhe oli -1.8 ± 4.8 ml/min/kg. (Rance ym. 2005) Myös Suomessa tehdyissä tutkimuksissa on päästy hyviin tuloksiin. Tähän päätyivät myös tutkimukset, jossa koehenkilöt olivat keski-ikäisiä terveitä ei-urheilullisia aikuisia (Oja ym. 1991, Laukkanen ym. 1992, Laukkanen ym. 2000). Testiä pidettiin hyvänä ennustamaan maksimaalista hapenotto-kykyä myös unkarilaisilla ihmisillä. Bland-Altman metodi näytti hyvää vastaavuutta laboratoriossa mitatun ja UKK-kävelytestin ennustaman maksimaalisen hapenotto-kyvyn välillä (0.05 ml/min/kg³). Myös korrelaatio oli hyvä tässä tutkimuksessa ($p = 0.85$) keskimääräisen virheen ollessa 4.6 %. (Zakariás ym. 2003).

4.4 WHO:n kolmiportainen testi

Maailman terveysjärjestö (World Health Organisation, WHO) on tehnyt oman suosituksensa maksimaalisen hapenkulutuksen mittaamiseen. Testi perustuu ympäri maailman tehtyihin 62 eri tutkimustuloksiin yhdeksästä eri maasta (USA, Kanada ja seitsemän Euroopan maata (Keskinen ym. 2007a). WHO testi on 3-portainen tai 4-portainen testi, joka tehdään polkupyöräergometrilla. Perustana toimii sykkeen ja hapenkulutuksen välinen lineaarinen yhteys submaksimaalisessa suorituksessa. Kuormitustasoja on kolme tai neljä riippuen testattavan kunnosta testin aikana. Kuor-

mitustasot pyritään arvioimaan 40 - 80 prosentin välille maksimaalisesta hapenottokyvystä. Tulokset suhteutetaan iästä lasketun tai tiedetyn maksimisykkeen mukaan ja tehty ekstrapolointi muunnetaan lopuksi testattavan arvioiduksi maksimaaliseksi hapenkulutukseksi. (Andersen & World Health Organization. 1971.)

Testiin kuuluu 3 tai 4 kuormaa, joista jokainen kestää neljä minuuttia. Jokaisen kuorman lopussa kysytään testattavan subjektiivista tuntemusta RPE-asteikon avulla. Mikäli RPE lukema ylittää lukeman 17, testi lopetetaan välittömästi. Syke mitataan kahden minuutin välein 15 sekunnin keskiarvona (1.45–2.00 kunkin kuorman ajankohtana), mutta kuormitusta vastaava syke otetaan vain kuorman lopusta. Suomessa maksimaalinen hapenottokyky lasketaan testin päätteeksi kaavalla $12.35 * W/kg + 3.5$, jossa W on regressiolla arvioitu maksimaalinen polkemisteho suhteutettuna testattavan painoon. Tämän jälkeen tuloksia verrataan viitearvoihin ja suoritetaan tulosten tulkinta testattavan kanssa. (Keskinen ym. 2007a.)

4.5 FB kuntotesti

Firstbeat Technologies Oy on kehittänyt kuntotestin, joka arvioi maksimaalista hapenottokykyä. Arvion voi tehdä mistä tahansa kävely/juoksulenkestä kunhan rasitustaso lenkin aikana on vähintään 4 minuuttia yli 70 % maksimisykkeestä. Kuntotesti perustuu 79 henkilön ja 2634 testin perusteella tehtyyn analyysiin. Testit tehtiin 3 - 9 kk:n aikana ja koehenkilöt tekivät vapaita juoksu/kävelyharjoituksia, josta mitattiin matka/nopeus, korkeus ja syke. Mittarina käytettiin Suunto t6c -sykemittaria ja siihen kuuluvaa Gps Pod -laitetta. Malli estimoii maksimaalista hapenottokykyä ja laskee juoksun taloudellisuutta perustuen sykevasteeseen ja nopeuteen. Testi voidaan Firstbeat Technologies Oy:n mukaan tehdä sekä sisällä juoksumatolla että ulkona ja se soveltuu hyvin sekä ryhmä- että yksilötestaukseen. Testiä varten tarvitaan yhteensopiva sykemittari, joka tallentaa sekä sykkeen, että nopeustiedot (esim. Suunto t6c ja Foot Pod tai Gps Pod). (Firstbeat Technologies Oy 2007.)

Esimerkki testin suorittamisesta:

- Mitattavan henkilökohtaisten tietojen sekä terveydentilan läpikäynti
- Alkuverryttely
- Mittareiden käynnistäminen
- Testijakso esim. 15 minuuttia riittävällä tasaisella vauhdilla tai tasaisesti nousevalla vauhdilla, mielellään tasaisessa maastossa. (Mikäli testi tehdään juoksumatolla, kulma saa olla korkeintaan 1 aste.) Esim. 5 min. 70-75 prosenttia maksimista, 5 minuuttia 75-80 maksimisykkeestä (testattava hengästyy selvästi) ja 5 minuuttia 80-85 prosenttia maksimisykkeestä (testattava puuskuttaa).
- Mittareiden pysäyttäminen ja nollaus.
- Loppuverryttely.

Testiä varten Firstbeat Technologies Oy on arvioinut eri-ikäisille maksimisykkeen ja tavoitesykkeen kuntotestin suorittamiseksi, joka näkyy taulukossa 5.

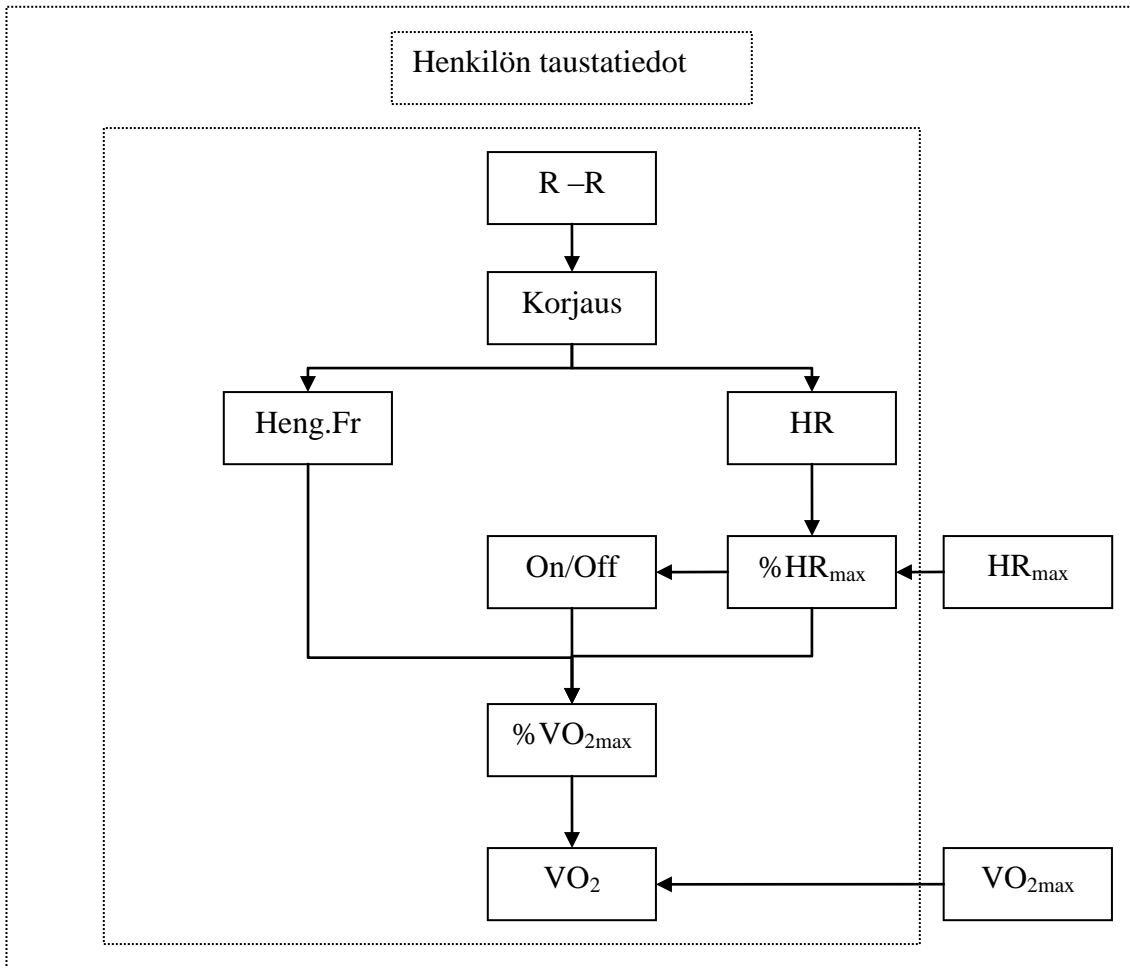
TAULUKKO 5. Arvioituja sykerajoja Firstbeatin kuntotestiä varten (mukaeltu Firstbeat Technologies Oy 2007)

Ikä	Arvioitu maksimisyke	Alaraja 70% maksimisykkeestä	Tavoite 80-85% maksimisykkeestä
20	197	138	158-167
30	191	133	152-162
40	184	129	147-156
50	178	124	142-151
60	171	120	137-145

Ennen testiä täytyy varmistaa, että sykemittarin asetukset ovat kunnossa (sykeväli, matka/nopeus ja korkeustallennus ovat päällä). Testin jälkeen tulokset puretaan sykemittarilta Firstbeat Technologies Oy:n palvelimelle. Ennen tätä annetaan henkilön perustiedot (nimi, syntymäaika, pituus,

paino ja mahdollisesti tiedossa oleva maksimisyke). Mikäli maksimisykettä ei anneta, ohjelma laskee sen iän avulla kaavalla $210 - 0.65 \% \times \text{ikä}$ (Jones 1988, 11). Firstbeat Technologies Oy:n ohjelmisto analysoi tämän jälkeen datan ja antaa kuntotestin tulokset. Liitteessä 3 on esimerkki kuntotestiraportista.

Testi perustuu analyysiin, joka ottaa sykkeen lisäksi huomioon hengityksen frekvenssin sekä kuormitusvaihetietoa (on/off-vaste). Kuormituksen alussa tai kuormituksen kasvaessa tapahtuvia fysiologisia muutoksia kuvaillaan on-vasteella. Esimerkkinä voidaan käyttää submaksimaalisessa kuormituksessa sykkeen ja hapenkulutuksen nousemista työtehon tasalle intensiteetin kasvaessa. Off-vasteella tarkoitetaan päinvastaisia muutoksia kuormituksen päättyessä tai intensiteetin laskiessa. Esim. syke ja hapenkulutus laskevat työtehon vaatimalle tasolle kuormituksen laskiessa tai lepotasolle kuormituksen päättyessä. Firstbeat Technologies oy:n malli hapenottokyvyn arviointiin on esitetty kuvassa 4. (Pulkkinen 2003.)



KUVA 4. Firstbeat Technologies Oy:n kehittelemä malli sykkeeseen perustuvasta hapenotto-
vyn arvioimisesta. R -R = sydämen R-aaltojen väli, Heng.fr.= hengitysfrekvenssi, HR = syke,
On/Off = kuormitusvaihetieto, VO2 = hapenkulutus (mukaeltu Firstbeat Technologies Oy 2012)

Tutkimuksen mukaan pelkkään sykkeeseen perustuvan hapenkulutuksen arviointiin verrattuna hengitysfrekvenssin lisääminen muuttujiin paransi hapenkulutuksen ennustettavuutta 11%, kuormitusvaihetiedon lisääminen 38% ja näiden molempien lisääminen 48 % (Pulkkinen 2003).

FB kuntotestin antaman tuloksen hapenottokyvystä on todettu Turun ammattikorkeakoulussa tehtyjen tutkimusten mukaan korreloivan erittäin hyvin todellisen mitatun maksimaalisen hapenkulutuksen kanssa (r (kenttätesti) = 0,920 ja r (juoksumattotesti) = 0,789) (Brenner ym. 2011). Radalla juostusta testistä tehdyn FB kuntotestin ja suoran testin keskiarvojen välinen prosentuaalinen ero oli 8,4 %. Kun maksimisyke määritettiin ohjelmistoon, pieneni ero 4,3 prosenttiin (Brenner ym. 2011). Paanasen ym. (2011) tutkimuksessa juoksumatolla juostun testin FB kuntotestin tulos korreloi hyvin mitatun maksimaalisen hapenottokyvyn kanssa ($p=0,888$) keskiarvojen erotuksen ollessa 11,71 %. Keskiarvojen erotus pieneni (7,23 %) , mutta korrelaatio heikkeni ($p=0,594$), kun maksimisyke määritettiin ohjelmistoon. Em. tulosten mukaan FB kuntotesti aliarvioi maksimaalista hapenkulutusta kuntoilijoilla. Em. tutkimusten mukaan Foot Pod tulisi kalibroida erikseen juoksumatolla suoritettavaa testiä varten (Brenner ym. 2011, Paananen ym. 2011).

5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT

Tutkimuksen tarkoituksena oli validoida Firstbeat Technologies Oy:n sykemittarille kehittämä kuntotestimenetelmä maksimaalisen hapenottokyvyn arvioimiseen. Tutkittaville tehtiin juoksumatto- ja kenttätetit. Testien väli oli viikosta kahteen viikkoa. Molemmista testeistä arvioitiin hapenottokyky FB kuntotestin avulla ja näitä tuloksia verrattiin juoksumattotestin tuloksiin, joka tehtiin maksimaalisena suorana testinä. FB kuntotestissä käytetään hyväksi nopeustietoa, jota pystytään mittaamaan sykemittariin kuuluvilla lisälaitteilla, joko Foot Pod - tai Gps Pod - laitteilla. Tutkimuksessa haluttiin selvittää onko FB kuntotestin tuloksissa eroja, mikäli juoksunopeuden mittaamiseen käytettiin Foot Podia tai Gps Podia. Lisäksi haluttiin tehdä vertailua jonkun muun submaksimaalisen testin tuloksien kanssa.

Tutkimuksen tavoitteena oli tuottaa Firstbeat Technologies Oy:lle tutkimustulos, jonka avulla he pystyvät tekemään johtopäätöksiä sykemittarille tehdyn kuntotestin validiteetista.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää vastaukset seuraaviin kysymyksiin:

- 1) Miten hyvin FB kuntotesti ennustaa maksimaalista hapenottokykyä verrattuna suoraan mitattuun maksimaaliseen hapenottokykyyn?
 - a. Kun testi juostaan juoksumatolla maksimaalisena testinä?
 - b. Kun testi juostaan ulkona submaksimaalisena testinä?
- 2) Miten Foot Pod ja Gps Podin mitaamat tulokset erosivat?
 - a. Onko FB kuntotestin tarkkuudessa eroa, jos juoksunopeutta mitataan Foot Podilla tai Gps Podilla?
 - b. Miten tarkasti laitteet pystyvät mittaamaan matkaa todelliseen matkaan verrattuna?
- 3) Minkälaisia ovat vertailevan testin tulokset FB kuntotestiin verrattuna?

6 MENETELMÄT

6.1 Koehenkilöt

Koehenkilöiden oli tarkoitus edustaa fyysiseltä kunnoltaan mahdollisimman kattavasti suomalaisista väestöstä. Koehenkilöiksi haettiin terveitä 20–40 -vuotiaita henkilöitä kuntotaustasta riippumatta. Osallistuminen tutkimukseen perustui vapaaehtoisuuteen. Tutkimukseen ilmoittautui 25 koehenkilöä, 12 naista ja 13 miestä. Koehenkilöt täyttivät ja allekirjoittivat ennen testejä terveystarkastuksen (Liite 1.) ja suostumuslomakkeen (Liite 2.) testejä varten. Terveystarkastus ja suostumuslomake lähetettiin koehenkilöille sähköpostilla ennen testeihin tuloa tai se täytettiin ennen testitilannetta. Kolme naishenkilöä ja kaksi mieshenkilöä jouduttiin hylkäämään testeistä terveystarkastuksen perusteella.

Testeihin osallistui 20 henkilöä, 9 naista ja 11 miestä. Juoksumattotestin tuloksien analysoinnin jälkeen yhdelletoista koehenkilölle saatiin määritettyä joko tasanne hapenkulutuksessa tai koehenkilön $RQ > 1,1$. Näin varmistettiin, että tutkimukseen osallistuvat olivat saavuttaneet todellisen maksimaalisen hapenottokyvyn juoksumattotestissä. Lopullisiin tuloksiin on otettu näiden yhdentoista koehenkilön tulokset. Koehenkilöiden perustiedot on esitetty taulukossa 6.

TAULUKKO 6: Koehenkilöiden perustiedot. Luvut on esitetty keskiarvoina \pm keskihajonta.

	N	Ikä (v)	Pituus (cm)	Paino (kg)	BMI (kg/m ²)	VO _{2max}
Naiset	4	30,3 \pm 4,9	162,5 \pm 5,8	65 \pm 11,3	24,6 \pm 3,8	39,5 \pm 9,6
Miehet	7	30 \pm 3,9	180,8 \pm 6,9	81,9 \pm 12,1	24,9 \pm 2,5	53,1 \pm 6,6
Kaikki	11	30,1 \pm 4,1	174,2 \pm 11,1	75,7 \pm 14,1	24,8 \pm 2,8	48,2 \pm 10,1

Koehenkilöiltä vaadittiin 2-3 käyntiä tutkimukseen liittyen riippuen siitä oliko koehenkilö juossut aikaisemmin juoksumatolla. Mikäli koehenkilö oli jo entuudestaan juossut juoksumatolla, ei häneltä vaadittu tutustumiskäyntiä. Jos koehenkilöllä ei ollut kokemusta juoksumatolla juoksemi-

sesta, pyydettiin hänet tutustumiskäynnille ennen varsinaista juoksumattotestiä. Tutustumiskäynnillä koehenkilö sai kokeilla juoksumattoa ja sen turvavaljaita sekä tutustua hengityskaasuanalysaattoriin ja erityisesti kasvoille tulevaan maskiin. Hänelle kerrottiin myös testin etenemisestä ja turvallisuusmääräyksistä.

6.2 Koeasetelma

Kaikki koehenkilöt tekivät kaksi testiä, maksimaalisen suoran juoksumattotestin ja submaksimaalisen noin 15 minuutin juoksumattotestin. Testeistä juoksumattotesti tehtiin ensin. Testien välinen aika oli $8,6 \pm 3,9$ päivää. Maksimaalinen juoksumattotesti toteutettiin Jyväskylän yliopiston liikunta- ja terveystieteiden laboratoriossa. Submaksimaalinen kenttämittaus tehtiin yhtä koehenkilöä lukuunottamatta Kortesuon jalkapallokentälle merkatulla radalla. Yksi koehenkilö suoritti submaksimaalisen testin Hipposhallissa 200 metrin juoksuradalla. Laboratoriamittauksissa käytettiin Suunto t6-mittaria sekä siihen yhteensopivaa sykepantaa ja nopeutta sekä matkaa mittaavaa Foot Pod -laitetta. Kenttämittauksissa käytettiin näiden lisäksi Suunto t6-mittariin yhteensopivaa, toista nopeutta ja matkaa mittaavaa laitetta, Gps Pod -laitetta. Tätä laitetta ei voida käyttää sisätiloissa, joten sen vuoksi sitä ei käytetty laboratoriatesteissä eikä sisätiloissa kenttätestin tehneen koehenkilön kanssa. Suorassa maksimaalisessa testissä hapenkulutusta mitattiin Jyväskylän yliopiston SensorMedics (Vmax 229, CareFusion, Yhdysvallat) –hengityskaasuanalysaattorilla.

6.2.1 Suora maksimaalinen testi

Ennen juoksumattotestin aloittamista koehenkilön kanssa käytiin vielä toistamiseen lyhyesti läpi testin kulku sekä turvallisuusmääräykset. Koehenkilöä pyydettiin laittamaan sykemittarin panta päälle ja jalkineisiin kiinnitettiin Foot Pod –laite. Tämän jälkeen tarkistettiin, että sykemittari löysi sekä sykepantaa että Foot Podin ja näytti lukemia sykemittarin näytöllä. Koehenkilölle laitettiin turvavaljaat ja ennen varsinaisen testin aloittamista suoritettiin noin viiden minuutin lämmittely juoksumatolla. Hengityskaasuanalysaattori kalibroitiin ja analysaattorin maski kiinnitettiin koehenkilön kasvoille ennen testin aloittamista. Koehenkilöltä kysyttiin haluaako hän tietää syk-

keen kunkin kuorman lopussa. Testi aloitettiin, kun koehenkilö oli valmis siihen. Testissä käytettiin kolmen minuutin kuormia ja kuormaa nostettiin aina 1 km/h. Juoksumaton kulma oli koko testin ajan yksi aste. Testattavalle kerrottiin milloin kuormaa nostetaan ja halutessaan hänelle kerrottiin syke jokaisen kuorman lopuksi. Koehenkilöä motivoitiin kannustamalla varsinkin viimeisillä kuormitusportaila, jotta todellinen maksimaalinen hapenottokyky saavutettaisiin. Testi juostiin siihen asti, kun koehenkilö oli lopen uupunut tai halusi muuten lopettaa testin. Hengityskaasuanalysaattorin maski poistettiin ja pienen lepo hetken jälkeen suoritettiin noin viiden minuutin verryttely testin alimmalla kuormalla. Testin jälkeen tulokset keskiarvoistettiin 30 sekunnin välein ja laskettiin kahden suurimman perättäisen arvon keskiarvo ja koehenkilö sai tietää halutessaan maksimaalisen hapenottokykynsä. Hän sai tietää myös mikä juoksumaton nopeus oli testin lopussa. Testin jälkeen määritettiin hengityskaasuanalysaattorin tulosten perusteella Yliopistolla opetetun mukaisesti koehenkilön aerobinen ja anaerobinen kynnys ja kunkin testattavan omat tulokset (VO_{2max} , aerobinen ja anaerobinen kynnys, nopeus lopussa) ilmoitettiin jälkeen sähköpostitse koehenkilöille.

6.2.2 Kenttätesti

Toinen testi juostiin yhtä koehenkilöä lukuun ottamatta ulkona, koska tutkimuksessa haluttiin tutkia myös Gps Podin antamaa tietoa nopeudesta ja matkasta. Yksi koehenkilö suoritti testin sääolosuhteiden takia sisätiloissa 200 metrin radalla. Gps Pod -mittausta ei voitu suorittaa hänelle, koska laite tarvitsee satelliittisignaalin toimiakseen ja sisätiloissa sitä ei ole saatavilla. Ulkomittaukset tehtiin tasaisella alustalla, jonne määritettiin neliön muotoinen 200 metrin rata. Koehenkilöt kiinnittivät sykepannan sekä Foot Podin jalkineisiinsa, Gps Podin oikeaan käsivarteen sekä kaksi sykemittaria ranteisiinsa. Molemmat sykemittarit oli yhdistetty samaan sykepantaan. Toinen sykemittareista mittasi matkaa ja nopeutta Foot Podin avulla ja toinen Gps Podin avulla. Ennen testiä varmistettiin laitteiden toimivuus. Koehenkilöille näytettiin ennen testiä Firstbeat Technologiesin Oy:n esittelemää ohjeistusta testin suorittamiseksi ja ohjeet käytiin läpi koehenkilöille myös sanallisesti. Ohje testin suorittamiseen oli, että testin saa suorittaa vapaasti kunhan syke pysyy yli 70% tason iästä lasketusta maksimisykkeestä. Ennen testiä ehdotettiin, että koe-

henkilöt kävelisivät, mikäli 70 % syketaso saavutettaisiin kävelemällä. Yksi koehenkilöistä suoritti testin kävellen. Koehenkilöitä pyydettiin juoksemaan 15 minuuttia, jonka jälkeen täysi kierros juosti vielä loppuun. Koehenkilöt laittoivat itse mittauksen käyntiin niin, että molemmat sykemittarit laitettiin käyntiin peräkkäin. Koehenkilöt seurasivat sykettä itse ja juoksivat oman mieltymyksensä mukaan.

Testin jälkeen sykemittareiden tulokset purettiin tietokoneelle sykemittariin liitettävän usb-johdon avulla ja ohjelma muodosti koehenkilöille arvion maksimaalisesta hapenkulutuksesta sekä ohjelmiston arvioidun sykkeen että maksimaalisen juoksumattotestissä mitatun sykkeen avulla (ks. kohta 4.5.).

6.3 Tilastolliset analyysit

Tilastolliset analyysit tehtiin SPSS PASW Statistics – ohjelmalla. Aineiston normaalijakautuneisuus (Shapiro-Wilk -testi) ja varianssien yhtäsuuruus testattiin (Levenen testi), ja tämän nojalla päädyttiin valitsemaan parametriset testit.

Vertailu suoran testin ja FB kuntotestien välillä tehtiin Pearsonin korrelaatiokertoimen lisäksi Bland-Altman –metodia käyttäen, koska korkea korrelaatioluku ei automaattisesti kerro siitä, että kaksi eri tutkimusmenetelmää vastaisivat hyvin toisiaan. Bland-Altman -metodi on kehitetty nimenomaan tarkastelemaan kahta menetelmää, joilla pyritään selvittämään samaa ominaisuutta. Bland-Altman -metodi perustuu siihen, että kahdella eri menetelmällä tulee olla hyvä korrelaatio, kun tutkittavat valitaan siten, että tutkittava parametri eroaa huomattavasti. Bland & Altman menetelmällä määritellään hyväksyttävyyden rajat eli ala- ja yläraja 95 % luottamusvälille. Kahden mittauksen välinen keskiarvo ja erotus lasketaan, jonka jälkeen 95 % luottamus väli kaavalla $d \pm 1,96SD$ (d = keskiarvo, SD = keskihajonta). Mitä pienempi tämä luku on, sitä lähempänä mittaus-tavat ovat toisiaan. Keskiarvojen pitäisi olla hyvin lähellä toisiaan, jotta mittauksia voidaan pitää toistettavina. (Bland & Altman 1986.)

Kenttätestissä mitatun matkan ja todellisen mitatun matkan sekä iästä arvioidun maksimisykkeen ($210 - 0.65 \% \times \text{ikä}$ (Jones 1988, 11)) ja todellisen maksimisykkeen välistä yhteyttä mitattiin Pearsonin korrelaatiokertoimilla. Merkitsevyytasoksi kaikille testeille valittiin $p < 0.05$.

Vertailevana testinä laskettiin vielä teoreettiset hapenkulutuksen laboratoriotestin loppunopeuden perusteella. Aluksi tarkoitus oli vertailla jonkun toisen submaksimaalisen testin (esim. WHO) tuloksia FB kuntotestin tuloksiin. Useat testit olivat kuitenkin suunniteltu pyöräergometrille eikä juoksumato löytynyt vastaavia testimuotoja. Näin päädyttiin laskemaan teoreettinen hapenkulutus. Kirjallisuudesta löytyi kaksi suosittua kaavaa, ACSM:n (Whaley & American College of Sports Medicine 2006) että Londereen (1986) kaavat.

- Londeree: $VO_{2\max} \text{ (ml/kg/min)} = 0.205 * v \text{ (m/min)} + 0.109 * (v/60)^2 + E - 6.1$, missä v = nopeus ja E :n arvot: 6 = kuntoilija; 4 = kansallisen tason juoksija; 2 = hyvä keskimatkojen juoksija; 0 = hyvä maratoonari; -2 = kansainvälisen tason maratoonari
- ACSM: $VO_{2\max} \text{ (ml/kg/min)} = 0.2 * v \text{ (m/min)} + 0.9 * v \text{ (m/min)} * g + 3.5$, missä v = nopeus ja g = kulman tangentti.

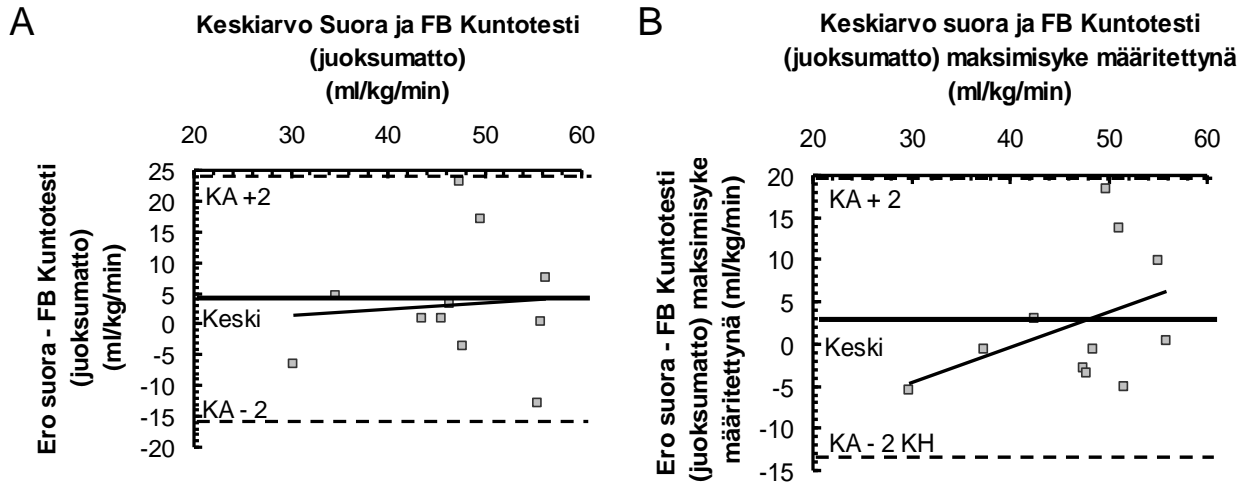
Näistä Londereen kaava huomioi juoksijan tason, ACSM sen sijaan huomioi kulman esimerkiksi juoksumattoa käytettäessä. Nummela (2010) suosittelee, että pelkkään juoksunopeuden nostoon käytetään Londereen kaavaa. Mikäli juoksumaton kaltevuutta tarvitsee säätää, on ACSMn kaava sopivampi menetelmä laskemaan teoreettista hapenkulutusta. Koska juoksumaton kulma pidettiin vakiona (1 aste), niin kaavoista valittiin Londereen kaava. Londereen testeissä E :n arvona käytettiin arvoa 6 eli kaikkia koehenkilöitä pidettiin kuntoilijoina.

7 TULOKSET

Tarkoituksena oli analysoida sekä Foot Podilla että Gps Podilla mitatut tulokset. Kaikki seuraavat FB kuntotestin tulokset on analysoitu kuitenkin vain Foot Podilla mitatuista testeistä. Gps Podilla mitatuista tuloksista vain viidelle saatiin muodostettua tulos iän mukaan lasketusta sykkeestä. Gps Pod –mittausten tuloksia analysoitaessa todettiin, että 15 koehenkilön kohdalla signaali on katkennut kesken testin ja tämän takia tuloksia ei saatu. Syitä signaalin katkeamiseen ei tiedetä. Kun mitattu maksimisyke määritettiin ohjelmistoon iästä lasketun sijaan, tulos saatiin vain kolmelle koehenkilölle. Tämä johtui siitä, että ohjelmisto tarvitsee vähintään neljä minuuttia dataa yli 70 % maksimisykkeestä. Kahdella koehenkilöllä ennen kenttätestiä ohjeeksi annettu iästä laskettu syke oli alempi kuin heidän todellinen maksimisykkeensä ja neljän minuutin raja ei täyttynyt, vaikka laskennallisesti näin olisi pitänyt käydä. Täten he kenttätestissä juoksivat liian matalalla intensiteetillä oikeaan maksimisykkeeseensä nähden.

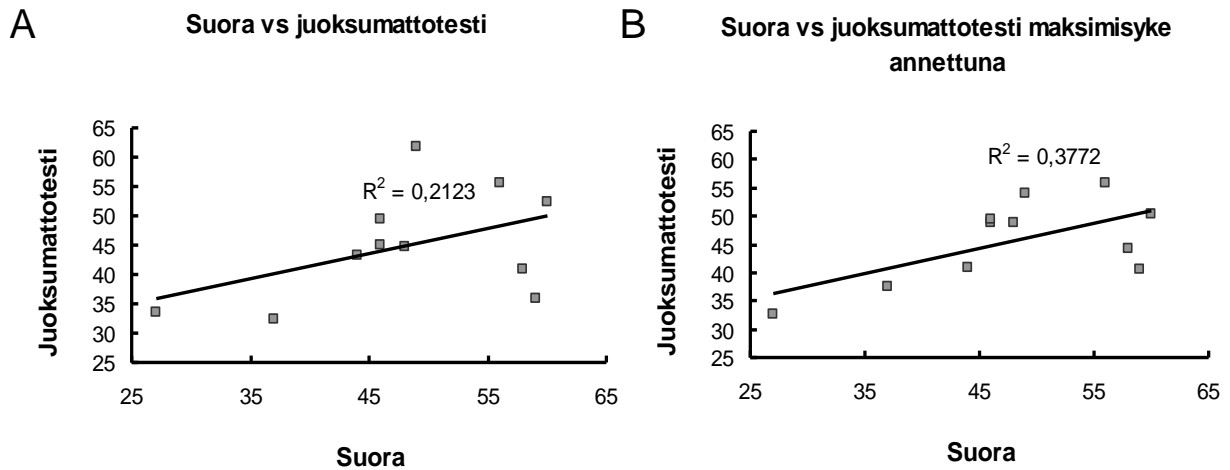
7.1 Maksimaalisen hapenottokyvyn vertailu juoksumattotestissä

Verrattaessa juoksumattotestistä tehtyä FB kuntotestiä suoraan, juoksumatolla mitattuun VO_{2max} tulokseen, havaitaan FB kuntotestin keskimäärin aliarvioivan suoralla testillä mitattua VO_{2max} tulosta noin 3.2 ml/kg/min (6.6 %) (kuva 5A). Ohjelmisto laskee iän Jonesin (1988, 11) kaavalla. Heteroskedastisuutta ei esiinny ($R^2 = 0.0077$), joten menetelmien välinen ero on samansuuntainen hyvä- ja huonokuntoisilla. Heteroskedastisuus ilmoittaa onko korkeiden ja matalien tuloksien välillä eroa vai ilmoittavatko ne samasta vastaavuudesta menetelmien välillä. Kun FB kuntotesti tehdään samasta mittauksesta, mutta ohjelmistolle määritetään koehenkilön oikea maksimisyke ja sitä verrataan juoksumatolla mitattuun VO_{2max} tulokseen, nähdään FB kuntotestin taas hieman aliarvioivan (2.49 ml/kg/min, 5.2 %) suoralla testillä mitattua VO_{2max} tulosta (kuva 5B).



KUVA 5: Suoran juoksumattotestin ja juoksumattotestistä tehtyjen FB kuntotestien tulokset esitettyinä Bland-Altman –kaaviona. Kaaviossa horisontaalinen yhtenäinen viiva osoittaa keskiarvon ja samansuuntaiset katkoviivat rajaavat luottamusvälin.

Kuvassa 6. on esitetty havaintopisteisiin sovitetut lineaariset regressiosuorat. Positiivinen korrelaatio testien välillä on kohtalainen ($r = 0.461$, $p = 0.154$), kun maksimisykettä ei ole määritetty ohjelmistoon (Kuva 6A) vaan se lasketaan Jonesin kaavalla (1988, 11). Muuttujien välillä esiintyy huomattavaa positiivista korrelaatiota, kun tiedetty maksimisyke määritetään ohjelmistoon ($r = 0.614$, $p = 0.006$) (Kuva 6B).

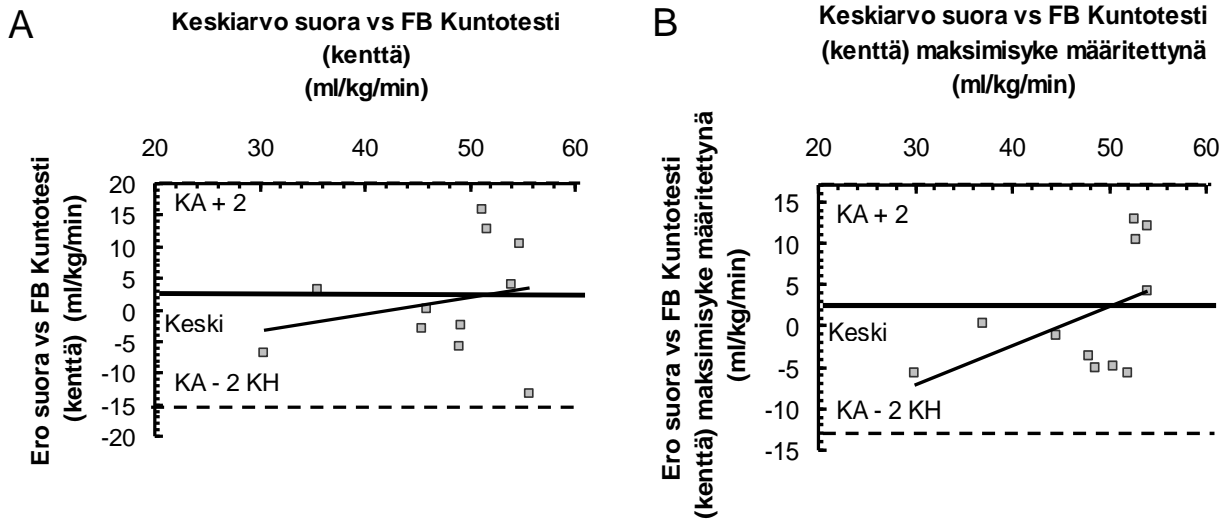


KUVA 6: Suoran juoksumattotestin ja juoksumattotestistä tehtyjen FB kuntotestien tulokset esitettyinä regressiosuorina

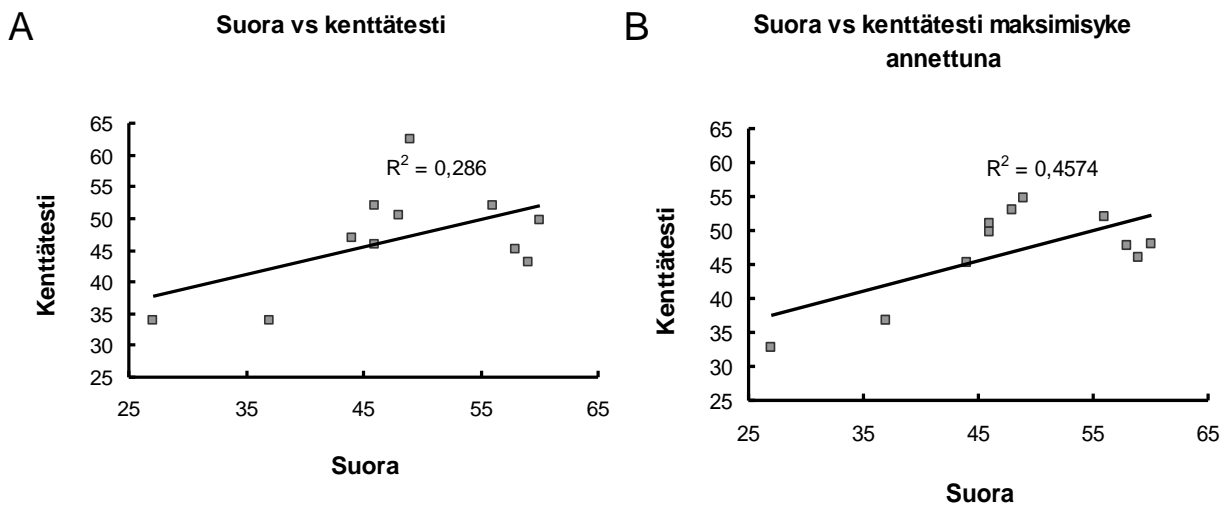
7.2 Maksimaalisen hapenottokyvyn vertailu kenttätestissä

Kentällä tehtyä FB kuntotestiä ja suoraa testiä verrattaessa voidaan päätellä FB kuntotestin aliarvioivan 1,35 ml/kg/min (2,81 %) suoralla testillä mitattua VO_{2max} tulosta (kuva 7A). Heteroskedastisuutta ei esiinny menetelmien välillä tässäkään tapauksessa. Tulokset korreloivat positiivisesti ja kohtalaisesti keskenään ($r = 0,535$, $p = 0,09$) (kuva 8A).

Verrattaessa kenttätestistä tehtyä FB kuntotestiä suoraan, juoksumatolla mitattuun VO_{2max} tulokseen, kun suorasta testistä saatu maksimisyke määritetään ohjelmistolle iän perusteella ennustetun sijaan, havaitaan FB kuntotestin jälleen hieman aliarvioivan (1,2 ml/kg/min; 2,49 %) suoralla testillä mitattua VO_{2max} tulosta. Kaikki arvot ovat jälleen luottamusvälissä, mutta luottamusväli on suuri (kuva 7B). Heteroskedastisuutta ei tulosten välillä huomata näitäkään testejä verrattaessa. Positiivinen korrelaatio menetelmien välillä on huomattava ($r = 0,676$, $p = 0,022$) (kuva 8B).



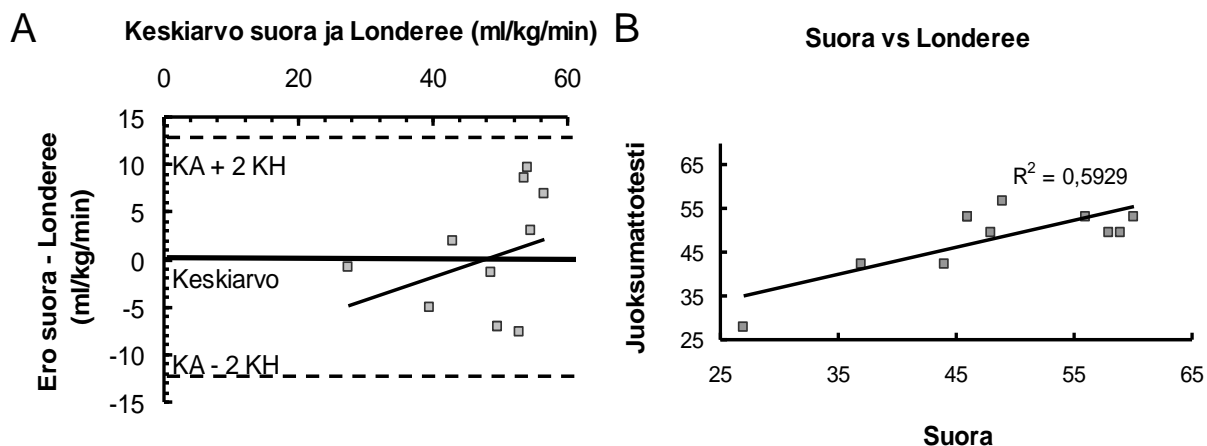
KUVA 7: Suoran juoksumattotestin ja kenttäolosuhteissa tehtyjen FB kuntotestien tulokset esitettyinä Bland-Altman –kaaviona.



KUVA 8: Suoran juoksumattotestin ja kenttäolosuhteissa tehtyjen FB Kuntotestien tulokset esitettyinä regressiosuorina

7.3 Vertaileva testi

Verrattaessa Londereen kaavalla laskettua arvioitu maksimaalista hapenottoa suoraan, juoksumatolla mitattuun VO_{2max} tulokseen, havaitaan, että Londereen kaavalla arvioidun hapenkulutuksen aliarvioivan 0,09 ml/kg/min, (0,2 %) suoralla testillä mitattua VO_{2max} tulosta (kuva 9A).



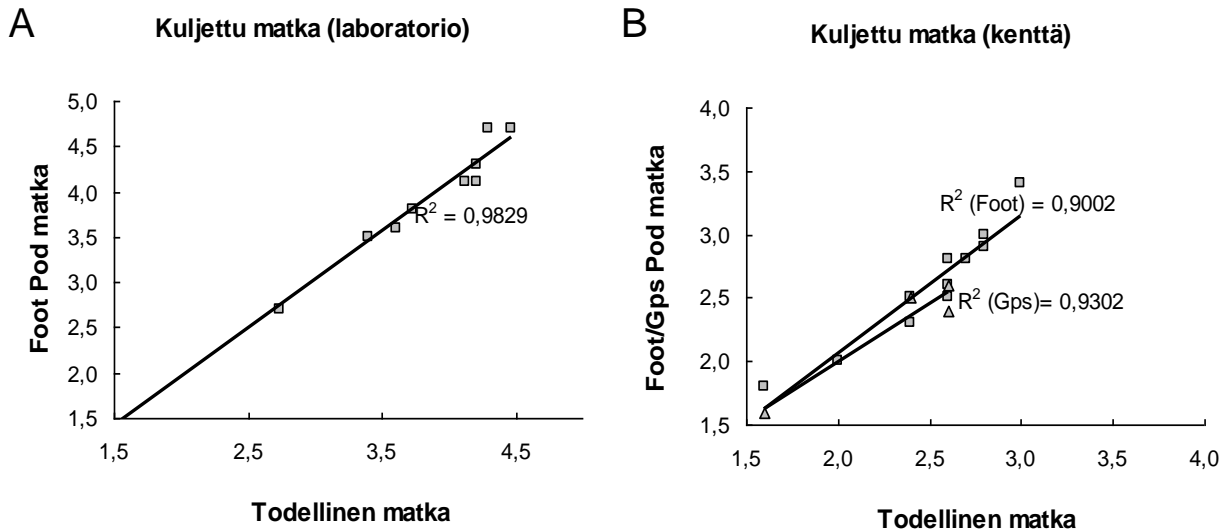
KUVA 9: Suoran juoksumattotestin ja Londereen kaavalla lasketun arvioidun maksimaalisen hapenottoa tulokset esitettynä Bland-Altman –kaaviona sekä lineaarisena regressiosuorana.

Kaikki tulokset ovat luottamusvälissä eikä heteroskedastisuutta menetelmien välillä esiinny. Positiivinen korrelaatio on voimakasta menetelmien välillä ($r = 0,770$, $p = 0,006$) (Kuva 9B).

7.4 Kuljettu matka

Laboratoriossa juostiin kolmen minuutin portaita, jonka jälkeen vauhtia nostettiin 1 km/h. Testin jälkeen laskettiin kuljettu matka testiin käytetyn ajan perusteella. Matkaa mitattiin myös Foot Pod –laitteella. Lasketun ja Foot Podilla mitatun matkan välillä oli voimakas positiivinen korrelaatio ($r = 0,993$, $p < 0,001$) (Kuva 10A).

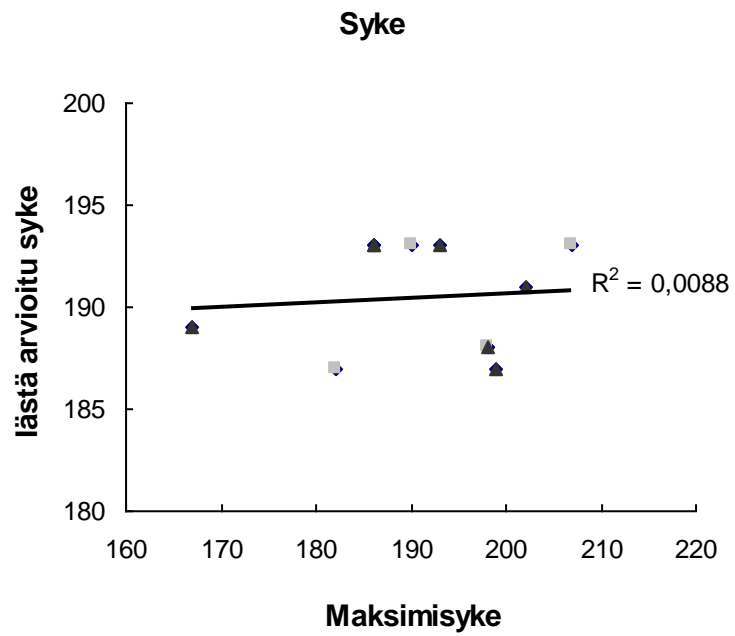
Kenttäolosuhteissa tehdyn testin matka mitattiin. Myös sykemittariin liitetyt Foot Pod ja Gps Pod -laitteet mittasivat matkaa. Näiden kahden menetelmän lineaariset regressiokuvaajat on esitetty kuvassa 10B. Mitatun ja Foot Podin sekä mitatun ja Gps Podin avulla määritettyjen matkojen välillä havaittiin voimakasta positiivista korrelaatiota (r (Foot Pod) = 0,949, $p < 0,001$; r (Gps Pod) = 0,964, $p < 0,036$)



KUVA 10: Laboriotestin lasketun matkan ja Foot Podilla mitatun sekä kenttätestin todellisen matkan ja Foot Podilla sekä Gps Podilla mitatun matkan lineaariset regressiosuorat.

7.5 Syke

FB Kuntotesti käyttää maksimaalisen hapenottokyvyn arvioinnissa hyväksi tiedettyä ja ohjelmistolle määritettyä maksimisykettä. Mikäli sitä ei ole määritetty maksimisykkeenä käytetään Jonesin (1988, 11) kaavalla iästä laskettua maksimisykettä. Tarkasteltaessa näiden kahden muuttujan eroja, ei arvojen väliltä löydetty yhteyttä ($r = 0,094$, $p = 0,784$) (Kuva 11).



KUVA 11: Koehenkilöiden mitatun maksimisykkeen ja iästä arvioidun maksimisykkeen välinen korrelaatio

8 POHDINTA

Tässä tutkimuksessa vertailtiin suoran maksimaalisen VO_{2max} -testin ja FB kuntotestien välistä vastaavuutta. FB kuntotestit tehtiin kahdesta eri mittauksesta, maksimaalisesta juoksumattotestistä sekä kenttätetestistä. Molemmista testeistä tehtiin kuntotestit sekä arvioidulla että mitatulla maksimisykkeellä. Testien väli oli viikosta kahteen viikkoon ja oletettiin, että koehenkilön maksimaalinen hapenottokyky ei muutu tällä välin. Tarkoitus oli myös verrata Foot Pod – ja Gps Pod –mittaustapojen mahdollisia eroja hapenottokyvyn arvioinnissa sekä tarkastella todellisen mitatun matkan ja laitteilla mitatun matkan välisiä eroja.

Bland-Altman –metodilla saadut arvot kertoivat kohtuullisesta keskimääräisestä vastaavuudesta menetelmien välillä (1,2 – 3,2 ml/kg/min). Tuloksia analysoitaessa huomattiin kuitenkin luottamusvälien olevan erittäin suuria (-16 – 23 ml/kg/min). Molemmista testeistä tehdyt Firstbeatin Kuntotestit korreloivat positiivisesti suoran testin kanssa (juoksumatto $p=0,461$, juoksumatto maxsyke määritettynä $p=0,614$, kenttätesti $p=0,535$, kenttätesti maxsyke määritettynä 0,676). Foot Podin ja Gps Podin saatujen FB kuntotestien eroja ei tässä tutkimuksessa verrattu usean Gps Pod –mittauksen epäonnistumisen vuoksi. Matkan analysointi laitteiden tuloksista kuitenkin tehtiin ja niillä mitatun matkan vastaavuus todelliseen matkaan oli hyvä (r (Foot Pod) = 0,949; r (Gps Pod) = 0,964).

Vertailevana tuloksena käytettyä Londereen teoreettisen hapenottokyvyn kaavalla laskettu tulos korreloi myös positiivisesti ($r = 0,770$) mitatun maksimaalisen hapenottokyvyn kanssa. Myös Bland-Altman –metodilla lasketut tulokset kertoivat hyvästä vastaavuudesta menetelmien välillä (0,09 ml/kg/min (0,2 %)). Luottamusväli oli kuitenkin tälläkin menetelmällä suuri (± 12 ml/kg/min). Londereen kaavalla lasketut tulokset olivat tarkempia arvioimaan maksimaalista hapenottokykyä kuin yksikään FB kuntotesti. Kirjallisuudessa mainittiin useasti vain keskivirhe ja jos FB kuntotestiä verrataan pelkästään sen perusteella, kaikki FB kuntotestit olivat tarkempia kuin kestävyysukkulajuoksun testistä aikuisilla on kirjallisuudessa mainittu (4.7 ml/kg/min (9.6 %)). FB kuntotestit korreloivat kuitenkin heikommin kuin kestävyysukkulajuoksu ($r=0,95$) tai

Cooperin testi ($r = 0,897$) (Cooper 1968, Leger ym. 1988, Keskinen ym. 2007, 113). Londereen ja Cooperin testit sekä kestävyyskukkulajuoksutesti ovat maksimaalisia testejä. FB kuntotestiä verrattaessa toiseen submaksimaaliseen testiin, UKK-kävelytestiin, olivat FB kuntotestin juoksumattotulokset epäluotettavampia kuin UKK-kävelytesti (Zakariás ym. 2003, Rance ym. 2005, Paananen ym. 2011). Verrattaessa Turun ammattikorkeakoulussa tehtyihin tutkimuksiin FB kuntotestistä, tulokset erosivat vaikka tutkimusasetelma oli hyvin samanlainen. Tämän tutkimuksen tulokset eivät korreloineet Pearsonin korrelaation mukaan yhtä hyvin kuin Turun AMK:n tutkimuksissa (r (kenttätesti) = 0,920 ja r (juoksumattotesti) = 0,789). Pelkästään keskimääräistä virhettä tarkasteltaessa, se oli pienempi tässä tutkimuksessa kuin Turun AMK:n tutkimuksissa (4.3 – 11,7 %). (Brenner ym. 2011, Paananen ym. 2011.)

Foot Podilla kenttätestissä mitattu matka näytti korreloivan erittäin hyvin todellisen mitatun matkan kanssa ($r = 0,949$). Kenttätestin mukaan näyttäisi siltä, että tasaisessa maastossa juostessa Foot Podia ei tarvitse kalibroida erikseen, vaan perusasetukset riittävät. Tulokset kertovat myös sen, että maastossa Foot Podilla mitattu matka korreloi niin hyvin todellisen matkan kanssa, ja ettei FB kuntotestien hapenottokyvyn virheitä voida selittää sillä. Neljän Gps Podilla mitatun tulosten perusteella myös Gps Podilla mitattu matka piti erittäin hyvin paikkansa ($r = 0,964$). Laitteen luotettavuus ei tosin tämän tutkielman testeissä ollut hyvä eikä tuloksia analysoida puutteellisen datan vuoksi enempää.

Brennerin ym. (2011) mukaan Foot Pod tulisi kalibroida erikseen juoksumattoa käyttäessä. Tässä tutkimuksessa juoksumatolla Foot Podilla mitattu matka korreloi kuitenkin hyvin lasketun matkan kanssa ($r = 0,993$). Tätä tulosta pitää kuitenkin tarkastella kriittisesti, koska juoksumatolla siirtymät portaasta toiseen eivät tapahtuneet hetkessä eikä juoksumattoa saatu stabiloitua täysin tietylle nopeudelle. Juoksumattotesteistä tehtyjen FB kuntotestien suuremmasta virheestä johtuen Brennerin ym. (2011) tulkinta Foot Podin kalibroinnin tarpeellisuudesta juoksumatolla ennen testiä näyttäisi todenmukaiselta.

Epätarkkuutta suoran ja FB kuntotestien välillä voi selittää osin lasketun sykkeen epätarkkuudella. Todellinen maksimisyke ja iästä laskettu syke, jota FB kuntotesti käyttää, jos maksimisykettä ei ole annettu, eivät korreloineet ($p=0,094$). Sama huomattiin myös muissa tutkimuksissa (Brenner ym. 2011, Paananen ym. 2011). FB kuntotestin arvioiman maksimaalisen hapenottokyvyn tarkkuus parani hieman, kun suorassa maksimaalisessa testissä saavutettu maksimisyke annettiin valmiiksi kuntotestin tuloksia määritettäessä (juoksumatto 3,16 ml/kg/min (-16,62 - 22,95 ml/kg/min) -> 2,49 ml/kg/min (-13,21-18,2 ml/kg/min); kenttätesti 1,35 ml/kg/min (-16,21-18,91 ml/kg/min) -> 1,2 ml/kg/min (-13,35-15,75 ml/kg/min). Samaan johtopäätökseen päädyttiin myös Turun AMK:n tutkimuksissa (Brenner ym. 2011, Paananen ym. 2011).

FB kuntotestit tehtiin talviolosuhteissa, joten kylmällä säällä ja tuulella saattoi olla vaikutusta tutkimustuloksiin (McArdle ym. 2007) 635-639. Myös saman henkilön eri päivinä ja eri ajankohdalla tehdyillä testeillä voi olla eroa, joten se voi myös osaltaan vaikuttaa tutkimustuloksiin. Nämä eivät tosin koske juoksumattotestistä tehtyjä FB kuntotestin tuloksia, koska tutkimuskerta oli sama.

Bland-Altman -metodilla pystyttiin toteamaan, että koehenkilön kuntoluokalla ei ollut merkitystä testin luotettavuuden kannalta, vaan testin tulos oli samanlainen sekä hyvä- että huonokuntoisilla toisin kuin esim. Cooperin testissä (Penry ym. 2011) tai kestävyysukkulajuoksutestissä (Cooper ym. 2005). Brenner ym. (2011) väittivät tutkimuksessaan FB kuntotestin arvioivan hapenottokykyä paremmin hyväkuntoisilla ihmisillä, mutta tämän tutkimuksen mukaan asia ei olisi niin.

Yhteenvetona tämän tutkimuksen tulosten perusteella FB kuntotestiä ei voi pitää luotettavana arvioimaan maksimaalista hapenottokykyä. Keskimääräisesti tulokset olivat hyviä, mutta luottamusvälit erittäin suuria ja hajontaa todellisen ja arvioidun hapenottokyvyn erotuksessa esiintyi paljon. Keskimäärin FB kuntotestien huomattiin hieman aliarvioivan todellista hapenottokykyä. Samaan päätelmään oli tultu myös aikaisemmissa tutkimuksissa (Brenner ym. 2011, Paananen ym. 2011). Tämän tutkimuksen luotettavin testimuoto oli kenttätesti, jossa maksimisyke määrite-

tään valmiiksi. Tämän tutkimuksen perusteella voidaan myös sanoa, että huonokuntoisimmat henkilöt voivat tehdä testin myös kävellen, joten sitä voidaan pitää suhteellisen turvallisena testausmuotona.

Tutkimuksen tulokset erosivat päätuloksiltaan muista aiheesta tehdyistä tutkimuksista ja jatkossa olisikin aiheellista testata FB kuntotestiä suuremmalla koehenkilöjoukolla ja eri laitteistoilla. Tähän tutkimukseen verrattuna testausmuotoihin voisi lisätä vapaan kenttätestin esim. maastossa, jotta testaus olisi mahdollisimman samankaltaista kuin mitä se arkikäytössä suurella yleisöllä luultavasti olisi. Mielenkiintoista olisi tutkia myös uusia Gps-signaalilla matkaa mittaavia sykemittareita.

9 LÄHTEET

- Allen, D. G., Westerblad, H., Lee, J. A. & Lannergren, J. 1992. Role of excitation-contraction coupling in muscle fatigue. *Sports medicine* 13 (2), 116-126.
- American College of Sports Medicine 2000. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 6. painos Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Andersen, K. L. & World Health Organization. 1971. Fundamentals of exercise testing. Geneva: World Health Organization.
- Bassett, D. R. Jr & Howley, E. T. 2000. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and science in sports and exercise* 32 (1), 70-84.
- Beltrami, F. G., Froyd, C., Mauger, A. R., Metcalfe, A. J., Marino, F. & Noakes, T. D. 2012. Conventional testing methods produce submaximal values of maximum oxygen consumption. *British journal of sports medicine* 46 (1), 23-29.
- Birnbaum, L., Dahl, T. & Boone, T. 2006. Effect of blood donation on maximal oxygen consumption. *The Journal of sports medicine and physical fitness* 46 (4), 535-539.
- Bland, M. & Altman, D. 1986. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The Lancet* 327 (8476), 307-310.
- Borg, G. A. 1982. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and science in sports and exercise* 14 (5), 377-381.
- Brenner, K., Korhonen, A. & Laakso, N. 2011. Sykettä elämään – sykevälivaihteluun perustuvan kuntotestin luotettavuuden arviointi. Turun ammattikorkeakoulu. Fysioterapian koulutusohjelma. Opinnäytetyö.
- Brink-Elfegoun, T., Kaijser, L., Gustafsson, T. & Ekblom, B. 2007. Maximal oxygen uptake is not limited by a central nervous system governor. *Journal of applied physiology* 102 (2), 781-786.
- Carey, D. G., Tofte, C., Pliego, G. J. & Raymond, R. L. 2009. Transferability of running and cycling training zones in triathletes: implications for steady-state exercise. *Journal of strength and conditioning research* 23 (1), 251-258.

- Casadei, B., Cochrane, S., Johnston, J., Conway, J. & Sleight, P. 1995. Pitfalls in the interpretation of spectral analysis of the heart rate variability during exercise in humans. *Acta Physiologica Scandinavica* 153 (2), 125-131.
- Convertino, V. A. 1997. Cardiovascular consequences of bed rest: effect on maximal oxygen uptake. *Medicine and science in sports and exercise* 29 (2), 191-196.
- Cooper, K. H. 1968. A Means of Assessing Maximal Oxygen Intake. *JAMA: The Journal of the American Medical Association* 203 (3), 201-204.
- Cooper, S., Baker, J. S., Tong, R. J., Roberts, E. & Hanford, M. 2005. The repeatability and criterion related validity of the 20 m multistage fitness test as a predictor of maximal oxygen uptake in active young men. *British journal of sports medicine* 39 (4), e19-e19.
- Davies, R. C., Rowlands, A. V. & Eston, R. G. 2008. The prediction of maximal oxygen uptake from submaximal ratings of perceived exertion elicited during the multistage fitness test. *British journal of sports medicine* 42 (12), 1006-1010.
- Day, J. R., Rossiter, H. B., Coats, E. M., Skasick, A. & Whipp, B. J. 2003. The maximally attainable VO₂ during exercise in humans: the peak vs. maximum issue. *Journal of applied physiology* 95 (5), 1901-1907.
- Duncan, G. E., Howley, E. T. & Johnson, B. N. 1997. Applicability of VO₂max criteria: discontinuous versus continuous protocols. *Medicine and science in sports and exercise* 29 (2), 273-278.
- Faulkner, J., Parfitt, G. & Eston, R. 2007. Prediction of maximal oxygen uptake from the ratings of perceived exertion and heart rate during a perceptually-regulated sub-maximal exercise test in active and sedentary participants. *European journal of applied physiology* 101 (3), 397-407.
- Firstbeat Technologies Oy 2012. VO₂ Estimation Method Based on Heart Rate Measurement. 2005. Firstbeat Technologies Oy Firstbeat kuntotesti. Viitattu: 29.4.2011. http://www.firstbeat.net/files/kuntotesti_ohjemateriaali_20111006.pdf.
- Hill, A. V. & Lupton, H. 1923. Muscular Exercise, Lactic Acid, and the Supply and Utilization of Oxygen. *Quarterly Journal of Medicin* 16 (62), 135-171.

- Ilmanen, K. 2007. Kuntotestauksen etiikka ja merkitys erilaisille asiakasryhmille. Teoksessa K. Keskinen, K. Häkkinen & M. Kallinen (toim.) Kuntotestauksen käsikirja. 2. painos Helsinki: Liikuntatieteellinen Seura, 17-19.
- Jackson, A. S., Blair, S. N., Mahar, M. T., Wier, L. T., Ross, R. M. & Stuteville, J. E. 1990. Prediction of functional aerobic capacity without exercise testing. *Medicine and science in sports and exercise* 22 (6), 863-870.
- Jones, N. L. 1988. *Clinical exercise testing*. 3. painos. Philadelphia: W.B.Saunders.
- Kaikkonen, P. 2006. Kuormittuminen ja palautuminen yksittäisissä harjoituksissa sekä kahdeksan viikon harjoittelujakson aikana harjoittelemattomilla. Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskus. KIHUn julkaisusarja.
- Keskinen, K. L., Häkkinen, K. & Kallinen, M. 2010. Ammattimainen kuntotestaustoiminta. Teoksessa K.L. Keskinen, K. Häkkinen M. Kallinen. (toim.) Kuntotestauksen käsikirja. 2. uudistettu painos Helsinki: Liikuntatieteellinen seura, 11-22.
- Keskinen, O. P., Mänttari, A., Aunola S., & Keskinen K. 2007a. Aerobisen kestävyuden arviointimenetelmät. Teoksessa K. Keskinen, K. Häkkinen & M. Kallinen (toim.) Kuntotestauksen käsikirja. 2. painos Helsinki: Liikuntatieteellinen Seura, 78-103.
- Keskinen, O. P., Mänttari, A. & Keskinen K. 2007b. Aerobisen kestävyuden arviointi kenttätesteillä. Teoksessa K. Keskinen, K. Häkkinen & M. Kallinen (toim.) Kuntotestauksen käsikirja. 2. painos Helsinki: Liikuntatieteellinen Seura, 104-117.
- La Gerche, A., Burns, A. T., Taylor, A. J., Macisaac, A. I., Heidbuchel, H. & Prior, D. L. 2011. Maximal oxygen consumption is best predicted by measures of cardiac size rather than function in healthy adults. *European journal of applied physiology*.
- Laukkanen, R., Oja, P., Pasanen, M. & Vuori, I. 1992. Validity of a two kilometre walking test for estimating maximal aerobic power in overweight adults. *International journal of obesity and related metabolic disorders* 16 (4), 263-268.
- Laukkanen, R. M., Kukkonen-Harjula, T. K., Oja, P., Pasanen, M. E. & Vuori, I. M. 2000. Prediction of change in maximal aerobic power by the 2-km walk test after walking training in middle-aged adults. *International Journal of Sports Medicine* 21 (2), 113-116.

- Leger, L. A., Mercier, D., Gadoury, C. & Lambert, J. 1988. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of sports sciences* 6 (2), 93-101.
- Léger, L. & Lambert, J. 1982. A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict O_2 max. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 49 (1), 1-12.
- Levine, B. D. & Stray-Gundersen, J. 1997. "Living high-training low": effect of moderate-altitude acclimatization with low-altitude training on performance. *Journal of applied physiology* 83 (1), 102-112.
- Londeree, B. R. 1986. The use of laboratory test results with long distance runners. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)* 3 (3), 201-213.
- MacDougall, J. Wenger H. & Green H. 1991. *Physiological testing of the high-performance athlete*. 2. painos. Leeds: Human Kinetics Publishers.
- Mauger, A. R. & Sculthorpe, N. 2012. A new VO_{max} protocol allowing self-pacing in maximal incremental exercise. *British journal of sports medicine* 46 (1), 59-63.
- McArdle, W. D., Katch, F. I. & Katch, V. L. 2007. *Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance*. 6. painos Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- McNaughton, L., Hall, P. & Cooley, D. 1998. Validation of several methods of estimating maximal oxygen uptake in young men. *Perceptual and motor skills* 87 (2), 575-584.
- Morton, R. H., Stannard, S. R. & Kay, B. 2012. Low reproducibility of many lactate markers during incremental cycle exercise. *British journal of sports medicine* 46 (1), 64-69.
- Myers, J., Prakash, M., Froelicher, V., Do, D., Partington, S. & Atwood, J. E. 2002. Exercise Capacity and Mortality among Men Referred for Exercise Testing. *N Engl J Med* 346 (11), 793-801.
- Noakes, T. D. 2008. Testing for maximum oxygen consumption has produced a brainless model of human exercise performance. *British journal of sports medicine* 42 (7), 551-555.
- Noakes, T. D. 1988. Implications of exercise testing for prediction of athletic performance: a contemporary perspective. *Medicine and science in sports and exercise* 20 (4), 319-330.
- Nummela A. 2010. *Kestävyysuoritusuorituskykyä selittävät tekijät*. Teoksessa K.L. Keskinen, K. Häkkinen M. Kallinen. (toim.) *Kuntotestauksen käsikirja*. 2. uudistettu painos. Tampere: Tammerprint Oy, 51-78.

- Nummela, A. Keskinen, K. & Vuorimaa T. Kestävyys. 2004. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, K. Keskinen & K. Häkkinen (toim.). Urheiluvalmennus: kuormitusfysiologiset, ravintofysiologiset, biomekaaniset ja valmennusopilliset perusteet. Lahti: VK-kustannus, 333-363.
- Ogawa, T., Spina, R. J., Martin, W. H., 3rd, Kohrt, W. M., Schechtman, K. B., Holloszy, J. O. & Ehsani, A. A. 1992. Effects of aging, sex, and physical training on cardiovascular responses to exercise. *Circulation* 86 (2), 494-503.
- Oja, P., Laukkanen, R., Pasanen, M., Tyry, T. & Vuori, I. 1991. A 2-km walking test for assessing the cardiorespiratory fitness of healthy adults. *International Journal of Sports Medicine* 12 (4), 356-362.
- Paananen, A., Pura, A. & Reppanen, K. 2011. Hapenottokyvyn arviointimenetelmien vertailu – Uuden sykevälivaihteluun perustuvan testin ja UKK-kävelytestin validiteetti. Turun ammattikorkeakoulu. Fysioterapian koulutusohjelma. Opinnäytetyö.
- Penry, J. T., Wilcox, A. R. & Yun, J. 2011. Validity and reliability analysis of Cooper's 12-minute run and the multistage shuttle run in healthy adults. *Journal of strength and conditioning research* 25 (3), 597-605.
- Porges, S. W. & Byrne, E. A. 1992. Research methods for measurement of heart rate and respiration. *Biological psychology* 34 (2-3), 93-130.
- Pulkkinen, A. 2003. Uusien sykkeeseen perustuvien hapenkulutuksen arviointimenetelmien tarkkuus. Jyväskylän yliopisto. Liikuntabiologian laitos. Pro gradu -tutkielma.
- Ramsbottom, R., Brewer, J. & Williams, C. 1988. A progressive shuttle run test to estimate maximal oxygen uptake. *British journal of sports medicine* 22 (4), 141-144.
- Rance, M., Boussuge, P. Y., Lazaar, N., Bedu, M., Van Praagh, E., Dabonneville, M. & Duche, P. 2005. Validity of a V.O₂ max prediction equation of the 2-km walk test in female seniors. *International Journal of Sports Medicine* 26 (6), 453-456.
- Ricci, J. & Léger, L. 1983. VO₂max of cyclists from treadmill, bicycle ergometer and velodrome tests. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 50 (2), 283-289.

- Rowell, L. B. 1993. Human circulation regulation during physical stress. New York: Oxford University Press.
- Sawyer, B. J., Morton, R. H., Womack, C. J. & Gaesser, G. A. 2012. VO₂max May Not Be Reached During Exercise to Exhaustion above Critical Power. *Medicine and science in sports and exercise*.
- Shephard, R. J., Åstrand, P. O. 2000. *Endurance in Sport*. Tokio: Blackwell Science.
- Shvartz, E. & Reibold, R. C. 1990. Aerobic fitness norms for males and females aged 6 to 75 years: a review. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 61 (1), 3-11.
- Smolander, J. & Hurri, H. 2004. Toiminta- ja työkyvyn fyysisten arviointi- ja mittausmenetelmien kartoittaminen ICF-luokituksen aihealueella "liikkuminen". Toiminta- ja työkyvyn edellytyksiä arvioiva testistö. 25/2004.
- Stray-Gundersen, J., Chapman, R. F. & Levine, B. D. 2001. "Living high-training low" altitude training improves sea level performance in male and female elite runners. *Journal of applied physiology* 91 (3), 1113-1120.
- Thompson, W. R., Gordon, N. F., Pescatello, L. S. & American College of Sports Medicine 2010. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 8.painos Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- UKK-instituutti. 2006. UKK-kävelytesti - testaajan opas. 4. uudistettu painos Tampere: UKK-instituutti.
- UKK-instituutti Liikuntapiirakka. Viitattu: 30.4.2011. <http://www.ukkinstituutti.fi/liikuntapiirakka>.
- Viertola, J. 2010. Kuntotestauksen oikeudellisia kysymyksiä. Teoksessa K. Keskinen, K. Häkkinen & M. Kallinen (toim.) Kuntotestauksen käsikirja. 2. uudistettu painos. Tampere: Tammerprint Oy, 20-21.
- Wehrlin, J. P., Zuest, P., Hallen, J. & Marti, B. 2006. Live high-train low for 24 days increases hemoglobin mass and red cell volume in elite endurance athletes. *Journal of applied physiology* 100 (6), 1938-1945.

- Westerblad, H., Allen, D. G., Bruton, J. D., Andrade, F. H. & Lannergren, J. 1998. Mechanisms underlying the reduction of isometric force in skeletal muscle fatigue. *Acta Physiologica Scandinavica* 162 (3), 253-260.
- Whaley, M. H. & American College of Sports Medicine 2006. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 7. painos Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Wilkinson, D. M., Fallowfield, J. L. & Myers, S. D. 1999. A modified incremental shuttle run test for the determination of peak shuttle running speed and the prediction of maximal oxygen uptake. *Journal of sports sciences* 17 (5), 413-419.
- Zakariás, G., Petrekanits, M. & Laukkanen, R. 2003. Validity of a 2-km Walk Test in predicting the maximal oxygen uptake in moderately active Hungarian men. *European Journal of Sport Science* 3 (1), 1-8.

10 LIITTEET

Liite 1. Terveyskysely

Päivämäärä: _____ päivä/kk/vuosi	Koehenkilön nimikirjaimet	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	ID	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
-------------------------------------	---------------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

Terveyskysely

1. Viimeisen puolen vuoden aikana olen harrastanut hengästyttävää liikuntaa (n. 30 min tai enemmän kerrallaan) keskimäärin

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> En koskaan | <input type="checkbox"/> 2-3 kertaa viikossa |
| <input type="checkbox"/> Noin kerran kuukaudessa | <input type="checkbox"/> 4-5 kertaa viikossa |
| <input type="checkbox"/> Kerran viikossa | <input type="checkbox"/> 6-7 kertaa viikossa |

2. Viimeisen puolen vuoden aikana olen harrastanut voimailua tai käynyt punttisalilla

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> En koskaan | <input type="checkbox"/> Kerran viikossa |
| <input type="checkbox"/> Noin kerran kuukaudessa | <input type="checkbox"/> 2-3 kertaa viikossa |
| <input type="checkbox"/> Pari kertaa kuukaudessa | <input type="checkbox"/> Useammin |

3. Onko teillä sydämentahdistin? Kyllä Ei

4. Onko teillä seuraavia sairauksia

	Kyllä	Ei	En tiedä
- 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"/>
- rasitusastma	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- sydämen vajaatoiminta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- epilepsia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. Onko teillä jokin muu merkittävä sairaus, joka vaatii lääkärissä käyntiä tai lääkitystä? _____

6. Onko teillä

- korkea kallon sisäinen paine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- metallisia tai magneettisia esineitä kallossa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Päivämäärä: _____ Koehenkilön nimikirjaimet [] [] []
päivä/kk/vuosi

ID [] [] [] []

7. Onko teillä lääkitys Kyllä Ei
- verenpaineeseen
 - diabetekseen
 - kilpirauhasen toimintaan
 - kohonneeseen kolesteroliin?
8. Käyttätkö beeta-salpaajia tai jotain pysyvää Kyllä Ei En tiedä
hormonilääkitystä (esim. kortisoni tai
testosteroni) tabletteina tai injektiona?
9. Esiintyykö teillä rintakipua, joka
pahenee rasituksessa?
10. Onko teillä jokin sairaus
(esim. sydänsairaus, neurologinen sairaus,
astma) joka voi pahentua rasituksessa?
11. Onko teillä / onko ollut sydämen
rytmihäiriöitä levossa tai rasituksessa?
12. Onko teillä ollut poikkeavuuksia
leposydänfilmissä?
13. Onko teillä ollut sydäninfarkti?
14. Onko teillä kohonnut verenpaine?
15. Onko lähisuvussasi (äiti, isä, sisarukset)
alle 50 vuotiailla ilmeneviä sydänsairauksia?
16. Onko verensokerinne todettu kohonneeksi? Kyllä Ei
17. Onko kolesterolinne todettu kohonneeksi?
18. Onko teillä ollut kipua, vaivoja, nivelrikkoja Kyllä Ei En tiedä Tarkennus
tai reumaa
- alaraajoissa _____
 - lonkassa/ selässä _____
 - ylävartalossa _____
- Kyllä Ei En tiedä

Päivämäärä: Koehenkilön nimikirjaimet

ID

päivä/kk/vuosi

19. Onko teiltä murtunut luita?

20. Jos vastasitte Kyllä edelliseen kysymykseen, tarkentaisitko? _____

21. Tupakoitteko?

Kyllä Ei

22. Jos vastasitte Kyllä edelliseen kysymykseen, kuinka kuvailisitte tupakointitottumuksianne?

- Tupakoin päivittäin
- Tupakoin epäsäännöllisesti
- Olen lopettanut tupakoinnin
Aloitin tupakoinnin _____-vuotiaana
Lopetin tupakoinnin _____-vuotiaana
Poltan _____ savuketta päivässä

23. Käytättekö alkoholia?

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

24. Millainen terveydentilanne on omasta mielestänne tällä hetkellä?

- Erinomainen
- Hyvä
- Kohtalainen
- Huono
- Surkea

25. Millainen fyysinen kuntonne on omasta mielestänne tällä hetkellä?

- Erinomainen
- Hyvä
- Kohtalainen
- Huono
- Surkea

Lisätietoja: _____

Päivämäärä: _____ Koehenkilön nimikirjaimet

ID

BMI: _____ (yli 30 on riskitekijä tai vyötärönympärys yli 100cm)

Mies Nainen

Fyysisen arvioinnin suoritti: _____

	Alle 40-v, ei ongelmia	Yli 40-v, ei ongelmia	Rajoituksia
VO ² max testi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lisäselvitys lääkäriltä		Kyllä <input type="checkbox"/>	Ei <input type="checkbox"/>
Lääkäri paikalla VO ₂ max testissä		Kyllä <input type="checkbox"/>	Ei <input type="checkbox"/>
TMS-demonstraatio		Hyväksytty	Hylätty
Hyväksyminen tutkimukseen		Hyväksytty	Hylätty

Liite 2. koehenkilötiedote ja suostumuslomake

Jyväskylän yliopisto
Liikuntabiologian laitos
Koehenkilötiedote ja suostumuslomake

Syke mittarille tehdyn vapaan kuntotestin validointi

TIEDOTE TUTKITTAVILLE

1 Tutkijoiden yhteystiedot

Vastuullinen tutkija:

- Samppa Karvinen, Porarinkatu 8 a 3, 02650 Espoo. puh. 050 547 4520. e-mail: samp-pa.karvinen@gmail.com

2 Tutkimuksen taustatiedot

Tutkimus on Firstbeat Technologies Oy:n tilaama ja perustuu heidän tekemään vapaaseen kuntotestiin, josta kuntoilija testin tehtyään saa arvion maksimaalisesta hapenottokyvystään. Nyt on tarve validoida tämä testi käyttämällä vertailevana testimenetelmänä suoraa maksimaalista juoksumatolla tehtävää testiä. Tutkimus toteutetaan Jyväskylän yliopiston liikunta- ja terveystieteiden laboratoriossa sekä kenttämittauksissa. Tutkimuksessa mitataan maksimaalista hapenottokykyä eri menetelmillä ja se vaatii tutkittavalta osallistumista tutustumiskertaan sekä kahteen eri testikertaan. Tutkitavilta ei oteta verinäytteitä.

Tutkittavat arvotaan kahteen ryhmään. Molemmat ryhmät läpikäyvät samat mittaukset, mutta toiselle ryhmälle annetaan vapaata testiä varten erilainen lisälaitte (Foot Pod / GPS Pod).

3 Tutkimusaineiston säilyttäminen

Tutkimuksen vastuullinen tutkija vastaa tutkimusaineiston säädösten mukaisesta turvallisesta säilyttämisestä.

4 Tutkimuksen tarkoitus, tavoite ja merkitys

Tutkimuksen tarkoituksena on validoida syke mittarille tehty kuntotestimenetelmä. Tutkimus sisältää kaksi eri testikertaa. Ensimmäisessä verrataan syke mittarilla saatuja hapenottokyvyn arvoja hengityskasumittarilla saatuihin tuloksiin maksimaalisessa juoksumatottotestissä. Toiseen testikertaan kuuluu juoksua submaksimaalisella alueella, jossa selvitetään onko syke mittarille tehdyn vapaan testin mittauksissa eroja, mikäli juoksunopeuden mittaamiseen käytetään syke mittarille saatavia erilaisia lisälaitteita (GPS Pod / FootPod).

Tutkimuksen tavoitteena on tuottaa Firstbeat Technologies Oy:lle tutkimustulos, jonka avulla he pystyvät tekemään johtopäätöksiä syke mittarille tehdyn kuntotestin validiteetistä.

5 Menettelyt, joiden kohteeksi tutkittavat joutuvat

Teille järjestetään ahksi tutustumiskäynti, jossa kerrotaan tutkimuksen kulusta ja siihen liittyvistä menettelyistä. Tällöin pääsette tutustumaan myös juoksumattoon ja muihin laitteistoon ja Teille annetaan terveyskysely täytettäväksi.

Seuraavalla kerralla suoritetaan maksimaalinen juoksumatolla. Testi suoritetaan juoksumatolla uupumukseen asti, mikäli testiä ei jouduta keskeyttämään ennen sitä jostain muusta syystä. Viimeinen testi tehdään urheilukentällä, jolloin juostaan submaksimaalisella teholla noin 15 minuuttia.

Laboratoriomittauksiin. Teidän toivotaan varaavan aikaa noin puolitoista tuntia. Laboratoritestin protokolla on seuraava:

Jos terveystietoja ei ole kerätty aikaisemmin niin Teille tehdään terveystarkastus ennen testiä ja käydään se läpi. Varmistetaan vielä, ettette ole tullut kipeäksi (flunssa yms) ja ettei muitakaan esteitä testille ole.

Ensin tietomme syötetään koneelle ja Teille kerrataan vielä kerran testin kulku läpi.

Te puette sykemittarin päälle ja Foot Pod kiinnitetään yhdessä testihenkilökunnan kanssa lenkkitossuihin. Teille avustetaan valjaat ja hengityskaasuanalysaattorin maski päälle ja aloitetaan testi Teidän kunnolla sopivalla nopeudella, joka arvioidaan kyselylomakkeen perusteella. Teille ilmoitetaan aina, kun matto lähtee liikkeelle tai se pysäytetään. Juoksumaton kulma on koko testin ajan 1 aste. Te juoksette aina 3 minuuttia tietyllä nopeudella, jonka jälkeen nopeutta nostetaan yksi km/h. Aina, kun nopeutta kasvatetaan, siitä ilmoitetaan Teille erikseen. Teiltä kysytään henkilökohtainen tuntemus rasituksen tilasta (nk. RPE lukema) 30 sekuntia ennen jokaisen kuorman loppua. Syke mitataan jokaisen kuorman lopussa 15 sekunnin keskiarvolla.

Testin jälkeen suoritetaan 5-10 minuutin verryttely ilman maskia alimmalla tai toisiksi alimmalla kuormalla ja Teistä huolehditaan, että olette kunnossa myös testin jälkeen ennen kotinlähtöä.

Urheilukenttämittauksissa Teiltä mitataan sydämen sykettä sykemittarin avulla sekä nopeutta erillisellä pienellä laitteella (GPS/Foot Pod), joka kiinnitetään lenkkitossuihin. Testi kestää noin 15 minuuttia ja vauhti on ahuksi kevyttä hölkkävauhtia, jota tulisi testin aikana kiristää hieman. Testi ei vaadi kuitenkaan kovaa juoksemista vaan sykkeen tulee olla alle 85 prosenttia arvioidusta maksimisykkeestä.

6 Tutkimuksen hyödyt ja haitat

Mitä tutkittavat hyötyvät osallistumisestaan tutkimukseen:

Tutkittavat saavat tietoa fyysisestä kunnostaan ja terveydestä. Testin tarkoitus on selvittää testattavan maksimaalinen hapenottokyky. Hengityskaasujen perusteella pystytään myös määrittämään mahdolliset aerobinen ja anaerobinen kynnykset, joiden avulla testattavalle voidaan määrittää harjoitusohjelmia eri kestävyysasteille. Tutkittavalle annetaan palaute analyysien valmistuttua ennen tutkimuksen päättymistä. Kaikki testit ovat maksuttomia.

Tutkimukseen liittyvät riskit ja mahdolliset haitat aikuisille tutkittaville:

Hapenottokyvyn mittaaminen: Tutkittavat puukevat suorassa testissä päälleen maskin hengityskaasujen mittausta varten. Tämä voi tuntua epämiellyttävältä, koska maski joudutaan vetämään melko tiukalle hyvien mittaustulosten saamisen vuoksi. Maski päässä voi olla myös vaikea puhua ja hengitys voi tuntua vaikeammalta kuin ilman sitä. Testi kestää noin 15-25 minuuttia, jonka aikana maskia joudutaan pitämään.

Sydämen sykkeen mittaaminen: Sykettä mitataan sykepannan ja sykemittarin. Sykepanta voi joidenkin henkilöiden mielestä tuntua hieman epämiellyttävältä pidettäessä päällä pitkiä ajanjaksoja (voi painaa rintakehää).

7 Miten ja mihin tutkimustuloksia aiotaan käyttää

Tuloksista tullaan julkaisemaan Pro Gradu -työ ja se julkaistaan Jyväskylän yliopiston kirjaston ohjeiden mukaisesti. Toimeksiantaja hyödyntää näitä tuloksia omassa yrityksessään.

8 Tutkittavien oikeudet

Osallistuminen tutkimukseen on täysin vapaaehtoista. Teillä on tutkimuksen aikana oikeus kieltäytyä mittauksista ja keskeyttää testit syytä ilmoittamatta ja ilman, että siitä aiheutuu mitään seurauksia. Tutkimuksen järjestelyt, tulosten käsittely ja raportointi ovat huottamuksellisia. Tutkimuksesta saatavat tiedot tulevat ainoastaan tutkittavan ja tutkijaj ryhmän käyttöön ja tulokset julkaistaan tutkimusraporteissa siten, ettei yksittäistä tutkittavaa voi tunnistaa. Teillä on oikeus saada lisätietoa tutkimuksesta tutkijalta missä vaiheessa tahansa.

9 Vakuutukset

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

Sykemittarille tehdyn vapaan kuntotestin validointi

SUOSTUMUS TUTKIMUKSEEN OSALLISTUMISESTA

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää suorassa juokstestissä maksimaalinen hapenotto-
ky ja verrata sitä sykemittarin vapaan kuntotestin tuloksiin. Lisäksi tarkoituksena on selvit-
tää onko sykemittarille tehdyn vapaan testin mittauksissa eroja, mikäli juoksunopeuden mit-
taamiseen käytetään sykemittarille saatavia erilaisia lisälaitteita (GPS Pod / Foot Pod).

Olen perehtynyt tämän tutkimuksen tarkoitukseen ja sisältöön, minulle aiheutuviin mahdolli-
siin haittoihin sekä tutkittavien oikeuksiin ja vakuutusturvaan. Minulla on ollut mahdollisuus
kysyä tutkimuksesta ja saada tietoa tutkimuksen sisällöstä kansankielisenä. Suostun osallis-
tumaan mittauksiin ja toimenpiteisiin annettujen ohjeiden mukaisesti. En osallistu mittauk-
siin flunssaisena, kuumeisena, toipilaana tai muuten huonovointisena. Voin halutessani pe-
ruuttaa tai keskeyttää osallistumiseni tai kieltäytyä mittauksista missä vaiheessa tahansa syä
ilmoittamatta ja ilman seuraamuksia.

Tutkimustuloksiani saa käyttää tieteelliseen raportointiin (esim. julkaisuihin) sellaisessa
muodossa, jossa yksittäistä tutkittavaa ei voi tunnistaa.

Minuun voi ottaa yhteyttä myöhemmin tähän tutkimukseen liittyen (ympyröi) **KYLLÄ** **EI**

Tutkittavan nimi _____ Tutkittavan numero _____

Syntymäaika _____ Osoite _____

Päiväys

Tutkittavan allekirjoitus

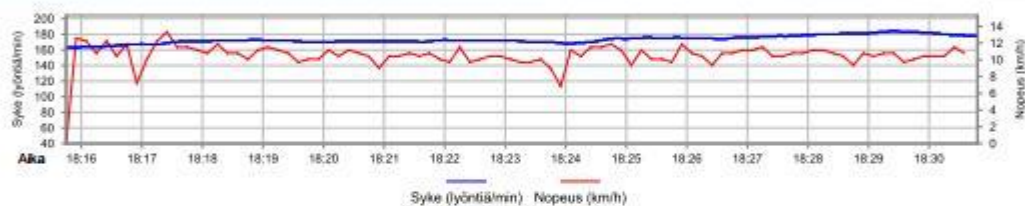
Päiväys

Tutkijan allekirjoitus

Liite 3. Esimerkki FB kuntotesti –raportista



Kuntotestin mittauskuvaaja



Kokonaismatka 2,5 km. Keskinopeus 10,5 km/h.



Kuntotason arvion perusteena sydämen syketaaso suhteessa juoksuopeuteen. Luotettavat ajanjaksot, joiden intensiteetti on yli 70% maksimisykkeestä, valitaan automaattisesti testiin.

Testitulokset

Suorituskykytulokset

Arvioitu maksimikapasiteetti <VO₂max> 45,1 ml/kg/min

Arvioitu maksimikapasiteetti <METmax> 12,9 MET

Suositteltu aktiivisuusluokka: 7

Kuntoluokitus ikä ja sukupuoli huomioiden



Maksimikapasiteetti = maksimaalinen hapenottoiky (VO₂max) kuvastaa sydämen ja verenkiertoelimistön kuntoa tai yleisemmin fyysisen kunnan tasoa. VO₂max ilmoitetaan suhteessa henkilön painoon (ml/kg/min) ja MET-arvona (1 MET = 3,5 ml/kg/min). Kuntoluokitus perustuu Shartzin ja Reibokin (1990) kuntotason luokitukseen ottaen huomioon iän ja sukupuolen. Suositeltu aktiivisuusluokka (0-10) perustuen testitulokseen. Käytetään Kuntovalmentajassa sopivan harjoittelujelman alustavaan valintaan.