

**LUISTELUMATOLLA TEHTÄVÄN MAKSIMAALISEN  
HAPENOTTOKYKYTESTIN KEHITTÄMINEN  
JÄÄKIEKKOILJOILLE**

Anna-Kaisa Karessuo

Jyväskylän yliopisto  
Liikuntabiologian laitos  
Valmennus- ja testausopin  
pro gradu -tutkielma  
Kevät 2012  
Työn ohjaaja: Taija Juutinen

## TIIVISTELMÄ

Karessuo, Anna-Kaisa 2012. Luistelumatolla tehtävän maksimaalisen hapenottokykytestin kehittäminen jääkiekkoilijoille. Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto, 76 s.

Jääkiekkoilija tarvitsee aerobista suorituskykyä väsymyksen viivästyttämiseen, palautumiseen ja kuumuudensietoon (Gledhill & Jamnik 2007). Maksimihapenoton testaus on eräs menetelmä aerobisen suorituskyvyn selvittämiseksi. Maksimihapenottokuormitusmalleja on useita erilaisia, kuten suoria tai epäsuoria, ja jatkuvia tai epäjatkuvia. Maksimihapenottotestit ovat hyvin lajispesifejä, ja niitä voidaan tehdä esimerkiksi juoksu- tai luistelumatolla sekä polkupyöräergometrilla. Luistelumatto on testivälineenä varsin uusi, eikä sille ole vielä kehitetty yleispätevää testimallia. Tutkimuksen tarkoituksena oli löytää jääkiekkoilijoille käyttökelpoinen, luistelumatolla tehtävä maksimihapenottokykytestimalli sekä verrata testivasteita kirjallisuudessa esiintyviin arvoihin.

Koehenkilöinä toimi 15 miespuolista jääkiekkoilijaa, joista viisi kuului testihetkellä SM-liigajoukkueeseen ja 10 A-junioreiden joukkueeseen. Tutkimuksessa kokeiltiin ensin kahta erilaista testiprotokollaa (ns. nopeus- ja kulmamalli) kahdella koehenkilöllä kumpaakin, minkä jälkeen valittiin testiprotokolla (nopeus- ja kulmamalleista yhdistetty) lopuille 11 koehenkilöille. Kaikilla testiprotokollilla saatiin maksimihapenotto mitattua sekä anaerobinen kynnys määritettyä. Koehenkilöiden keskimääräiseksi maksimihapenotoksi saatiin  $4,09 \pm 0,46$  L/min ( $49,7 \pm 4,2$  ml/kg/min). Tulokset ovat samaa suuruusluokkaa kirjallisuudessa esiintyviin jääkiekkoilijoiden maksimihapenottoarvoihin nähden. SM-liigapelaajien maksimihapenotto ( $4,59 \pm 0,44$  vs.  $3,89 \pm 0,29$  L/min,  $p < 0,05$ ), paino ( $91,6 \pm 14,5$  vs.  $79,0 \pm 7,2$  kg,  $p < 0,05$ ) ja anaerobisen kynnyksen luistelunopeus ( $35 \pm 1$  km/h vs.  $33 \pm 1$  km/h,  $p < 0,05$ ) olivat suurempia kuin A-junioreilla.

Tutkimuksessa käytetty kuormitusmalli on jääkiekkoilijoille käyttökelpoinen ja lajinomainen erityisesti maksimihapenoton mittauksen ja anaerobisen kynnyksen määrittämisen kannalta. Testiä voidaan hyödyntää jääkiekkoilijoiden suorituskyvyn kehittymisen seurannassa ja pelaajien ominaisuuksien vertailussa perinteisesti käytettyjä testi-  
muotoja lajinomaisemmin.

Avainsanat: hapenottokyky, maksimaalinen testi, luistelumatto, jääkiekko

## ABSTRACT

Karessuo, Anna-Kaisa 2012. Developing of maximal oxygen uptake test on skating treadmill for ice hockey players. Department of Biology of Physical Activity, University of Jyväskylä, 76 p.

An ice hockey player needs aerobic fitness for recovery, for delaying fatigue and tolerating heat (Gledhill & Jamnik 2007). Maximal oxygen uptake testing is a method for quantifying aerobic fitness. There are several loading models for maximal oxygen uptake testing, like direct or indirect and continuous or discontinuous. Maximal oxygen uptake tests are very sport specific and can be done e.g. on running or skating treadmill or with a cycle ergometer. Skating treadmill is fairly new as test equipment, and a universal loading model has not yet been developed for it. The object of the study was to find a useful maximal oxygen uptake test method for ice hockey players to be done on a skating treadmill and to compare acquired test responses to the values found in literature.

The subjects were 15 male ice hockey players, of which five from a Finnish Championship league team and 10 from an A-junior team at the time of testing. At first two different test protocols were experimented (so called speed and angle protocols) with two subjects each, after which the test protocol (combination of the two protocols) was chosen for the resting 11 subjects. Maximal oxygen uptake could be measured and anaerobic threshold determined for all the protocols. The average maximal oxygen uptake was  $4,09 \pm 0,46$  L/min ( $49,7 \pm 4,2$  ml/kg/min). The results are of the same magnitude as the values for ice hockey players in literature. For Finnish Championship league players maximal oxygen uptake ( $4,59 \pm 0,44$  vs.  $3,89 \pm 0,29$  L/min,  $p < 0,05$ ), body weight ( $91,6 \pm 14,5$  vs.  $79,0 \pm 7,2$  kg,  $p < 0,05$ ) and skating speed at anaerobic threshold ( $35 \pm 1$  km/h vs.  $33 \pm 1$  km/h,  $p < 0,05$ ) were higher than for A-junior players.

The loading model used in the study is useful and sport specific especially for maximal oxygen uptake measurement and for determination of anaerobic threshold. The test method can be exploited in performance development follow-up and when comparing the characteristics of the players more sport specifically than with the test methods traditionally used for ice hockey players.

Keywords: oxygen uptake, maximal test, skating treadmill, ice hockey

# SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1 JOHDANTO .....	4
2 FYYSISEN SUORITUSKYVYN TESTAAMINEN .....	5
2.1 Suorituskyvyn testaamisen taustaa .....	5
2.2 Kuntotestauksen laatu ja turvallisuus.....	8
2.3 Testattavia ominaisuuksia .....	9
3 HAPENOTTOKYVYN TESTAAMINEN .....	12
3.1 Testin tarkoitus .....	12
3.2 Erityyppiset hapenottokykytestit .....	13
3.3 Hapenottokykytestin muuttujat.....	19
4 JÄÄKIEKKO URHEILULAJINA .....	23
4.1 Vaadittavat fyysisen suorituskyvyn ominaisuudet .....	23
4.2 Hapenottokyvyn merkitys jääkiekossa.....	29
4.3 Jääkiekkoilijalle tavallisesti teetettävät kuntotestit.....	32
5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS.....	36
6 MENETELMÄT .....	37
6.1 Koehenkilöt .....	37
6.2 Tutkimusasetelma .....	38
6.3 Luistelumaton esittely .....	40
6.4 Mittaukset.....	40

6.5 Tilastolliset analyysit .....	44
7 TULOKSET .....	46
7.1 Kuormitusmallin testaus.....	46
7.2 Yhteenveto pelaajien testituloksista.....	50
7.2.1 Testin lopetushetki ja palautuminen.....	50
7.2.2 Maksimihapenotto.....	50
7.2.3 Anaerobinen kynnys.....	51
7.2.4 Taloudellisuus .....	52
7.3 Yhteydet eri testimuuttujien välillä.....	54
7.3.1 Korrelaatiot.....	54
7.3.2 Lineaariregressiot.....	55
7.4 Luistelumatto- ja polkupyöräergometritestin tulosten vertailu .....	56
8 POHDINTA.....	58
9 LÄHTEET .....	71

# 1 JOHDANTO

Useat urheilulajit ovat luonteeltaan intervallityyppisiä, joissa lyhyet maksimaaliset tai lähes maksimaaliset jaksot toistuvat melko lyhyiden palautusjaksojen jälkeen. Myös jääkiekko koostuu erittäin kovaintensiteettisistä suorituksista, joiden välillä on vaihtelevanpituisia taukoja. Jääkiekkoilijalta vaaditaan pelillisten ominaisuuksien lisäksi hyvää fyysistä suorituskykyä ja ennen kaikkea kykyä ylläpitää suoritustehoa läpi ottelun väsymättä. Jääkiekkoilijalle tärkeitä fyysisen suorituskyvyn osa-alueita ovat mm. voima ja anaerobinen suorituskyky, mutta myös aerobista suorituskykyä tarvitaan (Gledhill & Jamnik 2007). Fyysisen suorituskyvyn säännöllinen testaus on olennaista harjoittelun onnistuneisuuden seurannassa ja pelivalmiuksien kartoittamisessa.

Kestävyyskapasiteettia voidaan arvioida yleisesti maksimihapenottokyvyn avulla. Sitä on testattu perinteisesti polkupyöraergometrin tai juoksumaton avulla. Hapenotto ja useat muut fysiologiset vasteet ovat kuitenkin hyvin lajikohtaisia, minkä vuoksi suorituskykyä tulisi testata mahdollisimman lajinomaisilla testeillä. Luistelumattoja on eri maissa käytössä jonkin verran, Suomen ensimmäinen luistelumatto otettiin käyttöön vuonna 2009. Tutkimusaineistoa luistelumatton käytöstä hapenottokyvyn testauksessa on kuitenkin vain vähän, eikä laajemmin käytössä olevaa testiprotokollaa luistelumatolle vielä ole kehitetty. Lisäksi luistelumatot ovat hyvin erilaisia keskenään, minkä vuoksi testiprotokollien yleistäminen ei ole aivan yksinkertaista.

Tässä tutkimuksessa verrataan jääkiekkoilijoiden luistelumatolla saavuttamia maksimihapenottokykyarvoja ja muita testivasteita kirjallisuudessa esiintyviin arvoihin ja pyritään löytämään jääkiekkoilijoille käyttökelpoinen ja lajinomainen luistelumatolla suoritettava kuormitusmalli.

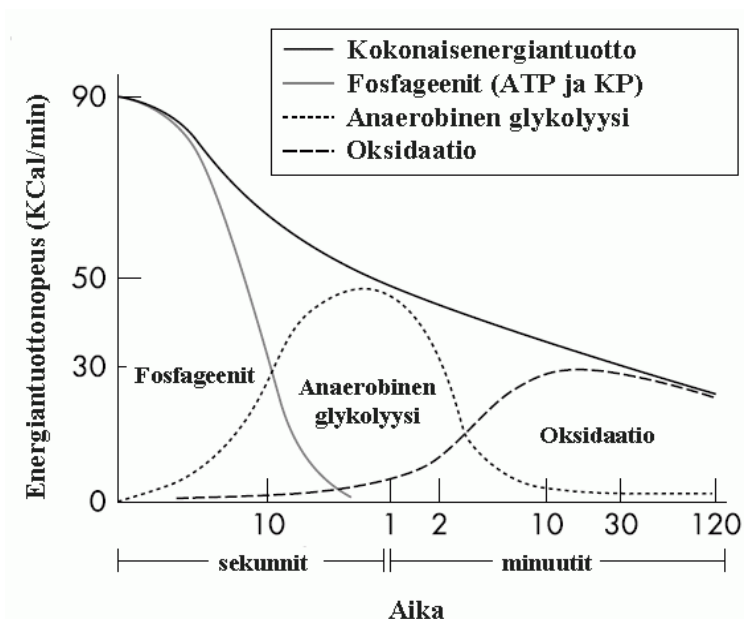
## 2 FYYSISEN SUORITUSKYVYN TESTAAMINEN

### 2.1 Suorituskyvyn testaamisen taustaa

Tavoiteltaessa mahdollisimman hyvää suorituskykyä ja sen paranemista on tiedettävä, millä tasolla ollaan ja mihin suuntaan suorituskyky kehittyy harjoittelun edetessä. Tämän vuoksi fyysistä suorituskykyä testataan erilaisilla mahdollisimman hyvin ja kattavasti lajisuoritusta kuvaavilla testeillä. Yksinkertaistettuna fyysisen suorituskyvyn on määritelty jakautuvan seuraaviin osiin: energiantuottoon (aerobiset ja anaerobiset prosessit), hermo-lihasjärjestelmän toimintaan (voimantuotto ja suoritustekniikka) sekä psyykkisiin tekijöihin (motivaatio ja taktiikka) (Keskinen ym. 2010, 12). Näiden tekijöiden pohjalle myös fyysisen suorituskyvyn testit tavalla tai toisella perustuvat. Urheilijan heikkouksien selvittämisen ja suorituskykytavoitteiden määrittämisen lisäksi kuntotestausta käytetään myös lahjakkuuksien havaitsemiseen (Gledhill & Jamnik 2007).

Energiantuotto ja sen riittävyys on keskeinen osa onnistunutta urheilu suoritusta, mihin myös monet suorituskykytestit kytkeytyvät. Intervallityyppisessä urheilu suorituksessa vaaditaan sekä anaerobista että aerobista energiantuottokykyä. Keho käyttää energianaan ainoastaan ATP:tä (adenosiinitrifosfaatti), jota voidaan muodostaa eri tavoin. ATP vapauttaa energiaa hajotessaan ATPaasi-entsyymin vaikutuksesta ADP:ksi (adenosiinidifosfaatti) ja fosfaatti-ioniksi (Pi). Suorituksen alussa käytetään lihaksessa valmiina olevia ATP-varastoja, jotka riittävät 1-2 sekunnin maksimaaliseen työhön. Tämän jälkeen ATP:ta tuotetaan useilla erilaisilla ja toistensa kanssa lomittaisilla mekanismeilla. Räjähävissä ja nopeaa energiantuottoa vaativissa suorituksissa ATP:tä tuotetaan kreatiinifosfaatin avulla. Kreatiinifosfaatin, ADP:n ja vetyionin reagoidessa kreatiinikinaasi-entsyymin vaikutuksesta syntyy tällöin ATP:tä sekä puhdasta kreatiinia. Lihasten kreatiinifosfaattivarastot riittävät tuottamaan ATP:tä noin 10 sekunnin yhtäjaksoisen suorituksen ajan. Anaerobisessa glykolyysissä glukoosi, joka on tuotettu pääosin lihasglykokeenista mutta myös maksan glykokeenista, hajoaa hapettomasti muodostaen ATP:tä ja laktaattia. Anaerobinen glykolyysi käynnistyy pian maksimaalisen suorituksen alettua, ja se on tehokkaimmillaan noin 5 sekunnin työn jälkeen. Aerobisesti energiaa tuotetaan kovatehoisissa suorituksissa pääosin glukoosia

hapettamalla rasvan hapettamisen ollessa pienemmässä roolissa. Hapen avulla energiaa saadaan tuotettua huomattavasti pidempään kuin hapettomissa reaktioissa. Mikäli edellä mainitut mekanismit eivät tuota riittävästi ATP:tä, voidaan sitä muodostaa lisäksi kahdesta ADP-molekyylistä, jolloin adenylaattikinaasi-entsyymien vaikutuksesta syntyy ATP:tä sekä AMP:tä (adenosiinimonofosfaatti). AMP deaminoituu edelleen IMP:ksi (inosiini-monofosfaatti) sekä ammoniumiksi ( $\text{NH}_4^+$ ). (Glaister 2005.) Kun kovatehoisia yksittäisiä suorituksia toistetaan riittämättömällä palautusjaksoilla, alkaa anaerobinen glykolyysi rajoittua, ja aerobisen energiantuoton osuus kasvaa asteittain. Glykolyyttisen inhibition laajuus ja toimintamekanismit ovat vielä monilta osin epäselviä, mutta nimenomaan palautusjaksojen pituuden on arveltu olevan yhteydessä anaerobisen glykolyysin estymiseen (Glaister 2008). Kovatehoisista yksittäisistä suorituksista palautetaan aerobisten energiantuottojen avulla (esim. Glaister 2008), ja hapenotto onkin lepotilaa korkeammalla vielä melko pitkään suorituksen päätyttyä. Hapenottokyvyn merkitystä intervallilajien urheilijoille käsitellään tarkemmin luvussa 4.2. Kaavakuva eri energiantuottoreittien toiminnasta suorituksen keston nähden on esitetty kuvassa 1.



KUVA 1. Kaavakuva eri energiantuottoreittien toiminnasta suorituksen keston nähden (Noakes & Gibson 2004, suom.). ATP = adenosiinitrifosfaatti, KP = kreatiinifosfaatti.

Yksi suorituskykyä useissa lajeissa merkittävästi rajoittava tekijä on väsymys, jonka ilmenemistä harjoittelulla pyritään vähentämään tai myöhäistämään, ja jota fyysisen

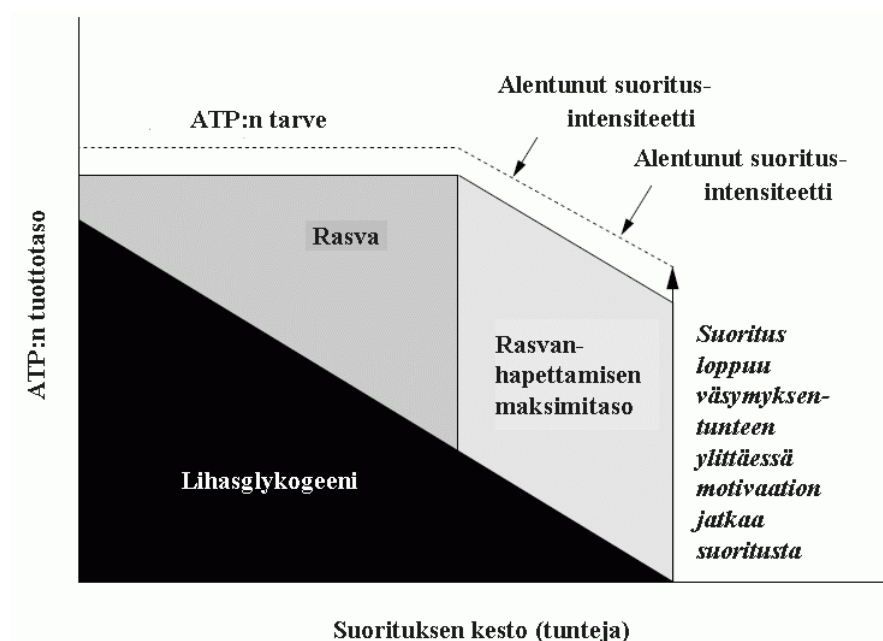


suorituskyvyn mittauksella pyritään selvittämään. Gandevian (2001) mukaan lihasväsymys on mitä tahansa liikunnan aiheuttamaa lihaksen voiman- tai tehontuottokyvyn alenemista, ja se voidaan jakaa sentraaliseen ja perifeeriseen väsymykseen. Tätä pidetään yleisimpänä väsymisen määritelmänä, vaikka muitakin hieman eroavia määritelmiä on esitetty (esim. Hornery ym. 2007).

Väsymystä on tutkittu pitkään, ja erilaisia teorioita sen synnylle on esitetty. Haasteensa aiheuttaa kuitenkin se, että väsymystilassa monet aineenvaihdunnalliset tekijät ovat muuttuneet huomattavasti lepotilaan verrattuna, mutta välttämättä ei tiedetä, ovatko muutokset seurausta normaalista aineenvaihdunnan sopeutumisesta urheilusuoritukseen, vai väsymystä aiheuttavia tekijöitä. Tutkimusten valossa mm. Noakesin ja Gibsonin (2004) sekä Gandevian (2001) perustelema keskushermostollisen säätelyn suuri rooli väsymyksen synnyssä vaikuttaisi loogisimmalta selitykseltä. Sen mukaisesti elimistön tilaa kontrolloidaan keskushermostollisesti siten, etteivät eri fysiologiset muuttujat pääse aiheuttamaan liiallista, ja joissain tapauksissa peruuttamatonta ylikuormitusta. Mikäli jokin tekijä saavuttaa sallitun maksimirajansa, heikennetään lihastoimintoa niin, ettei vakavaa vauriota synny. Näitä mahdollisia taustatekijöitä Noakesin ja Gibsonin (2004) mukaan voivat olla esimerkiksi kumuloitunut laktaattipitoisuus tai happamuus, hapenotto, sydämen syke, kehon lämpötila ja energian tai nesteen vähäisyys, joiden kunkin yksittäinen väsymystä aiheuttava rooli on eri tutkimusten perusteella kumottavissa. Intervallilajien osalta yhtenä merkittävimmistä rajoittavista tekijöistä pidetään kreatiinifosfaatin saatavuutta (Glaister 2008). Myös motivaation säätelyllä voidaan mahdollisesti suojata elimistöä, kuten kuvasta 2 energiantuotannon osalta ilmenee (Noakes & Gibson 2004). Kyseisen mallin mukaisesti keskushermosto säätelisi motoristen yksiköiden rekrytointia siten, ettei esimerkiksi energia pääse missään vaiheessa loppumaan aktiivisista lihaksista tai, mikä pahempaa, aivoista. Toisaalta suoritus lopetetaan mallin mukaan silloin, kun väsymyksen tuntu on suorituksen jatkamismotivaatiota suurempaa.

Väsymyksen kokeminen riippuu myös pitkälti kyseessä olevasta urheilusuorituksesta sekä urheilijan harjoitustaustasta. Anaerobisessa lyhyehkössä suorituksessa ja pitkässä aerobisessa suorituksessa väsymyksen taustalla ovat usein eri tekijät. Toisaalta urheilija, jolla hapenottokyky on ”heikoin lenkki”, saattaa hyvinkin kovavauhtisessa suorituksessa uupua ennen kaikkea hengästyksen ja hapenpuutteen vuoksi, kun taas

toisella samassa suorituksessa väsymisen taustalla saattaa olla lihasten liiallinen happamoituminen laktaatin kerääntymisen vuoksi. Vaikka keskushermostollisella säätelyllä olisikin suurin rooli väsymyksen ilmentymisessä, johtuu väsymys kuitenkin yksilötasolla jostain tietystä (tai useammasta) taustatekijästä, jonka taso ylittää elimistön turvarajat. Ensisijaisesti juuri väsymys rajoittaa urheilijan suorituskykyä ja jaksamista. Oikein kohdennetulla harjoittelulla voidaankin kehittää tarvittavia osa-alueita niin, että väsymystä tunnetaan mahdollisimman myöhäisessä vaiheessa suoritusta (Glaister 2005). Lajissa vaadittavien ominaisuuksien toteutumista ja suorituskyvyn kehittymistä voidaan seurata erilaisilla, säännöllisesti teetettävillä testeillä.



KUVA 2. Malli ATP-tuotannosta ja intensiteetin tasosta urheilu suorituksen aikana, minkä mukaisesti keskushermosto säätelee motoristen yksiköiden rekrytoinnin määrää siten, ettei energia missään vaiheessa pääse loppumaan (Noakes & Gibson 2004, suom.).

## 2.2 Kuntotestauksen laatu ja turvallisuus

Jotta kuntotestaus olisi laadukasta, on sen keskeisimpien kriteerien mukaisesti oltava validia, luotettavaa ja toistettavaa, sensitiivistä, vertailtavaa sekä turvallista. Testin tulee siis mitata pätevästi juuri sitä ominaisuutta, jota tavoitellaan. Testien on oltava mahdollisimman tarkasti toistettavia, jotta vertailukelpoisia tuloksia pidemmänkin väliajan kuluttua voitaisiin saada. Esimerkiksi useissa testeissä testilaitteet, nivelkulmat, erilaiset säädöt ja jopa käytettävät kengät saattavat aiheuttaa merkittävääkin vaihtelua

testituloksiin, joten ne on vakioitava mahdollisimman tarkasti. Sensitiivisyydellä tarkoitetaan sitä, että testi havaitsee todelliset muutokset. Mittausten virhemarginaalin on siis oltava niin pieni, että todelliset muutokset pystytään erottamaan. Sensitiivisyyden merkitys on erityisen suuri huippu- ja kilpaurheilijoilla, joilla tulosmuutokset tyypillisesti ovat melko pieniä hyvästä lähtötasosta johtuen, mutta toisaalta pienetkin muutokset on pystyttävä havaitsemaan. Kuntoilijoille puolestaan yleensä riittää hieman epätarkempikin mittaustulos. (Keskinen ym. 2010, 14.)

Turvallisuus on yksi laadukkaan testaustoiminnan kulmakivistä, sillä kuntotestauksen on tarkoitus olla harjoittelua tai hyvinvointia tukevaa, eikä suinkaan sitä heikentävää. Turvallisuuteen liittyvät niin testattava, testilaitteistot, suoritettavat testit kuin esimerkiksi vallitsevat olosuhteetkin. Ennen varsinaista testausta onkin huolehdittava siitä, että testattavan terveydentila on riittävän hyvä testin läpiviemisen kannalta ja että lämmittely on asianmukaista ja riittävää. Testaushenkilökunnan on myös tarvittaessa keskeytettävä testi, mikäli se on turvatonta testattavalle. (Tikkanen 2010.)

### **2.3 Testattavia ominaisuuksia**

Useimmiten kuntotestien yhteydessä tehdään antropometrisia tai kehonkoostumusta arvioivia mittauksia. Perusmittauksia ovat esimerkiksi testattavan pituus ja paino, joista voidaan edelleen laskea esimerkiksi painoindeksi. Painoindeksi ei kuitenkaan ota lihaksen ja rasvan osuutta huomioon, joten lihaksikkaiden urheilijoiden kohdalla se ei ole kovin kuvaava. Kehonpainoon saatetaan kuitenkin suhteuttaa muita testituloksia, kuten esimerkiksi maksimaalisen hapenottokyvyn mittauksessa usein toimitaan. Kehon rasvaprosentti vaikuttaa suorituskyykyyn useissa lajeissa, varsinkin juoksussa tai muissa kehon painoa kannattelevissa lajeissa, jolloin kaikki ylimääräinen paino ymmärrettävästi lisää kuormitusta. Rasvan määrää ei elävältä henkilöltä voida tarkasti mitata, mutta sitä voidaan arvioida esimerkiksi vedenalaispunnituksen, ihopoimu- mittauksen, biosähköisen impedanssin tai infrapunasäteen avulla. Vedenalaispunnitus on näistä menetelmistä tarkin, ja siihen muiden mittaustapojen luotettavuutta usein verrataan. (ACSM 2006, 57-65.)

Hermosto- ja lihasjärjestelmän toimintaa mittaaviin testeihin kuuluu mm. eri voimatyypien (maksimi-, nopeus- ja kestovoima) ja nopeuden testaus sekä notkeuden, tasa-

painon ja taidon testaaminen. Maksimivoimatesteillä pyritään nimensä mukaisesti selvittämään suurin mahdollinen voima tai kuorma, jolla kyseessä oleva liike voidaan juuri ja juuri vielä suorittaa. Maksimivoimatestissä voimantuottonopeus on tyypillisesti hidas, kun taas nopeusvoimatesteissä tarkoitus on tehdä suoritukset hyvinkin suurilla voimantuottonopeuksilla. Maksimivoimaa voidaan mitata isometrisesti, jolloin ulkoista liikettä ei esiinny tai dynaamisesti esimerkiksi vapaiden painojen avulla. Isometrinen testien heikkoutena on huono lajispesifisyys lähes kaikkiin lajeihin, vaikkakin testit ovat helppoja ja turvallisia toteuttaa. Isokineettisissä testimuodoissa suoritusten kulmanopeus pysyy vakiona, ja ne ovat siten vapaata liikettä paremmin toistettavissa. Kestovoimatestien tarkoitus on mitata lihasten tai lihasryhmien kykyä tuottaa voimaa suurilla toistomäärillä tai ylläpitää voimatasoa pitkään. Kestovoimatestit tehdään usein joko maksimitoistotesteinä, jossa tiettyä liikettä suoritetaan mahdollisesti tietyssä tahdissa niin kauan kuin testattava jaksaa, tai suorittamalla mahdollisimman suuri määrä toistoja ennalta määritetyssä ajassa. Nopeusvoimaa ja/tai suoritusten tehoa voidaan mitata esimerkiksi liikeanalyysin, vertikaali- tai muiden hyppyjen, kuntosalilaitteiden (esim. voima-nopeus -käyrän laatiminen jalkakyykyn tehomittauksen avulla) tai erilaisten kenttätestien avulla (esim. 5-loikka). Nopeuden testaaminen voidaan erottaa reaktionopeuden, räjähtävän nopeuden ja liikkumisnopeuden testaamiseen, joita kaikkia voidaan tyypillisesti testata lyhyehköjen juoksumatkojen avulla (esim. 20 metriä lentävällä lähdöllä tai paikaltaan). Räjähtävää nopeutta voidaan testata esimerkiksi videokuvauksen avulla, reaktionopeutta puolestaan erilaisten reaktiotestien avulla. (Keskinen ym. 2010, 125-170.)

Kestävyysominaisuuksien mittaaminen käsittää pääasiassa anaerobisen ja aerobisen suorituskyvyn mittaamisen ja arvioimisen. Aerobista suorituskkyä mitataan useimmiten maksimaalisen hapenottokyvyn ( $VO_2max$ ) avulla, mutta myös taloudellisuus vaikuttaa siihen. Hapenottokyvyn testaamiseen syvennyttään tarkemmin seuraavassa luvussa. Anaerobinen suorituskky eli nopeuskestävyys on oleellinen kovatehoisissa, yli maksimaalista hapenottokkyä vastaavien tehoalueiden suorituksissa, joiden kesto on 10-90 sekuntia. Nimensä mukaisesti nopeuskestävyys perustuu pääasiassa anaerobiseen energiantuottoon. Anaerobiseen suorituskkyyn vaikuttavat anaerobinen kapasiteetti (maksimaalinen ATP-energiämäärä, joka anaerobisesti voidaan tuottaa), anaerobinen teho (anaerobisen energian tuottonopeus), anaerobinen taloudellisuus sekä hermo-lihasjärjestelmän suorituskkyisyys.

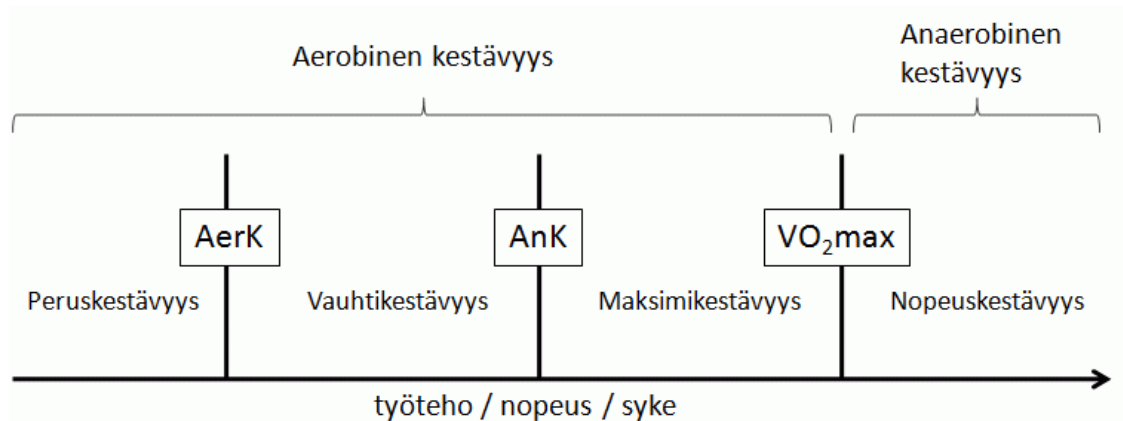
Anaerobista kapasiteettia voidaan arvioida veren maksimilaktaattipitoisuuden, happivajeen tai happivelan avulla, joista viimeisin on viime aikoina kasvattanut suosiotaan. Käytetyimpiä anaerobisen suorituskyvyn testejä ovat Wingaten 30 ja 60 sekunnin testit, maksimaalinen anaerobinen suorituskykytesti juoksumatolla (MART) tai polkupyöräergometrilla (MACT) suoritettuna, hyppelytestit ilman painoja tai lisäpainojen kanssa sekä erilaiset anaerobiset kenttätetit. Anaerobista ja aerobista suorituskykyä arvioidaan usein myös anaerobisen ja aerobisen kynnyksen avulla, joista kerrotaan tarkemmin luvussa 3.1. (Keskinen ym. 2010, 51-57, 117-119.)

Lukuisista testivaihtoehtoista on kussakin testitilanteessa osattava valikoida kyseiselle testattavalle ja hänen urheilulajilleen ominaisimmat testityypit, testattavat lihasryhmät ja suoritustavat (isometrinen, konsentrisen tai eksentrisen lihastyö; hidas tai nopea suoritusnopeus; nivelkulmien suuruus jne.), sillä suorituskyvyn on havaittu olevan hyvin lajispesifistä (esim. McArdle 2010, 234-241).

## 3 HAPENOTTOKYVYN TESTAAMINEN

### 3.1 Testin tarkoitus

Hapenottokyky on yksi kestävyys suorituskykyyn vaikuttavista tekijöistä yhdessä pitkäaikaisen aerobisen kestävyden, taloudellisuuden sekä hermo-lihasjärjestelmän suorituskyvyn kanssa (Keskinen ym. 2010, 51), ja maksimihapenottokyvyn testaaminen on yksi vanhimmista ja yleisimmistä fyysisen suorituskyvyn testimenetelmistä (Czuba ym. 2010). Kestävyys suorituskykyä arvioidaan useimmiten juuri energia-aineenvaihdunnan muutoksia tarkastelemalla, joihin syvennyttiin tarkemmin luvussa 2. Kestävyysominaisuudet jaotellaan tehon suhteen seuraaviin osa-alueisiin: peruskestävyys, vauhtikestävyys, maksimikestävyys ja nopeuskestävyys, kuten kuvasta 3 ilmenee (Keskinen ym. 2010, 51).



KUVA 3. Kestävyuden osa-alueet ja kynnykset (Keskinen ym. 2010, 51, mukailtu). AerK = aerobinen kynnyks, AnK = anaerobinen kynnyks.

Perus- ja vauhtikestävyden välistä kohtaa kutsutaan suomalaisittain aerobiseksi kynnykseksi, jossa laktaattipitoisuus ensimmäistä kertaa kohoaa yli lepotason, ja samassa kohtaa hiilidioksidin tuotto sekä ventilaation suhde hapenkulutukseen alkavat nousta mm. energiantarpeen lisääntyessä. Vauhti- ja maksimikestävyysalueiden välistä kohtaa kutsutaan Suomessa puolestaan anaerobiseksi kynnykseksi. Tässä kohtaa elimistö ei enää kykene poistamaan kertyvää laktaattia samassa tahdissa kuin sitä syntyy, vaan sen pitoisuus alkaa nousta jyrkästi, ja myös ventilaatio kiihtyy suhteessa hapenkulutukseen ja hiilidioksidin tuottoon. (Keskinen ym. 2010, 52). Useissa

maksimaalista hapenottokykyä mittaavissa testeissä määritetään hapenoton lisäksi laktaattimittauksen avulla em. kynnykset, jotka tarkentavat kestävyysuorituskykytulkintaa. Mitä suuremmalla suoritusteholla henkilön aerobinen kynnyks sijaitsee, sitä suuremmalla teholla hän voi käyttää rasvoja energiaraaka-aineena hiilihydraattivarastoja säästäen ja näin liikkua pitkään väsymättä. Vastaavasti henkilö, jolla anaerobinen kynnyks on korkealla tehoalueella, pystyy tekemään kovempitehoisia suorituksia väsymättä. Tietyissä testimuodoissa (esim. juoksumattotesti nopeusmallilla, useat kenttätestit) kynnyksen perusteella voidaan myös suoraan määrittää sopivat harjoitusvauhdit tietyntavoitteisille harjoituksille.

Maksimaalinen hapenottokyky ( $VO_2\max$ ) on määritelmän mukaan kohta, jossa hapenotto saavuttaa huippunsa ja tasaantuu tai nousee vain hieman työtehoa jatkuvasti kasvatettaessa (esim. Czuba ym. 2010). Maksimaaliseen hapenottokykyyn vaikuttaa toisaalta se, miten hyvin lihakset pystyvät käyttämään happea energiantuottoon, ja toisaalta miten tehokkaasti hengitys- ja verenkiertoelimistö kuljettaa happea lihas-soluihin (McArdle 2010, 459). Maksimaalinen hapenotto riippuu huomattavasti kyseessä olevasta lajista, sillä hapentarve on sitä suurempi, mitä suuremmat lihasmassat työskentelevät. Tämän vuoksi esimerkiksi juoksussa hapenotto nousee yleensä suuremmaksi kuin pyöräilyssä. Myös urheilijan laji- ja harjoittelutausta vaikuttaa hapenottokykyyn, sillä lihakset harjaantuvat myös energia-aineenvaihdunnan osalta. Paljon pyöräillen harjoitellut saattaa siis saada pyörätestissä korkeamman tuloksen kuin juoksupuolissa, jossa suoritus saattaa olla myös enemmän juosseen verrattuna epä-taloudellisempaa. Eri lajien urheilijoita vertailtaessa on havaittu, että pikaluistelijoilla maksimihapenotto kehon painoon suhteutettuna ( $ml/kg/min$ ) on pienempi kuin maastohiihtäjillä tai kestävyysjuoksijoilla, mutta suurempi kuin esimerkiksi pyöräilijöillä. Maksimihapenoton suuruuteen vaikuttaa edellä mainittujen tekijöiden lisäksi myös mm. testattavan ikä ( $VO_2\max$  laskee iän myötä), henkilön koko ja kehonkoostumus, sukupuoli (naisilla arvot pienempiä kehonkoostumuseroista johtuen) sekä perimä. (McArdle 2010, 234-241.)

### **3.2 Erityyppiset hapenottokykytestit**

Hapenottoa voidaan arvioida epäsuorilla tai suorilla testeillä. Testit voivat olla maksimaalisia tai submaksimaalisia. Epäsuorissa testeissä hapenotto arvioidaan muiden

muuttujien, kuten sydämen sykkeen perusteella, sillä sykkeen ja hapenkulutuksen on todettu kulkevan hyvinkin lineaarisesti tietyllä submaksimaalisella alueella. Epäsuorien testien hapenottokyvyn kaavat on kehitetty mittaamalla tietylle otosjoukolle maksimihapenottokyky tietyllä testillä ja etsimällä muista muuttujista maksimihapenottoon mahdollisimman hyvin korreloivia tekijöitä, kuten syke tai saavutettu kuormitustaso (esim. Akalan ym. 2008, Bangsbo ym. 2008). Suorassa testissä hapenotto puolestaan mitataan esimerkiksi hengityskaasujen avulla. Maksimaalinen testi suoritetaan nimensä mukaisesti testattavan uupumukseen asti, jolloin testin tulokset saadaan suoraan suurimmista saavutetuista lukemista (ks. määrittäyssäännöt tarkemmin luvussa 3.3). Submaksimaalisessa testissä saadaan arvio testattavan maksimitehosta ja -hapenotosta ekstrapoloimalla hapenottotuloksia testattavan maksimisykkeeseen asti. Submaksimaaliset epäsuorat testit sisältävät kuitenkin paljon virhelähteitä esimerkiksi ekstrapoloinnista (syke ei välttämättä nouse lineaarisesti enää lähellä maksimikuormia) ja maksimisykkeen arvioinnista johtuen, eikä se epätarkkuutensa vuoksi ole sopiva huippu-urheilijoiden käyttöön. Submaksimaalisissa juoksumatto-, polkupyöräergometri- ja kenttätesteissä testin tarkkuudeksi on saatu 0,46-0,977 (Akalan ym. 2008), joten vaihtelu on huomattavaa. Kuntoilijoille epäsuora submaksimaalinen testi kuitenkin useimmiten riittää, ja se onkin maksimaalista testiä turvallisempi ja halvempi toteuttaa.

Hapenoton testaamisessa käytetyimpiä testimuotoja ovat polkupyöräergometrillä sekä juoksumatolla suoritettavat testit. Juoksumatolla testi voidaan tehdä juosten tai kävellen, haluttaessa kävelysauvojen kanssa. Kummassakin testilaitteessa on tärkeää, että vastus on säädettävissä ja säätöjen lukemiin voidaan luottaa. Polkupyöräergometrissa vastusta säädetään halutun työtehotason mukaisesti, juoksumatossa vastuksena toimii puolestaan maton kulma sekä pyörimisnopeus. Muita käytettyjä ergometrejä ovat mm. soutu- ja käsiergometri.

Hapenottokyky on hyvin lajisidonnaista, kuten edellä on todettu, ja eri tavoin suoritetuista testeistä voidaan samalle henkilölle saada hyvinkin erilaisia tuloksia. Esimerkiksi Durocher ym. (2010) sekä Dreger ja Quinney (1999) ovat huomanneet merkittäviä eroja vertaillen jällä luisteltavan testin ja polkupyöräergometritestin tuloksia. Näistä uudemmassa (Durocher ym. 2010) tutkimuksessa 12 noin 20-vuotiasta yliopistojääkiekkoilijaa suoritti hapenottokykytestin sekä polkupyöräergometrillä että jällä luistellen, ja molemmissa testeissä pelaajilla oli jääkiekkovarusteet päällä



mahdollisimman autenttisen pelitilanteen saavuttamiseksi. Molemmat testit tehtiin 80 sekunnin kuormituksilla, joiden välissä oli 40 sekunnin tauko laktaattinäytteenottoa varten. Luistelutesti suoritettiin kuitenkin edestakaisluisteluna niin, että testin alussa luistelunopeus oli 3,2 m/s, ja nopeus kohosi 0,3 m/s joka kuormalla. Polkupyörätestissä aloitustyöteho oli 80W, ja tehoa lisättiin 40W joka kuormalla. Testejä vertailtaessa havaittiin, että luistelutestissä maksimihapenotto ( $VO_2\max$ ) oli suurempi ( $46,9 \pm 1,0$  ml/kg/min vs.  $43,6 \pm 0,9$  ml/kg/min), maksimisyke oli korkeampi ( $192,2 \pm 1,8$  1/min vs.  $186 \pm 1,5$  1/min) ja ns. laktaattikynnys (viimeisin kuorma, jossa laktaattipitoisuus vielä oli alle 4 mmol/l) oli korkeammalla maksimihapenottoon ja maksimisykkeeseen suhteutettuna (%  $VO_2\max$ :  $85,9\% \pm 1,9\%$  vs.  $69,7\% \pm 1,3\%$ ; %HRmax:  $90,1\% \pm 1,3\%$  vs.  $79,4\% \pm 1,6\%$ ). Eri testimenetelmillä saadut maksimihapenottoarvot eivät korreloineet keskenään. Tutkijat kyseenalaistivatkin tulosten perusteella ei-lajinomaisen polkupyörätestin käytön NHL:n valintatesteissä (NHL Entry Draft).

Nobes ym. (2003) vertailivat puolestaan jäällä ja luistelumatolla luisteltavaa testiä toisiinsa. Koehenkilöinä oli 15 noin 21-vuotiasta miespuolista yliopistojääkiekkoilijaa. Testi alkoi submaksimaalisella osuudella, jossa luisteltiin neljä minuuttia 18, 20 ja 22 kilometrin tuntinopeudella, ja kuormien välissä oli viiden minuutin palautusjakso. Tämän jälkeen alkoi varsinainen maksimihapenottotesti, joka aloitettiin 24 km/h luistelunopeudella ja nopeutta lisättiin 1 km/h minuutin välein uupumukseen asti. Tutkimuksessa luistelukulma pysyi koko ajan nollassa. Maksimihapenoton havaittiin olevan yhteneväinen luistelumatolla ja jäällä luistellessa ( $53,4 \pm 2,3$  ml/kg/min vs.  $54,7 \pm 3,6$  ml/kg/min, vastaavasti), mutta maksimisyke oli luistelumatolla jääluistelua korkeampi ( $193,3 \pm 6,6$  vs.  $187,9 \pm 5,8$ , vastaavasti). Myös luistelupotkujen tiheys oli luistelumatolla jäällä luistelua suurempi kaikilla tarkastelluilla nopeuksilla (esim. 22 km/h:  $47,6 \pm 4,4$  1/min vs.  $39,3 \pm 4,4$  1/min), kun taas potkujen pituus oli luistelumatolla jäällä luistelua lyhyempi (esim. 22 km/h:  $7,8 \pm 0,8$  m/potku vs.  $9,5 \pm 1,1$  m/potku).

Päinvastaisia tuloksia ovat kuitenkin saaneet esimerkiksi Koepp ja Janot (2008), jotka havaitsivat, että luistelumatolla tehtävällä testillä saavutettiin juoksumattoa pienemmät maksimihapenottoarvot, vaikkakin ero oli tilastollisesti merkitsevä ainoastaan verrattaessa epäjatkuvaa luistelutestiä (2 minuutin kuormat, joiden välissä 2 minuutin lepotauko) juoksumattotestiin. Merkittäviä työtapojen välisiä eroja havaitsivat myös

Aziz ym. (2005) tutkimuksessaan, jonka mukaan kestävyysurheilijat saivat merkittävästi pienemmät (-6 ml/kg/min) maksimihapenottoarvot sukkulajuoksu-  
testillä tehtynä verrattuna tavalliseen juoksumattotestiin. Joukkuelajien urheilijoilla (maahockeyn ja rugby-  
n pelaajia) merkittävää eroa hapenotossa ei sen sijaan ollut. Tulosten eroavaisuutta perusteltiin juuri lajinomaisuudella, koska joukkuelajien urheilijat ovat kestävyysurheilijoita tottuneempia tekemään jatkuvasti käännöksiä, kiihdyttämään ja jarruttamaan. Sukkulajuoksu-  
testissä pääteltiin olevan myös enemmän anaerobisia piirteitä, johon kestävyysurheilijat eivät olisi kovin tottuneita.

Myös Carey ym. (2009) havaitsivat merkittäviä eroja anaerobisen kynnyksen sijainnissa vertaillaan pyöräillen ja juosten tehtäviä testejä, ja he päätyivät suosittamaan laji-  
kohtaisia testejä harjoitusyhteisöiden määrittämiseen, vaikka maksimihapenotossa ei tässä tutkimuksessa havaittu merkittävää eroa testimuotojen välillä. Vertaillaan juoksumattotestiä ja polkupyöräergometritestiä eri lajien urheilijoille teetettynä Basset ja Boulay (2000) puolestaan havaitsivat, että koko joukkoa tarkasteltaessa juoksumatolla saavutettiin korkeammat maksimihapenottoarvot polkupyörätestiin verrattuna. Kun eri testimenetelmien ja urheilulajien edustajien sykearvoja analysoitiin henkilökohtaiseen maksimihapenottoon suhteutettuna, havaittiin kuitenkin merkittävä korrelaatio testimuotojen ja lajiryhmien välillä. Toisaalta heidän tuloksistaan on havaittavissa, että pyöräilijät jaksoivat pyöräillä juoksijoita ja triathlonisteja kauemmin, ja toisaalta juoksijat jaksoivat juosta juoksumatolla muita kauemmin, vaikka testituloksia ei tästä näkökulmasta ollutkaan tutkimuksessa analysoitu. Havainto kuitenkin korostaa lajispesifisyyden vaikutusta testituloksiin. Myöhemmässä tutkimuksessaan Basset ja Boulay (2003) havaitsivat myös pyöräilyn ja juoksun olevan vertailukelpoisia keskenään, kun syketasoja tarkasteltiin suhteelliseen maksimihapenotto-  
tasoon nähden (%VO<sub>2</sub>max), joskin testattavien määrä oli varsin pieni (kahdeksan henkilöä).

Kestävyysuorituskykyä voidaan laboratoriotestien lisäksi mitata tai arvioida myös erilaisilla kenttätesteillä, jotka ovatkin yleistyneet viime aikoina niiden paremman lajinomaisuutensa vuoksi. Esimerkkejä kenttätesteistä ovat radalla juosten tehtävät valo-  
jänistetit, uima-altaassa suoritettavat uintitetit (esim. Conley ym. 1992), jäällä suoritettavat luistelutetit sekä niin kutsutut Yo-Yo- ja muut sukkulatestetit (Bangsbo ym. 2008, Aziz ym. 2005), joissa testattavat juoksevat 20 metrin matkaa edestakaisin

merkkiäänäen tahdissa etenemisnopeuden kiihtyessä aika ajoin. Yo-Yo -testit ovat käännosten vuoksi suoraa juoksua lajinomaisempia esimerkiksi pallopelien urheilijoille, ja testistä on kehitetty myös versio intervallityyppisiin lajeihin paremmin sopivaksi (Bangsbo ym. 2008, Krstrup ym. 2006). Kenttätesteissä suorituskyky voidaan määrittää saavutetun kuormitustason tai ajan perusteella, ellei esimerkiksi hapenottoa haluta tai ole mahdollista kannettavilla laitteilla mitata. Esimerkiksi edellä mainitussa Aziz:n ym. (2005) tutkimuksessa havaittiin käytetyn sukkelajuoksutestin olevan pätevä maksimihapenottokyvyn arviointiin, kun taas joissain testeissä saavutetun kuormitustason yhteyttä lajisuorituskykyyn pidetään maksimihapenottokykyä olennaisempana (esim. Bangsbo ym. 2008).

Jääkiekkoilijoille kehitetystä maksimihapenottoa arvioivasta kenttätestistä esimerkkinä toimii Leonen ym. (2007) testi. Tutkimuksessaan he vertasivat juosten suoritettavan sukkelatestin ja jäällä luisteltavan sukkelatestin tuloksia. Tutkimus tehtiin n.15-vuotiaille jääkiekkoilijoille, ja maksimihapenoton arviointikaava määritettiin 23 testattavan perusteella vertailemalla viimeisen luistelukuorman hapenottoa luisteltujen tasojen määrään. Tutkijat toteavat luistelutestin olevan pätevä hapenottokyvyn arviointiin validoituaan sen suuremmalla otosjoukolla (112 testattavaa), mutta käytännössä testissä on paljon virhelähteitä. Esimerkiksi juoksutesti suoritettiin jatkuvana, mutta luistelutesti tauotettuna niin, että jokaisen 60 sekunnin kuorman jälkeen seurasi 30 sekunnin palautus, sillä varsinkaan nuoret luistelijat eivät olisi kyenneet turvallisesti ja ilman liiallista väsymistä suorittamaan luistelutestiä yhtäjaksoisesti. Juoksutestin maksimihapenottoa ei mitattu, vaan se oli arvioitu muiden tutkijoiden aiemmin määrittelemällä kaavalla. Luistelutesti tehtiin jääkiekkokaukalossa nopeutta nostaen, joten parhaimmilla pelaajilla nopeudet nousivat huimiin lukemiin (n. 43 km/h), joten nopeus ja tekniikka saattavat helposti tulla varsinkin tutkimuksessa käytetyillä hyvin nuorilla, keskimäärin 15-vuotiailla luisteliijoilla rajoittaviksi ja tuloksiin vaikuttaviksi tekijöiksi. Juoksu- ja luistelutestien välillä oli myös kolmen neljän viikon jakso, jotta pelaajat ehtisivät totutella taas luisteluun suoritettuaan juoksutestin paljon kuivaharjoittelua sisältäneen peruskuntokauden lopuksi. Pelaajien suorituskyvyssä on siis hyvinkin saattanut tapahtua muutoksia kyseisenä aikana. Lisäksi vaikka tutkimuksen perusteella saatiin tilastollisesti merkitsevä yhteys suoritettujen tasojen ja hapenoton välillä, voi yksilökohtainen virhe nousta huomattavaksikin, minkä takia testin pätevyys kilpaurheilijoille voi kyseenalaistaa.

Kuten edelläkin on tullut esille, hapenottokykytestejä voidaan eri testimuotojen lisäksi tehdä hyvin erilaisina esimerkiksi testin jatkuvuuden (jatkuva/epäjatkuva), alkuvastuksen, vastuksen noston ja kuormien pituuksien osalta. Juoksu- ja luistelumatoissa kuormitus määrittyy myös sen mukaan, missä vaiheessa nopeutta ja kulmaa nostetaan. Niin kutsutussa nopeusmallissa kulma pidetään vakiona yhdessä asteessa ja nopeutta nostetaan joka kuormalla, kun taas niin kutsutussa mäkimallissa kulmaa lähdetään nostamaan jo testin alkuvaiheilla nopeutta puolestaan maltillisemmin nostaen (Keskinen ym. 2010, 65-66). Testimalleista ei ole olemassa kovinkaan vakiintuneita käytäntöjä, vaan kuormitusmalleja sovitetaan useimmiten kyseessä olevan testattavan mukaan mm. kunto- ja lajitaustaan sopiviksi. Tutkimuksissa on havaittu merkittäviä tuloseroja esimerkiksi testin jatkuvuuden osalta. Czuba ym. (2010) havaitsivat pyöräilijöitä testatessaan, että lineaarisesti nousevalla kuormituksella (0,5W/s) saavutettiin korkeammat maksimihapenotto-, maksimisyke-, maksimihengitysosamäärä-, maksimi-minuuttiventilaatio- ja maksimityökuormalukemat verrattuna ramppitestiin, jossa kunkin kuorman kesto oli kolme minuuttia. Eron arveltiin johtuvan sekä niin käytettävistä lihassolutyypeistä kuin testin kokonaispituudesta, sillä kokonaiskestoltaan liian pitkän testin on havaittu johtavan pienempiin maksimihapenottolukemiin mahdollisesta keskushermostollisesta väsymyksestä johtuen. Testimalli olisikin rakennettava siten, että kokonaiskesto olisi 12-15 minuuttia, joskin huippu-urheilijoilla testiä voisi venyttää 20-25 minuuttiin, jotta myös kynnykset saataisiin määritettyä (Czuba ym. 2010). Suomalaisessa kuntotestauksessa suositeltavana kuormien määränä on pidetty 8-12, ja ns. pitkän testin kuormien pituudet ovat kahdesta kolmeen minuuttiin, kun taas lyhyen testin kuormien pituudet vaihtelevat 30-60 sekunnin välillä (Keskinen ym. 2010, 64).

Luistelua koskevissa tutkimuksissa monet testit on tehty epäjatkovina (Dreger & Quinney 1999, Koepp & Janot 2008, Leone ym. 2007). Dreger ja Quinney (1999) käyttivät luistelumatotestissään 15-16-vuotiaille jääkiekonpelaajilleen protokollaa, jossa kahden minuutin työjaksojen välissä oli kahden minuutin palautusjaksot. Luistelunopeus oli koko ajan sama, mutta nousukulmaa nostettiin joka kuormalla. Epäjatkovaa testimuotoa perusteltiin sillä, että pilottitutkimuksessaan he olivat havainneet hyvän luisteluasennon pitämisen mahdolliseksi kahta minuuttia pidempään luistelumaton ”luonteen” vuoksi. Epäjatkovaa mallia pidettiin myös jääkiekkoilijoille lajinomaisempana ja tämän vuoksi sopivana testimallina. Myös Leone ym. (2007)

totesivat taukojen olevan välttämättömiä testattavien turvallisuuden ja liiallisen väsymyksen ehkäisyn takia, ja he valitsivat kuormitusmuodoksi 60 sekunnin kuormat 30 sekunnin palautuksilla. Toisaalta Koepp ja Janot (2008) havaitsivat myöhemmin tutkimuksessaan, että jatkuvalla ja epäjatkuvalla luistelumatotestillä saatiin samanlaisia tuloksia, ja näin ollen myös jatkuva luistelutesti olisi käyttökelpoinen testimalli. Yleisesti ottaen hapenottokykytestimallien osalta on viime aikoina alettu suosia enemmän jatkuvia testimalleja. Toisaalta sisällytettäessä maksimihapenottotestiin myös laktaatin mittausta, täytyy tämä ottaa huomioon myös testimallissa, sillä käden tai muun mittauspisteen tulisi olla verinäytteenoton ajan mahdollisimman liikkumatta, jotta luotettava näyte saadaan mahdollisimman nopeasti otettua. Polkupyöräergometritestissä laktaatinäyte saadaan helposti otettua ilman pyöräilyn keskeyttämistä, mutta juoksumatto- ja luistelumatotestissä käden paikallaan pitäminen suorituksen aikana on hankalampaa, minkä vuoksi kuormien välisiä taukoja on näissä testimuodoissa usein käytetty.

### **3.3 Hapenottokykytestin muuttujat**

Suorissa hapenottokykytesteissä hapenottoa mitataan useimmiten hengityskaasu-analysointilaitteen avulla, mikä on varsin tarkka menetelmä hapenkulutuksen arviointiin. Hapenkulutusta voidaan mitata perinteisemmällä kaasujenkeräysmenetelmällä sekoituskammion avulla tai viime aikoina huomattavasti yleistyneellä hengitys-hengitykseltä -mittaustavalla. Jälkimmäisessä etuna on lyhyempiä aikaisten muutosten havaitseminen. (Keskinen ym. 2010, 61-62.) Hengityskaasumittauksen lisäksi sydämen sykettä seurataan erillisellä mittarilla ja useimmiten veren laktaattiarvo määritetään erillisellä mittauksella joka kuorman lopusta. Hengityskaasu-, syke- ja laktaattitulokset yhdistämällä saadaan melko kattava kuva elimistön toiminnasta eri raskautasasteilla.

Suorassa hapenottokykytestissä hapenoton mittausta perustuu sisään- ja uloshengitetyn ilman tilavuuksien sekä happi- ja hiilidioksidipitoisuuksien mittaamiseen. Sisäänhengitettävä ilma pysyy koostumukseltaan hyvin vakiona ja sisältää happea (O<sub>2</sub>) 20,93%, hiilidioksidia (CO<sub>2</sub>) 0,03% ja typpeä (N<sub>2</sub>) 79,04%. Vähentämällä sisäänhengitetystä happimäärästä uloshengitetty happimäärä, saadaan selville solujen käyttöön jäänyt happimäärä eli hapenkulutus:

$$VO_2 = V_E \times [(\%N_2E \times 0,265) - \%O_2E]$$

, jossa  $V_E$  on uloshengitetyn ilman tilavuus,  $\%O_2E$  uloshengitetyn hapen osuus ja  $\%N_2E$  uloshengitetyn typen osuus. Kaavassa  $(\%N_2E \times 0,265) - \%O_2E$  on samalla ns.  $TrueO_2$ , joka kuvastaa sisäänhengitetyn ja uloshengitetyn happipitoisuuden erotusta. Elimistön hiilidioksidin tuotto voidaan puolestaan laskea kaavasta

$$VCO_2 = V_E \times (\%CO_2E - \%CO_2I)$$

, jossa  $\%CO_2E$  on uloshengitetyn ja  $\%CO_2I$  sisäänhengitetyn hiilidioksidin osuus. (McArdle 2010, 181-182.)

Hengitysosamäärä kuvastaa hiilidioksidin tuoton suhdetta hapenkulutukseen ja kertoo suorituksen anaerobisuudesta ja toisaalta käytettävästä energian raaka-aineesta. Hengitysosamäärä on pienin (n. 0,7) rasvoja poltettaessa, hiilihydraatteja käytettäessä 1,0 ja proteiineja tai sekaruokavaliota käytettäessä n.0,82 (McArdle 2010, 186-190). Pinnallisesti hengitettäessä tai huohotettaessa hengitysosamäärä saattaa myös olla normaalitilannetta suurempi hiilidioksidin tuoton ollessa todellista hapenkulutusta suurempi, mutta testissä kyseiset poikkeamat tasoittuvat keskiarvoistettaessa tuloksia pidemmälle aikavälille, usein minuutin tai puolen minuutin jaksoille. Myös hengityskaasumaskin vuotaminen saatetaan havaita mittauksessa normaalista poikkeavasta hengitysosamäärästä, sillä maskin vuotaessa mitattu hapenkulutus on todellista pienempää, mikä näkyy suurentuneena hengitysosamääränä. Normaalisti hapenotto-kykytestin alussa hengitysosamäärä on alhainen, mutta nousee testin ja kuormituksen edetessä. Kun hengitysosamäärä on yli yhden, ei hapen avulla enää voida tuottaa riittävästi energiaa, ja suorituksen anaerobinen osuus kasvaa. Hengitysosamäärä saadaan laskettua hengityskaasumittauksista seuraavasti:

$$RER = \frac{VCO_2}{VO_2} = \frac{\%CO_2E - \%CO_2I}{TrueO_2}$$

(McArdle 2010, 182). Edellä mainittujen muuttujien lisäksi hapenottoa mittaavilla laitteistoilla voidaan saada selville esimerkiksi hengitystaajuus, sekä muista arvoista laskemalla ventilaatioekvivalentit hapelle ja hiilidioksidille (esim. Dreger & Quinney

1999). Hapenotto voidaan esittää absoluuttisena arvona (L/min) tai kehonpainoon suhteutettuna (ml/kg/min). Hapenotto on jonkin verran riippuvainen kehonpainosta, painavammilla henkilöillä usein myös hapenottokyky on suurempi. Eri henkilöiden hapenottoa vertailtaessa käytetäänkin useimmiten kehonpainoon suhteutettua arvoa, joka kuvastaa suorituskykyä paremmin erityisesti lajeissa, joissa kannatellaan kehon painoa. (ACSM 2006, 286-287.). Absoluuttinen hapenottokykyarvo puolestaan sopii hyvin esimerkiksi soutuun ja pyöräilyyn, joissa omaa kehoa ei tarvitse liikutella. Toisinaan käytetään myös  $\text{kg}^{2/3}$  -suhteutusta ( $\text{ml}/\text{kg}^{2/3}/\text{min}$ ), jonka on havaittu joissain tapauksissa toimivan hyvänä muuttujana.

Hengityskaasuanalysointien käytössä on muistettava, että pienetkin muutokset taustatekijöissä saattavat vääristää mittaustulosta huomattavastikin. Tämän vuoksi esimerkiksi huoneilman lämpötila ja kosteus otetaan huomioon jo mittaustuloksissa, ja niiden tulisi pysyä vakiona mittauksen ajan. Hengityskaasuanalysointit on myös kalibroitava säännöllisesti sekä tilavuuden että kaasupitoisuuksien mittauksen osalta. Kaasupitoisuusmittauksen kalibrointi tehdään vakiokaasun avulla, tilavuuden ja nollatason kalibrointi puolestaan kalibrointipumpun avulla. (Keskinen ym. 2010, 63-64.)

Maksimihapenottotestin onnistuneisuutta arvioidaan eri testimuuttujien avulla. Maksimihapenotto katsotaan useimmiten saavutetuksi, jos yksi tai useampi seuraavista ehdoista täyttyy:

- Hapenoton tasaantuminen tai kääntäminen laskuun (esim. Durocher ym. 2010, Glaister ym. 2006, Heugas ym. 2007, Carey ym. 2007: korkeintaan 200ml lisäys kahden viimeisen kuorman aikana)
- Riittävän korkea hengitysosamäärä (esim. Chia ym. 2007: yli 1,05, Carey ym. 2007: yli 1,1, Glaister ym. 2006: yli 1,1, Heugas ym. 2007: yli 1,1, Aziz ym. 2000: yli 1,15, Durocher ym. 2010: yli 1,15)
- Syke saavuttaa testattavan tiedetyn tai iän perusteella arvioitun maksimiarvon (esim. Carey ym. 2007, Aziz ym. 2000 (vähintään 95% HRmax:sta), Glaister ym. 2006 (iän perusteella arvioitu  $\pm 10$ ), Heugas ym. 2007 (iän perusteella arvioitu  $\pm 10\%$ ))

- Laktaattipitoisuus on riittävän korkea (esim. Durocher ym. 2010: yli 8-9 mmol/l, Heugas ym. 2007: yli 8 mmol/l)
- Testattava tuntee saavuttaneensa maksimin ja haluaa lopettaa testin (esim. Aziz ym. 2000, Chia ym. 2007)

Toisaalta hapenoton tasaantuminen on myös kyseenalaistettu maksimaalisen testin kriteerinä. Esimerkiksi Chia ym. (2007) havaitsi tutkimuksessaan, että hapenotto tasaantuu vain osalla testattavista, riippumatta sukupuolesta tai urheilullisuustasosta. Yhtenä mahdollisuutena on esitetty, että hapenotto tasaantuisi herkemmin henkilöillä, joilla maksimaalinen anaerobinen teho on korkea.

Maksimaalinen hapenotto ilmaistaan yleisesti alaspäin seuraavaan kokonaislukuun pyöristettynä, useimmiten yhden minuutin keskiarvona. Varsinaisten muuttujien lisäksi testituloksena määritetään testimuodosta riippuen maksimaalinen nopeus tai maksimaalinen teho. Maksimaalinen nopeus on viimeisen kokonaan suoritettun kuorman nopeus, teho puolestaan viimeisen kokonaan suoritettun kuorman teho. Maksiminopeuteen, -tehoon tai teoreettiseen hapenottoon voidaan ottaa huomioon osa seuraavasta kuormasta, mikäli testi on päättynyt kesken kuorman. Hapenottokykytestin tulosten avulla voidaan myös arvioida suorituksen taloudellisuutta, joka osaltaan on merkittävä tekijä kestävyys suorituskyvyn kannalta. Taloudellisuus määritetään yleisesti hapenottona verrattuna tietyn vakiokuorman teoreettiseen hapenkulutukseen (Keskinen ym. 2010, 55). Lisäksi laktaattimittausten avulla voidaan määrittää laktaatin poistonopeus, joka on erityisen merkittävä tekijä intervallityyppisissä lajeissa. Poistonopeutta määritettäessä laktaattiarvot otetaan yleisesti aktiivisen palautuksen (n.65%) aikana 1, 4, 7 ja 10 minuutin kuluttua varsinaisen testin päättymisestä. Maksimilaktaattiarvosta vähennetään pienin palautuksen aikana saavutettu laktaattiarvo ja saatu laktaattimäärä jaetaan mittausten välisellä ajalla. Laktaatin poistonopeuksien osalta ei juuri ole olemassa viitearvoja tai tutkimustuloksia, joten niitä kannattaa käyttää erityisesti testattavan omien tuloksien vertailuun eri testikertojen välillä. Laktaattimittausten avulla voidaan määrittää myös aerobisen ja anaerobisen kynnyksen sijainnit testattavan sykkeen, hapenoton tai työtason suhteen, kuten edellä on kerrottu. (Keskinen ym. 2010, 68-69.)



## 4 JÄÄKIEKKO URHEILULAJINA

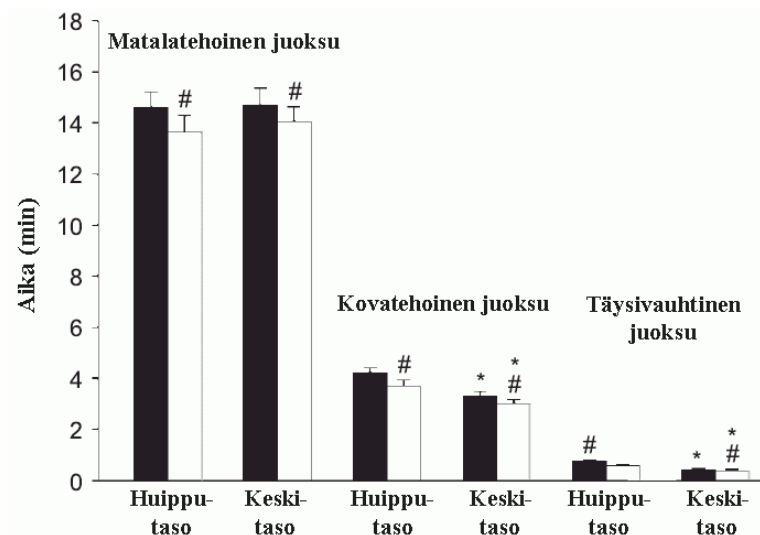
Määritelmän mukaan (IIHF 2011) jääkiekko on jääkauallossa pelattava peli, jossa luistelijoista koostuvat vastakkaiset joukkueet yrittävät käyristettyjen mailojen avulla viedä pienen kiekon vastakkaiseen maaliin tai sen läpi. Jääkiekko-ottelun kesto on 60 minuuttia, ja se koostuu kolmesta 20 minuutin erästä. Jääkiekon juuret ovat Kanadassa, jonka itäosassa laji alkoi kehittyä 1800-luvun puolivälissä. Ensimmäisiä sääntöversioita oli olemassa n. 1870-luvulla, ja ensimmäinen virallinen, etukäteen yleisölle mainostettu jääkiekko-ottelu pelattiin Montrealissa vuonna 1875. Kahden vuoden kuluttua perustettiin ensimmäinen varsinainen jääkiekkjoukkue sekä julkaistiin säännöt ensimmäistä kertaa. Eurooppaan jääkiekko rantautui 1900-luvun alussa. Euroopan ensimmäinen ottelu pelattiin Englannissa, ja pian myös kansainvälisen jääkiekkoliiton edeltäjä IGH perustettiin. (IIHF 2011.)

### 4.1 Vaadittavat fyysisen suorituskyvyn ominaisuudet

Jääkiekossa vaihtojen kesto on joidenkin arvioiden mukaan noin 45-60 sekuntia (Carey ym. 2007), toisaalla on vaihtojen kestoksi arvioitu 30-85 sekuntia (Quinney ym. 2008). Pelijaksojen väliseksi palautusajaksi on puolestaan arvioitu 2-5 minuuttia, joka kuitenkin vaihtelee huomattavasti pelipaikan, pelin tyylin ja strategian sekä valmentajan päätösten mukaisesti. Lisäksi pelikatkot, aikalisät ym. vaikuttavat palautusaikaan. Peli on kovaintensiteettistä, ja pelin aikana sydämen sykkeen on raportoitu nousevan 90% tasolle maksimista. Parhaat pelaajat voivat toisaalta olla kentällä yli 20 minuuttia pelin aikana. (Quinney ym. 2008.)

Jääkiekon osalta syvempää suoritusintensiteetin tarkastelua on tehty muita joukkuepelejä vähemmän, mikä on luonnollista jäällä luistelun kyseiseen analyysiin huonosti soveltuvan luonteen vuoksi (jääkiekkoilijan etenemisnopeus ei ole liukumisen vuoksi verrannollinen työmäärään). Yleisesti ottaen intervallityyppisissä urheilulajeissa kovaintensiteettisten jaksojen keskipituus vaihtelee tutkimusten perusteella joukkuepeleissä (esim. jalkapallo, maahockey, koripallo, rugby) neljän ja seitsemän sekunnin välillä, joista noin kaksi sekuntia suoritetaan täydellä teholla. Kovatehoisten jaksojen suhde kevyempiin jaksoihin vaihtelee noin 1:6:sta 1:14:ään. Joukkuepeleissä kovatehoisen ja

kevyemmän suorituksen kestot vaihtelevat kuitenkin huomattavasti peliroolin mukaan. Mailapeleissä (esim. tennis, sulkapallo, squash) puolestaan suoritusten vaihtelut ovat maltillisempia. Intensiivijaksot näissä kestävät tutkimusten perusteella viidestä kymmeneen sekuntiin kovatehoisten ja palautusjaksojen suhteen vaihdellessa 1:1:sta 1:5:een. Intervallilajeissa keskimääräisen hapenoton on todettu olevan n. 60-75% tasolla maksimista ja sykkeen puolestaan n.70-90% tasolla maksimista. Laktaattipitoisuuksien on tutkittu olevan keskimäärin 2-5 mmol/l. Vaihtelu edellä mainituissa muuttujissa on kuitenkin huomattavaa. (Glaister 2005.) Joukkuepeleissä, kuten jalkapallossa, maahockeyssä ja rugbyssä kovaintensiteettisiä jaksoja on useimmiten 20-60 (Spencer ym. 2005). Esimerkki eri suoritusintensiteettisten aktiviteettien suhteista jalkapallo-ottelussa nähdään kuvassa 4.



KUVA 4. Jalkapallo-ottelussa käytetty aika eri suoritusintensiteeteillä, ensimmäisellä (mustat palkit) ja toisella (valkoiset palkit) puoliajalla. Kuvassa nähdään suoritusintensiteetit erikseen myös huipputaso ja keskitason pelaajille. (Mohr ym. 2003, suom.)

Urheilulajin ominaisuudet määrittävät pitkälti siinä koettavan räsitus-tason ja väsymisen ilmenemisen. Intervallityyppisissä lajeissa palautusjaksojen pituudet ovat olennaisia räsittävyyden ja aineenvaihdunnallisten västeiden kannalta. Mitä lyhyempiä kovatehoisten jaksojen väliset palautukset ovat, sitä enemmän suorituksen aiheuttamat västeet alkavat muistuttaa jatkuvan suorituksen vastaavia. Lyhyemmät palautusjaksot ovat yhteydessä suurempaan räsitus-tuntemukseen, hengitysosamäärään, hapenottoon, sykkeeseen ja väsymykseen. (Glaister 2008.) Fysiologisiin ja aineenvaihdunnallisiin västeisiin vaikuttavat intervallilajeissa kuitenkin niin kyseessä oleva lajisuoritus, vedon

kesto, vetojen lukumäärä, palautustapa (esim. aktiivinen/passiivinen) kuin harjoitustaustakin (Spencer ym. 2005). Intervallisuoritusten aineenvaihdunnalliset mekanismit ovatkin hyvin monimutkaisia ja monin paikoin vielä epäselviä, eikä palautumisajankaan merkitys ole kaikilta osin aivan johdonmukaista (Glaister ym. 2006). Väsymys intervallityyppisessä urheilusuorituksessa johtuu Glaisterin (2005) mukaan viime kädessä pääasiallisesti lihaksen sisäisen ympäristön muutoksista. Tärkeimmiksi taustatekijöiksi hän arvioi seuraavat: ATP:n puute poikittaissiltojen (aktiini-myosiini) muodostusta, natrium-kalium -pumpun toimintaa tai kalsiumin sarkoplasmiseen retikulumiin siirtoa varten, aineenvaihduntatuotteiden ehkäisevä vaikutus edellä mainittuihin mekanismeihin sekä häiriöt ärsytys-lihassupistus -mekanismeissa (excitation-contraction coupling).

Toisaalta Mohr ym. (2003) ovat havainneet väsymystä ilmenevän jalkapallo-ottelussa kolmessa eri vaiheessa: suoritusintensiiteetti vähenee ottelun loppua kohden, hetkellisesti lyhytkestoisten intensiivijaksojen jälkeen kummallakin puoliajalla, ja suoritusteho on huonompi myös toisen puoliajan alussa. Ottelun loppua kohden tapahtuva väsymys johtuu luultavasti ennen kaikkea glykogeenivarastojen ehtymisestä, sillä esimerkiksi Krstrup ym. (2006) havaitsivat lihasten glykogeenivarastojen pienenevän huomattavasti jalkapallo-ottelun aikana. Intensiivijaksojen jälkeisen väsymyksen syy puolestaan on epäselvempi ja johtunee useista eri tekijöistä, sillä ainakaan laktaattipitoisuuksien tai lihaksen happamuuden lisääntymisen ei voida osoittaa olevan yhteydessä siihen (Krstrup ym. 2006). Toisen puoliajan alussa havaitun alentuneen suoritustehon on todettu johtuvan lihasten lämpötilan alenemisesta puoliaikojen välisen tauon aikana, mitä vaikutusta voidaan ehkäistä tauon aikaisella aktiivisella palautumisella (Mohr ym. 2003.)

Edellä kuvatun kaltaisia ilmiöitä lienee myös jääkiekossa, vaikka lajien luonteet eroavatkin toisistaan, ja jääkiekko on joiltain ominaisuuksiltaan varsin erilaista useisiin muihin joukkuepeleihin verrattuna. Luistelu on suorituksena hyvin erilaista esimerkiksi juoksuun verrattuna, ja liikkumisnopeus on siinä huomattavasti suurempi. Jääkiekkokaukalo on verrattain pieni nopeuksiin nähden, joten spurtit ovat esimerkiksi jalkapalloa lyhytkestoisempia ja sisältävät enemmän jarrutuksia ja kiihdytyksiä. Lisäksi jalkapalloon verrattuna jääkiekonpelaajat ovat kentällä vain melko lyhyitä vaihtoja kerrallaan, kun taas jalkapalloilijat saattavat olla koko 90 minuuttisen ottelun ajan peli-

kentällä. Jääkiekkoilijat voivatkin huolehtia neste- ja hiilihydraattitasapainostaan pelin aikana jalkapalloilijoita paremmin. Toisaalta oman haasteensa jääkiekkoilijalle tuovat raskaat varusteet, joten myös kuumuudensieto on yksi huomioon otettavista seikoista (esim. IIHF 2008) amerikkalaisen jalkapallon tapaan. Pelissä on tyypillisesti myös paljon kontakti- ja taistelutilanteita, kuten amerikkalaisessa jalkapallossakin.

Jääkiekossa tärkeitä ominaisuuksia ovat mm. voima (maksimaalinen lihaksen tai lihasryhmän tuottama voima) sekä voiman ja nopeuden yhteisvaikutuksesta syntyvä teho (IIHF 2008, Gledhill & Jamnik 2007, Quinney ym. 2008). Hyvät voimaominaisuudet suojaavat mm. kontaktitilanteiden vaikutuksilta, sekä edesauttavat vastustajien loitolla pitämistä ja kiekon hallussapitoa (IIHF 2008). Teho puolestaan on erityisen tärkeä ominaisuus kiihdyttämisen ja jarruttamisen kannalta sekä laukomisessa (IIHF 2008, Gledhill & Jamnik 2007). Lihaskestävyyttä, eli kykyä tuottaa voimaa toistuvasti, tarvitaan myös, sillä useat päälihakset joutuvat työskentelemään juuri tällä tavoin (Gledhill & Jamnik 2007). Hyvä lihaskunto ehkäisee myös merkittävästi urheiluvammoja (IIHF 2008, Gledhill & Jamnik 2007).

Erityisesti nuorille, 9-20-vuotiaille jääkiekkoilijoille suunnatussa fyysisen suorituskyvyn kehittämisen koulutusaineistossa korostetaan myös ketteryyden, tasapainon ja koordinaation merkitystä, jotka kaikki ovat tärkeitä ominaisuuksia taitojen kehittämisen kannalta. Ketteryydellä tarkoitetaan kykyä muuttaa nopeasti suuntaa annetussa tilassa, tasapainolla kykyä pitää kehon painopistettä tukipinnan päällä ja koordinaatiolla puolestaan kehon eri liikkeiden yhdistämiskykyä. Eri-ikäisille painotetaan hieman eri asioiden opettamista: ketteryys, tasapaino ja koordinaatio ovat erityisen tärkeitä nuorimmille, 9-12-vuotiaille opetettaviksi, mutta myös kasvuiässä oleville 13-16-vuotiaille. Kasvuiässä myös kestävyyspohjaa on syytä alkaa kehittää, jotta hieman vanhempana, 17-20-vuotiaana voidaan kehittää edelleen voima- ja teho-ominaisuuksia kestävyuden jatkokehittämisen lisäksi. (IIHF 2008). Edellä mainitun liikkeiden yhdistämiskyvyn lisäksi käsi-silmä -koordinaatiolla on suuri merkitys jääkiekossa, kuten useissa muissakin taitolajeissa. Monimutkaisempien liikkeiden säätelyssä vaaditaan keskushermostollista ohjausta, ja liikkeiden säätelynopeus ja -tehokkuus riippuvat pitkälti siitä, kuinka hyvin aivojen näkö- ja motoriset alueet kommunikoivat keskenään. (Gledhill & Jamnik 2007).

Voima- ja teho-ominaisuuksien lisäksi jääkiekkoilija tarvitsee myös erityyppisiä kestävyysominaisuuksia. Anaerobinen suorituskyky kertoo kyvystä työskennellä hyvin korkealla teholla suhteellisen lyhytkestoisesti (5-30s), mikä on hyvin olennaista jääkiekossa, jossa peräkkäiset hyvin kovatehoiset spurtit toistuvat. Aerobinen suorituskyky kertoo puolestaan sydän- ja hengityselimistön kyvystä kuljettaa lihaksille happea, ja se on ratkaisevana tekijänä vähintään kaksi minuuttia yhtäjaksoisesti kestävässä suorituksissa sekä intervallisuorituksissa, joissa spurttien välinen palautusaika on lyhyt. Anaerobisen suorituskyvyn ohella myös hyvää aerobista suorituskykyä tarvitaan, sillä se edesauttaa väsymyksen viivästyttämistä peleissä ja harjoituksissa. (Gledhill & Jamnik 2007). Hyvät kestävyysominaisuudet edesauttavat myös kuumuudensietoa (IIHF 2008).

Varsinaisten suorituskykyominaisuuksien lisäksi kehonkoostumuksella on merkityksensä jääkiekossa. Liiallinen rasvamäärä hidastaa pelaajaa, aiheuttaa nopeampaa väsymistä sekä heikentää kehon lämpötilansäätöä. Optimaalisena jääkiekkoilijan rasvaprosenttina huippujääkiekkoilijoille pidetään 9,5:a. (Gledhill & Jamnik 2007.)

Tutkittaessa NHL-pelaajien fyysisen profiilin kehittymistä 1980-luvulta eteenpäin on huomattu, että pelaajien kehonpaino, pituus ja painoindeksi ovat tänä aikana kasvaneet (Montgomery 2006, Quinney ym. 2008). Rasvan osuus kehonpainosta on kuitenkin pysynyt samalla tasolla, joten suurentunut rasvaton kehonpaino on luultavasti eduksi suuren tehon ja nopeuden tuottamiseksi. Tutkittaessa yhden NHL-joukkueen fyysisen profiilin kehittymistä 26 vuoden aikana on havaittu, että myös absoluuttinen hapenotto-kyky (L/min) polkupyöräergometrillä mitattuna on suurentunut, erityisesti vuosien 1989-1993 välisenä aikana (Quinney ym. 2008). Kehonpainoon suhteutettu hapenotto-kyky ei koko tutkimusjakson aikana puolestaan ollut kasvanut, mikä luultavasti on seurausta samanaikaisesti suurentuneesta kehonpainosta. Suhteellinen anaerobinen maksimiteho oli kuitenkin tutkimusjakson aikana kehittynyt melko paljonkin. Lisäksi puristusvoimassa havaittiin positiivinen kehitys. Yleisten arvioiden mukaan ammattilaisjääkiekko ja tiukat otteluaiakataulut ovatkin viime vuosina tuoneet yhä suurempia vaatimuksia pelaajien fyysiselle ja psyykkiselle suorituskyvylle. (Quinney 2008.)

Pelaajien ominaisuuksia vertailemalla on myös havaittu huomattavia eroja pelipaikasta riippuen. Quinney ym. (2008) havaitsivat pitkän ajan yhteenvedossaan, että puolustajat ovat yleisesti muita pelaajia isompikokoisia kehonpainon ja pituuden osalta, ja heidän lihaskuntonsa on muita parempi. Hyökkääjillä puolestaan on parempi kehonpainoon suhteutettu aerobinen suorituskyky, ja heillä rasvan osuus kehon painosta on pienempi. Maalivahdit taas ovat usein kenttäpelaajia pienempikokoisia ja suorituskyvyltään heikompia, tosin venyvyydessä he ovat muita edellä.

Pelaajien fyysistä suorituskykyä on myös yritetty yhdistää joukkueen menestykseen. Quinney ym. (2008) määrittivät NHL-joukkueen pelaajien kehitystä tutkiessaan kunkin kauden onnistuneisuutta saavutettujen sarjapisteiden, play-off -menestyksen ja mestaruuksien avulla. Merkittävä yhteys oli ainoastaan neljän ihopoimun yhteispaksuudella, absoluuttisella ja suhteellisella maksimihapenotolla, vatsalihasten kestävyydellä sekä puristusvoimalla, jotka puristusvoimaa lukuun ottamatta olivat menestysvuosina muita vuosia alemmalla tasolla. Menestyksen todettiin olevan huipputasolla usein hyvin pienistä asioista kiinni ja johtuvan hyvin monista eri tekijöistä, kuten pelaajien taitotasosta, valmennuksesta, loukkaantumisista, pelaajien kehittymisestä sekä joukkueen hallinnollisista asioista. Kuntotestit oli lisäksi tehty aina ennen kilpailukauden alkua, joten fyysinen suorituskyky on hyvinkin saattanut vaihdella kauden aikana, jolloin esimerkiksi loppukautta tutkittaessa suorituskyvyllä ja menestyksellä saattaisi kuitenkin olla yhteyttä. (Quinney 2008.)

Verrattaessa jääkiekkoilijoiden luistelusuorituskykyä erilaisiin kuivaharjoitteisiin on havaittu, että erityisesti 30 metrin juoksun ja kolmiloikan tulokset ennustavat hyvää luistelutulosta sekä suoralla 35 metrin matkalla että S-kirjaimen muotoisella luisteluradalla (Farlinger ym. 2007). Tämäntyyppisiä harjoitteita onkin hyvä sisällyttää jääkiekkoilijoiden oheisharjoitteluun. Intervallityyppisissä lajeissa toisaalta yksittäisen suorituksen nopeus on olennainen, mutta toisaalta tarvitaan kykyä toistaa suorituksia mahdollisimman kovatehoisesti. Kovaintensiteettisten suoritusten toistokykyä harjoittamalla voidaan todennäköisesti helpommin kehittää intervallisuorituskykyä kokonaisuudessaan, ja sitä voidaan hyvin harjoittaa intervallityyppisillä harjoitteilla vetojen ja palautusaikojen kestoja varioimalla (Glaister 2008).

## 4.2 Hapenottokyvyn merkitys jääkiekossa

Hapenottokyvyn merkitystä jääkiekkoon tai muihin intervallilajeihin on tutkittu melko paljon, mutta tulokset ovat olleet ristiriitaisia. Kuten edellä on tullut ilmi, kovatehoisista suorituksista palaututaan aerobisten prosessien avulla (esim. Glaister 2008), mutta maksimihapenottokyvyn merkitys intervallilajien urheilijoille on edelleenkin keskustelun alla. Osassa tutkimuksista on havaittu hyvän maksimihapenoton edesauttavan palautumista kovatehoisista yksittäisistä suorituksista, kun taas toisissa tutkimuksissa ei vastaavaa yhteyttä ole havaittu. Toisaalta on esitetty vaihtoehto, että aerobiselle suorituskyvyille saattaisi olla olemassa tietty kynnyksiarvo, jonka täytyttyä suuremmalla hapenottokyvyllä ei olisi merkitystä aineenvaihduntatuotteiden poistumiselle tai kreatiinifosfaatti- ja ATP-varastojen täyttymiselle. (Carey ym. 2007.)

Pyöräilijöille teetetyssä tutkimuksessa (Glaister ym. 2007) saatiin aerobisella harjoittelulla positiivisia tuloksia sekä maksimihapenoton että intervallisuorituskyvyn osalta. Opiskelijoista koostunut testijoukko suoritti 20 kappaletta viiden sekunnin spurteja sekä 10 että 30 sekunnin palautuksilla. Osa testattavista arvottiin harjoittelemaan aerobisesti kuuden viikon ajan (pyöräilyä 3x20min viikossa 70% teholla), jonka jälkeen intervallitesti toistettiin. Maksimihapenoton havaittiin nousseen 0,2 l/min, ja samoin intervallitestin huippu- ja keskiteho olivat alkutestiä suuremmat. Koehenkilöt olivat kuitenkin opiskelijoita, joiden suorituskyky varmasti on kilpaurheilijoita alemmalla tasolla. Harjoitteluryhmällä lähtötaso sekä hapenoton että intervallitestin osalta vaikutti lisäksi olevan kontrolliryhmää huonompi, ja monilta osin suorituskyky heillä kasvoi ainoastaan kontrolliryhmän tasolle, joten tuloksiin täytyy suhtautua varauksella erityisesti kilpaurheilijoita ajatellen.

Myös Aziz ym. (2000) saivat tutkimuksessaan samansuuntaisia tuloksia. Tutkimuksessa verrattiin 40 palloilijan (jalkapalloilijoita ja maahockey-pelaajia) maksimihapenoton ja intervallisuorituksessa väsymisen yhteyttä. Maksimihapenotto mitattiin juoksumatolla. Intervallijuoksutesti sisälsi kahdeksan 40 sekunnin maksimaalista vetoa 30 sekunnin palautuksella, ja se suoritettiin nurmikentällä (jalkapalloilijat) tai juoksuradalla (maahockey-pelaajat). Maksimihapenotolla ei havaittu olevan tilastollista yhteyttä nopeimman spurtin aikaan, mutta jonkinasteinen korrelaatio havaittiin vetojen kokonaiskeston ja hapenoton välillä sekä absoluuttisesti (l/min) että kehonpainoon

suhteutettuna (ml/kg/min). Absoluuttisella hapenotolla havaittiin myös merkitsevä yhteys väsymysprosenttiin. Vetojen keston ja hapenoton välinen varianssi oli kuitenkin parhaimmillaankin vain noin 12%.

Verrattaessa hieman lyhyempien sprinttien ja aerobisten sekä anaerobisten energiantuottojärjestelmien välistä yhteyttä australialaisen jalkapallon pelaajilla havaittiin, että ainoastaan paras 20 metrin spurtin aika korreloi tilastollisesti merkitsevästi kokonais-suoritusajaksi ja kokonaisajan hidastumisprosenttiin. Maksimihapenotolla tai suorituksen jälkeisellä happivajeella ei vastaavaa yhteyttä ollut. Testissä käytettiin 20 sekunnin vetoja, joita suoritettiin 12 kappaletta 20 sekunnin välein. Tuloksista päätettiin fosfageenisysteemin olevan merkittävin energiantuottotapa tässä testissä. (Wadley & Le Rossignol 1998.)

Hapenottokyvyn merkitystä nimenomaan jääkiekkoilijoille on tutkittu vähemmän kuin useille muille joukkuelajien urheilijoille. Carey ym. (2007) selvittivät tutkimuksessaan aerobisen kapasiteetin ( $VO_2\max$ ) ja kovatehoisista intervalleista palautumisen yhteyttä jääkiekossa. Testattavina oli 11 noin 20-vuotiasta collegesarjan naisjääkiekkoilijaa. Maksimihapenotto määritettiin juoksumatolla. Intervallitesti sisälsi viisi yhden kaukalokierroksen pituista spurtia 30 sekunnin palautuksella. Väsymykseksi tulkittiin luistelusuorituksen hidastuminen ensimmäisen kierroksen nopeimmasta ajasta viimeisen kierroksen hitaimpaan aikaan. Pelaajien väsymyksen suuruudella (suorituksen hidastuminen sekunteina) ja maksimihapenotolla ei havaittu olevan tilastollista merkitsevyyttä. Mahdolliseksi syiksi esitettiin mm. maksimihapenoton minimikynnyksen ylittymistä, sillä kaikilla pelaajilla maksimihapenotto oli melko korkea, noin 50 ml/kg/min. Toisaalta todettiin luistelusuorituksen ja hapenottokykytestin juoksun eroavan suorituksena toisistaan, ja että testit olisi parempi suorittaa samalla liikkeellä.

Tutkittaessa puolestaan jääkiekkoilijoiden maksimihapenottokyvyn ja laktaattikynnyksen muutosta kauden aikana havaittiin, että luistelunopeus laktaattikynnyksellä oli samalla tasolla ennen kautta ja kauden jälkeen mitattuna, mutta korkeampi kesken ottelukauden mitattuna. Kynnyksen sijainti oli siis kehittynyt kauden aikana, mutta tätä tasoa ei pystytty ylläpitämään kauden loppuun asti. Laktaattikynnyksenä käytettiin viimeistä mittausta, jossa laktaattipitoisuus vielä oli alle 4 mmol/l. Maksimisykkeeseen suhteutettuna laktaattikynnys sen sijaan oli muuttumaton eri aikoihin mitattuna.



Maksimihapenotto oli suurempi ennen kauden alkua kuin kauden jälkeen ( $48,7 \pm 0,8$  ml/kg/min vs.  $45,0 \pm 1,1$  ml/kg/min). Negatiivisten muutosten perusteella aerobista harjoittelua pidettiin tarpeellisena läpi ottelukauden, joskaan sen merkitystä pelaajien suorituskykyyn ei tässä tutkimuksessa tarkasteltu. (Durocher ym. 2008.) Toisaalta NHL-joukkueen fyysistä suorituskykyä pitkällä aikavälillä tutkiessaan Quinney ym. (2008) havaitsivat sekä pelaajien absoluuttisen maksimihapenottokyvyn että maksimaalisen anaerobisen tehon kasvaneen seurattujen 26 vuoden aikana. Maksimihapenoton kehitys oli kuitenkin anaerobisen tehon kehitystä vaatimattomampaa, minkä katsottiin korostavan erityisesti anaerobisen tehon merkitystä huippujääkiekkoilijoille.

Hapenoton ja intervallisuorituksen välistä yhteyttä voidaan selvittää myös intervalliharjoittelun aiheuttamien vasteiden kautta. Yhden aihetta koskevan tutkimuksen (MacDougall ym. 1998) tarkoituksena oli selvittää intervalliharjoittelun vaikutusta lihaksen glykolyyttisten ja oksidatiivisten entsyymien aktiivisuuteen sekä testattavien suorituskykyyn. Koehenkilöinä olleet 12 miestä eivät olleet urheilijoita. He harjoittelivat seitsemän viikon ajan Wingate-protokollan mukaisilla maksimaalisilla 30 sekunnin pyöräilyvedoilla, joiden määrä harjoitusta kohden kasvoi jakson aikana neljästä kymmeneen. Yksittäisten vetojen välillä oli 2,5-4 minuutin tauko, ja harjoitus tehtiin kolmesti viikossa. Harjoittelun jälkeen havaittiin merkittävää kasvua niin huipputehossa, 30 sekunnin aikana suoritettussa kokonaistyössä kuin maksimihapenotossakin. Myös heksokinaasin, fosfofruktokinaasin, sitraattisyntaasin, sukkiniaatti dehydrogenaasin ja malaatti dehydrogenaasin aktiivisuudet olivat merkittävästi kohonneet harjoittelun seurauksena, eli harjoittelu kehitti sekä glykolyyttisten että oksidatiivisten entsyymien aktiivisuuksia. Maksimihapenotto kehittyi arvosta  $3,73 \pm 0,13$  L/min arvoon  $4,01 \pm 0,08$  L/min, ja kehonpainoon suhteutettuna vastaavasti arvosta  $51,0 \pm 1,8$  ml/kg/min arvoon  $54,5$  ml/kg/min. Näin ollen maksimihapenotto kehittyi varsin paljon myös intervalliharjoittelulla.

Tämän hetkisten tutkimustulosten perusteella hapenotolle ei siis ole löydettävissä selkeää yhteyttä intervallisuorituskykyyn. Loogiselta ja väsymysteoriaan hyvin sopivalta kuitenkin vaikuttaa teoria, jonka mukaisesti hapenotolla saattaisi olla tietty minimiraja, jonka ylityttyä suuremmalla hapenottokyvyllä ei enää olisi merkitystä intervallisuorituskyvyille. Näin ollen aerobista kuntoa olisi syytä kehittää lähinnä sellaisissa tapauksissa, joissa aerobisen suorituskyvyn todetaan mahdollisesti olevan

rajoittavana tekijänä. Toisaalta intervalliharjoittelun kehittäessä myös hapenottoa ei erilliselle aerobiselle harjoittelulle intervallilajeissa välttämättä olisi tarvetta.

### **4.3 Jääkiekkoilijalle tavallisesti teetetävät kuntotestit**

Säännölliset kuntotestit ovat arkipäivää jääkiekossa niin Suomalaisissa seuroissa ja maajoukkueissa kuin lajin huippusarjassa, amerikkalaisessa NHL-liigassa (Gledhill & Jamnik 2007, Westerlund 2010). NHL-liigaan pyrkiville (NHL Entry Draft) 18-20-vuotiaille jääkiekkolupauksille järjestetään vuosittain standarditestit, joiden perusteella voidaan arvioida pelaajien fyysisiä ja rakenteellisia ominaisuuksia sekä valmiuksia kehittyä huippujääkiekkoilijaksi. Testit suoritetaan mahdollisimman hyvin vakioituina testilaboratorioissa, jotta tulokset olisivat vertailukelpoisia eri vuosien sekä eri pelaajien välillä. Myös terveystarkastukset ja tarvittaessa lääkärintarkastukset ovat tukena, jotta voidaan arvioida tulevaisuuden pelimahdollisuuksia. (Gledhill & Jamnik 2007.)

NHL-liigaan pyrkivien testipatteristoon kuuluu kehonkoostumuksen mittaus, lihas-kunnon testaus, anaerobisen ja aerobisen suorituskyvyn mittaus sekä käsi-silmä-koordinaation testaus. Kehonkoostumusmittauksen avulla arvioidaan pelaajan kehon rasvapitoisuus ja rasvaton kehonpaino. Mittaus tehdään kuuden pisteen ihopoimimittauksena, ja rasvaprosentin laskukaavana käytetään Yuhasz:n kaavaa. Lisäksi mitataan pelaajan seisomapituus, paino sekä käsien välinen etäisyys (kätet sivuilla vasemman käden sormenpäistä oikean käden sormenpäihin). Lihaskuntotesteissä mitataan pelaajan voimaa, tehontuottokykyä, lihaskestävyyttä sekä venyvyyttä. Hyvät tulokset lihaskuntotesteissä näkyvät lajisuorituksessa kykynä luistella tehokkaasti, laukoa kovaa ja pitää vastapelaajat poissa tieltä. Testeinä ovat puristusvoiman mittaus, ylävartalon isometrinen työntö- ja vetovoimatesti, penkkipunnerruksen toistotesti 150 paunaa (68kg) painavalla tangolla tietyllä tahdilla suoritettuna, vartalon koukistajien toistotesti (istumaannousun kaltainen) tietyllä tahdilla suoritettuna, punnerrukset tietyllä tahdilla suoritettuna, kuntopallon (4kg) heitto istuen, vauhditon pituushyppy sekä staattinen vertikaalhyppy. Venyvyys mitataan eteenpäinkuroituksen avulla suurin jaloin istuttaessa. Anaerobinen suorituskyky määritetään 30 sekunnin Wingate-testillä polkupyöräergometrillä suoritettuna. Vastuksena käytetään pelaajan kehonpainoa kerrottuna 0,09:llä, ja tarkoituksena on polkea koko 30 sekuntia maksimaalisella teholla. Kierrokset lasketaan kultakin viiden sekunnin jaksolta. Lisäksi tehontuotto lasketaan

parhaalta viiden sekunnin jaksolta sekä koko testin ajalta. Testin huipputeho kuvastaa kykyä tehdä yksittäisiä lyhyitä spurttuja sekä pitää muita pelaajia poissa. Keskimääräinen teho kuvastaa kykyä ylläpitää suhteellisen kovatehoista suoritusta koko 30 sekunnin ajan. Väsymysindeksi puolestaan kuvastaa suorituksen alku- ja lopputehon välistä suhdetta, eli kuinka paljon teho alenee väsymyksen vaikutuksesta. Aerobinen suorituskyky eli käytännössä maksimaalinen hapenottokyky kertoo pelaajan sydämen, keuhkojen ja lihasten kestävyyskapasiteetista. Aerobista suorituskykyä testataan maksimaalisella, polkupyöräegometrillä tehtävällä hapenottotestillä hengityskaasu-analysaattorin avulla. Testin aloitustyöteho on 140 Wattia, ja teho lisääntyy 70 Watilla ensimmäisten kolmen kuorman ajan. Ensimmäiset kolme kuormaa pyöräillään kahden minuutin pituisina, kierrosnopeudella 70 kierrosta minuutissa. Tämän jälkeen kierrosnopeus nostetaan 80 kierrokseen minuutissa ja kuormat kestävät vain minuutin. Työteho kasvaa neljännessä kuormasta eteenpäin aina 40 Watilla. Syke mitataan levossa sekä joka kuorman viimeiseltä 30 sekunnin ajalta. Testiä jatketaan, kunnes pelaaja ei enää jaksa jatkaa, tai kun vaadittavaa kierrosnopeutta ei enää pystytä ylläpitämään huomautuksista huolimatta. Pelaajat saavat kuitenkin pyöräillä seisaaltaan testin lopussa, jotta kierrosnopeutta saadaan vielä ylläpidettyä. Testistä kirjataan maksimaalisen hapenoton lisäksi viimeisen kuorman työteho sekä testin kokonaisaika. NHL-liigan testiohjelman mukaan paras vertailuarvo pelaajien maksimaaliselle hapenottokyvyille saadaan suhteuttamalla hapenotto pelaajan kehonpainoon, jolloin hapenotto ilmoitetaan yksikössä ml/kg/min. Korkeat maksimaaliset hapenottokykyarvot voivat olla seurausta aikaisemmasta aerobisesta harjoittelusta ja/tai perimästä. Hapenottokykytestin yhteydessä mitattavaa maksimaalista sykearvoa hyödynnetään harjoitusohjelmaa laadittaessa. Testin kokonaiskesto ja viimeisen kuorman suuruus ovat puolestaan hyvänä pohjatietona pelaajan seuraaville kuntotesteille. Silmä-käsi-koordinaatiota testataan puolestaan motorisella tehtävällä, jonka suoritus aika on samalla testin tulos. Testien tulosityhteenvedo vuodelta 2005 nähdään taulukossa 1 (mittayksiköt muunnettu). (Gledhill & Jamnik 2007.)

TAULUKKO 1. NHL Entry Draft -tulokset vuodelta 2005 (Gledhill & Jamnik 2007, mukailtu).

Measurement	2004 Combined	2005 - All Players Combined		
	Average	Average	Lowest	Highest
<b>Body Composition</b>				
Height (m)	1,86	1,86	1,75	2,03
Weight (kg)	87,1	87,1	72,6	109,3
Sum of 6 Skinfolds (mm)	61,6	64,3	31,1	122,6
Yuhasz % Body Fat	9,4	9,9	6,6	15,5
<b>Musculoskeletal Fitness</b>				
Sit & Reach (cm)	38	38	16	54
Curl-Ups (max consecutive #)	24	25	0	82
Vertek Vertical Jump (cm)	63,50	60,96	45,72	81,28
<i>Vertek Leg Power (ft-lb/sec)</i>	<i>1110</i>	<i>1098</i>	<i>772</i>	<i>1484</i>
Jump Mat Vertical Jump (cm)	55,88	55,88	43,18	71,12
<i>Jump Mat Leg Power (ft-lb/sec)</i>	<i>1045</i>	<i>1043</i>	<i>796</i>	<i>1466</i>
Standing Long Jump (m)	2,54	2,46	2,01	2,79
Hand Grip - Rt (kg)	58,5	58,5	39,9	78,9
Hand Grip - Lt (kg)	56,7	57,2	41,7	71,7
Bench Press (68 kg - # of reps)	10	8	0	19
Bench Press (kg/kg body weight)	8	6	0	13
Push-Ups (max consecutive #)	24	24	3	41
Push-Ups x Body Weight (kg)	2090,2	2081,5	240,4	3833,3
Push Strength (kg)	105,7	103,9	54,0	142,9
Push Strength (kg/kg body weight)	1,2	1,2	0,7	1,7
Pull Strength (kg)	117,0	117,0	74,8	192,8
Pull Strength (kg/kg body weight)	1,4	1,4	0,9	2,1
Upper Body Power 4 kg Ball (m)	5,08	4,62	3,73	6,05
<b>Anaerobic Fitness</b>				
Peak Power Output (Watts)	1044	969	638	1266
Peak Power Output (Watts/kg)	12,0	11,1	7,0	14,9
Mean Power Output (Watts)	822	796	542	991
Mean Power Output (Watts/kg)	9,4	9,1	6,0	11,7
Fatigue Index (% Drop-off from Peak)	39,6	35,7	18,0	51,5
Average Overall RPM	399	387	250	492
<b>Aerobic Fitness</b>				
VO2max (litres/min)	5,03	4,66	3,44	5,90
VO2max (ml/kg/min)	57,8	53,4	41,4	65,5

Suomalaisille jääkiekkoilijoille teetettävät testit ovat olleet monin paikoin NHL-testien kaltaisia. Maajoukkuepelaajien maksimihapenottoa on pääsääntöisesti testattu ns. pitkällä polkupyöräergometritestillä (esim. vuonna 1984 A-maajoukkueelle käytetty 2 minuutin kuormitusportaita, alkukuorma 120/150W, 30W lisäys joka kuormalla). Testin tuloksina on tarkasteltu maksimihapenottoa kehon painoon suhteutettuna, työmäärää absoluuttisena sekä kehonpainoon suhteutettuna, maksimisykettä ja maksimilaktaattia.

Testin perusteella on lisäksi määritetty aerobisen ja anaerobisen kynnyksen sijainti syke- ja työtason suhteen. Lisäksi on tarkasteltu sykkeen palautumisaikaa aerobiselle kynnykselle. Nopeutta ja nopeuskestävyyttä on useina vuosina testattu 30 tai 60 sekunnin Wingate-testillä. Ponnistusvoimaa on puolestaan testattu staattisilla, kevennys- ja vapaahypyillä, joinain vuosina myös minuutin kestävällä hyppelysarjalla. Ylävartalon voimaa on testattu esimerkiksi leuanvedoilla, alavartalon voimaa puolestaan etukyykyillä. Lisäksi pelaajilta on mitattu antropometrisina ominaisuuksina paino ja rasva-prosentti vuosittain, useimmiten myös pituus. Testilajit ovat kuitenkin vaihdelleet jonkin verran vuodesta toiseen. Yhteenveto antropometrinen mittauksen sekä maksimihapenottotestin tuloksista nähdään taulukossa 2. (Westerlund 2010.)

TAULUKKO 2. Yhteenveto (keskiarvo (vaihteluväli)) suomalaisille jääkiekkjoukkueille tehtyjen kuntotestien tuloksista (Westerlund 2010, mukailtu).

Vuosi	Kausi	Joukkue	Pituus (cm)	Paino (kg)	Rasva (%)	VO <sub>2</sub> max		HRmax	LAmax (mmol/l)
						(ml/kg/min)	VO <sub>2</sub> max (L/min)		
1984	syksy	A-MJ	-	83,8 (75,4-95,7)	12,0 (9,0-17,0)	54,5 (48,0-63,0)	4,57 (4,10-5,30)	189,0 (175-203)	12,8 (8,8-16,9)
1986	syksy	A-MJ	-	82,6 (72,8-90,5)	11,0 (7,2-15,5)	60,8 (47,5-68,0)	5,01 (3,70-5,50)	191,0 (176-209)	12,9 (8,5-19,4)
1988	kevät	A-MJ	-	83,4 (72,0-91,4)	10,6 (6,5-20,0)	55,9 (48,0-62,0)	4,65 (3,90-5,15)	193,0 (174-217)	12,2 (9,3-15,1)
1993	kesä	16-v MJ	174,7 (165-185)	66,4 (55,0-76,9)	9,7 (6,9-14,1)	58,0 (52,0-66,0)	-	195,0 (181-205)	11,1 (8,0-13,7)
1993	kesä	17-v MJ	178,6 (170-197)	72,5 (61,7-87,0)	10,3 (5,4-15,6)	56,2 (50,0-63,0)	-	195,0 (187-206)	10,9 (6,2-13,8)
1995	kevät	20-v MJ	182,0 (171-198)	84,0 (68,4-101,1)	12,1 (7,2-18,0)	53,0 (47,0-61,0)	-	187,0 (176-198)	11,0 (7,2-15,0)
1997	kesä	18-v MJ	180,0 (171-190)	79,0 (63,5-97,0)	13,0 (8,7-18,3)	54,0 (44,0-61,0)	-	190,0 (172-205)	10,0 (6,9-14,6)
1997	kevät	20-v MJ	182,0 (175-196)	86,0 (77,0-100,7)	13,3 (8,0-19,5)	53,0 (47,0-63,0)	-	196,0 (181-218)	12,0 (8,6-14,6)
1998	kesä	HIFK	184,6 (179-194)	86,0 (75,9-103,2)	11,8 (7,6-16,7)	55,3 (49,0-65,0)	-	186,0 (171-206)	13,0 (9,0-19,1)
1999	kesä	Jokerit	183,8 (176-193)	88,2 (80,0-98,5)	13,2 (9,2-17,9)	54,0 (49,0-59,0)	-	185,0 (172-195)	12,9 (8,2-16,4)
2005	syksy	A-MJ	183,8 (175-191,5)	91,7 (81,0-100,0)	11,2 (6,6-17,0)	51,0 (43,7-57,8)	-	185,9 (174-202)	11,4 (9,3-15,6)

Huom. Vuoden 1986 tulosten keskiarvoissa vain kenttäpelaajat mukana

On selvää, että useat jääkiekkoilijoille teetetyistä kuntotesteistä eivät ole kovin lajispesifejä. Erityisesti maksimihapenottoa ja anaerobisia ominaisuuksia mittaavat testit on useimmiten suoritettu polkupyöräergometrilla, mikä lajisuorituksena on melko kaukana jääkiekkoluistelusta. Kuten edellä on todettu, esimerkiksi maksimihapenottotestin tulokseen vaikuttaa suuresti juuri testitapa, joten pyöräillen saavutetut tulokset eivät todennäköisesti anna todenmukaista kuvaa jääkiekkoilijoiden lajisuorituskyvystä. Tämän vuoksi suomalaisissa jääkiekkjoukkueissa onkin viime vuosina siirrytty käyttämään yhä enemmän kenttätestejä suorituskyvyn määrittämisessä (Westerlund, E., suullinen tiedonanto 22.11.2010), vaikka laboratoriossa saatavia tuloksia esimerkiksi hapenoton suhteen ei tällä tavoin saadakaan mitattua. Myös Durocher ym. (2010) on tutkimustensa perusteella esittänyt kritiikkiä NHL:ssä käytettävien testilajien valinnasta, ja todennut enemmän lajinomaisten testien teettämisen olevan tarpeellista.

## 5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS

Luistelumatto on varsin uusi väline maailmanlaajuisesti ja luistelumatolla suoritettaviin kuntotesteihin liittyvää tutkimusta on tehty vasta vähän eikä testien suoritustapaan ole kehittynyt pätevää standardia. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on verrata testattavien luistelumatotestissä saavuttamaa maksimihapenottoa ja muita testivasteita kirjallisuudessa esiintyviin arvoihin, löytää jääkiekkoilijoille käyttökelpoinen ja lajinomainen maksimihapenottokykytestimalli sekä verrata luistelumatolla tehtävän maksimihapenottokykytestin tuloksia polkupyöraergometrilla tehdyn testin tuloksiin niillä koehenkilöillä, joilla polkupyöraergometritesti on hiljattain tehty. Regression avulla on tarkoitus selvittää, onko maksimihapenotto selitettävissä luotettavasti muiden testimuuttujien avulla, mikä mahdollistaisi maksimihapenoton arvioinnin helpommin suoritettavan epäsuoran testiversion avulla. Hypoteesina eri testimuotoihin liittyen oli, että polkupyöraergometri- ja luistelumatotesti eivät ole keskenään yhteneväisiä erilaisen suoritustavan vuoksi. Toisaalta hypoteesina oli, ettei maksimihapenottoa voida luotettavasti määrittää muiden testimuuttujien avulla ilman hapenoton mittausta. Tutkimuksessa verrattiin ensin kahta erilaista testimallia, kumpaakin kahdella koehenkilöllä, joiden tulosten perusteella valittiin testimalli lopuille 11 koehenkilölle. Niin kutsutussa nopeusmallissa kuormanlisäykset tehtiin pitkälti luistelunopeutta nostamalla ja vasta testin myöhemmässä vaiheessa kulmaa nostamalla, kun taas kulmamallissa kulmaa alettiin nostaa jo aikaisemmilla kuormilla nopeudenlisäämisen ollessa nopeusmallia maltillisempaa. Lopuille koehenkilöille valittiin em. testimallien yhdistelmä ("yhdistetty"-malli), jossa sekä nopeutta että kulmaa alettiin nostaa jo testin alkuvaiheilla.

## 6 MENETELMÄT

### 6.1 Koehenkilöt

Koehenkilöinä toimi 15 miespuolista jääkiekkoilijaa, joista testien aikaan viisi kuului JYP:n SM-liigajoukkueeseen ja kymmenen puolestaan A-junioreiden joukkueeseen, sillä tarvittavaa määrää koehenkilöitä ei ollut saatavissa yksin kummastakaan joukkueesta. Joukkueiden valmentajat valitsivat joukkueistaan testeihin osallistuvat. Koehenkilöiden ikä, pituus, paino sekä kehon painoindeksi koko ryhmänä sekä joukkueittain nähdään taulukossa 3. Perustiedoista huomataan, että testeihin osallistuneet SM-liigapelaajat ovat keskimäärin noin kuusi vuotta A-junioreita vanhempia, noin 12 kiloa painavampia, ja heillä on lähes kolme yksikköä suurempi kehon painoindeksi kuin A-junioreilla.

TAULUKKO 3. Koehenkilöiden iän ja antropometristen suureiden keskiarvo  $\pm$  SD joukkueittain eroteltuna sekä koko ryhmälle (SM-liigapelaajat: N=5, A-juniorit: N=10). \* = tilastollinen merkitsevyys ( $p < 0,05$ ) SM-liiga- ja A-junioripelaajien välillä.

	SM-liiga	A-juniorit	Kaikki yhteensä
Ikä (v)	23,8 $\pm$ 3,8 *	17,3 $\pm$ 0,9	19,5 $\pm$ 3,8
Pituus (cm)	185,0 $\pm$ 9,6	182,3 $\pm$ 4,7	183,2 $\pm$ 6,5
Paino (kg)	91,6 $\pm$ 14,5 *	79,0 $\pm$ 7,2	83,2 $\pm$ 11,5
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	26,6 $\pm$ 1,7 *	23,7 $\pm$ 1,6	24,7 $\pm$ 2,1

Koehenkilöille jaettiin etukäteen tiedote testien toteutuksesta ja heitä mm. kehoitettiin välttämään rasittavaa liikuntaa muutaman testejä edeltävän päivän aikana. Testit oli sovitettava joukkueiden ottelutauolle, jotta kuormitukseltaan hyvin rasittavat testit eivät häiritsisi pelisuorituksia, mutta ottelutauollakaan ei kovin palauttavia päiviä ennen testejä ollut järjestettävissä. Lisäksi A-junioreilla oli testejä edeltävänä päivänä ottelu, johon nähden parempaa testipäivää ei ollut löydettävissä. Näin ollen todellisuudessa lähes kaikilla koehenkilöillä oli taustalla vähintään kohtuullista harjoittelua edellisinä päivinä, mikä on joiltain osin saattanut vaikuttaa testituloksiin. A-junioreiden osalta pyrittiin kuitenkin testaamaan aamupäivän aikana edellisenä päivänä vähemmän pelanneet.

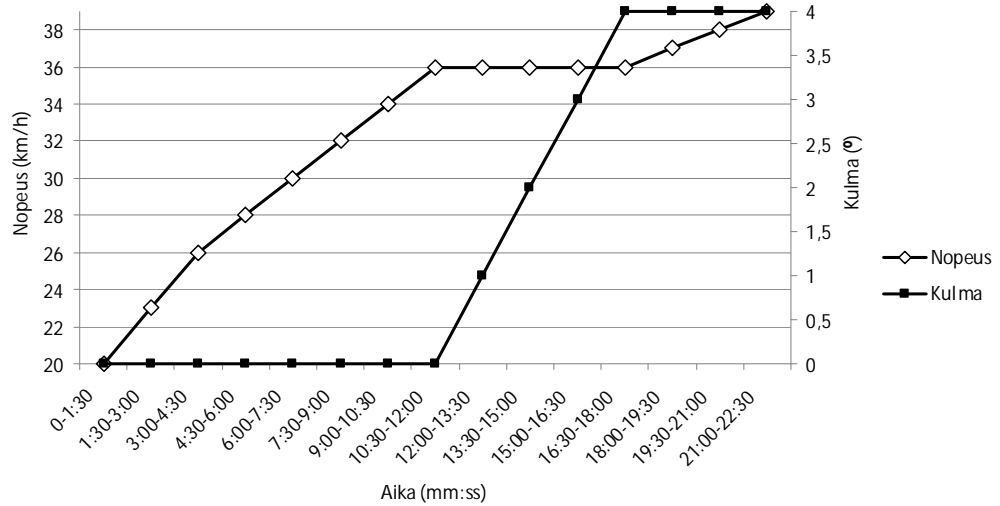
## 6.2 Tutkimusasetelma

Tavoitteena oli löytää testimalli, jossa kuormia olisi sopiva määrä, noin 8-12, jotta kuormia olisi tarpeeksi mm. kynnyksenmäärittystä varten, mutta testin kokonaiskesto ei kuitenkaan olisi liiallinen (ks. kappale 3.2). Testin sykeskaalan tuli myös olla riittävän laaja.

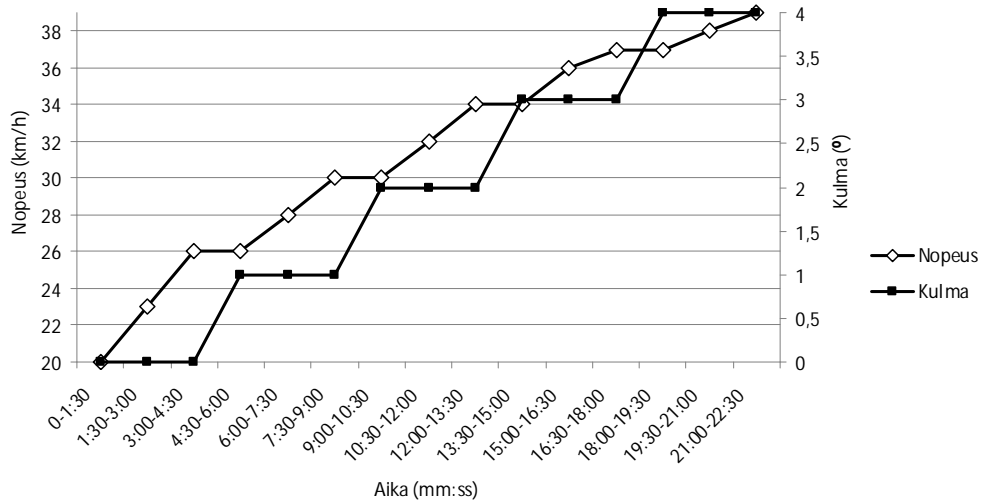
Tutkimuksessa käytettävät luistelunopeudet ja kulmat valittiin testeissä käytetyllä matolla harjoitelleiden jääkiekkoilijoiden harjoituskuormien perusteella, sillä kirjallisuudessa käytettyjen luistelumatotestimallien (esim. Koepp & Janot 2008, Dreger & Quinney 1999, Nobes ym. 2003) kuormitukset eivät olleet sovellettavissa testien epäjatkuvuuden tai huomattavasti alhaisempien luistelunopeuksien vuoksi. Hyväksi harjoitusnopeudeksi oli luisteluharjoituksissa havaittu 30-36 km/h käytännön maksiminopeuden ollessa 40 km/h. Kuntoutuksessa oli käytetty myös alhaisempia nopeuksia, kuten 27 km/h. Sopivaksi maksimikulmaksi oli havaittu 4°, vaikka vastusharjoittelua oli tehty jopa 6° kulmalla. Toisaalta mattoluistelun oli havaittu olevan hyvin rankkaa, joten pyrkimyksenä oli aloittaa testi riittävän kevyellä kuormituksella sopivan kokonaiskeston saavuttamiseksi ja aerobisen kynnyksen löytymiseksi. Luistelumatolla liuku paranee kuitenkin nopeuden kasvaessa, joten alhaiset nopeudet saattavat tuntua suhteessa rankemmilta kuin hieman suuremmat nopeudet.

Tutkimuksessa verrattiin ensin kahta erilaista testiprotokollaa, kumpaakin kahdella koehenkilöllä, ja lopuille koehenkilöille kuormitusmalli oli tarkoitus määrittää näiden neljän koehenkilön suorituksen perusteella. Kaksi ensimmäistä koehenkilöä suorittivat testiprotokollan, jossa kuormannostot tapahtuivat aluksi vain nopeutta nostamalla (ns. nopeusmalli, kuva 5), ja kulmaa alettiin nostaa vasta myöhemmillä kuormilla. Kaksi seuraavaa koehenkilöä testattiin puolestaan protokollalla, jossa kulmaa alettiin nostaa jo melko alhaisilla kuormilla nopeudennoston ollessa nopeusmallia maltillisempaa (ns. kulmamalli, kuva 6). Nopeusprotokollan koehenkilöt olivat SM-liigapelaajia ja kulmaprotokollan koehenkilöt A-junioreita. Tarkoituksena oli tehdä kuormitusmallin testaus saman joukkueen pelaajilla, mutta maton rikkoutumisen vuoksi koehenkilöiden järjestystä jouduttiin muuttamaan.





KUVA 5. Nopeuden ja kulman muutokset eri kuormilla, ”nopeus”-protokolla.



KUVA 6. Nopeuden ja kulman muutokset eri kuormilla, ”kulma”-protokolla.

Koehenkilöt saivat itse valita sopivan luistelurytmin kullakin nopeudella ja heitä kehoitettiin luistelemaan mahdollisimman luontevasti ja taloudellisesti myös normaali-luisteluvauhtia alhaisemmilla kuormilla. Varsinaisen testin päättymisen jälkeen kaikkiin protokoliin kuului vielä 10 minuutin palautusjakso, joka luisteltiin 26 km/h -nopeudella ilman kallistusta.

### 6.3 Luistelumaton esittely

Testit tehtiin Breakaway Hockey Centre -nimisessä jääkiekon harjoituskeskuksessa Jyväskylässä. Keskus on perustettu vuoden 2009 lopulla. Keskuksen BladeMill-merkkinen luistelumatto (EamaSports Inc., Kanada) on tuntumaltaan luonnonjäästä vastaavaa muovista tekojäästä, jonka päällä luistellaan normaalisti jääkiekko- tai kaunoluistimilla. Luistelualue on noin 1,8 metriä pitkä ja 1,4 metriä leveä. Mattoa voidaan kallistaa 0-30 astetta ja maton pyörimisnopeus on säädettävissä 0,1 ja 45 km/h välille. Turvavaljaat sekä valokennot luistelualueen päädysissä varmistavat, että matto pysähtyy luistelijan kaatuessa tai ajautuessa liian lähelle maton alareunaa. (EamaSports Inc. 2011; Salonen, T., suullinen tiedonanto 15.12.2010). Matolla luisteleminen vaatii hieman totuttelua, minkä vuoksi kaikki koehenkilöt kävivät luistelemassa luistelumatolla noin 20-30 minuutin ajan muutama päivä ennen varsinaisia testejä. Testipaikka sekä eräs koehenkilöistä testiä suorittamassa nähdään kuvassa 7.



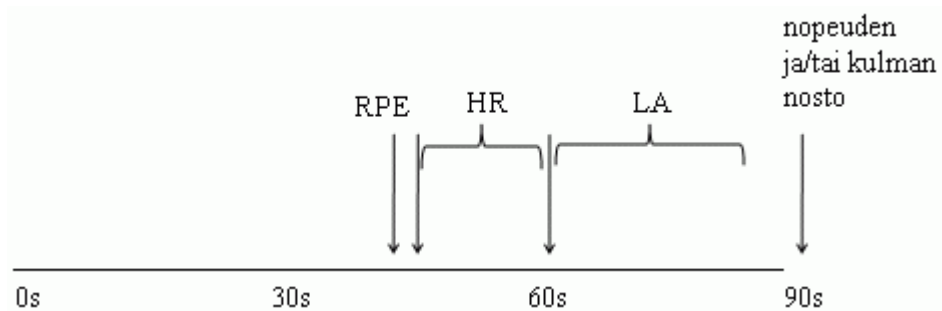
KUVA 7. Koehenkilö luistelumatolla testin loppuvaiheilla.

### 6.4 Mittaukset

Mittaukset tehtiin 15.-17.12.2010, jolloin pelaajilla oli joulutauko sarjaotteluista. Pelaajan tultua keskukseseen hän täytti esitietolomakkeen sekä tiedot edeltävien päivien

harjoittelusta, ja häneltä mitattiin lepolaktaatti ja leposyke. Tämän jälkeen koehenkilö lämmitteli kuntopyörällä kevyellä vastuksella viiden minuutin ajan. Luistimien ja valjaiden pukemisen vuoksi lämmittelyn ja testin väliin jäi noin 10 minuutin tauko. Ennen varsinaisen testin aloittamista koehenkilölle kerrattiin vielä testin kulku ja luistinterät lämmitettiin paremman luiston saavuttamiseksi seisomalla liikkuvalla matolla kaiteesta kiinni pitäen puolen minuutin ajan ennen ensimmäisen kuorman aloitusta.

Testi koostui 90 sekunnin kuormista, joita toistettiin koehenkilön uupumukseen saakka. Kullakin kuormalla kysyttiin RPE-lukema Borgin asteikolla (Rate of Perceived Exertion eli koettu raskautuntemus, esim. ACSM 2006, 77) 40 sekunnin kohdalla ja kirjattiin ylös keskiarvosyke 45-60 sekunnin väliseltä ajalta. Minuutin kohdalla koehenkilöltä mitattiin veren laktaattiarvo siten, että koehenkilö nosti toisen kätensä kaiteen päälle ja piti toisella kädellä mahdollisimman kevyesti kaiteesta kiinni luistelun ollessa samanaikaisesti mahdollisimman normaalia. Koehenkilö pysyi mittausasennossa koko puolen minuutin ajan, vaikka mittaus olisikin saatu suoritettua nopeammin, jotta eripituiset laktaattimittaukset eivät vaikuttaisi testituloksiin tai testin kuormitukseen. Kaavakuva yksittäisen kuorman tapahtumista nähdään kuvassa 8.



KUVA 8. Mittausten ajoittuminen kullakin kuormalla.

Varsinaisen testin jälkeen koehenkilö luisteli vielä kevyellä (26 km/h, 0°) vastuksella 10 minuutin ajan. Palautuksen aikana mitattiin laktaatti 1, 4, 7 ja 10 minuutin kohdilla, ja myös RPE- ja keskiarvosykelukemat kirjattiin ylös testikuormien tapaan ennen laktaattimittauksen aloitusta.

Hengityskaasut ja ventilaatio mitattiin koko testin ajalta palautusluistelua lukuun ottamatta langattomalla Jaeger Oxycon Mobile -mittalaitteella (Viasys Healthcare,

Hoechberg, Saksa). Hengityskaasut (hapenkulutus  $VO_2$  (L/min, ml/kg/min), hiilidioksidintuotto  $VCO_2$ , hapenkulutuksen ekvivalentti  $EqO_2$ , hiilidioksidintuoton ekvivalentti  $EqCO_2$ , hengitysosamäärä RER) sekä ventilaatio (VE) ja hengitystiheys mitattiin jatkuvasti hengitys hengitykseltä -menetelmällä, ja keskiarvoistettiin 30 sekunnin jaksoille. Hengityskaasumittaukset analysoitiin kannettavalla tietokoneella laitteiston omalla ohjelmistolla. Myöhemmässä analysoinnissa mittaustuloksista laskettiin myös ns. True $O_2$  (elimistön käyttöön jäävän hapen osuus),  $VE/VO_2$  sekä  $VE/VCO_2$ . Hengityskaasuanalysointilaitteisto kalibroitiin ennen jokaista testiä mittaussäätöjen minimoimiseksi sekä kaasujen että virtausmittauksen osalta laitteiston omilla kalibrointiohjelmilla ja kalibrointipumpulla.

Veren laktaattipitoisuus mitattiin ottamalla verinäyte sormenpästä kapillaariputkeen. Testirytmityksen onnistumiseksi näytteet oli saatava otettua sille varatun puolen minuutin aikana, joten laktaattinäytteitä oli ottamassa kaksi avustajaa. Näytteet analysoitiin heti testin jälkeen Biosen C\_Line -analysointilaitteella (EKF Diagnostic GmbH, Barleben, Saksa).

Syke mitattiin Polar-merkkisillä sykemittareilla (Polar Electro Oy, Kempele, Suomi). Sykearvoja ei kerätty mittariin talteen, vaan avustaja seurasi syketasoa 15 sekunnin ajan ennen verinäytteen ottoa.

RPE eli koettu raskautuntamus kysyttiin Borgin asteikkoa (6-20) paperilla osoittamalla. Varsinkin testin alkukuormilla oli havaittavissa, että luistelutiheys hieman tihenee osoitushetkellä, mutta testin edetessä osoitus ei tuntunut useimmiten vaikuttavan luistelurytmiin. Tietoa raskautuntemuksesta käytettiin testin maksimaalisuuden arviointiin sekä tuomaan testin aikana tietoa koehenkilön jaksamisesta.

Taloudellisuutta analysoitiin mm. koehenkilöiden luistelupotkujen määrän avulla. Tämän vuoksi kaikkien koehenkilöiden testisuoritus videoitiin, ja joka kuorman ensimmäisen minuutin potkujen määrä laskettiin myöhemmin videotiedostoista jokaiselle koehenkilölle.

Luistelumaton nopeus ja kulma tarkistettiin koehenkilöiden harjoitusluistelun yhteydessä. Nopeus tarkastettiin mittaamalla maton pituus ja pyörittämällä mattoa 10

kierrosta kolmella eri nopeudella (laitenäyttämä 20, 30 ja 35 km/h), ja ottamalla ylös 10 kierroksen pyörimisaika. Aikaa otti kaksi henkilöä ja tulosten keskiarvo otettiin huomioon. Maton pituudeksi saatiin 994,5 cm. Nopeusmittauksen tulokset nähdään taulukossa 4.

TAULUKKO 4. Luistelumaton nopeusmittaustulokset ja ero laitteen näyttämään nopeuteen.

Laitenäyttämä		Mittaus 1 (s)	Mittaus 2 (s)	Mittaus 3 (s)	Keskiarvo (s)	Nopeus (km/h)	Ero (%)
20 km/h	Mittaja 1	22,4	22,6	22,6	22,6	15,9	-26,1
	Mittaja 2	22,5	22,6	22,7			
30 km/h	Mittaja 1	15,0	15,0	14,9	15,0	23,9	-25,6
	Mittaja 2	15,0	14,9	15,1			
35 km/h	Mittaja 1	12,7	12,8	12,8	12,8	28,0	-25,1
	Mittaja 2	12,9	12,8	12,8			

Todelliseksi nopeuksiksi saatiin melko paljon laitenäyttämää alhaisemmat lukemat: 20 km/h vastasi 15,9 km/h nopeutta, 30 km/h vastasi 23,9 km/h nopeutta ja 35 km/h vastasi 28,0 km/h nopeutta.

Maton kallistus mitattiin digitaalisen vatupassin avulla kolmesta kohtaa luistelualueella (keskeltä, hieman vasemmalta ja hieman oikealta). Myös todelliset kulmat olivat hieman laitenäyttämiä pienempiä. Kulmamittausten tulokset nähdään taulukossa 5.

TAULUKKO 5. Luistelumaton kulmamittaustulokset ja ero laitteen näyttämään kulmaan.

Laitteen näyttämä kulma (°)	Mitattu kulma (°)			Keskiarvo (°)	Ero (%)
	Mittauspaikka 1 (vasen)	Mittauspaikka 2 (keskiosa)	Mittauspaikka 3 (oikea)		
0	-0,1	-0,1	0,1	-0,03	
1	1,0	1,2	0,9	1,03	3,2
2	1,8	1,8	2,0	1,87	-7,1
3	2,5	2,6	2,7	2,60	-15,4
4	3,4	3,4	3,5	3,43	-16,5
5	4,2	4,4	4,3	4,30	-16,3
6	5,0	5,2	4,9	5,03	-19,2
7	5,8	6,0	6,0	5,93	-18,0
8	6,7	6,7	6,7	6,70	-19,4

Nopeus- ja kulmaeroavaisuuksista huolimatta testien kuormat säädettiin laitenäyttämien perusteella. Todelliset lukemat on syytä ottaa huomioon ainoastaan esimerkiksi muihin mattoihin tai tutkimuksiin vertailtaessa.

Testien aikana tapahtui muutamia häiriöitä. Luistelumatto rikkoutui ylikuumenemisen vuoksi kahden ensimmäisen koehenkilön jälkeen, minkä vuoksi kolmen koehenkilön testaus oli siirrettävä varapäivälle. Syyksi paljastui vioittunut lämpörele, joka saatiin seuraavaksi päiväksi korjattua. Jatkossa maton jäähdytyksestä pidettiin huolta pyörittämällä mattoa jokaisen testin jälkeen muutaman minuutin ajan hitaalla nopeudella yläasennossa. Myös hengityskaasuanalysointimittaus keskeytyi jonkin laitehäiriön vuoksi yhden koehenkilön testin loppuvaiheilla, minkä vuoksi kyseisen koehenkilön maksimihapenottoa ei saatu selville. Lisäksi laitteen muistikortti täyttyi toisena testipäivänä, koska tyhjennystarve oli perehdytyksessä jäänyt mainitsematta. Tietynlaisen muistikorttilukijan tarpeen vuoksi kahden koehenkilön testaus oli siirrettävä kolmannelle eli varapäivälle. Sykemittaus onnistui muilta osin hyvin, mutta yhdellä koehenkilöllä sykevyö putosi paikoiltaan toisen kuorman jälkeen. Häiriön tapahtuttua heti testin alussa testi aloitettiin alusta uudelleen pienen tauon jälkeen. Tarvittaessa koehenkilöiden sykevyötä korjattiin hieman verinäytteenottoaikana.

## **6.5 Tilastolliset analyysit**

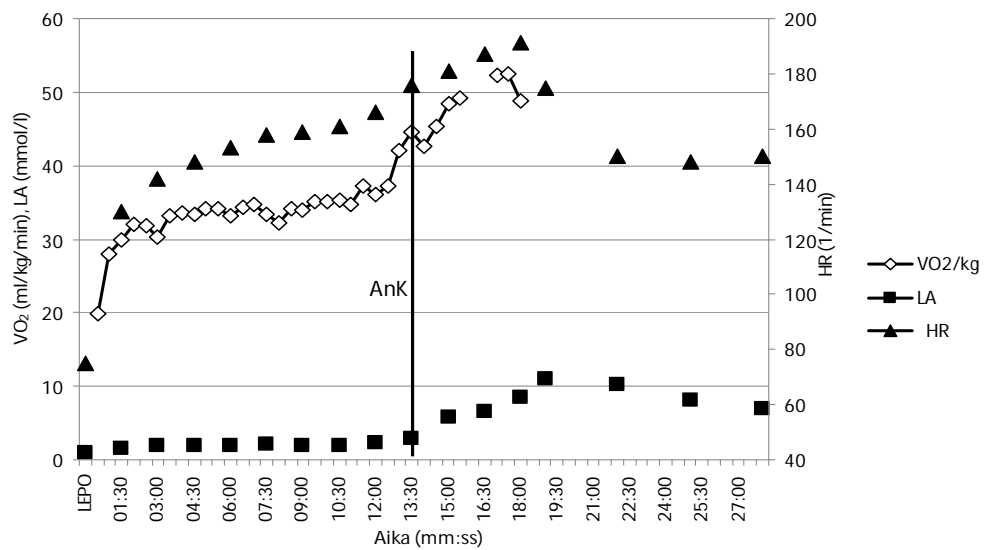
Tilastolliset analyysit tehtiin PASW Statistics 18 ohjelmalla (IBM, Armonk, NY, US). SM-liigapelaajien ja A-junioreiden ryhmien vertailussa käytettiin ei-normaaleille muuttujille parametritonta riippumattomien otosten Mann Whitney U -testiä, normaali-jakautuneiden muuttujien vertailussa käytettiin riippumattomien otosten T-testiä. Vertailussa huomioitiin kaikkien koehenkilöiden tulokset protokollasta huolimatta, kuten kappaleessa 8 tarkemmin kuvataan. Ei-normaalisti jakautuneita muuttujia olivat A-junioreiden painoindeksi sekä nopeus maksimihapenottohetkellä, kummankin ryhmän lopetuskuorma, luistelunopeus anaerobisella kynnyksellä sekä kulma ja laktaattipitoisuus maksimihapenottohetkellä. Luistelumatotestin ja polkupyöräergometritestin välisiä yhteyksiä tutkittiin parametrittomalla toisistaan riippuvien otosten Wilcoxon Signed-Rank -testillä. Eri testimuuttujien välisiä lineaarisia yhteyksiä tutkittiin kaksisuuntaisella bivariaattikorrelaatioanalyysillä (Pearsonin korrelaatio-

kerroin,  $r$ ). Lineaarista regressioanalyysia käytettiin maksimihapenoton (L/min, ml/kg/min, ml/kg<sup>2/3</sup>/min) selitystekijöiden löytämiseksi. Kaikissa testeissä merkitsevyystasona käytettiin  $p=0,05$ , ellei muuta ole esitetty.

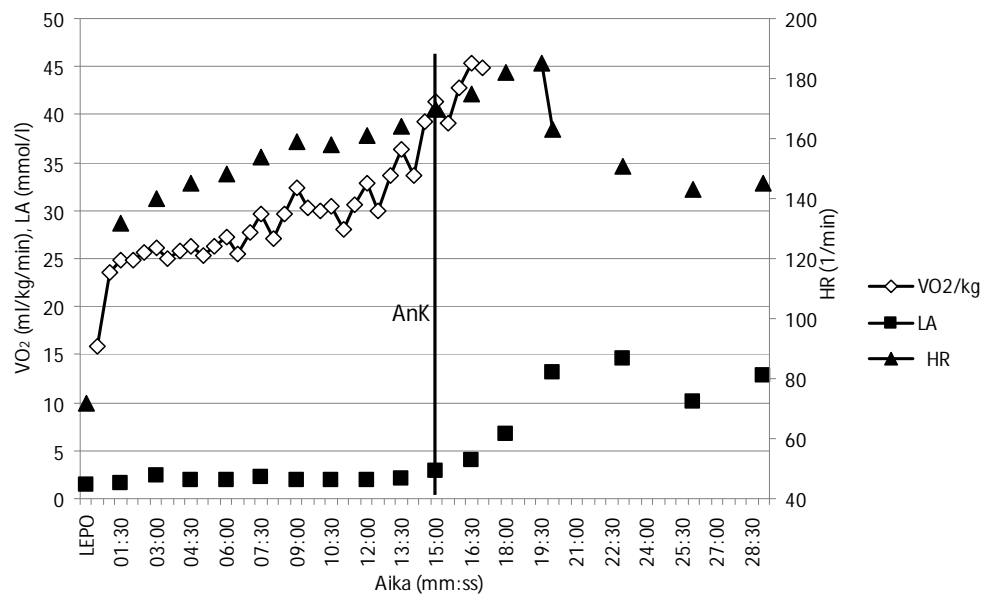
# 7 TULOKSET

## 7.1 Kuormitusmallin testaus

Kaksi ensimmäistä koehenkilöä testattiin nopeusprotokollalla. Näiden koehenkilöiden hapenotto-, laktaatti- ja sykemittauksen tulokset nähdään kuvissa 9 ja 10.



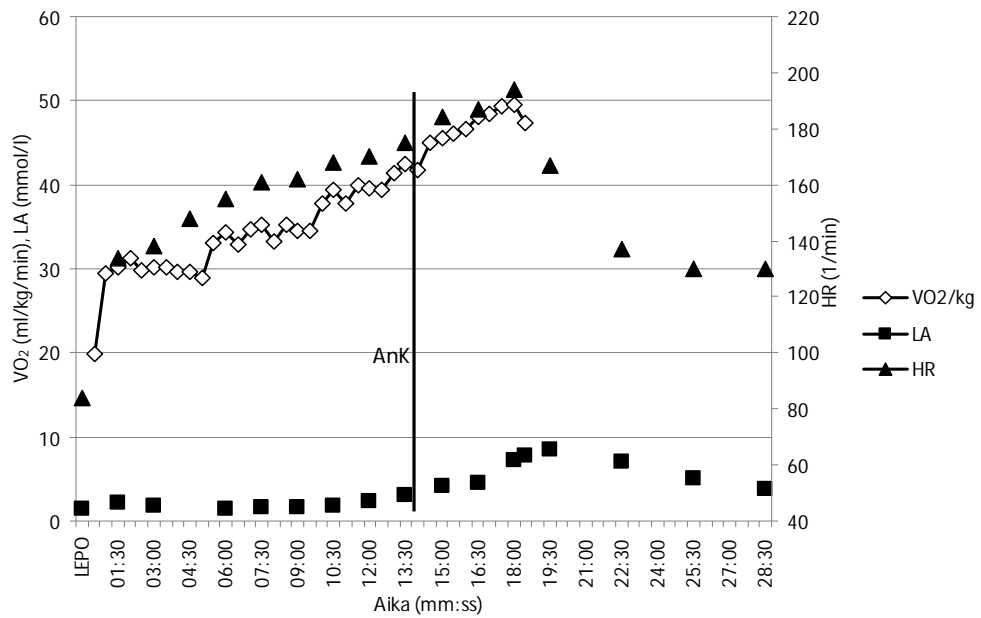
KUVA 9. Hapenotto, laktaatti ja syke, nopeusprotokollan koehenkilö 1.



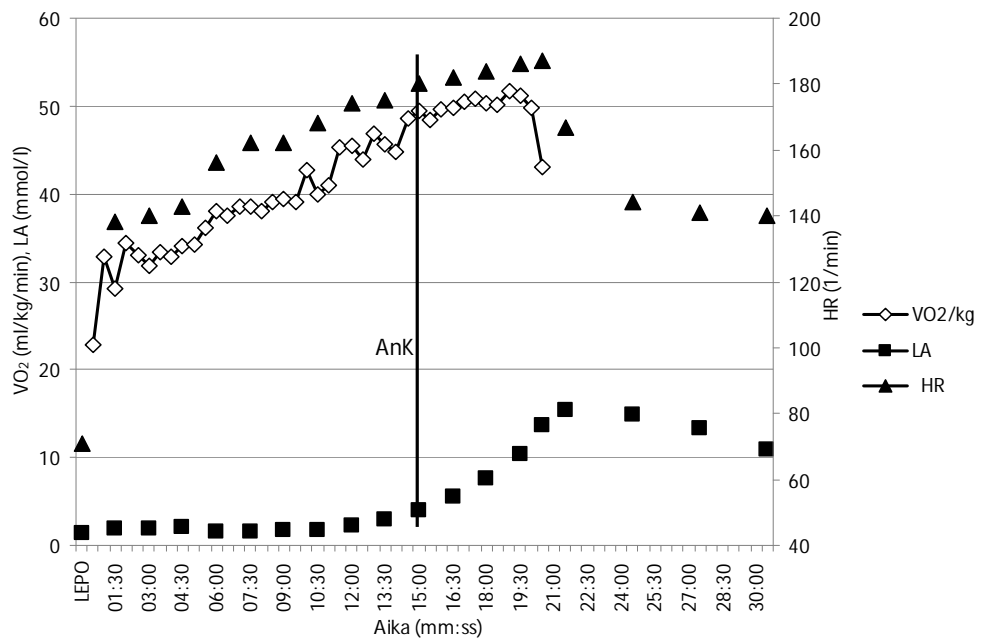
KUVA 10. Hapenotto, laktaatti ja syke, nopeusprotokollan koehenkilö 2.



Kaksi seuraavaa koehenkilöä tekivät testin kulmaprotokollan mukaisesti. Koehenkilöiden hapenotto-, laktaatti- ja sykemittauksen tulokset nähdään kuvissa 11 ja 12. Yhteenveto neljän ensimmäisen koehenkilön testituloksista on esitetty taulukossa 6.



KUVA 11. Hapenotto, laktaatti ja syke, kulmaprotokollan koehenkilö 1.

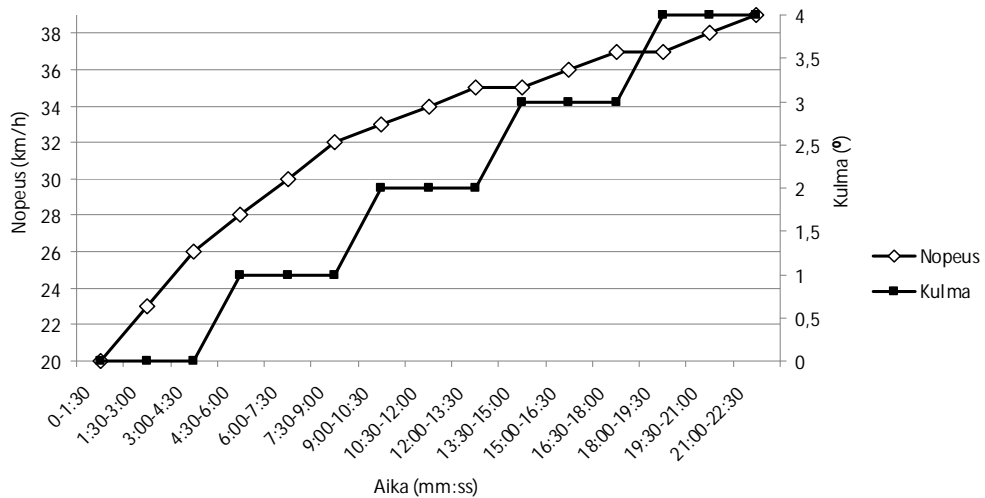


KUVA 12. Hapenotto, laktaatti ja syke, kulmaprotokollan koehenkilö 2.

TAULUKKO 6. Nopeus- ja kulmaprotokollan koehenkilöiden testituloksia.

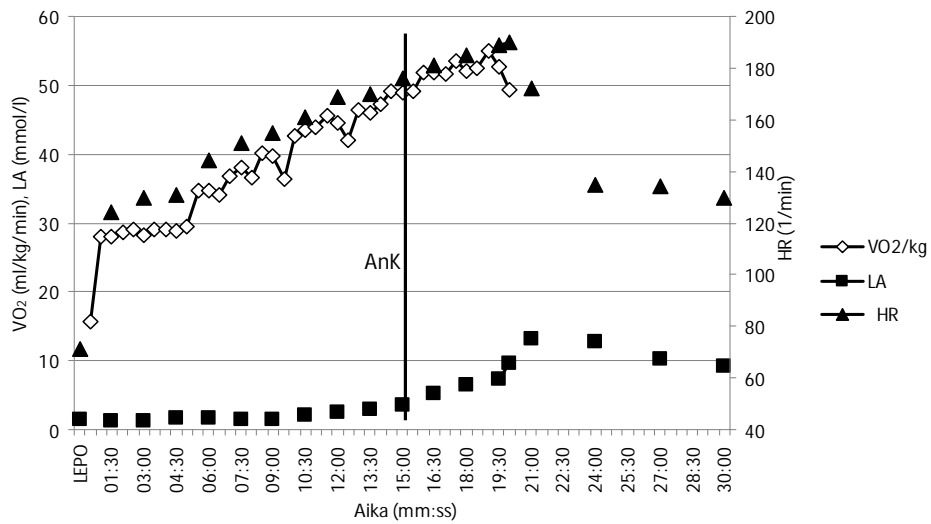
	Ikä (v)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	HR max (1/min)	LA max (mmol/l)	Lopetus- aika (mm:ss)	RER max	VO <sub>2</sub> max (L/min)	VO <sub>2</sub> max (ml/kg/ min)
KH1, nopeus	30	25,00	191	10,96	18:00	1,25	4,24	52,3
KH2, nopeus	24	26,86	185	14,63	19:00	1,09	-	-
KH3, kulma	16	25,10	194	8,54	18:20	1,05	3,75	49,4
KH4, kulma	16	22,66	187	15,45	20:23	1,29	3,65	51,4

Kumpikin protokolla tuntui toimivalta maksimihapenoton saavuttamisen kannalta, sillä hapenotto tasaantui tai kääntyi laskuun kaikilla koehenkilöillä (lukuun ottamatta laitehäiriön vuoksi keskeytynyttä mittausta koehenkilön 2 kohdalla). Kuormien määrä oli kuitenkin melko suuri tavoitteeseen nähden: nopeusmallin koehenkilöt ylsivät 12. ja 13. kuormille, ja kulmamallin koehenkilöt 13. ja 14. kuormille. Myös testin kokonaiskeston havaittiin olevan melko pitkä: nopeusmallin koehenkilöillä 18 ja 19 minuuttia, kulmamallin koehenkilöillä 18,3 ja 20,4 minuuttia. Tämän vuoksi lopuille koehenkilöille valittiin hieman rankempi protokolla, em. mallien yhdistelmä, jossa kulmaa nostettiin kulmamallin mukaisesti, mutta myös nopeutta nostettiin useimmiten kulmannoston yhteydessä. Kyseinen ”yhdistetty”-protokolla on esitetty kuvassa 13.

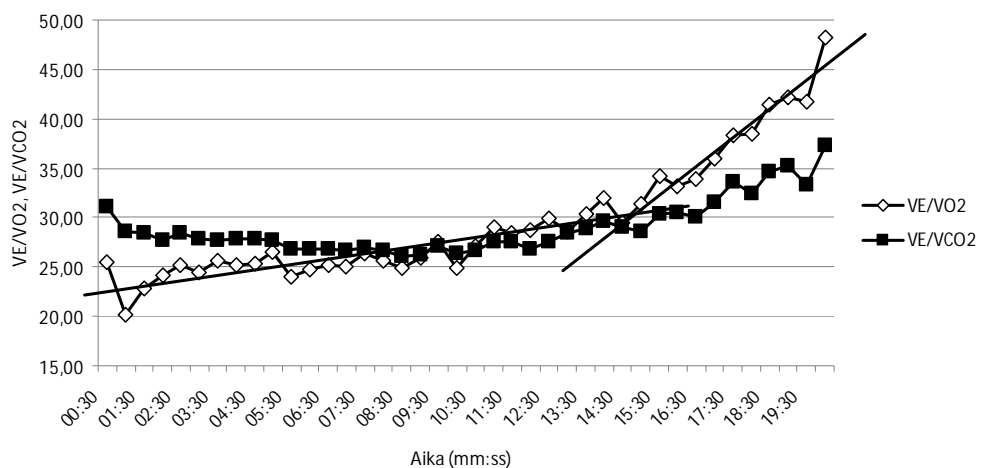


KUVA 13. Nopeuden ja kulman muutokset eri kuormilla, ”yhdistetty”-protokolla.

Esimerkki ”yhdistetty”-protokollan koehenkilön mittaustuloksista nähdään kuvissa 14 ja 15. Kuvassa 14 on esitetty hapenoton (ml/kg/min), sykkeen ja veren laktaattipitoisuuden kehitys testin edetessä, sekä syke ja laktaattipitoisuus palautusjakson aikana. Anaerobisen kynnyksen sijainti on kuvattu pystysuoralla viivalla. Anaerobisen kynnyksen sijaintia määritettäessä on laktaattipitoisuuden nousun lisäksi käytetty apuna ventilaation suurenemista erityisesti hapenkulutukseen nähden, kuten kuvasta 15 ilmenee.



KUVA 14. Yhden koehenkilön hapenotto- (ml/kg/min), syke- ja laktaattipitoisuustulokset testin ajalta, sekä syke- ja laktaattipitoisuus palautusjakson aikana.



KUVA 15. Yhden koehenkilön ventilaatiomittaustulokset hapenottoon (VE/VO<sub>2</sub>) ja hiili- dioksidin tuottoon (VE/VCO<sub>2</sub>) suhteutettuina, sekä apuviivat anaerobisen kynnyksen määrittä- mistä varten.

## 7.2 Yhteenveto pelaajien testituloksista

### 7.2.1 Testin lopetushetki ja palautuminen

Yhteenveto kaikkien pelaajien testituloksista testin lopetushetkeen ja maksimiarvoihin liittyen nähdään taulukossa 7, jossa on kuvattu erikseen SM-liigapelaajien (N=5) ja A-junioreiden (N=10) tulosten keskiarvot keskihajontoineen, sekä vastaavat tulokset koko koehenkilöjoukolta (N=15). Tuloksissa ei voida havaita tilastollisesti merkitsevää ( $p < 0,05$ ) eroa SM-liigapelaajien ja A-junioreiden välillä missään mittasuureessa, vaikkakin SM-pelaajilla lopetusaika on hieman suurempi sekä maksimisyke ja maksimilaktaatti alhaisempia kuin A-junioreilla.

TAULUKKO 7. Tulosten yhteenveto (keskiarvo  $\pm$  SD) testin lopetushetken ja maksimiarvojen osalta, joukkueitasojen mukaan eroteltuna sekä koko ryhmälle.

	SM-liiga	A-juniorit	Kaikki yhteensä
Lopetusaika (min)	18,69 $\pm$ 1,78	17,22 $\pm$ 2,11	17,71 $\pm$ 2,07
Lopetusnopeus (km/h)	37 $\pm$ 1	37 $\pm$ 1	37 $\pm$ 1
Lopetuskulma (°)	4 $\pm$ 0	3 $\pm$ 1	4 $\pm$ 1
RER max	1,22 $\pm$ 0,10	1,22 $\pm$ 0,09	1,22 $\pm$ 0,09
HR max (1/min)	189 $\pm$ 3	196 $\pm$ 7	194 $\pm$ 7
HR max (% arviosta)	97 $\pm$ 2	99 $\pm$ 4	98 $\pm$ 3
LA max (mmol/l)	12,58 $\pm$ 1,40	13,57 $\pm$ 2,55	13,24 $\pm$ 2,23
LA-poisto (mmol/l/min)	0,543 $\pm$ 0,117	0,565 $\pm$ 0,077	0,558 $\pm$ 0,088

### 7.2.2 Maksimihapenotto

Maksimihapenottoon liittyvät testitulokset nähdään taulukossa 8 (N=14: SM-liigapelaajat 4, A-juniorit 10). SM-liigapelaajista yhden koehenkilön tulokset on jätetty huomioimatta, sillä hapenottomittaus keskeytyi laitehäiriön vuoksi ennen maksimin saavuttamista. Tuloksista havaitaan tilastollisesti merkitsevä ( $p < 0,05$ ) ero kehonpainoon suhteuttamattomassa maksimihapenotossa (L/min) sekä laktaattipitoisuudessa maksimihapenottohetkellä. SM-liigapelaajilla kehonpainoon suhteuttamaton maksimihapenotto on A-junioreita suurempi (SM-liigapelaajat 4,59  $\pm$  0,44 L/min, A-juniorit 3,89  $\pm$  0,29 L/min) ja toisaalta maksimihapenottohetken laktaattipitoisuus pienempi kuin A-junioreilla (SM-liigapelaajat 8,27  $\pm$  0,6 mmol/l, A-juniorit 10,5  $\pm$  1,5 mmol/l).

TAULUKKO 8. Tulosten yhteenveto (keskiarvo  $\pm$  SD) maksimihapenottoon liittyen, joukkue- ja A-junioripelaajien välillä. \* = tilastollinen merkitsevyys ( $p < 0,05$ ) SM-liiga- ja A-junioripelaajien välillä.

	SM-liiga	A-juniorit	Kaikki yhteensä
VO <sub>2</sub> max (L/min)	4,59 $\pm$ 0,44 *	3,89 $\pm$ 0,29	4,09 $\pm$ 0,46
VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min)	50,2 $\pm$ 4,1	49,5 $\pm$ 4,4	49,7 $\pm$ 4,2
VO <sub>2</sub> max (ml/kg <sup>2/3</sup> /min)	225,5 $\pm$ 7,1	211,8 $\pm$ 15,8	215,8 $\pm$ 15,0
Nopeus @VO <sub>2</sub> max (km/h)	37 $\pm$ 1	36 $\pm$ 1	36 $\pm$ 1
Kulma @VO <sub>2</sub> max (°)	4 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1
HR @VO <sub>2</sub> max (1/min)	189 $\pm$ 4	195 $\pm$ 7	194 $\pm$ 7
LA @VO <sub>2</sub> max (mmol/l)	8,27 $\pm$ 0,60 *	10,50 $\pm$ 1,50	9,87 $\pm$ 1,65

### 7.2.3 Anaerobinen kynnys

Yhteenveto anaerobisen kynnyksen tuloksista nähdään taulukossa 9 (N=15, SM-liigapelaajat 5 (lukuun ottamatta VO<sub>2</sub>%, jossa N=4), A-juniorit 10). Tuloksissa havaitaan tilastollisesti merkitsevä ( $p < 0,05$ ) ero SM-liigapelaajien ja A-junioreiden välillä kehonpainoon suhteuttamattomassa hapenotossa sekä luistelunopeudessa anaerobisella kynnyksellä. SM-liigapelaajilla hapenotto on korkeampi (SM-liigapelaajat 4,0  $\pm$  0,5 L/min, A-juniorit 3,4  $\pm$  0,2 L/min) ja luistelunopeus suurempi kuin A-junioreilla (SM-liigapelaajat 35  $\pm$  1 km/h, A-juniorit 33  $\pm$  1 km/h). Luistelunopeudessa tosin voidaan huomioida vain kolmen pelaajan nopeus (keskiarvo samoin 35 km/h), sillä kaksi pelaajaa suoritti testin nopeusprotokollalla.

TAULUKKO 9. Tulosten yhteenveto (keskiarvo  $\pm$  SD) anaerobisen kynnyksen osalta, joukkue- ja A-junioripelaajien välillä. \* = tilastollinen merkitsevyys ( $p < 0,05$ ) SM-liiga- ja A-junioripelaajien välillä.

	SM-liiga	A-juniorit	Kaikki yhteensä
HR @AnK (1/min)	176 $\pm$ 5	184 $\pm$ 9	181 $\pm$ 9
HR% @AnK (%)	93 $\pm$ 1	94 $\pm$ 3	93 $\pm$ 2
VO <sub>2</sub> @AnK (L/min)	4,0 $\pm$ 0,5 *	3,4 $\pm$ 0,2	3,6 $\pm$ 0,4
VO <sub>2</sub> @AnK (ml/kg/min)	44,08 $\pm$ 3,15	43,76 $\pm$ 4,84	43,87 $\pm$ 4,23
VO <sub>2</sub> % @AnK (%)	89 $\pm$ 3	88 $\pm$ 5	89 $\pm$ 4
Nopeus @AnK (km/h)	35 $\pm$ 1 *	33 $\pm$ 1	34 $\pm$ 1
Kulma @AnK (°)	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1

Mittaustulosten mukaan *aerobinen kynnys* ylittyi kaikilla koehenkilöillä heti ensimmäisellä kuormalla, joten aerobisia kynnnyksiä ei saatu luotettavasti määritettyä.

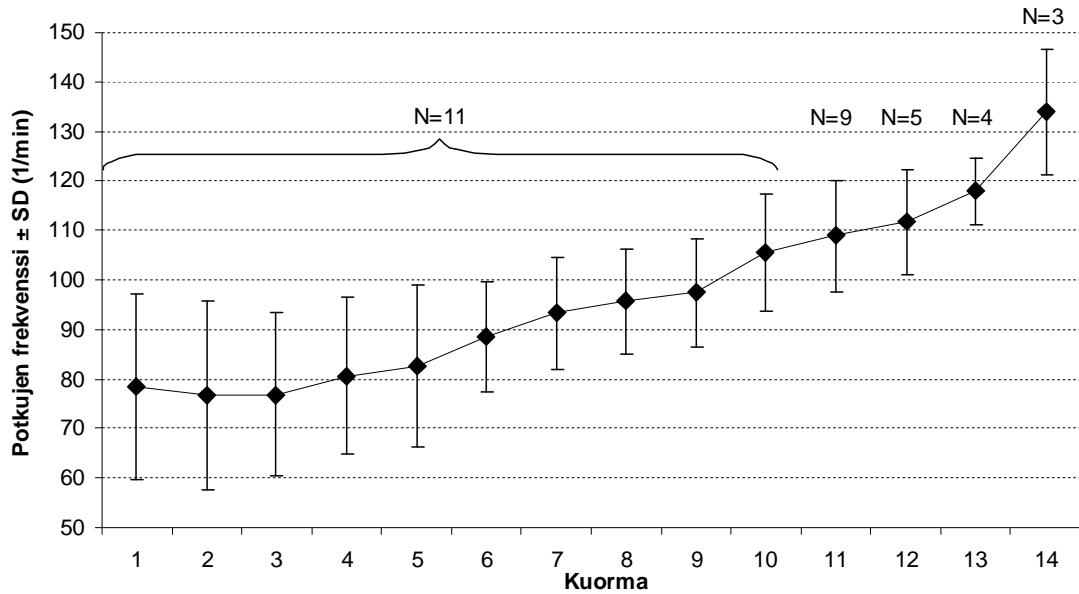
#### 7.2.4 Taloudellisuus

Taloudellisuutta tarkasteltiin hapenottona tietyillä vakiokuormilla sekä luistelupotkujen määrää analysoimalla. Tiettyjen kuormien hapenottoon liittyvät tulokset on esitetty taulukossa 10 sekä kehonpainoon suhteutettuna (ml/kg/min) että prosenttiosuutena maksimihapenotosta. Osittain eri testiprotokollista johtuen 35 km/h nopeudella ja 2 asteen kulmalla tulokset saatiin vain 11 pelaajalta (SM-liigapelaajat 3, A-juniorit 8). Puolestaan 36 km/h nopeudella ja 3 asteen kulmalla tulokset saatiin 12 pelaajalta (SM-liigapelaajat 4, A-juniorit 8), sillä kaksi A-junioria oli lopettanut testin ennen ko. kuormaa ja yhdellä SM-liigapelaajalla mittaushäiriö esti hapenottotuloksen saamisen ko. kuormalta. Tuloksista havaitaan, että SM-liigapelaajilla hapenotto on pienempi molemmilla kuormilla niin absoluuttisesti kuin maksimihapenottoon suhteutettunakin, joskin ero on tilastollisesti merkitsevä ( $p < 0,05$ ) ainoastaan 35 km/h kuormalla maksimihapenottoon suhteutettuna (SM-liigapelaajat  $86 \pm 6$  %, A-juniorit  $94 \pm 4$  %).

TAULUKKO 10. Tulosten yhteenveto (keskiarvo  $\pm$  SD) taloudellisuuden osalta, joukkueetasojen mukaan eroteltuna sekä koko ryhmälle. \* = tilastollinen merkitsevyys ( $p < 0,05$ ) SM-liiga- ja A-junioripelaajien välillä.

	SM-liiga	A-juniorit	Kaikki yhteensä
VO <sub>2</sub> @35km/h, 2° (ml/kg/min)	42,6 $\pm$ 1,6	46,4 $\pm$ 3,7	45,3 $\pm$ 3,7
VO <sub>2</sub> %max @35km/h, 2°	86 $\pm$ 6 *	94 $\pm$ 4	92 $\pm$ 6
VO <sub>2</sub> @36km/h, 3° (ml/kg/min)	46,3 $\pm$ 3,8	49,9 $\pm$ 3,4	48,5 $\pm$ 3,9
VO <sub>2</sub> %max @36km/h, 3°	95 $\pm$ 3	98 $\pm$ 2	97 $\pm$ 3

Luistelupotkujen määrät minuuttia kohden eri kuormilla nähdään kuvassa 16. Luvuissa ovat mukana ainoastaan ”yhdistetty”-protokollan pelaajat, jotta potkujen määrät olisivat vertailukelpoisia keskenään. Kuvassa 16 nähdään myös niiden pelaajien lukumäärä (N), jotka kyseiselle kuormalle ylsivät. Tuloksista nähdään, että potkujen lukumäärän keskihajonta on varsin suurta pienillä kuormilla (18,7 kuormalla 1), mutta vähenee suuremmilla kuormilla viimeisintä kuormaa lukuun ottamatta (6,8 kuormalla 13 ja vastaavasti 12,8 kuormalla 14). Potkujen määrä on nousujohteinen kuormituksen kasvaessa (78,5 kuormalla 1 ja 134 kuormalla 14).



KUVA 16. ”Yhdistetty”-protokollan pelaajien luistelupotkujen frekvenssi, keskihajonta ja koehenkilöiden lukumäärä (N) eri kuormilla.

Potkujen määrää tutkittiin myös anaerobisen kynnyksen suhteen, tietyillä vakio-kuormilla sekä kunkin pelaajan viimeisellä kuormalla. Näiden muuttujien keskiarvot ja keskihajonnat nähdään taulukossa 11. Anaerobisella kynnyksellä potkuja on keskimäärin 93,7, ensimmäiseltä kuormalta anaerobiselle kynnykselle (anaerobisen kynnyksen kuorma mukaan laskettuna) keskimäärin 82,8, anaerobiselta kynnykseltä (anaerobisen kynnyksen kuorma poissuljettuna) viimeiselle kuormalle 108,6, kuormalla 35 km/h /2° keskimäärin 97,5, kuormalla 36 km/h /3 ° keskimäärin 105,5 ja pelaajan viimeisellä kuormalla keskimäärin 121,9.

TAULUKKO 11. Yhteenveto (keskiarvo ± SD) luistelupotkujen määrästä minuutissa anaerobisella kynnyksellä, anaerobiselle kynnykselle asti, keskiarvona anaerobiselta kynnykseltä viimeiselle kuormalle, kahdella eri vertailukuormalla sekä keskiarvona kunkin koehenkilön viimeisellä kuormalla.

Potkut AnK (1/min)	Potkut alku-AnK (1/min)	Potkut AnK-loppu (1/min)	Potkut @35km/h, 2° (1/min)	Potkut @36km/h, 3° (1/min)	Potkut @loppukuorma (1/min)
93,7 ± 11,6	82,2 ± 12,5	108,6 ± 10,8	97,5 ± 10,9	105,5 ± 12,3	121,9 ± 13,5

## 7.3 Yhteydet eri testimuuttujien välillä

### 7.3.1 Korrelaatiot

Korrelaatiota tutkittiin toisaalta koko koehenkilöryhmälle sekä lisäksi erikseen ”yhdistetty”-protokollan koehenkilöille, sillä eri testiprotokollat ovat mahdollisesti vaikuttaneet joihinkin korrelaatioihin. Korrelaatiotaulukot on esitetty liitteissä 1 ja 2.

Tilastollisesti merkitsevä ( $p < 0,01$  tai  $0,05$ , korrelaatiotaulukossa vastaavasti \* tai \*\*) korrelaatio on havaittavissa kummassakin tarkastelujoukossa mm. seuraavien muuttujien välillä (alla olevat r- ja p-arvot kaikkien pelaajien kesken tarkasteltuna):

- kehonpainoon suhteuttamattoman maksimihapenoton sekä pituuden ( $r=0.655$ ,  $p<0.05$ ), painon ( $r=0.774$ ,  $p<0.01$ ) ja kehon painoindeksin ( $r=0.665$ ,  $p<0.01$ ) välillä
- kehonpainoon suhteutetun maksimihapenoton sekä lopetusnopeuden ( $r=0.56$ ,  $p<0.05$ ), anaerobisen kynnyksen hapenoton ( $r=0.847$ ,  $p<0.01$ ) ja 35 km/h /2° ( $r=0.773$ ,  $p<0.01$ ) ja 36 km/h /3° ( $r=0.889$ ,  $p<0.01$ ) -kuormien hapenoton välillä
- 35 km/h /2° ja 36 km/h /3° -kuormien suhteellisen hapenoton (prosenttia maksimihapenotosta) sekä lopetusajan ( $r=-0.929$ ,  $p<0.01$  ja  $r=-0.787$ ,  $p<0.01$ , vastaavasti) ja -nopeuden ( $r=-0.928$ ,  $p<0.01$  ja  $r=-0.594$ ,  $p<0.05$ , vastaavasti) välillä
- 35 km/h /2° -kuorman suhteellisen hapenoton sekä maksimihapenottohetken luistelunopeuden ( $r=-0.875$ ,  $p<0.01$ ) ja anaerobisen kynnyksen luistelunopeuden ( $r=-0.699$ ,  $p<0.05$ ) välillä
- maksimihengitysosamäärän ja anaerobisen kynnyksen suhteellisen hapenoton ( $r=0.631$ ,  $p<0.05$ ) välillä
- iän ja anaerobisen kynnyksen luistelunopeuden ( $r=0.706$ ,  $p<0.01$ ) välillä
- anaerobisen kynnyksen potkumäärän sekä anaerobista kynnystä alempien kuormien keskimääräisen potkumäärän ( $r=0.659$ ,  $p<0.01$ ), anaerobista kynnystä suurempien kuormien keskimääräisen potkumäärän ( $r=0.865$ ,  $p<0.01$ ), 35 km/h /2° ja 36 km/h



$1/3^\circ$  -kuormien potkumäärien ( $r=0.822$ ,  $p<0.01$  ja  $r=0.565$ ,  $p<0.05$ , vastaavasti) sekä viimeisen kuorman potkumäärien ( $r=0.534$ ,  $p<0.05$ ) välillä

- potkujen keskihajonnan anaerobiselta kynnykseltä viimeiselle kuormalle sekä lopetusajan ( $r=0.785$ ,  $p<0.01$ ) ja kehonpainoon suhteutetun maksimihapenoton ( $r=0.548$ ,  $p<0.05$ ) välillä
- $35 \text{ km/h } 1/2^\circ$  -kuorman suhteellisen hapenoton sekä potkujen keskihajonnan anaerobiselta kynnykseltä viimeiselle kuormalle ( $r=-0.853$ ,  $p<0.01$ ) ja viimeisen kuorman potkumäärän välillä ( $r=-0.686$ ,  $p<0.05$ )

Pelkästään ”yhdistetty”-protokollan koehenkilöitä tarkasteltaessa havaittiin pitkälti samansuuntaiset korrelaatiot kuin koko koehenkilöjoukollakin. Poikkeuksena koehenkilön ikä oli useammassa tapauksissa yhteydessä muihin muuttujiin (esim. painoon, kehonpainoon suhteuttamattomaan maksimihapenottoon ja anaerobisen kynnyksen hapenottoon sekä laktaattipitoisuuteen maksimihapenottohetkellä). Toisaalta lopetusajan sekä anaerobisen kynnyksen luistelunopeuden ja kehonpainoon suhteutetun hapenoton välillä ei enää havaittu yhteyttä - todennäköisesti pienemmästä näyttemäärästä johtuen, vaikka testiprotokolla tässä tapauksessa olikin kaikilla sama. Pelkästään ”yhdistetty”-protokollan pelaajilla myöskään anaerobisen kynnyksen potkumäärien sekä  $36 \text{ km/h } 1/3^\circ$  ja lopetuskuormien potkumäärien välillä ei enää ollut havaittavissa tilastollista yhteyttä, todennäköisesti samoin vähäisemmästä näyttemäärästä johtuen.

### 7.3.2 Lineaariregressiot

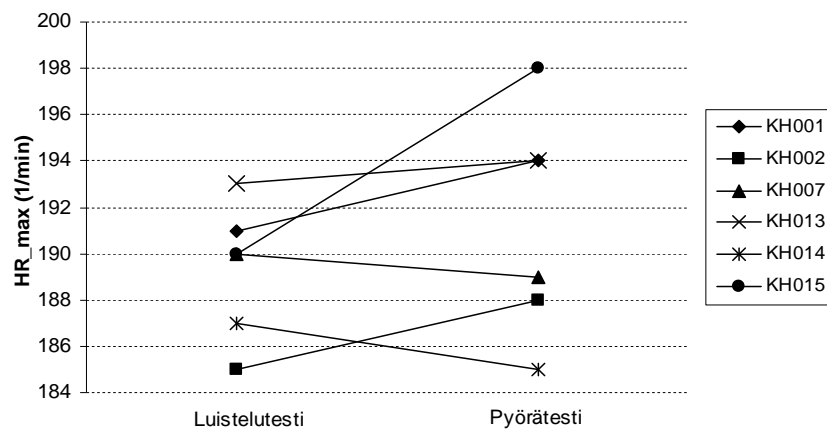
Testiaineistolle tehdyt lineaariregressiot osoittavat, että hapenottoa voidaan tietyiltä osin selittää muilla muuttujilla. Absoluuttista maksimihapenottoa (L/min) tilastollisesti merkitsevästi selittävät koehenkilön pituus, painoindeksi, maksimilaktaatti sekä testin lopetusaika ( $VO_2\max(L/min) = -7,045 + 0,47*\text{pituus} + 0,081*\text{BMI} - 0,070*\text{LAm}ax + 0,083*\text{lopetusaika}(min)$ ), jolloin mallin selitysaste ( $R^2\text{adj}$ ) on 0,695 ja p-arvo 0,004.

Kehonpainoon suhteutettuna (ml/kg/min) maksimihapenotolle on löydettävissä kaksi erilaista mallia. Toisessa selittävinä tekijöinä ovat koehenkilön painoindeksi, maksimilaktaatti ja testin lopetusaika ( $VO_2\max(ml/kg/min) = 67,149 - 1,024*\text{BMI} -$

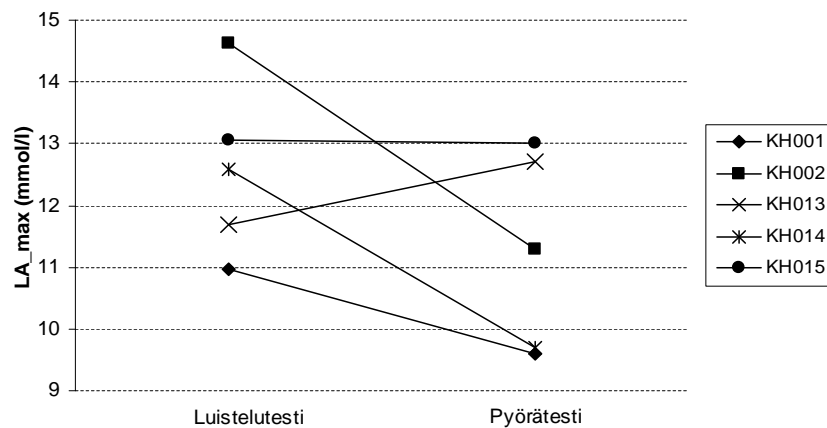
$0,726 \cdot L_{\text{Amax}} + 0,986 \cdot \text{lopetusaika}(\text{min})$ ), jolloin mallin selitysaste ( $R^2_{\text{adj}}$ ) on 0,457 ja p-arvo 0,028. Toisaalta selittävinä tekijöinä voivat olla koehenkilön painoindeksi sekä luistelunopeus anaerobisella kynnyksellä ( $\text{VO}_2\text{max}(\text{ml/kg/min}) = 18,392 - 1,374 \cdot \text{BMI} + 1,915 \cdot \text{nopeus@AnK}$ ), jolloin mallin selitysaste ( $R^2_{\text{adj}}$ ) on 0,530 ja p-arvo 0,006. Maksimihapenotolle kehonpainoon voimakkaammin suhteutettuna ( $\text{ml/kg}^{2/3}/\text{min}$ ) ei ollut löydettävissä tilastollisesti merkitsevää regressiomallia.

## 7.4 Luistelumatto- ja polkupyöräergometritestin tulosten vertailu

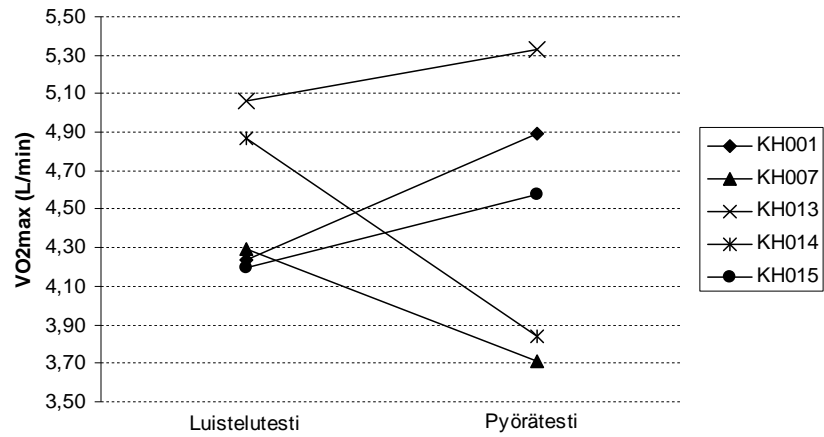
Osa koehenkilöistä oli aiemmin (noin puoli vuotta aikaisemmin) tehnyt maksimihapenototestin polkupyöräergometrillä muiden kuntotestien yhteydessä. Kuvissa 17-20 nähdään vertailu luistelumatolla tehdyn sekä aikaisemmin polkupyöräergometrillä tehdyn testin tulosten välillä maksimisykkeen, -laktaatin ja -hapenoton osalta.



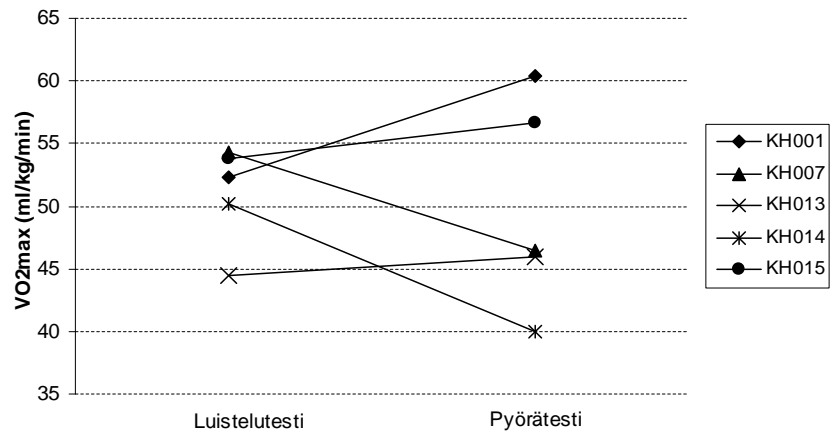
KUVA 17. Maksimisyke luistelu- ja polkupyöräergometritestissä koehenkilöittäin.



KUVA 18. Maksimilaktaatti luistelu- ja polkupyöräergometritestissä koehenkilöittäin.



KUVA 19. Maksimihapenotto (L/min) luistelu- ja polkupyöräergometritestissä koehenkilöittäin.



KUVA 20. Maksimihapenotto (ml/kg/min) luistelu- ja polkupyöräergometritestissä koehenkilöittäin.

## 8 POHDINTA

Tutkimuksen tavoitteena oli löytää jääkiekkoilijoille käyttökelpoinen ja pätevä luistelumatolla tehtävä maksimihapenottokykytesti. Tutkimuksessa testattiin kahta erilaista kuormitusmallia, joiden tulosten ja havaintojen pohjalta valittiin lopullinen kuormitusmalli. Luistelumatotestin fysiologisia vasteita analysoitiin testin maksimaalisuuden, maksimihapenottohetken, taloudellisuuden ja anaerobisen kynnyksen kannalta. Tuloksia tarkasteltiin koko ryhmän osalta sekä vertailemalla SM-liigapelaajien ja A-juniorien tuloksia. Lisäksi tutkittiin fysiologisten vasteiden riippuvuutta toisistaan ja verrattiin luistelumatotestin tuloksia polkupyöräergometritestin tuloksiin sellaisilla koehenkilöillä, joilla polkupyöräergometritesti oli hiljattain tehty.

Yleisenä havaintona voidaan todeta, että kaikilla testatuilla kuormitusmalleilla saatiin maksimihapenotto mitattua ja lisäksi anaerobinen kynnykset määritettyä. Aerobista kynnystä ei puolestaan saatu määritettyä millään kuormitusmalleista. Luistelumatto- ja polkupyöräergometritestien tulokset eivät olleet systemaattisesti saman- tai erilaisia minkään muuttujan osalta. Näin ollen luistellen tehtävä maksimihapenottotesti lienee huomattavasti käyttökelpoisempi ja lajinomaisempi menetelmä jääkiekkoilijoille. Lisäksi havaittiin tilastollisesti merkitseviä eroavaisuuksia SM-liigapelaajien ja A-junioreiden välillä esimerkiksi kehonkoostumuksen ja anaerobisen kynnyksen sijainnin osalta. Eri muuttujien välillä havaittiin useita yhteyksiä, mutta tutkimuksen perusteella maksimihapenottoa ei voida määrittää luotettavasti muiden muuttujien, kuten esimerkiksi lopetusajan avulla.

*Testin maksimaalisuus ja soveltuvuus jääkiekkoon.* Suoran hapenottotestin maksimaalisuudelle on kirjallisuudessa (esim. Durocher ym. 2010, Chia ym. 2007, Glaister ym. 2006, Heugas ym. 2007, Carey ym. 2007, Aziz ym. 2000) esitetty useita hieman toisistaan poikkeavia kriteereitä, kuten kappaleessa 3.3 esiteltiin. Tämän tutkimuksen testeissä kyseiset kriteerit täyttyivät hyvin. Hapenotto tasaantui tai kääntyi laskuun lähes kaikilla koehenkilöillä, ainoastaan kahdella koehenkilöistä hapenotto oli korkeimmillaan viimeisen kuorman lopussa. Hengitysosamäärä testin lopussa oli kaikilla koehenkilöillä vähintään alhaisimman kriteerin 1,05 verran, ja yli 1,15 lähes

kaikilla koehenkilöistä. Maksimisyke oli yhtä koehenkilöä lukuun ottamatta vähintään 95% iän mukaan arvioidusta maksimisykkeestä. Myös maksimilaktaattipitoisuus oli kaikilla koehenkilöillä vähintään 8 mmol/l (pienin arvo 8,54 mmol/l), suurimmalla osalla reilusti yli 10 mmol/l. Lisäksi kaikki koehenkilöt keskeyttivät testin itse siinä vaiheessa, kun olivat liian uupuneita jatkamaan. Kaiken kaikkiaan kriteerit täyttyivät niin, että kaikilla koehenkilöillä vähintään kaksi kriteeristä täyttyi.

Tavoitteena oli löytää sellainen kuormitusmalli, että kuormitusportaita tulisi suositusten (Keskinen ym. 2010, 64) mukaisesti 8-12. Testatuilla kuormitusmalleilla kuormitusportaita oli kaikilla koehenkilöillä 10-14, joten tavoitteen suuruusluokka täyttyi hyvin. Kynnystenmääritysten vuoksi kuormitusportaita tulee olla riittävän monta, joten kuormitusportaiden määrän on hyvä olla mieluummin hieman ylä- kuin alakanttiin. Toisaalta aerobista kynnystä ei kuormitusmalleilla saatu määritettyä todennäköisesti sen vuoksi, että matolla luistelu on luonteensa vuoksi melko raskasta jo alhaisilla nopeuksilla - normaalia alhaisemmilla luistelunopeuksilla heikomman luiston vuoksi jopa suhteessa raskaampaa, kuin hieman suuremmilla nopeuksilla. Näin ollen kuormitusmallista voisi hyvin jättää muutaman hitaimmista kuormista pois maksimihapenoton saavuttamisen tai anaerobisen kynnyksen löytymisen vaarantumatta. Kestoltaan testit olivat 14:17 ja 20:30 minuutin välillä, joten testit osuivat kestoiltaan hyvin tavoitteeseen (kappale 3.2, Czuba ym. 2010). Sekä lyhyin että pisin testi saavutettiin rankimmalla ”yhdistetty”-protokollalla.

Suurin osa toistaiseksi raportoiduista luistelumatotesteistä on tehty epäjatkuvin turvallisuuksien ja liiallisen väsymyksen ehkäisemisen vuoksi (Leone ym. 2007) tai sen vuoksi, että hyvän luisteluasennon pitämisen on arveltu olevan mahdotonta yli kahden minuutin ajan (Dreger & Quinney 1999). Tässä tutkimuksessa tarkoituksena oli seurata koehenkilöiden luistelutekniikan mahdollista muuttumista kuormituksen kasvaessa ja väsymyksen lisääntyessä, mutta luistelutekniikka pysyi hyvänä loppuun asti kaikilla koehenkilöillä. Näin ollen epäilyt luistelutekniikan tai -asennon laadusta jatkuvassa testissä voidaan kumota ainakin tutkimuksessa käytettyjen koehenkilöiden suorituskykytasolla. Toisaalta myös luistelumaton turvamekanismit pitävät huolen maton pysäyttämisen mahdollisen kompastumisen seurauksena, joten epäjatkuvia testejä ei voida perustella myöskään siltä kannalta. Luistelumatto on tuntumaltaan hieman erilainen jäällä luisteluun verrattuna, joten testattavien on syytä totuttautua

matolla luisteluun etukäteen, kuten on suositeltu juoksumatonkin osalta (esim. Glaister 2008). Erillisestä harjoittelukerrasta huolimatta osalla koehenkilöistä luistelu oli hieman haparoivaa aivan testin alussa, mutta toisaalta normaali luistelurytmi löytyi nopeasti kaikilla koehenkilöillä.

*Maksimihapenotto ja muut testivasteet.* Tässä tutkimuksessa keskimääräiseksi maksimihapenotoksi saatiin  $49,7 \pm 4,2$  ml/kg/min ( $4,09 \pm 0,46$  L/min). Jääkiekkoilijoille luistellen teetetyissä maksimihapenototesteissä on saatu varsin erilaisia tuloksia, joista osa on hyvin samaa luokkaa tämän tutkimuksen arvojen kanssa (esim. Durocher ym. 2010, Nobes ym. 2003), osa puolestaan hämmästyttävän korkeita, varsinkin junioripelaajien ollessa kyseessä (esim. Dreger & Quinney (1999), Koepf & Janot (2008)). Huippujääkiekkoilijoille teetettyjen polkupyöräergometri- tai juoksumattotestien tuloksiin verrattuna tässä tutkimuksessa saadut tulokset ovat hyvin samaa suuruusluokkaa (Gledhill & Jamnik 2007, Montgomery 2006, Quinney ym. 2008, Westerlund 2010), joskin luistelumatto- ja polkupyöräergometritestin verrannollisuutta tullaan pohtimaan myöhemmin.

Muiden testivasteiden raportointi on kirjallisuudessa vaihtelevampaa, eikä esimerkiksi suomalaisittain käytettyä anaerobista kynnystä voida verrata usein muualla käytettyyn ja erilaisin kriteerein määritettävään laktaattikynnykseen. Vertailua voidaan tehdä lähinnä maksimihengitysosamäärän, maksimilaktaatin sekä maksimisykkeen osalta, vaikkakin maksimisykkeessä tulee huomioida koehenkilöiden iän merkittävä vaikutus. Tässä tutkimuksessa keskimääräiseksi maksimihengitysosamääräksi saatiin  $1,22 \pm 0,09$ , joka on huomattavasti korkeampi esim. Koepf & Janot:n (2008) jatkuvan testin tuloksiin verrattuna, mutta samaa suuruusluokkaa epäjatkuviin testeihin verrattuna (Dreger & Quinney 1999, Koepf & Janot 2008). Maksimisykkeen osalta tämän tutkimuksen keskiarvotulos  $194 \pm 7$  l/min on hyvin linjassa kirjallisuudessa esiintyviin, pitkälti saman ikäryhmän tuloksiin (Dreger & Quinney 1999, Durocher ym. 2010, Koepf & Janot 2008, Nobes ym. 2003, Westerlund 2010). Myös maksimilaktaatin osalta tämän tutkimuksen tulos  $13,24 \pm 2,23$  mmol/l on samaa suuruusluokkaa, vaikkakin hieman vertailuarvoja (Durocher ym. 2010, Westerlund 2010) korkeampi. Laktaattituloksissa on kuitenkin huomioitava mahdolliset mittausvaihtelut näytteenotto- ja analysointierosta johtuen, sillä tässä tutkimuksessa laktaatti analysoitiin kapillaariputken ja pikamittaria vähemmän mittausvaihtelua aiheuttavan analysaattorin avulla.

*Taloudellisuus.* Taloudellisuutta analysoitiin sekä tiettyjen vakiokuormien hapenkulutusta seuraamalla että eri kuormien luistelupotkumääriä laskemalla. Tiettyjen vakiokuormien (35 km/h /2° ja 36 km/h /3°) hapenottoa tutkittaessa huomattiin, että hapenotto vaihtelee melko paljon koehenkilöiden välillä, niin absoluuttisina arvoina kuin maksimihapenottoon suhteutettunakin. SM-liigapelaajien ja A-juniorien välisiä eroavaisuuksia näiden kuormien hapenotossa käsitellään tarkemmin myöhemmin.

Tutkittaessa ”yhdistetty”-protokollan koehenkilöiden luistelifrekvenssiä eri kuormilla huomattiin, että eri koehenkilöiden välisissä tuloksissa on huomattavaa vaihtelua (kuva 16). Vaihtelu on suurinta alemmilla kuormilla, mikä johtuneee alhaisten nopeuksien normaalia alemmasta luisteluvauhdista. Osa koehenkilöistä luisteli kyseiset kuormat hyvin hitaalla rytmillä pitkälle liu’uttaen, toiset puolestaan luistelivat hyvinkin tiheästi, vaikkakin kevyesti. Hajonta pieneni suuremmille kuormille tultaessa. Kyseisillä tehoilla koehenkilöt saattavat olla tottuneempia luistelemaan pelissä ja harjoituksissa, eli kovemmille kuormille saattaa olla muodostunut jonkinlainen normaalirythmi, kun taas normaalia alemmille kuormille sellaista ei ennestään ole. Kaiken kaikkiaan luistelifrekvenssi oli varsin korkea läpi testin, alemmilla kuormilla noin 77 potkua minuutissa ja kuormalle 14 yltäneillä keskimäärin jopa 134 potkua minuutissa. Laitenäyttämällä 30 km/h (kalibrintimittauksen mukaan todellisuudessa noin 24 km/h) luistelutiheys oli huomattavasti suurempi, kuin Nobes:n ym. (2003) tutkimuksessa lähes samalla todellisella nopeudella, tosin tämän tutkimuksen yhden asteen kulma vaikuttaa varmasti jonkin verran luistelutiheyteen vertailututkimuksen tasaiseen alustaan (nousukulma 0°) verrattuna. Verrattaessa luistelifrekvenssejä eri kuormilla ”yhdistetty”-protokollan kulma-nopeus-käyrään (kuva 13) havaitaan, että luistelifrekvenssissä esiintyy usein selvä hyppäys juuri kulmannoston yhteydessä (esimerkiksi kuormien 4, 10 ja 13 kohdalla, ks. kuva 16). Aikaisemmissa luistelun kinematiikkaa tutkivissa raporteissa on havaittu luistelunopeuden olevan ennen kaikkea kiinni luistelupotkujen tiheydestä, eikä niinkään potkujen pituudesta (Bracko 2004). Kyseinen havainto mitä ilmeisimmin päteekin ainoastaan tasaisella alustalla, kulmaa nostamatta.

Toisaalta verrattaessa koehenkilöiden luistelifrekvenssiä kunkin koehenkilön anaerobisen kynnyksen sijaintiin nähden havaittiin, että myös tässä suhteessa koehenkilöiden luistelurytmien välillä on suuria eroja. Anaerobisella kynnyksellä potkuja oli keskimäärin  $93,7 \pm 11,6$  minuutissa, testin alusta anaerobiselle kynnykselle

keskimäärin  $82,8 \pm 12,5$  minuutissa ja anaerobiselta kynnykseltä kunkin koehenkilön viimeiselle kuormalle keskimäärin  $108,6 \pm 10,8$  minuutissa. Viimeisellä kuormalla potkuja oli jo keskimäärin  $121,9 \pm 13,5$ . Esimerkiksi viimeisen kuorman lukemat ovat mielenkiintoisia, sillä voisi ajatella juuri ennen uupumusta esiintyvän rytmien olevan koehenkilöillä lähempänä toisiaan, eli vaikka viimeinen kuorma olisi jollekin koehenkilölle absoluuttisesti huomattavasti kevyempi kuin toiselle, voisi olettaa, että hän pyrki sinnittelemään vauhdissa mukana nimenomaan tahtia tihentämällä. Tulosten valossa näin ei kuitenkaan ole ja mielenkiintoiseksi vaihtoehdoksi jää hyvän testituloksen saavuttavan koehenkilön kyky tihentää luistelurytmiään ja nostaa tällä tavoin työtehoa vielä korkeillakin kuormilla.

*Testimuuttujien väliset yhteydet.* Luistelumatotestin tuloksissa havaittiin useita tilastollisesti merkitseviä yhteyksiä eri testimuuttujien välillä. Kenties oletettavin yhteys oli löydettävissä koehenkilön koon ja kehonpainoon suhteuttamattoman maksimihapenoton välillä – mitä pidempi ja painavampi koehenkilö oli, ja mitä suurempi hänen painoindeksinsä oli, sitä suuremman absoluuttisen maksimihapenoton hän saavutti. Yhteys on tunnettu (McArdle 2010, 241), minkä vuoksi hapenotto yleisesti suhteutetaan koehenkilön painoon vertailtavuuden parantamiseksi. Kehonpainoon suhteutetun maksimihapenoton havaittiin puolestaan olevan yhteydessä anaerobisen kynnyksen hapenottoon sekä  $35 \text{ km/h } /2^\circ$  ja  $36 \text{ km/h } /3^\circ$  -kuormien hapenottoon – mitä suurempi hapenotto em. tasoilla oli, sitä korkeampi myös hänen kehonpainoon suhteutettu maksimihapenottonsa oli. Kuormituksen kasvaessa hapenotto kasvaakin melko lineaarisesti sykkeen kanssa (McArdle 2010, 2003), minkä vuoksi usein vertailussa käytetäänkin suhteellista hapenottoa ( $\% \text{VO}_2\text{max}$ , esim. Basset & Boulay 2003). Toisaalta myös lopetusnopeuden havaittiin jossain määrin olevan yhteydessä kehonpainoon suhteutettuun maksimihapenottoon – mitä pidemmälle testiä koehenkilö jaksoi, sitä suurempi suhteellinen maksimihapenotto hänellä oli. Havaittu yhteys ei kuitenkaan ole riittävän vahva, jotta lopetusnopeuden perusteella voitaisiin määrittää koehenkilön maksimihapenotto. Myös  $35 \text{ km/h } /2^\circ$  ja  $36 \text{ km/h } /3^\circ$  -kuormien suhteellisen hapenoton ( $\% \text{VO}_2\text{max}$ ) sekä lopetusajan ja -nopeuden välillä oli havaittavissa yhteys – mitä alhaisempi suhteellinen hapenotto em. kuormilla oli, sitä suuremman lopetusajan ja -nopeuden koehenkilö saavutti, eli sitä pidemmälle hän testissä eteni. Yhteys liittyy taloudellisuuteen ja koehenkilön suorituskykyyn – huonokuntoisempi henkilö joutuu tietyllä vakiokuormalla työskentelemään



suuremmalla suhteellisella tehotasolla kuin parempikuntoinen henkilö. Samaa ilmiötä kuvastaa myös 35 km/h /2° -kuorman suhteellisen hapenoton sekä maksimihapenottohetken ja anaerobisen kynnyksen luistelunopeuden välinen yhteys (mitä pienempi suhteellinen hapenotto em. kuormalla, sitä suurempi luistelunopeus maksimihapenottohetkellä ja anaerobisella kynnyksellä), joka ei 36 km/h /3° -kuormalla ollut tilastollisesti merkitsevä todennäköisesti pienemmän näytejoukon vuoksi kahden koehenkilöistä lopetettua testin jo ennen kyseistä kuormaa.

Myös maksimihengitysosamäärän ja anaerobisen kynnyksen suhteellisen hapenoton (%VO<sub>2</sub>max) välillä havaittiin mielenkiintoinen yhteys – mitä suurempi suhteellinen hapenotto anaerobisella kynnyksellä oli, eli mitä korkeammalla kynnyksellä sijaitti, sitä suurempi myös maksimihengitysosamäärä oli. Kyseiselle havainnolle ei kuitenkaan ole selkeää selitystä. Anaerobiseen kynnykseen liittyen havaittiin myös merkitsevä yhteys iän ja anaerobisen kynnyksen luistelunopeuden välillä – mitä vanhempi koehenkilö oli, sitä kovemmalla luistelunopeudella hänen anaerobinen kynnyksensä sijaitti. Yhteys lienee selitettävissä sillä, että SM-liigapelaajat olivat A-junioreita vanhempia, ja myös heidän suorituskykynsä (esim. anaerobisen kynnyksen sijainti) oli A-junioreita parempi, kuten hieman myöhemmin tullaan näkemään.

Luistelufrekvenssiin liittyen havaittiin myös joitain mielenkiintoisia yhteyksiä. Esimerkiksi anaerobisen kynnyksen luistelufrekvenssin havaittiin korreloivan niin anaerobista kynnystä alempien, anaerobista kynnystä korkeampien, 35 km/h /2° ja 36 km/h /3° -kuormien kuin viimeisenkin kuorman keskimääräisen luistelufrekvenssin kanssa: mitä suurempi potkujen tiheys anaerobisella kynnyksellä oli, sitä suurempi oli tiheys myös muilla edellä mainituilla kuormilla. Koehenkilöillä vaikuttaa siis olevan yksilökohtainen luistelutiheytensä, ja esimerkiksi tiheämmin luistelevat tuntuvat luistelevan tiheämmin kaikissa vaiheissa testiä, vaikka frekvenssi kaikilla kasvaakin testin loppua kohden. Myös yksittäisen koehenkilön luistelufrekvenssin vaihtelun suuruus eri kuormilla toi mielenkiintoisia yhteyksiä. Luistelufrekvenssin vaihtelun anaerobiselta kynnykseltä viimeiselle kuormalle havaittiin korreloivan niin lopetusajan kuin kehonpainoon suhteutetun maksimihapenotonkin kanssa – mitä suurempi luistelufrekvenssin vaihtelu anaerobisen kynnyksen ja viimeisen kuorman välillä oli, sitä suurempia lopetusaika ja maksimihapenotto (ml/kg/min) olivat. Pitkälti samaa ilmiötä kuvastaa 35 km/h /2° -kuorman suhteellisen hapenoton sekä luistelufrekvenssin

vaihtelun anaerobiselta kynnykseltä viimeiselle kuormalle ja viimeisen kuorman luistelufrekvenssin välinen yhteys – mitä alhaisempi suhteellinen hapenotto em. kuormalla on, sitä enemmän luistelufrekvenssi anaerobisen kynnyksen ja viimeisen kuorman välillä kasvaa, ja sitä suurempi viimeisen kuorman luistelufrekvenssi on. Havainnot voi tulkita kahdella tavalla: joko testissä pitkälle jaksavat kasvattavat luistelutiheyttään huomattavasti testin lopussa, mikä toki on luonnollista kaikista korkeimpien kuormituksen vauhdin ylläpitämiseksi, tai sitten koehenkilöt, jotka pystyvät kasvattamaan luistelutiheyttään testin lopussa mahdollisimman paljon, yltävät pidemmälle testissä. Jälkimmäinen vaihtoehto kuvastaisi koehenkilön ”loppukiri”- tai tehontuotto-ominaisuuksien tärkeyttä erityisesti väsyneenäkin, ja olisi sinänsä looginen tekijä jääkiekkoilijan hyvää suorituskykyä ajatellen.

Lineaariregressioiden avulla tarkasteltuna absoluuttinen maksimihapenotto (L/min) pystyttiin jossain määrin selittämään koehenkilön pituuden, painoindeksin, maksimilaktaatin ja lopetusajan avulla. Toisaalta kehon painoon suhteutettu maksimihapenotto (ml/kg/min) voitiin selittää joko painoindeksin, maksimilaktaatin ja lopetusajan, tai vaihtoehtoisesti painoindeksin ja anaerobisen kynnyksen luistelunopeuden avulla. Tekijöiden osalta huomataan esimerkiksi pituuden ja painoindeksin merkitys hapenottoon, kuten tekijöiden välisiä yhteyksiäkin tarkastellessa havaittiin. Mitkään malleista eivät kuitenkaan kovin hyvin selittäneet maksimihapenottoa ( $R^2_{adj} = 0,695, 0,457$  ja  $0,530$  vastaavasti), eikä muiden tekijöiden avulla saada maksimihapenottoa luotettavasti tai järkevästi arvioitua.

*Luistelumatotesti polkupyöräergometritestiin verrattuna.* Tuloksista huomataan (kuvat 17-20), että testitulosten väliset muutokset ovat satunnaisia eri koehenkilöiden kesken. Kaikissa testimuuttujissa osalla koehenkilöistä tietyt arvot ovat suurempia luistelutestissä ja osalla puolestaan polkupyöräergometritestissä. Maksimisykkeen osalta kuitenkin huomataan (kuva 17), että jos polkupyörätestissä on saavutettu luistelutestiä korkeampi lukema, on muutos keskimäärin suurempi kuin päinvastaisissa tapauksissa. Maksimilaktaatin osalta puolestaan huomataan (kuva 18), että neljä koehenkilöä viidestä on saavuttanut luistelutestissä polkupyörätestiä korkeamman tai yhtä suuren lukeman, ja ainoastaan yhdellä koehenkilöllä luistelutestin maksimilaktaattiarvo on jonkun verran polkupyörätestiä alhaisempi. Tämän tutkimuksen tulokset luistelumaton ja polkupyöräergometritestin vertailun osalta ovat sinänsä yhteneväiset aikaisempien

huomioiden kanssa, joiden mukaan erityyppiset testimallit eivät ole toistensa kanssa vertailukelpoisia (Durocher ym. 2010, Koepp & Janot 2008). Kyseisen tutkimuksen koehenkilöiden polkupyörätesteissä käytetty anaerobisen kynnyksen määrittäminen oli mitä luultavimmin erilainen tässä tutkimuksessa käytettyyn nähden (osalla anaerobisen kynnyksen laktaattipitoisuus oli huomattavasti ohjearvoja (Keskinen ym. 2010, 67) korkeampi), joten anaerobiseen kynnykseen liittyviä tuloksia ei valitettavasti pystytty lainkaan vertaamaan eri testityyppien välillä. Lisäksi tässä tutkimuksessa yhden koehenkilön osalta luistelutestin maksimihapenottoon liittyviä tuloksia ei saatu mittalaittehäiriön vuoksi, ja toisaalta yhden koehenkilön polkupyöräergometritestissä ei ollut maksimilaktaattiarvoja saatavilla, joten näiden mittaustulosten osalta vertailua ei voitu tehdä. Vertailussa tulee myös huomioida, että viiden koehenkilön polkupyörätesti oli tehty noin seitsemän kuukautta aiemmin ja yhden noin kaksi kuukautta aiemmin, joten suorituskyvyssä on toki saattanut kyseisenä aikana tapahtua joitakin muutoksia. Viisi aikaisemmin testin tehnyttä kuitenkin ovat toteuttaneet ainakin pääsääntöisesti samantyyppistä harjoitusohjelmaa, joten jonkinlainen yhdenmukainen muutos olisi looginen, jos testien välillä jotain yhteyttä olisi. Tulosten eroavaisuuksien taustalla saattaa toki olla myös koehenkilöiden päivittäisen ”kunnon” vaihtelua, sillä testiä edeltävien päivien harjoittelun kuormittavuutta ei pystytty vakioimaan. Haluttaessa pätevämpiä tuloksia polkupyöräergometritestin ja luistelumatotestin eroista tai yhteneväisyyksistä testit tulisi tehdä muutaman viikon sisällä toisistaan, taustamuuttujat huolellisesti vakioiden. Nyt saadut tulokset kuitenkin tuovat osaltaan vahvaa osviittaa siitä, etteivät kyseiset testimuodot ole vertailukelpoisia keskenään.

*SM-liigapelaajien ja A-junioreiden tulosten vertailu.* Testien standardoimista ja tulosten analysointia hieman hankaloitti se, että koehenkilöt saatiin kahdesta eri joukkueesta, jotka erosivat jonkin verran toisistaan niin iän, ruumiinrakenteen, taitotason, harjoitustaustan kuin varmasti suorituskyvynkin puolesta. Toisaalta tilanne antoi mahdollisuuden verrata näiden kahden ryhmän tuloksia toisiinsa, ja pyrkiä löytämään suorituskykytekijöitä, jotka erottavat hyvän ja hieman heikomman jääkiekkoilijan toisistaan. Vertailun mahdollistamiseksi analyyseissä onkin pääsääntöisesti käytetty kaikkien protokollien koehenkilöiden tuloksia, sillä ensin testatut nopeus- ja kulmaprotokolla eivät tuloksia tarkasteltaessa näyttäneet juuri vaikuttavan testivasteisiin. Esimerkiksi testin lyhyin ja suurin kesto saavutettiin molemmat ”yhdistetty”-protokollalla, ja tekijöiden väliset korrelaatiot ovat hyvin lähellä toisiaan

verrattaessa kaikkien pelaajien tuloksia ”yhdistetty”-protokollan tuloksiin (koko ryhmää tarkastellessa yhteyksiä voidaan pääsääntöisesti löytää enemmän suuremman näytemäärän vuoksi). Myös verrattaessa kolmen eri protokollan nopeus-kulma-profiilia toisiinsa huomataan, että testin loppuvaiheet ovat hyvin samankaltaiset keskenään, koehenkilöiden viimeisillä kuormilla eri protokollien väliset erot ovat korkeintaan  $\pm 1$  astetta tai kilometriä tunnissa – eri protokollilla testin loppuvaiheille vain päädytään hieman eri tavalla. Eri protokollat onkin otettava huomioon lähinnä yksittäisiä kuormia verrattaessa.

Joukkueiden välisiä taustamuuttujia verrattaessa havaittiin, että SM-liigapelaajat ovat A-junioreita vanhempia ja painavampia, ja myös heidän painoindexinsä on junioreita suurempi. Havainnot ovat luonnollisia junioreiden ja aikuisten joukkueiden ollessa kyseessä - vanhemmat pelaajat ovat myös ehtineet hankkia enemmän lihassmassaa, josta paino- ja painoindexiero pääasiassa johtunevat. Tilastollisesti merkitsevä ero joukkueiden välillä havaittiin myös kehonpainoon suhteuttamattomassa maksimihapenotossa. Suuremman lihassmassansa vuoksi SM-liigapelaajilla on A-junioreita suurempi absoluuttinen maksimihapenotto (L/min), mutta kehonpainoon suhteutettuna maksimihapenotossa ei enää havaita merkitsevää eroa. Eräs mielenkiintoinen havainto on, että A-junioreiden laktaattipitoisuus maksimihapenottohetkellä on selvästi SM-liigapelaajia korkeampi ( $10,50 \pm 1,5$  mmol/l vs.  $8,27 \pm 0,6$  mmol/l). Maksimilaktaattipitoisuuden osalta ero ei enää ole tilastollisesti merkitsevä, vaikka A-junioreilla vaikuttaisi edelleen olevan keskimäärin hieman SM-liigapelaajia korkeammat pitoisuudet ( $13,57 \pm 2,55$  mmol/l vs.  $12,58 \pm 1,4$  mmol/l). Tulokset nimenomaan koehenkilöiden henkilökohtaisiin maksimihapenottohetkiin nähden ovat mielenkiintoisia, eikä niille ole varmaa selitystä. Mahdollista on, että junioripelaajille testisuoritus on kaiken kaikkiaan anaerobisempi kuin SM-liigapelaajille mahdollisesti heikomman aerobisen suorituskyvyn vuoksi, minkä takia laktaattipitoisuudet nousisivat heillä nopeammin. Toisaalta mitattuun laktaattipitoisuuteen vaikuttaa suuresti myös laktaatin siirtymisnopeus lihaksista vereen, joten mahdollista lienee myös, että junioripelaajilla suurempi laktaatti näkyisi nopeammin näytteessä esimerkiksi pienemmän lihassmassan tai mahdollisesti nuoremman iän vuoksi. Laktaatin poistonopeuden suhteen ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa (A-junioreilla jopa vähän suurempi poistonopeus SM-liigapelaajiin nähden,  $0,565 \pm 0,077$  mmol/l/min vs.  $0,543 \pm 0,117$  mmol/l/min, vastaavasti), joten laktaatin poistonopeudella ei voida selittää laktaattipitoisuuksien

eroavaisuuksia. Toisaalta on havaittu, että motivaatiolla ja kipukynnyksen sijainnilla on merkityksensä suurempien laktaattipitoisuuksien saavuttamisessa, sillä motivoituneiden ja sisukkaiden henkilöiden anaerobisesti tekemän työn määrä voi olla epä-motivoituneempia henkilöitä korkeampi ja he sietävät suurempaa glykokeeninmenetystä (McArdle 2010, 234). Motivaatio lieneekin mahdollinen tekijä laktaattipitoisuuksien eroavaisuuksissa, mutta se selittäisi paremmin junioripelaajien korkeampaa maksimilaktaattia, kuin kunkin koehenkilön maksimihapenottohetkellä saavuttamaa laktaattiarvoa.

Myös anaerobisen kynnyksen osalta havaittiin joitain tilastollisesti merkitseviä eroja joukkueiden välillä. Kehonpainoon suhteuttamaton hapenotto oli myös tässä kohtaa SM-liigapelaajilla A-junioreita suurempi, mikä on odotettua suuremman lihassmassan vuoksi. Myös anaerobisen kynnyksen luistelunopeuden havaittiin olevan SM-liigapelaajilla huomattavasti junioripelaajia suurempi ( $35 \pm 1$  km/h vs.  $33 \pm 1$  km/h). SM-liigapelaajilla anaerobinen kynnyksensä sijaitsee kuormituksen suhteen korkeammalla junioripelaajiin nähden, mikä edistää testissä pitkään jaksamista. Toisaalta sekä suhteellinen syke (%HRmax) että suhteellinen hapenotto (%VO<sub>2</sub>max) olivat eri joukkueilla hyvin samansuuruisia ( $0,93 \pm 0,01$  vs.  $0,94 \pm 0,03$  ja  $0,89 \pm 0,03$  vs.  $0,88 \pm 0,05$ , vastaavasti), eli näiden tekijöiden suhteen kynnyksen sijainnissa ei löydetty eroa.

Taloudellisuutta tarkasteltaessa havaittiin joukkueiden välinen ero  $35$  km/h /2<sup>o</sup>-kuorman suhteellisen hapenoton (%VO<sub>2</sub>max) suhteen, vaikkakin eri protokollista johtuen ainoastaan kolmen SM-liigapelaajan osalta oli saatavissa tuloksia ko. kuormalta. SM-liigapelaajilla suhteellinen hapenotto kyseisellä kuormalla oli A-junioreita pienempi ( $0,86 \pm 0,06$  vs.  $0,94 \pm 0,04$ ). Kyseisellä vakiokuormalla SM-liigapelaajat käyttävät siis pienempää osuutta hapenottoreservistään kuin A-juniorit, ja pystyvät näin ollen jatkamaan testiä oletettavasti pidemmälle. Samaa ilmiötä kuvastaen SM-liigapelaajilla myös kehonpainoon suhteutettu hapenotto oli kyseisellä kuormalla jonkin verran A-junioreita alhaisempi ( $42,6 \pm 1,6$  ml/kg/min vs.  $46,4 \pm 3,7$  ml/kg/min), vaikkakaan ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

*Yhteenveto ja loppupäätelmät.* Jääkiekkoilijoiden maksimaalinen hapenotto saadaan määritettyä luistelumatolla tehtävällä testillä, joka on huomattavasti lajinomaisempi perinteisesti käytettyyn polkupyöräergometritestiin verrattuna. Sisällyttämällä testiin

laktaattimittaus tuloksista voidaan määrittää myös suorituskykyä tarkentavan anaerobisen kynnyksen sijainti. Anaerobisen kynnyksen perusteella voidaan määrittää urheilijalle sopivia harjoitusvauhteja, mikä suorituskyvyn kehittämisen kannalta olisi erittäin hyödyllistä, jos luisteluharjoittelu matolla on mahdollista. Anaerobisen kynnyksen sijaintia tarkastelemalla voidaan myös saada arvokasta tietoa suorituskyvyn kehittymisestä, sillä anaerobinen kynnyks nousee suuremmille kuormituksille (korkeampi kuorma vakiotestissä tai osuutena maksimihapenotosta) oikeanlaisen harjoittelun seurauksena. Aerobista kynnystä ei luistelumatolla voitu määrittää, sillä maton luonteesta johtuen riittävän kevyitä kuormituksia ei sillä saatu. Näin ollen tässä tutkimuksessa käytetystä testiprotokollasta voisi hyvin vähentää esimerkiksi kaksi alinta kuormitusta, jotka myös ovat normaaliluisteluvauhtia selkeästi alhaisempia ja testattaville hieman hankalia. Tällöin kuormien lukumäärä ja testin kesto olisi tämän tutkimuksen koehenkilöiden suorituskykytasolla edelleen suositusten mukainen. Aerobisen kynnyksen määrittämisen merkitys jääkiekkoilijoille onkin hieman kyseenalainen, sillä tieto anaerobisen kynnyksen sijainnista on huomattavasti oleellisempi lajinomaisen suorituskyvyn kehittämiseksi. Aerobisen kynnyksen ja peruskuntoharjoittelun kannalta riittänee, että aerobinen kynnyks arvioidaan esimerkiksi osuutena maksimisykkeestä (esim. 70% HRmax).

Jääkiekkoilija tarvitsee aerobista suorituskykyä erityisesti väsymyksen viivästyttämiseen niin peleissä kuin harjoituksissa, kuten myös palautumiseen ja kuumuudensietoon. Maksimihapenoton merkityksestä jääkiekkoilijoille on kuitenkin kiistelty, kuten kappaleessa 4.2 käsiteltiin. Yhtenä teoriana on esitetty (esim. Carey ym. 2007), että maksimihapenotolle olisi tietty minimiraja, minkä ylittävstä maksimihapenotosta ei enää olisi lisähyötyä jääkiekkoilijalle. Tällaisen minimirajan olemassaolo kuitenkin antaisi perusteet maksimihapenoton mittaukselle myös jääkiekkoilijoilla, mikä toki kannattaisi tehdä mahdollisimman lajispesifisti, kuten edellä on käynyt ilmi. Tässä tutkimuksessa käytetty testimenetelmä olisi sellaisenaan käytettävissä jääkiekkoilijoiden maksimihapenoton mittaukseen. Hapenoton suora mittaus vaatii kalliita mittauslaitteita, mutta epäsuorat testimenetelmät (esimerkiksi sykkeen perusteella arvioituna) eivät ole riittävän tarkkoja huippu-urheilijoiden suorituskykytason mittaamiseen tai kehityksen seurantaan. Epäsuoraa testimenetelmää ei lisäksi luistelumatolle ole vielä kehitetty, ja sellainen vaatisi erittäin suuren

koehenkilöryhmän testaamista, mikä ei sekään poistaisi suuren yksilökohtaisen virheen mahdollisuutta.

Yhtenä karsittuna testisovellusmahdollisuutena voidaan pitää tässä tutkimuksessa käytetyn testiprotokollan käyttämistä pelkästään laktaattimittauksen kanssa, ilman suoraa hapenottomittausta, mikäli hengityskaasuanalysointia ei olisi käytettävissä. Tällöin maksimihapenotto jäisi mittaamatta, mutta anaerobinen kynnyksen saataisiin määritettyä melko luotettavasti pelkän laktaattimittauksen avulla, jolloin eri ajankohtina tehtyjen testien laktaattipitoisuuksia tai anaerobisen kynnyksen sijaintia vertaamalla voitaisiin saada tietoa suorituskyvyn kehitymisestä. Suorituskyvyn kehittyminen voidaan nähdä esimerkiksi tietyn kuorman jälkeisen laktaattipitoisuuden pienenemisenä tai testin maksimilaktaatin kasvamisena (McArdle 2010, 164). Tieto testattavan maksimihapenotosta jäisi toki puuttumaan, mutta maksimihapenoton minimirajan alittavat koehenkilöt pystyttäisiin todennäköisesti melko hyvin tunnistamaan huomattavan lyhyen testikeston perusteella.

Polkupyörätestin ja luistelumatotestin vasteiden välillä ei havaittu systemaattista eroa. Myös kirjallisuudessa on esitetty vastaavia tuloksia (esim. Durocher ym. 2010, Dreger & Quinney 1999), joten lajinomaisemman luonteensa vuoksi luistellen tehtävää testiä voidaan pitää polkupyörätestiä parempana ja suositeltavampana vaihtoehtona jääkiekkoilijoille. Polkupyöräergometritestien suorituksesta oli tosin ehtinyt kulua melko pitkä aika, jona aikana koehenkilöiden suorituskäytössä on saattanut tapahtua muutoksia. Myös testien anaerobisen kynnyksen määritysmenetelmä oli erilainen, joten tältä osin testejä ei voitu verrata keskenään. Testimuotojen tarkempien yhtäläisyyksien tai eroavaisuuksien toteamiseksi testien vertailu olisikin tehtävä ajallisesti lähempänä toisiaan, mikä ei valitettavasti tämän tutkimuksen yhteydessä ollut mahdollista koehenkilöiden tiukan harjoitus- ja peliaikataulun vuoksi. Myös testiolosuhteiden ja -menetelmien olisi syytä olla yhteneväisiä.

Tutkimuksessa havaittiin eroavaisuuksia SM-liigapelaajien ja A-juniorien tuloksissa, esimerkiksi kehonkoostumuksen, anaerobisen kynnyksen luistelunopeuden ja maksimihapenottohetken laktaattipitoisuuden osalta. Joukkueiden välinen vertailu on mielenkiintoista ja tuonee lisätietoa suomalaisella huipputasolla jääkiekkoa pelaavan ja hieman nuoremman jääkiekkoilijan toisistaan erottavista tekijöistä ja huippu-

jääkiekkoilijan ominaisuuksista. Tässä tutkimuksessa käytetty näytejoukko oli kuitenkin melko pieni, ja lisäksi yhden koehenkilön kohdalla maksimihapenottohetken tuloksia ei saatu laitehäiriön vuoksi tallennettua, joten jatkossa vastaavanlainen vertailu olisi hyvä tehdä suuremmalla koehenkilöjoukolla. Toisaalta taustatekijöitä, kuten edellisten päivien harjoittelua, ei saatu minimoitua koehenkilöiden kiireisestä ohjelmasta johtuen, joten mahdollisten myöhempien tutkimusten kohdalla kannattaisi pyrkiä taustatekijöiden parempaan vakiointiin. Tutkimus antoi edellä kuvatuista puutteista huolimatta mielenkiintoisia tuloksia ja se tuki aiempien tutkimusten tuloksia suorituskykytestien lajinomaisuuden tärkeyteen liittyen.



## 9 LÄHTEET

- ACSM – American College of Sports Medicine. 2006. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription, 7th ed. Lippincott Williams & Wilkins.
- Akalan, C., Robergs, R.A. & Kravitz, L. 2008. Prediction of VO<sub>2</sub>max From An Individualized Submaximal Cycle Ergometer Protocol. *Journal of Exercise Physiology Online* 11(2):1-17.
- Aziz, A.R., Chia, M. & Teh, K.C. 2000. The relationship between maximal oxygen uptake and repeated sprint performance indices in field hockey and soccer players. *J Sports Med Phys Fitness* 40(3):195.
- Aziz, A.R., Chia, M.Y. & Teh, K.C. 2005. Measured maximal oxygen uptake in a multi-stage shuttle test and treadmill-run test in trained athletes. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness* 45(3):306-14.
- Bangsbo, J., Iaia, F.M. & Krstrup, P. 2008. The yo-yo intermittent recovery test: A useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Medicine* 38(1):37-51.
- Basset, F.A. & Boulay, M.R. 2000. Specificity of treadmill and cycle ergometer tests in triathletes, runners and cyclists. *Eur J Appl Physiol* 81(3):214.
- Basset, F.A. & Boulay, M.R. 2003. Treadmill and cycle ergometer tests are interchangeable to monitor triathletes annual training. *Journal of Sports Science & Medicine* 2(3):110-6.
- Bracko, M.R. 2004. Biomechanics powers ice hockey performance. *Biomechanics*, September 2004.  
[http://www.f.sehv.ch/media/native/pdf/siha/coaches/skating\\_english.pdf](http://www.f.sehv.ch/media/native/pdf/siha/coaches/skating_english.pdf).  
/25.9.2011.
- Carey, D.G., Drake, M.M., Pliego, G.J. & Raymond, R.L. 2007. Do hockey players need aerobic fitness? Relation between VO<sub>2</sub>max and fatigue during high-intensity intermittent ice skating. *Journal of Strength & Conditioning Research (Allen Press Publishing Services Inc)* 21(3):963-6.
- 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. *J Strength Cond Res* 23(1):251.
- Chia, M., Aziz, A.R. & Teh, K.C. 2007. Oxygen uptake plateau occurrence in trained male and female adults. *Biology of Sport* 24(1):13-9.
- Conley, D.S., Cureton, K.J., Hinson, B.T., Higbie, E.J. & Weyand, P.G. 1992. Validation of the 12-Minute Swim as a Field Test of Peak Aerobic Power in Young Women. *Res Q Exerc Sport* 63(2):153-61.

- Czuba, M., Zajac, A., Cholewa, J., Poprzecki, S. & Rocznik, R. 2010. Difference in maximal oxygen uptake (VO<sub>2</sub>max) determined by incremental and ramp tests. *Studies in Physical Culture & Tourism* 17(2):123-7.
- Dreger, R.W. & Quinney, H.A. 1999. Development of a hockey-specific, skate-treadmill VO<sub>2</sub>max protocol. *Canadian Journal of Applied Physiology* 24(6):559-69.
- Durocher, J.J., Guisfredi, A.J., Leetun D.T. & Carter, J.R. 2008. Sport-specific assessment of lactate threshold and aerobic capacity throughout a collegiate hockey season. *Applied Physiology, Nutrition & Metabolism* 33(6):1165-71.
- Durocher, J.J., Leetun D.T. & Carter, J.R. 2010. Comparison of on-ice and off-ice graded exercise testing in collegiate hockey players. *Applied Physiology, Nutrition & Metabolism* 35(1):35-9.
- EamaSports Inc. 2011. <http://eamasportscanada.com/>. 19.09.2011.
- Farlinger, C.M., Kruisselbrink, L.D. & Fowles, J.R. 2007. Relationships to skating performance in competitive hockey players. *Journal of Strength & Conditioning Research (Allen Press Publishing Services Inc)* 21(3):915-22.
- Gandevia S.C. 2001. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiol Rev* 81(4):1725-89.
- Glaister, M. 2005. Multiple sprint work - physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Medicine* 35(9):757-77.
- Glaister, M. 2008. Multiple-sprint work: Methodological, physiological, and experimental issues. *International Journal of Sports Physiology & Performance* 3(1):107-12.
- Glaister, M., Stone, M.H., Stewart, A.M., Hughes, M.G. & Moir, G.L. 2006. Aerobic and anaerobic correlates of multiple sprint cycling performance. *J Strength Cond Res* 20(4):792.
- Glaister, M., Stone, M.H., Stewart, A.M., Hughes, M.G. & Moir, G.L. 2007. The influence of endurance training on multiple sprint cycling performance. *J Strength Cond Res* 21(2):606.
- Gledhill, N. & Jamnik, M. 2007. Detailed Assessment Protocols For NHL Entry Draft Players. IIHF. <http://centralscouting.nhl.com/link3/sections/cs/public/combine/protocol.pdf> . 27.03.2011.
- Heugas, A.M., Nummela, A., Amorim, M.A. & Billat, V. 2007. Multidimensional analysis of metabolism contributions involved in running track tests. *J Sci Med Sport* 10(5):280.
- Hornery, D.J., Farrow, D., Mujika, I. & Young, W. 2007. Fatigue in tennis - mechanisms of fatigue and effect on performance. *Sports Medicine* 37(3):199-212.

- IIHF, 2008. Developing Fitness, level II.  
[http://www.iihf.com/fileadmin/user\\_upload/PDF/Sport/Coaching\\_manuals/6\\_Level\\_II\\_Developing\\_Fitness.pdf](http://www.iihf.com/fileadmin/user_upload/PDF/Sport/Coaching_manuals/6_Level_II_Developing_Fitness.pdf). 25.03.2011.
- IIHF, 2011. <http://www.iihf.com>. 25.03.2011.
- Keskinen, K., Häkkinen, K. & Kallinen, M. (toim.). 2010. Kuntotestauksen käsikirja. Liikuntatieteellinen Seura, Helsinki.
- Koepp, K.K. & Janot, J.M. 2008. A Comparison of VO<sub>2</sub>max and Metabolic Variables Between Treadmill Running and Treadmill Skating. *Journal of Strength and Conditioning Research* 22(2):497-502.
- Krustrup, P., Mohr, M., Nybo, L., Jensen, J.M., Nielsen, J.J. & Bangsbo, J. 2006. The Yo-Yo IR2 Test: Physiological Response, Reliability, and Application to Elite Soccer. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 38(9):1666-73.
- Leone M., Léger, L.A., Larivière, G. & Comtois, A.S. 2007. An on-ice aerobic maximal multistage shuttle skate test for elite adolescent hockey players. *Int J Sports Med* 28(10):823-8.
- MacDougall, J.D., Hicks, A.L., MacDonald, J.R., McKelvie, R.S., Green H.J. & Smith, K.M. 1998. Muscle performance and enzymatic adaptations to sprint interval training. *J Appl Physiol* 84(6):2138-42.
- McArdle, W.D. 2010. *Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance*, 7th ed. Lippincott Williams & Wilkins.
- Mohr, M., Krustrup, P. & Bangsbo, J. 2003. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci* 21(7):519.
- Montgomery, D.L. 2006. Physiological profile of professional hockey players - a longitudinal comparison. *Appl Physiol Nutr Metab* 31(3):181.
- Noakes, T.D. & Gibson, A.S. 2004. Logical limitations to the "catastrophe" models of fatigue during exercise in humans. *Br J Sports Med* 38(5):648-9.
- Nobes, K.J., Montgomery, D.L., Pearsall, D.J, Ibricotte, R.A., Lefebvre, R. & Whittom, F. 2003. A comparison of skating economy on-ice and on the skating treadmill. *Canadian Journal of Applied Physiology* 28(1):1-11.
- Quinney, H.A., Dewart, R., Game, A., Snydermiller, G., Warburton, D. & Bell, G. 2008. A 26 year physiological description of a national hockey league team. *Appl Physiol Nutr Metab* 33(4):753.
- Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B. & Goodman, C. 2005. Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: Specific to field-based team sports. *Sports Medicine* 35(12):1025-44.

Tikkanen, H. 2010. Kuntotestauksen turvallisuus -luento. Jyväskylän yliopisto, Valmennus- ja testausopin peruskurssi, 10.12.2010.

Wadley, G. & Le Rossignol, P. 1998. The relationship between repeated sprint ability and the aerobic and anaerobic energy systems. *J Sci Med Sport* 1(2):100.

Westerlund, E. 2010. Suomalaisille jääkiekkjoukkueille teetettyjen kuntotestien tuloslomakkeita, vastaanotettu 20.12.2010.

# LIITE 1. Korrelaatiotaulukko eri testitulosten välillä, kaikki pelaajat.

	Lopetuslaeta										V22										Correlations																			
	1					2					3					4					5					6					7					8				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1. gartunpuusa	1																																							
2. gartunpuusa	0,948**	1																																						
3. gartunpuusa	0,600	0,437*	1																																					
4. gartunpuusa	0,485	0,387	0,541*	1																																				
5. gartunpuusa	0,380	0,262	0,262	0,347*	1																																			
6. gartunpuusa	0,297	0,192	0,181	0,253*	0,306*	1																																		
7. gartunpuusa	0,247	0,149	0,135	0,192	0,248*	0,244*	1																																	
8. gartunpuusa	0,192	0,109	0,102	0,147	0,198*	0,220*	0,219*	1																																
9. gartunpuusa	0,157	0,088	0,085	0,121	0,156*	0,172*	0,168*	0,203*	1																															
10. gartunpuusa	0,112	0,059	0,055	0,086	0,108*	0,121*	0,114*	0,141*	0,135*	1																														
11. gartunpuusa	0,074	0,036	0,035	0,056	0,068*	0,077*	0,088*	0,100*	0,094*	0,110*	1																													
12. gartunpuusa	0,045	0,018	0,017	0,028	0,035*	0,039*	0,044*	0,048*	0,051*	0,053*	0,058*	1																												
13. gartunpuusa	0,022	0,008	0,008	0,013	0,014*	0,014*	0,015*	0,016*	0,016*	0,017*	0,018*	0,019*	1																											
14. gartunpuusa	0,010	0,004	0,004	0,005	0,005*	0,005*	0,005*	0,005*	0,005*	0,005*	0,005*	0,005*	0,005*	1																										
15. gartunpuusa	0,005	0,002	0,002	0,003	0,003*	0,003*	0,003*	0,003*	0,003*	0,003*	0,003*	0,003*	0,003*	0,003*	1																									
16. gartunpuusa	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	1																								
17. gartunpuusa	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1																							
18. gartunpuusa	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1																						
19. gartunpuusa	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1																					
20. gartunpuusa	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1																				
21. gartunpuusa	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1																			
22. gartunpuusa	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1																		
23. gartunpuusa	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1																	
24. gartunpuusa	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1																
25. gartunpuusa	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1															
26. gartunpuusa	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1													
27. gartunpuusa	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1											
28. gartunpuusa	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1										
29. gartunpuusa	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1									
30. gartunpuusa	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1								
31. gartunpuusa	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1							
32. gartunpuusa	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1						
33. gartunpuusa	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1					
34. gartunpuusa	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1					
35. gartunpuusa	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1				

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).  
\* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

## LIITE 2. Korrelaatiotaulukko eri testitulosten välillä, ”yhdistetty”-testiprotokolla.

				Lopetusikä		Lopetusikä @15kWh.h <sup>-3</sup>		Lopetusikä @30kWh.h <sup>-3</sup>		Lopetusikä @45kWh.h <sup>-3</sup>		Lopetusikä @60kWh.h <sup>-3</sup>		Lopetusikä @75kWh.h <sup>-3</sup>		Lopetusikä @90kWh.h <sup>-3</sup>		Lopetusikä @105kWh.h <sup>-3</sup>		Lopetusikä @120kWh.h <sup>-3</sup>		Lopetusikä @135kWh.h <sup>-3</sup>		Lopetusikä @150kWh.h <sup>-3</sup>			
Lopetusikä (vuosi)	Pearson Correlation	Sig. (2-tailed)	N	Voima	Voima	Voima	Voima	Voima	Voima	Voima	Voima	Voima	Voima	Voima	Voima	Voima	Voima	Voima	Voima	Voima	Voima	Voima	Voima	Voima	Voima	Voima	
				alku	max	alku	max	alku	max	alku	max	alku	max	alku	max	alku	max	alku	max	alku	max	alku	max	alku	max	alku	max
1	<b>0.971<sup>**</sup></b>		1	0.507	0.191	0.518	<b>0.952<sup>**</sup></b>	0.530	0.122	0.530	0.122	0.530	0.122	0.530	0.122	0.530	0.122	0.530	0.122	0.530	0.122	0.530	0.122	0.530	0.122	0.530	
			11	0.004	0.112	0.773	0.102	0.000	0.004	0.720	0.000	0.004	0.720	0.000	0.004	0.720	0.000	0.004	0.720	0.000	0.004	0.720	0.000	0.004	0.720	0.000	
1	<b>0.971<sup>**</sup></b>		1	0.509	0.203	<b>0.610<sup>**</sup></b>	<b>0.918<sup>**</sup></b>	<b>0.647<sup>**</sup></b>	0.256	0.602	0.202	0.224	<b>0.918<sup>**</sup></b>	0.256	0.602	0.202	0.224	0.256	0.602	0.202	0.224	0.256	0.602	0.202	0.224	0.256	0.602
			11	0.000	0.080	0.580	0.046	0.000	0.023	0.456	0.023	0.456	0.023	0.456	0.023	0.456	0.023	0.456	0.023	0.456	0.023	0.456	0.023	0.456	0.023	0.456	0.023
1	<b>0.971<sup>**</sup></b>		1	0.519	0.339	<b>0.610<sup>**</sup></b>	<b>0.918<sup>**</sup></b>	<b>0.647<sup>**</sup></b>	0.267	0.613	0.267	0.234	<b>0.918<sup>**</sup></b>	0.267	0.613	0.267	0.234	0.267	0.613	0.267	0.234	0.267	0.613	0.267	0.234	0.267	0.613
			11	0.000	0.050	0.580	0.046	0.000	0.023	0.456	0.023	0.456	0.023	0.456	0.023	0.456	0.023	0.456	0.023	0.456	0.023	0.456	0.023	0.456	0.023	0.456	0.023
1	<b>0.971<sup>**</sup></b>		1	0.529	0.466	<b>0.610<sup>**</sup></b>	<b>0.918<sup>**</sup></b>	<b>0.647<sup>**</sup></b>	0.278	0.624	0.278	0.245	<b>0.918<sup>**</sup></b>	0.278	0.624	0.278	0.245	0.278	0.624	0.278	0.245	0.278	0.624	0.278	0.245	0.278	0.624
			11	0.000	0.010	0.580	0.046	0.000	0.023	0.456	0.023	0.456	0.023	0.456	0.023	0.456	0.023	0.456	0.023	0.456	0.023	0.456	0.023	0.456	0.023	0.456	0.023
1	<b>0.971<sup>**</sup></b>		1	0.539	0.593	<b>0.610<sup>**</sup></b>	<b>0.918<sup>**</sup></b>	<b>0.647<sup>**</sup></b>	0.289	0.639	0.289	0.256	<b>0.918<sup>**</sup></b>	0.289	0.639	0.289	0.256	0.289	0.639	0.289	0.256	0.289	0.639	0.289	0.256	0.289	0.639
			11	0.000	0.000	0.580	0.046	0.000	0.023	0.456	0.023	0.456	0.023	0.456	0.023	0.456	0.023	0.456	0.023	0.456	0.023	0.456	0.023	0.456	0.023	0.456	0.023

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).  
\* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).