

**ENERGIAN- JA VOIMANTUOTON PALAUTUMINEN
KORIPALLO-OTTELUN AIKANA**

Pekka Markkanen

Liikuntafysiologia

Pro Gradu –työ

Kevät 2002

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän yliopisto

Työn ohjaaja: Keijo Häkkinen

TIIVISTELMÄ

Pekka Markkanen. 2002. Energian- ja voimantuoton palautuminen koripallo-ottelun aikana. Liikuntafysiologian Pro Gradu -työ. Liikuntabiologian laitos. Jyväskylän yliopisto. 52 s.

Useissa tutkimuksissa on vertailtu eri energiantuottotapoja koripallo-ottelun aikana. Hapen saavuudella on suuri merkitys palautumisen kannalta, sillä kreatiinifosfaattipitoisuuksien palautuminen on riippuvainen hapen saannista. Myös laktaattiaineenvaihdunta on yhteydessä aeroobiseen aineenvaihduntaan. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli vertailla koripallo-ottelun aikana tapahtuvien eripituisten rasitusjaksojen jälkeen ottelutilanteeseen parhaiten soveltuvia palautumisaikoja kahdella eri palautumispituudella.

Tutkimukseen osallistui kahdeksan vapaaehtoista SM-sarjatasoista koripalloilijaa. Pelaajat olivat $21,7 \pm 2,7$ vuotta, pituudeltaan $193,5 \pm 5,5$ cm ja painoltaan $89,4 \pm 11,9$ kg. Tutkimukset suoritettiin tammi-maaliskuun aikana, jolloin kilpailukausi oli menossa ja pelaajien tutkimuksia edeltävä harjoittelujakso oli mahdollisimman vertailukelpoinen ryhmän sisällä. Pelaajat pelasivat kaksi ottelua viikon välein. Ensimmäinen ottelu pelattiin neljän minuutin palautumisjaksoilla, toinen vastaavasti kahden minuutin palautuksilla. Jokaisen palautumisjakson aikana pelaajilta otettiin verinäytteet laktaatin analysoimista varten. Lisäksi he suorittivat kontaktimattohypyt aina vaihtoon tullessaan sekä ennen kentälle menoa. Lopuksi pelaajat suorittivat polkupyöräergometritestin rasitustasoltaan ottelutilannetta vastaavalla kuormituksella sekä vastaavilla palautumisajoilla.

Ottelutilanteessa kontaktimattohyppykorkeuksissa tapahtuneiden muutosten perusteella hyppykorkeudet laskivat kahden minuutin palautuksilla viimeisen palautusjakson aikana tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,01$) verrattuna tässä tutkimuksessa suoritettuihin aikaisempiin hyppykorkeuksiin (5,2-11,3 %). Polkupyöräergometritestissä hyppykorkeudet laskivat ottelutilannetta vastaavalla tavalla (4,9-13,0 %) viimeisen palautusjakson aikana tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,01$). Veren laktaattipitoisuudet olivat tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,05$) ensimmäisellä puoliajalla korkeammalla kuin toisella puoliajalla ottelutilanteessa. Lisäksi tehoindeksi-arvot olivat tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,05$) ensimmäisellä puoliajalla korkeammalla kuin toisella puoliajalla.

Saatujen tulosten perusteella voidaan päätellä pelaajille olevan hyväksi levätä lyhyitä palautumisjaksoja ottelun kolmen ensimmäisen neljänneksen aikana. Tällöin he voisivat säilyttää riittävät energia- ja voimavarat ottelun viimeiselle neljännekselle. Koripallo on kuitenkin peli, missä voittaja selviää yleensä vasta ottelun viimeisen 10 minuutin aikana.

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO	5
2 ENERGIALÄHTEET LIHASTYÖSSÄ.....	6
2.1 Aerobinen energianmuodostus	6
2.2 Anaerobinen energianmuodostus.....	7
2.2.1 Alaktinen energianmuodostus.....	8
2.2.2 Laktinen energianmuodostus	8
2.2.3 Anaerobinen suorituskyky	9
3 PALAUTUMINEN.....	10
3.1 Lyhytaikainen palautuminen.....	11
3.2 Laktaatin ja pH:n palautuminen.....	12
3.3 Sykkeen palautuminen.....	14
3.4 Happivaje ja happivelka.....	15
3.5 Ventilaatio.....	16
3.6 Palautuminen eri pallopeleissä.....	17
3.7 Palautuminen koripallossa	18
4 PP-ERGOMETRITESTIEN KUORMITUSPERIAATTEET.....	19
5 KORIPALLON KUORMITTAVUUS NYT JA TULEVAISUUDESSA	21
5.1 Tärkeimmät sääntömuutokset kausille 2000-2002	23
5.2 Pelaajan tehoindeksi	24
6 TUTKIMUKSEN TARKOITUS.....	24
7 MITTAUSMENETELMÄT	25
7.1 Koehenkilöt ja antropometria	25
7.2 Tutkimuksen kulku	26
7.2.1 Alkumittaukset laboratoriossa	26
7.2.2 Simuloitu ottelutilanne.....	27
7.2.3 Simulaatiokuormitus polkupyöräergometrillä.....	29

7.3 Tilastolliset menetelmät.....	30
8 TULOKSET.....	30
9 POHDINTA.....	38
9.1 Ponnistusvoimassa tapahtuneet muutokset.....	39
9.2 Veren laktaattipitoisuudet.....	40
9.3 Syke.....	41
9.4 Tehoindeksi.....	42
9.5 Ventilaatio.....	43
10 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	44
11 LÄHDELUETTELO.....	46

1 JOHDANTO

Supistuvan lihaksen tarvitsema energiamäärä saadaan ATP:n hydrolysoituessa ADP:ksi ja fosfaatiksi. ATP:stä saatava energiamäärä riittää kuitenkin vain noin 2 sekunnin urheilusuoritukseen. Tämän jälkeen ATP:tä täytyy tuottaa uudelleen ADP:n ja fosfaatin oksidaation avulla. Mikäli hapen saanti ei ole riittävää, energiaa täytyy tuottaa anaerobisesti. Tällä tavoin tuotettavan ATP:n määrä verrattuna aerobisesti tuotetun ATP:n määrään on kuitenkin alle 10 %. (Shephard & Åstrand, 1992.)

Useissa palloilulajeissa kestävyys edellyttää lyhyissä aktiivisuusjaksoissa käytettyjen fosfageenien tehokasta uusiutumista ja anaerobisen energiantuoton välituotteiden poistamista, jolloin kudosten tehokas hapen käyttö on eduksi. Koripallossa on pyritty selvittämään eri energiantuottotapoja sekä kuormituksen että palautumisen aikana. Müller & Steinhöfer (1982) mukaan ATP/KP -varastot pitäisi olla mahdollista täydentää oksidatiivisesti pelin passiivisten vaiheiden aikana. Fox (1979) mukaan koripallo-ottelussa noin 30 sekunnin aikana, jonka aktiivinen vaihe ottelussa keskimäärin kestää, eivät aerobiset prosessit ehdi täysitehoiseen toimintaan. Samassa ajassa anaerobinen alaktinen (ATP + KP) energiantuottotapa on jo menettänyt tehonsa, jolloin vaihtoehtona on anaerobinen laktinen tie. Koripallo-ottelun aikana eri energiantuottotapojen merkitys luonnollisesti vaihtelee riippuen kunkin ottelun temposta ja pelaavien joukkueiden tasosta. Pitkään kestävässä turnauksessa glykokeenimäärät ovat laskeneet, jolloin proteiinin käyttö lisääntyy (Shephard & Åstrand, 1992).

Palautumisvaiheessa korostuu erityisesti aktiivisen aerobisen työn merkitys korkeaintensiteettisen työn jälkeen. Aktiivisella palautumisella saattaa olla ratkaiseva merkitys palautumista seuraavissa lihastoiminnoissa (Bond ym., 1991). Optimaalinen työteho palautumisjakson aikana vaihtelee eri lähteiden mukaan noin 10 % alle maksimaalisen hapenkulutuksen aerobisen kynnystason (esim. McLellan & Skinner, 1982). Tämän tutkimuksen tarkoituksena on vertailla koripallo-otteluun soveltuvia eripituisia palautumisaikoja rasisusjaksojen jälkeen koripallo-ottelun aikana.

2 ENERGIALÄHTEET LIHASTYÖSSÄ

Lihassupistuksessa tarvittavaa kemiallista energiaa saadaan adenosiinitrifosfaatin (ATP) defosforyloitua adenosiinidifosfaatiksi (ADP). ATP:ssä energia on varastoitunut energiarikkaisiin fosfaattisidoksiin, joita yhdessä ATP:ssä on kaksi kappaletta. Lihaksen ATP-varastot ovat noin 5 mmol/kg sekä kreatiinifosfaattivarastot (KP) noin 20-30 mmol/kg. Maksimaalisessa lihastyössä KP kattaa energiantarpeen vain noin 20 sekunnin ajaksi. Lihastoiminnan mahdollistamiseksi ATP-varastot täytyy täyttää uudelleen. Tähän on olemassa kolme erilaista vaihtoehtoa: lihaksen KP-varastot, glukoosin ja glykogeenin anaerobinen pilkkominen sekä rasvojen pilkkominen. (Åstrand & Rodahl, 1986.)

2.1 Aerobinen energianmuodostus

Energiaa vapautetaan glukoosista glykolyysin avulla. Glykolyysillä tarkoitetaan glukoosimolekyylien hajoittamista palorypälehapoksi. Mikäli hapen saanti on riittävää, vain pieniä määriä palorypälehappoa muuttuu laktaatiksi. Tämän jälkeen palorypälehapo siirtyy mitokondrioon entsyymimekanismin kautta. Mitokondrioissa palorypälehapo muutetaan asetyylikoentsyymi A:ksi. Asetyylikoentsyymi A:n asetyylitähde hajoaa sitruunahappokierrossa hiilidioksidiksi ja vedyksi. (Åstrand & Rodahl, 1986.) Aerobisen energianmuodostuksen etuna on se, kun yksi glukoosimolekyyli hajoaa aerobisesti, muodostuu ATP:tä huomattavasti enemmän kuin glukoosin anaerobisessa hajoamisessa. ATP:n tuottonopeus on kuitenkin huomattavasti hitaampaa kuin anaerobisesti tuotettuna. (Bouchard ym., 1984.)

Energiaa saadaan myös hapettamalla rasvoja sekä erityisesti pitkäkestoisissa suorituksissa proteiineja hiilidioksidiksi ja vedeksi. Rasvavarastojen käyttö on edullista niiden suuren energiamäärän vuoksi, mutta epäedullista niiden pienen energiantuottonopeuden takia. Näin pystytään kuitenkin jatkamaan urheilusuoritusta lähes rajoituksetta. (Marechal, 1981.)

Aerobiseen suorituskykyyn vaikuttavat tekijät. Paras suorituskyky, jossa vaaditaan korkeaa aerobista tehoa (max VO₂), saavutetaan jo 20-30 ikävuoden välillä. Korkein maksimaalinen hapenkulutus on kuitenkin saavutettu ennen 20 ikävuotta. Toisaalta korkea aerobinen teho (hapenkulutus) ei takaa hyvää suoritustasoa. (Åstrand & Rodahl, 1986.) Se kuitenkin edesauttaa palautumista korkeaintensiteettisissä urheilulajeissa kuten koripallossa (Hoffman ym., 1999). Esimerkiksi eurooppalaisessa jalkapallossa pelaajat, jotka ovat aerobisesti hyvässä kunnossa, kykenevät ylläpitämään tekemänsä työmäärän samalla tasolla pelin loppuun saakka paremmin kuin aerobisesti huonokuntoisemmat pelaajat (Reilly, 1994).

Onnistuneeseen suoritukseen vaikuttavat useat eri tekijät. Perintötekijöistä saadut kyvyt ja lahjat, fysiologiset kuntotekijät, biomekaniikka, psykologiset tekijät, ympäristö ja valmentaminen yhdessä myötä- tai vastavaikuttavat eliittuurheilusuoritukseen. (Cox ym., 1995.) Esim. pitkäkestoisessa harjoituksessa lihasten entsyymitoiminnot, kapillaarien tiheys sekä substraatit ovat tärkeässä roolissa määriteltäessä suorituskyvyn tasoa (Åstrand & Rodahl, 1986).

2.2 Anaerobinen energianmuodostus

Tärkein keino, millä energiaa vapautetaan glukoosista, on glykolyysi ja sen lopputuotteiden hapettaminen. Kun happea ei ole saatavilla, palorypälehappo ja glykolyysin toinen lopputuote vetyatomit reagoivat keskenään sytoplasmassa muodostaen maitohappoa. Maitohappo hajoaa nopeasti muodostumisen jälkeen vety- ja laktaatti-ioneiksi. Nämä ionit kuljetetaan tai ne diffusoituvat lihassolukalvon läpi verenkiertoon ja kehon muihin nesteisiin. Laktaatin muodostuminen mahdollistaa glykolyysin jatkumisen huomattavasti pidempään kuin jos palorypälehappoa ja vetyä ei poistettaisi. Ilman tätä glykolyysi voisi jatkua vain muutamia sekunteja, kun se tällä tavoin voi jatkua useita minuutteja ilman happea. (Guyton, 1991.)

2.2.1 Alaktinen energianmuodostus

ATP on ainoa käyttökelpoinen kemiallisen energian muoto, mitä lihakset pystyvät hyödyntämään välittömästi suorituksen alussa. Energia on varastoituneena ATP:n korkeaenergiisiin fosfaattisidoksiin. Kun sidos rikkoutuu, vapautuu energiaa, jota solut voivat käyttää erilaisiin toimintoihinsa kuten lihassupistuksiin. (Åstrand & Rodahl, 1986.) Jos suoritus kestää alle 10 sekuntia, voidaan sen sanoa olevan alaktinen suoritus, jossa KP-varastot on ensisijainen energianlähde (Fox ym., 1979). Di Pramperon ja Mognonin (1971) mukaan ensimmäisten seitsemän sekunnin aikaista energianmuodostusta sanotaan alaktiseksi vaiheeksi, koska silloin ei muodostu vielä mainittavasti laktaattia. Palautumisen aikana KP-varastot täyttyvät hyvin nopeasti. Näin ollen kuormituksen alaktista luonnetta säätelevät pitkälti laktaatin tuotto suorituksen aikana sekä sen poistaminen palautumisen aikana.

Müller ja Steinhöfer (1982) ovat sitä mieltä, että koripalloilijan harjoittelussa yksi määräävä tekijä on hänen maksimaalinen anaerobinen alaktinen potentiaalinsa. Heidän mukaansa pitäisi olla mahdollista täydentää oksidatiivisesti ATP/KP -varastot pelin passiivisten vaiheiden aikana. Greenin (1987) mukaan myös jääkiekossa vaihtojen väliset palautusjaksot ovat riittävän pitkiä KP:n uudismuodostukselle. Eurooppalaista jalkapalloa pidetään myös alaktisena lajina, koska korkeaintensiteetisessä ottelussa vain noin 8 % peliajasta juostaan täysillä. Lisäksi keskijuoksumatka on vain noin 14 metriä. (Reilly ym., 1997.)

2.2.2 Laktinen energianmuodostus

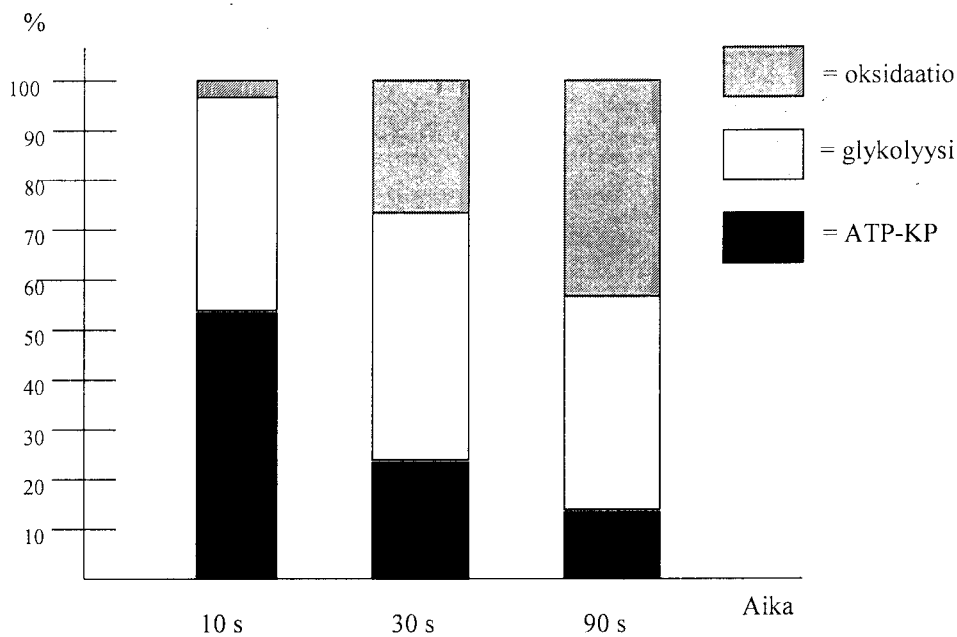
Lyhytkestoisissa suorituksissa energiaa tuotetaan pääosin glykolyysin avulla. Anaerobisessa glykolyysissä hajoitetaan hiilihydraatteja ilman happea, jolloin aineenvaihdunnan lopputuotteena on maitohappoa. (Brooks & Fahey, 1985.) Maitohapon muodostuminen vastaa 85 %:sti vetyionipitoisuuden kasvusta ja pH:n laskusta lihaksessa ja veressä. Vetyionipitoisuuden lisääntyessä happamuus elimistössä nousee ja syntyy laktaattia. Glykolyysin jatkussa glykogeenivarastot vähenevät, jolloin työteho heikkenee. Stainsbyn ja Brooksien (1990) mukaan hapensaannin rajoittuneisuus voi lisätä lihasten laktaatinmuodostumista, mutta hy-

poksia ei ole kuitenkaan pääasiallinen syy. Mieluummin laktaatti on aineenvaihdunnallinen välituote, jota voidaan muodostaa, jakaa ja hyötykäyttää sekä solujen että kudosten välillä ja sisällä.

Suorituksen koventuessa aerobisen energianmuodostuksen teho ei riitä energiantarpeen tyydyttämiseen, jolloin energiaa on enenevässä määrin tuotettava anaerobisesti. Tällöin laktaatin tuotto lisääntyy ja laktaattipitoisuus lisääntyy selvästi lihaksissa ja veressä. Työtehoa, jolloin laktaattipitoisuus lisääntyy selkeästi, kutsutaan anaerobiseksi kynnykseksi. Kynnystasona pidetään noin 4 mmol/l valtimoverestä mitattuna. Ventilaatiokynnys saavutetaan jo ennen laktaattikynnystä. Kynnystason saavuttaminen on riippuvainen lisääntyneestä veren vetyionikonsentraatiosta, jolloin ärsytetään kemoreseptoreita ja sitä kautta hengityskeskusta. Seurauksena on muutoksia kaasujen vaihdossa. (Chicharro ym., 1997.) Meyer ym. (1998) mukaan noin 75 % maksimaalisesta VO_2 :sta pidetään anaerobisena kynnystasona sekä 85 % maksimisykkeestä. Vastaavansuuruisiin tuloksiin (79 % max VO_2 :sta) on pääsyt myös McLellan ja Cheung, 1992.

2.2.3 Anaerobinen suorituskyky

Lyhytkestoisessa urheilusuorituksessa anaerobisen energiantuoton osuus kulutetusta energiasta on noin 97 %. Suorituksen pidentyessä aerobisesti tuotetun energian osuus nousee. Kuvan 1 mukaan vastaavasti polkupyöräergometrillä tehdyn 10 sekunnin maksimaalisen työn aikana eri energiasysteemejä oli käytössä seuraavasti: fosfageenit 53 %, glykogeenit 44 % sekä oksidatiivinen osuus oli 3 %. 90 sekunnin maksimaalisen työn jälkeen vain 12 % energiasta saatiin fosfageeneista. Glykogeeninien osuus oli 42 %, mutta oksidatiivisten energiasysteemien osuus oli jo 46 %. (Serresse ym., 1988.)



KUVA 1. Kolmen lyhytkestoisen testin aineenvaihdunnalliset energiantuottomuodot (mukailtu Serresse ym., 1988).

3 PALAUTUMINEN

Suorituskyvyn paranemiseen aktiivisen palautumistyön avulla vaikuttavat vähintään 4 eri mekanismia: suurempi kreatiinifosfaattiresynteesi, lihasten alhaisempi laktaatti- ja vetyionipitoisuus, aerobisen metabolian vaikutus energiavarastojen täyttymiseen sekä ei-metabolisten tekijöiden vaikutus. Toisin sanoen, aktiivinen palautuminen vaikuttaa myös solunsisäisen vetyionipitoisuuden vähenemiseen erityisesti matalaintensiteettisen työn jälkeen. ATP- ja KP-varastojen uusiminen, myoglobiinien täyttö hapella, lihaksen glykoogenivarastojen täyttäminen sekä anaerobisen energianmuodostuksen aiheuttaman laktaatin poisto lihaksista ja verestä ovat tärkeimpiä tehtäviä palautumisen kannalta. (Fox ym., 1979; Bogdanis ym., 1996.) Lihasten fosfageenivarastot palautuvat nopeasti jo muutaman minuutin aikana, kun happea on jälleen saatavilla (Åstrand & Rodahl, 1986). Shephardin ja Åstrandin (1992) mukaan taulukosta 1 on nähtävissä eri energiantuotto prosessit.

TAULUKKO 1. ATP:n muodostuminen glukoosista tai glykogeenista (mukailtu Shephard & Åstrand 1992).

Ryhmä	sukupuoli	anaerobinen glykolyysi	oksidaatio Krebsin syklin kautta
ei-harjoitelleet	mies	104	13
	nainen	87	16
harjoitelleet	mies	91	21
	nainen	89	19
kilpaurheilijat	mies	72	26
	nainen	61	29

ATP:n muodostumisen maksimimäärät on laskettu seuraavasti: anaerobinen glykolyysiaktiivisuus kerrottiin kolmella; oksidaatioaktiivisuus Krebsin syklin kautta kerrottiin 18:lla.

Aktiivisen aerobisen työn merkitys palautumisvaiheessa korostuu erityisesti korkeaintensiivisen työn jälkeen. Aktiivisella palautumisella saattaa olla ratkaiseva merkitys palautumisesta seuraavissa lihastoiminnoissa. (Bond ym., 1991.) Optimaalinen palautumisintensiteetti on noin 10 % alle max VO₂ aerobisen kynnystason (McLellan & Skinner, 1982). Toisin sanoen, aerobisen työn tekeminen palautumisen edistämiseksi on parhaimmillaan, kun rasiustaso on noin 63 % maksimaalisesta aerobisesta tehosta eli max VO₂:sta (Corder ym., 2000).

Mitä pidempi on korkeaintensiivisen lajin kesto aika, sitä suurempi on oksidatiivisen metabolian merkitys. Näin ollen esimerkiksi 40 minuuttia kestävässä koripallo-ottelussa, oksidatiivisen metabolian vaikutus suorituskyykyyn saattaa olla lisääntynyt sekä aerobisen kapasiteetin merkitys korostunut kilpailusuorituksesta palaututtaessa. (Hoffman ym., 1999.)

3.1 Lyhytaikainen palautuminen

Välitön palautuminen on pitkälti riippuvainen kuorman määrästä, kuormitustavasta, työn intensiteetistä, harjoitustaustasta sekä suorittajan henkilökohtaisista ominaisuuksista. Jos happea on saatavilla, lihasten KP-varastot täyttyvät varsin nopeasti. (Hultman ym., 1967.)

Myös Viitasalon (1985) mukaan nopeaan palautumiseen vaikuttaa suoritettujen lihastyön intensiteetti sekä kesto että palautumisvaiheessa nautittu ravinto. Lyhyet työpäivät lyhyillä palautuksilla aiheuttavat vähemmän väsymistä kuin pitkät työpäivät pitkällä palautuksella juoksumatolla tehtyjen testien perusteella (Patterson ym., 1985).

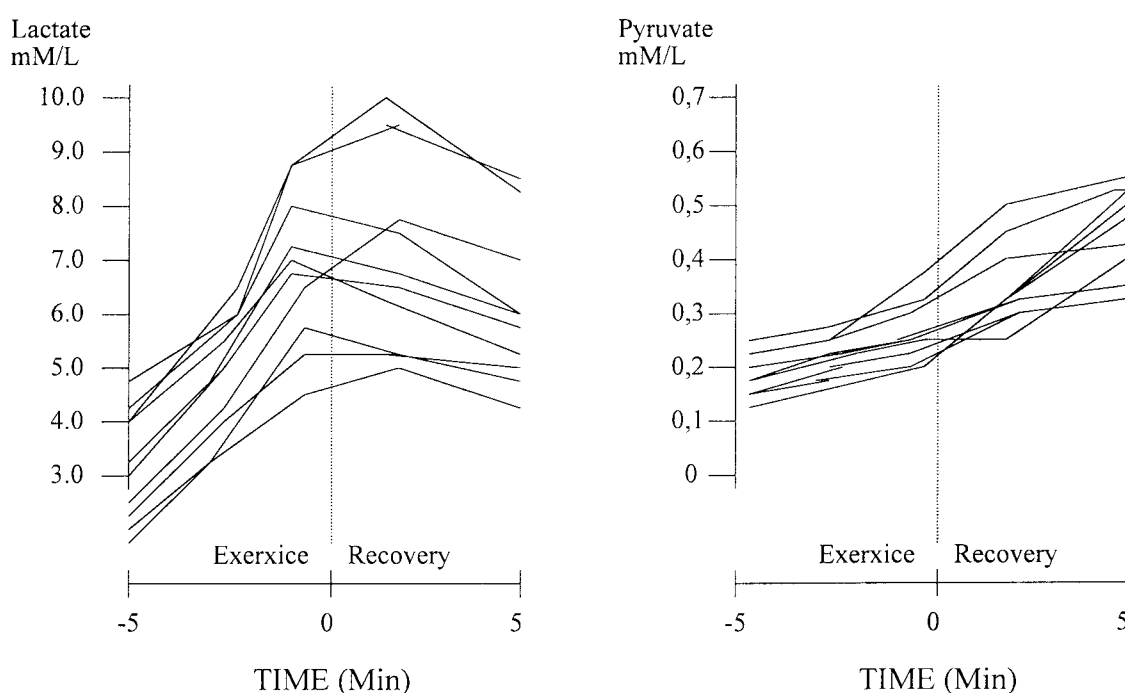
3.2 Laktaatin ja pH:n palautuminen

Laktaatin kerääntyminen elimistöön on riippuvainen urheilijan kuntotasosta, harjoittelun intensiteetistä, työskentelevien lihasten määrästä, lihasfiibereiden rakenteesta, ravinnosta, veren virtauksesta sekä väsymisasteesta. Nämä samat muuttujat vaikuttavat palautumisnopeuteen sekä laktaatin poistumiseen. (Cox ym., 1995.) Tätä vahvistaa myös Bangsbo ym. (1993) tutkimus, jonka mukaan kestävyyslajien urheilijoilla on alhaisemmat maitohappotasot suorituksen jälkeen nopeamman laktaatin poistumisen johdosta kuin palloilulajien urheilijoilla.

Laktaatin poistumisnopeuteen verenkierrosta vaikuttaa eniten se, mitä korkeampi on veren laktaattikonsentraatio sekä mitä suurempi on työskentelevä lihasmassa (Stainsby ja Brooks, 1990). Laktaatin poistumisnopeus lihaksista toimii samalla tavalla, ts. mitä suurempi on lihaksen laktaattipitoisuus, sitä nopeammin laktaattia poistuu ensimmäisen 10 minuutin aikana (Hirvonen ym., 1987). Tärkeimpänä verenkierrosta laktaattia poistavana elimenä pidetään maksaa. Se poistaa laktaattia verenkierrosta, syntetisoi siitä glukoneogeneesissä uudestaan glukoosia sekä syntetisoi ja varastoi glykogeeniä. (Ahlborg ym., 1986.) Gollnick ym. (1985) mukaan harjoittelun aikana tapahtuva laktaatin poistuminen lihaksista ja verestä tapahtuu ensisijaisesti CO₂:n ja veden oksidaation kautta. Näin tapahtuu sekä aktiivisissa että inaktiivisissa lihaksissa ja kudoksissa.

Normaali lihasten pH levossa on noin 7.0. Maksimaalisen suorituksen jälkeen lihaksen pH putoaa välille 6.3 – 6.6. Alhaisella pH:lla on vaikutusta koko supistuvaan lihakseen. Jos solun sisäinen pH on alhainen suorituksen loppuvaiheessa, se heikentää huomattavasti palautumista. (Gollnick ym., 1985.) Yhden minuutin kestäneen maksimaalisen polkupyörä-

ergometritestin jälkeen lihaksen pH saavutti alarajansa palautuen vain osittain neljän minuutin palautusjakson aikana, kun taas veren pH jatkoi laskuaan kunkin työintervallin jälkeen palautuen laktaatin kanssa samassa suhteessa. Näin ollen voidaan olettaa, että veren laktaattipitoisuus ei ole suorassa suhteessa solunsisäisen pH:n kanssa kaikissa olosuhteissa. (Roberts & Smith, 1989.) Maksimaalisen polkupyöräergometritestin jälkeen on seurattu laktaatin ja pyruvaatin määrien lisääntymistä tai vähentymistä ensimmäisen viiden minuutin aikana (kuva 2).

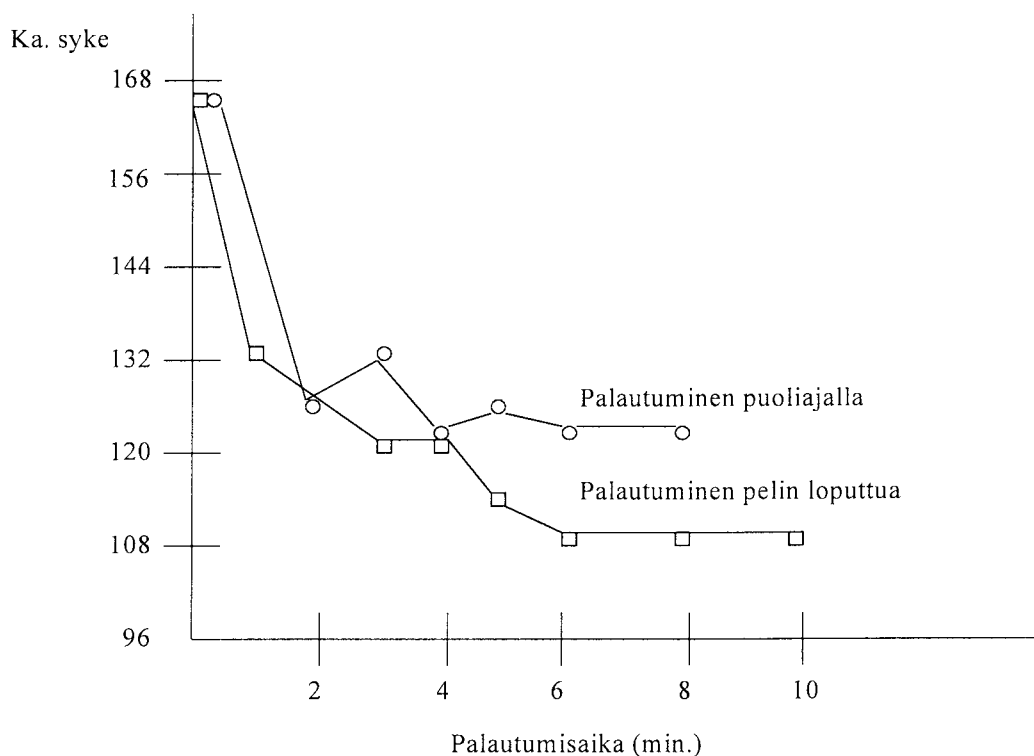


KUVA 2. Laktaatti ja pyruvaatti pp-ergometritestin viimeisten 5 min. sekä 5 ensimmäisen palautumisminuutin aikana (Wassermann ym., 1985).

Ensimmäisten palautumisminuuttien aikana veren pyruvaatti jatkaa nousuaan. Veren laktaattipitoisuus joko lisääntyy tai vähenee lievästi ensimmäisten kahden minuutin aikana, mutta laskee selvästi viiden minuutin kohdalla. (Wassermann ym., 1985.) Lihasbiopsian avulla on samalla testiasetelmalla huomattu pyruvaattipitoisuuden myös lisääntyvän välittömästi testin päättymisen jälkeen, mutta lihasten laktaattipitoisuus sen sijaan lähti laskuun (Sahlin ym., 1976).

3.3 Sykkeen palautuminen

Sykkeen palautuminen on riippuvainen aerobisesta kapasiteetista. Kuvan 3 (Hue ym., 2000) mukaan pelijännitys nostaa sykettä niin, että koripallo-ottelun puoliajalla syke ei laske yhtä alas samassa ajassa kuin ottelun loputtua.



KUVA 3. Keskiarvoinen syke 10 min palautumisjakson aikana koripallo-ottelun puoliajalla sekä ottelun päätyttyä (Hue ym., 2000).

Hoffman ym. (1999), havaitsivat sitä suuremman korrelaation sykkeen ja maksimaalisen hapenkulutuksen välillä mitä kovempi oli suorituksen intensiteetti. Iällä ja sukupuolella on myös merkitystä sykkeen palautumisen kanssa, koska vanhempi henkilö suoriutuakseen samasta tehtävästä kuin nuorempi, joutuu työskentelemään lähempänä omaa maksimisyketasoaan. Näin ollen suhteellinen intensiteetti on huomattavasti kovempaa. Tiedetään myös, että kilpailutilanteessa emotionaaliset tekijät vaikuttavat suoritukseen sykettä nostaen, mikä hidastaa palautumista suorituksen jälkeen. (Therminarias, 1990.)

3.4 Happivaje ja happivelka

Korkeaintensiteettisen työn alussa energiatarpeita ei pystytä tyydyttämään riittävän hyvin oksidatiivisin keinoin, joten osa työstä tehdään anaerobisesti. Puuttuva happimäärä on suhteessa työn intensiteettiin. Sen lisäksi mitä enemmän on lihasmassaa, sitä enemmän on anaerobisia energiavarastoja käytettävissä energiantuotantoon intensiivisen harjoituksen aikana. (Bangsbo ym., 1993.)

Maksimaalista happivajetta laskivat eri menetelmiä käyttäen mm. Woolford ym. (1999) (56.8 ± 9.1 ml/kg/min) sekä Medbo ym., 1988 (72 ± 11 ml/kg/min). Taulukon 2 mukaan eri lajien välillä ei ole suuria keskiarvöllisiä eroja happivajeessa (Bangsbo ym., 1993).

TAULUKKO 2. Työmäärä, harjoituksen kesto, energian tarve, alku- ja huippuhapenkulutus sekä happivaje juoksumattotestissä (Bangsbo ym., 1993).

	Työmäärä km/h	Harj. kesto min	Energiantarve ml/kg/min	VO ₂ (ml/kg/min) 0-45 s	VO ₂ (ml/kg/min) huippuarvo	O ₂ vaje ml/kg/min
Juoksumatto						
Jalkapallopelaaajat (n=15)	16.17 ± 0.24	3.42 ± 0.21	65.5 ± 1.7	35.6 ± 1.2	58.1 ± 1.2	49.5 ± 3.0
Juoksijat (n=14)	19.19 ± 0.23	3.01 ± 0.16	78.1 ± 1.3	40.8 ± 0.8	69.6 ± 1.2	51.9 ± 3.8
Soutajat (n=5)	16.17 ± 0.19	4.05 ± 0.50	69.0 ± 1.4	35.6 ± 1.0	64.5 ± 1.0	47.3 ± 6.3

Medbo ym. (1988) mukaan lihasten maitohappopitoisuudella on noin 50 %:n osuus kokonaishappivajeesta. Muut vaikuttavat komponentit ovat lihasten korkeaenergiset fosfaattivarastot (24 %), veren ja solujen ulkoisen nesteen maitohappo (16 %) ja vereen sekä lihaksiin varastoitunut happi (n. 10 %).

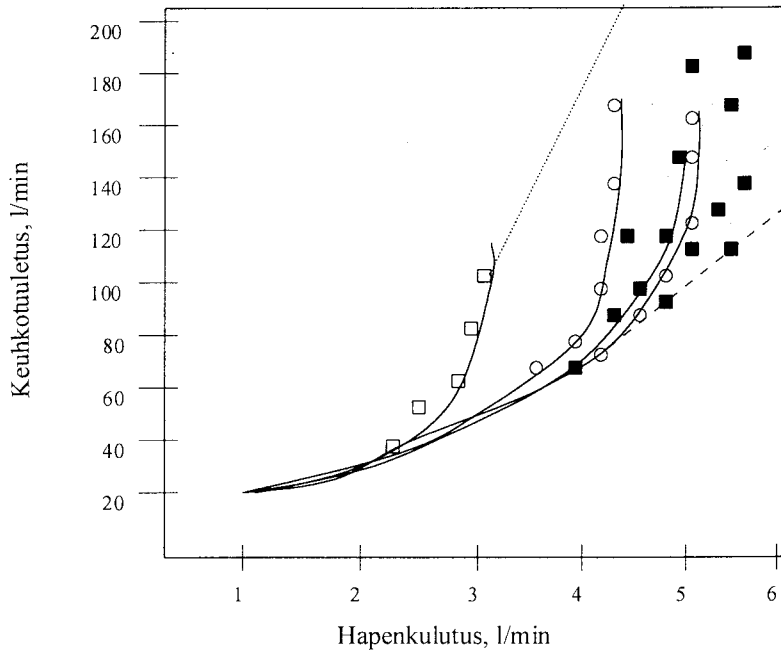
Suorituksen jälkeistä lepotason ylittävää kokonaishapenkulutusta sanotaan happivelaksi. Happivelan maksu tapahtuu happivarastojen osalta sekunneissa, ATP:n ja KP:n osalta muu-

tamissa minuuteissa ja maitohapon osalta viimeistään kymmenissä minuuteissa. Happivelka voidaan jakaa vielä alaktiseen ja laktiseen vaiheeseen. Edellinen kattaa noin 1/3 ja jälkimmäinen noin 2/3 kokonaishappivelasta. Suhde riippuu intensiivisen suorituksen kestosta. (Heikkinen, 1980.) Happivelan takaisinmaksun suuruus uuvuttavan harjoituksen jälkeen on riippuvainen työskentelevien lihasten määrästä. Kun aktiivisten lihasten määrää vähennettiin, myös happivelan määrä väheni. Naisten happivelkamäärät ovat huomattavasti pienemmät kuin miehillä. Nämä erot häviävät, jos tulokset ilmoitetaan painokiloina suhteutettuna rasvattomaan painoon.

3.5 Ventilaatio

Ventilaatiolla eli keuhkotuuletuksella tarkoitetaan ulkoilman ja hengityselinten välistä ilmanvaihtoa (Nienstedt ym., 1987). Ventilaatiota säätelee sekä veren ja kudosten kemiallinen koostumus (humoraalinen säätely) että aivokuoresta ja lihaksista tulevat hermoimpulssit (neuraalinen säätely). Aikuisen terveen ihmisen keuhkotuuletus on levossa 6-10 l/min ja maksimirasituksessa 100-150 l/min. Kilpaurheilijoilla ventilaatio saattaa nousta jopa 200 litraan/min. (Vuori & Taimela, 1999.) Ventilaatio ja syke ovat sitä alhaisemmat, mitä suurempi lihasmassa on käytössä (vrt. käsi- ja polkupyöräergometritestit).

Ventilaation suhde hapenkulutukseen. Ventilaatio lisääntyy harjoituksen aikana lähes suoralinearisesti VO_2 :n kanssa tiettyyn rajaan saakka, minkä jälkeen VO_2 -käyrä tasaantuu, mutta ventilaatio lisääntyy edelleen. (kts. kuva 4).



KUVA 4. Keuhkotuuletus levossa ja harjoituksen aikana (juoksu/pyöräily). Yksilöt, joiden max-VO_2 on yli 3 l/min, ovat viivoitetulla alueella (mukailtu Åstrand & Rodahl, 1986).

Positiivinen korrelaatio on olemassa maksimaalisen ventilaation ja hapenkulutuksen välillä, mutta on ilmeistä, että maksimaalista ventilaatiota ei voida käyttää ennustettaessa maksimaalista VO_2 :ta. Vertailukäyrä on muodoltaan semilineaarinen. Jos keuhkotuuletus halutaan ilmaista suhteessa hapenkulutukseen, se on 20-25 l/l O_2 levossa ja keskiraskaan harjoittelun aikana. Maksimaalisessa suorituksessa se lisääntyy 30-40 l/l O_2 . Alle 10 vuotiailla lapsilla arvot liikkuvat kevyen harjoittelun noin 30 litrasta maksimaalisen harjoittelun noin 40 litraan/l O_2 . (Åstrand ym., 1986.) Itse asiassa, ventilaatio on enemmän suhteessa uloshengitetyn CO_2 :n määrään kuin hapenkulutukseen.

3.6 Palautuminen eri pallopeleissä

Optimaalinen työteho laktaatin poistamiseksi aktiivisen palautuksen avulla esimerkiksi jääkiekko-ottelun jälkeen vaihtelee 28-68 %:n välillä max VO_2 :sta. Yksilölliset erot ovat siis erittäin suuret. Lisäksi suurimman osan otteluajasta liikutaan selkeästi laktaattikynnyksen

alapuolella. Luonnollisesti sopivan palautusharjoittelun muoto vaikuttaa lopputulokseen. (Cox ym., 1995.)

Docherty ym., (1988) mukaan kreatiinifosfaatti (anaerobinen) sekä oksidatiiviset energialähteet ovat päätekijät ATP:n uudelleenmuodostamisessa rugby -ottelun aikana. Heidän mukaansa laitahyökkääjillä noin 70 % ATP:n tuotannosta tuotetaan KP:n avulla. Suurin osa palautumisesta rugby -ottelun aikana on täysin passiivista. Tästä saattaa johtua pelaajien suhteellisen korkeat veren laktaattilukemat (6.8 mmol). Leisenin (1983) mukaan pelaajien fysiologinen, psykologinen, tekninen ja taktinen suorituskyky heikkenevät lihasten korkeiden laktaattipitoisuuksien johdosta.

Seuraavat tekijät, kuten kuumuus, emotionaalinen stressi ja staattiset harjoitteet nostavat sykettä, mutta eivät hapenkulutusta. Näin ollen esimerkiksi jalkapallossa hapenkulutuksen arvioiminen sykkeen avulla antaa virheellisiä arvoja. Jalkapalloa voidaan pelata sellaisella intensiteetillä mikä verottaa sekä aerobisia että anaerobisia voimavaroja. Aerobinen kapasiteetti määrittelee sen, miten suurta työmäärää käyttäen pystytään pelaamaan koko 90 minuutin ottelu. (Reilly, 1997.)

3.7 Palautuminen koripallossa

Koripallossa ATP/KP ja anaerobinen glykolyysi kattavat 85 % ja aerobinen energiantuotto 15 % energian tarpeesta. Anaerobista laktista tietä pidetään tärkeimpänä koripalloilijoiden energiantuotossa. Niiden noin 30 sekunnin aikana, jonka aktiivinen vaihe ottelussa keskimäärin kestää, eivät aerobiset prosessit ehdi täysitehoiseen toimintaan. Samassa ajassa anaerobinen alaktinen (ATP + KP) energiantuottotapa on jo menettänyt tehonsa, jolloin vaihtoehtona on anaerobinen laktinen tie. (Fox ym., 1979.) Kaikki eivät ole samaa mieltä laktisen reitin merkityksestä. Müller ja Steinhöfer, (1982) olivat sitä mieltä, että koripallossa määräävä tekijä on pelaajan maksimaalinen anaerobinen alaktinen potentiaali. Anaerobisella laktisella energiantuottomekanismilla ei ole suurta merkitystä. Heidän mukaansa pitäisi

olla mahdollista täydentää oksidatiivisesti ATP/KP –varastot pelin passiivisten vaiheiden aikana.

Pitkäkestoisissa urheilusuorituksissa kuten jalkapallossa, jääkiekossa ja koripallossa neste-tankkauksen merkitys korostuu. Noin 2 %:n painonmenetyksen vesivajeen johdosta tiedetään aiheuttavan fysiologisia muutoksia (kohonnut syke, vähentynyt plasman volyymi ja kohonnut ruumiin lämpötila), jotka saattavat vaikuttaa lopputulokseen kaikissa urheilulajeissa. (Hoffman ym., 1995.) Koripallo on enemmän teholaji kuin esimerkiksi jalkapallo, koska ottelun kesto ja harjoittelumuodot poikkeavat selkeästi toisistaan. Lisäksi harjoittelu, mikä itsessään on jo stressiä aiheuttava tekijä, lisää monien hormonien pitoisuutta plasmassa mukaanlukien glukokortikoidit. (Benoni ym., 1995.)

Suorituskyvyn kannalta aerobisen kapasiteetin tärkeys korostuu, kun palaudutaan koripalloharjoituksesta. Korkeaintensiteettisen harjoittelun lisääntyessä, suurempi vaatimus kohdistuu oksidatiiviseen metaboliaan. (Hoffman ym., 1999.)

4 PP-ERGOMETRITESTIEN KUORMITUSPERIAATTEET

Polkupyöraergometritestejä tehdään sekä suorilla että epäsuorilla mittaustavoilla, ts. maksimaalisilla tai submaksimaalisilla kuormituksilla. Urheilijoille tehdään suoria testejä kun taas vanhemmille ihmisille ja ei-urheilijoille on turvallisempaa tehdä epäsuoria testejä. Toimivan käytännön tärkein kriteeri ei-urheilijoille on, että testattavan henkilön sydämen lyöntitiheys nousee progressiivisella vastuksen lisäämisellä tasolle, mikä vastaa 70-85 % iän mukaisesta maksimisykkeestä. (Liite ry, 1994.)

Polkupyöraergometrillä suoritetaan sekä aerobista että anaerobista kuntoa mittaavia testejä. Aerobista kuntoa mitataan epäsuorilla testeillä tavallisilta ihmisiltä ja kuntoilijoilta. Taulukossa 3 on esitetty kuormitusmalli maksimaalisen hapenottokyvyn arvioimiseksi epäsuoralla menetelmällä. (ACSM, 1995.)

TAULUKKO 3. Kuormitusmalli max VO₂ arvioimiseksi epäsuoralla menetelmällä (ACSM, 1995).

1. kuorma 25 W tai 150 kgm/min (0.5 kg)	Syke < 80	Syke = 80-89	Syke = 90-100	Syke > 100
2. kuorma	125 W tai 750 kgm/min	100 W tai 600 kgm/min	75 W tai 450 kgm/min	50 W tai 300 kgm/min
3. kuorma	150 W tai 900 kgm/min	125 W tai 750 kgm/min	100 W tai 600 kgm/min	75 W tai 450 kgm/min
4. kuorma	175 W tai 1050 kgm/min	150 W tai 900 kgm/min	125 W tai 750 kgm/min	100 W tai 600 kgm/min

Anaerobisen suorituskyvyn testeistä yleisimmin käytetään Wingaten 30 tai 60 sekunnin polkupyöraergometritestiä, mikä voidaan suorittaa myös käsiergometrillä. Wingaten testissä testattava polkee tai tekee käsiergometrillä työtä maksimaalisella nopeudella 30 tai 60 sekuntia. Vastus määritellään kehon painon mukaan miehillä paino/13 ja naisilla paino/15. Myös MART-testistä on tehty sovellettu versio (MACT) polkupyöraergometrille, jossa poljetaan 20 sekunnin vetoja 100 sekunnin palautuksella uupumukseen saakka. (Liite ry, 1994.)

Helimäki (1996) suoritti progressiivisen polkupyöraergometrikokeen simulaatiokuormien vaatiman hapen tarpeen määrittämiseksi. Tutkimuksessa poljettiin kolme minuuttia yhdeksällä eri vastuksella alkaen 88 W:sta aina 324 W:iin.

Useiden eri tutkimusten mukaan polkupyöraergometritestin maksimaaliset VO₂ arvot jäävät alhaisemmiksi kuin juoksumatolla tehdyt arvot (taulukko 4). Erot ovat kuitenkin minimaaliset. Lisäksi polkupyöraergometritestiä pidetään huomattavasti miellyttävämpänä testimuotona. Alhaisempia maksimaalisia VO₂ arvoja voidaan perustella polkupyöraergometryössä käytettävän pienemmän lihasmassan avulla. (Hue ym., 2000.)

TAULUKKO 4. Polkupyöraergometrillä ja juoksumatolla tehdyt maxVO₂ arvot triathlonisteilla (mukailtu Hue ym., 2000).

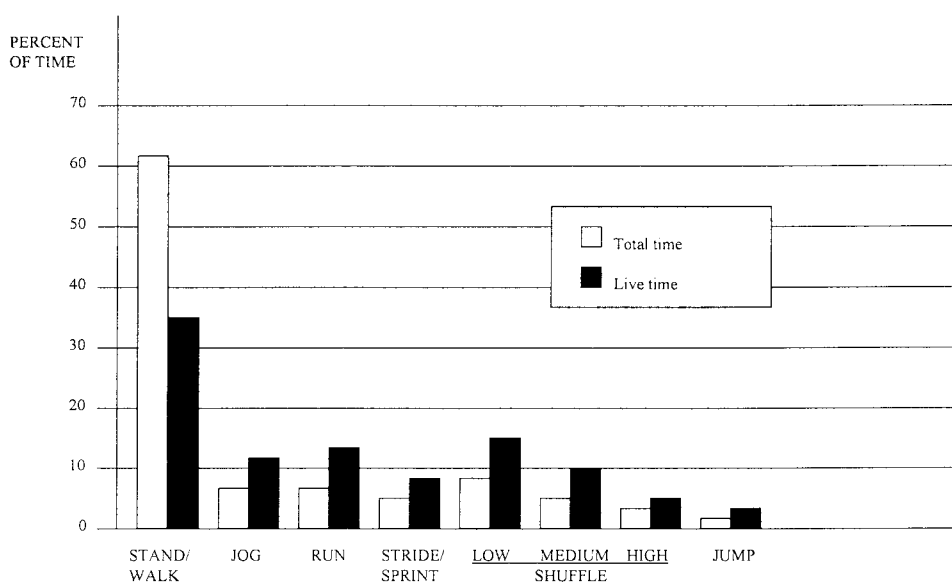
Tutkimus	n	Polkupyöraergometri VO ₂	Juoksumatto VO ₂
		(ml/kg/min)	(ml/kg/min)
Hue et al. (1998)	7	65.4	62.1
Miura et al. (1997)	17	61.1	63.8
Roalstad (1989)	10	64.3	67.2
Schneider et al. (1990) (elite)	10	70.3	75.4
Sleivert, Wenger (1993)	18	60.1	63.7

5 KORIPALLON KUORMITTAVUUS NYT JA TULEVAISUUDESSA

Koripallo vaatii teknisen ja taktisen osaamisen lisäksi useita fyysisiä ja psyykkisiä ominaisuuksia. Koripalloilijalta vaaditaan kestävyyttä, nopeutta, nopeusvoimaa, taitavuutta ja liikkuvuutta. Kun tähän lisätään perusliikuntataidot juosta, ponnistaa, puolustaa, heittää, syöttää, ottaa palloa kiinni ja kuljettaa, niin saadaan toimiva liikuntakoneisto, jolla on edellytykset pelata koripalloa. Liikkumisen kannalta avaintekijä on kyky nopeisiin kiihdytyksiin, jarrutuksiin ja toistuviin suunnanmuutoksiin. (McInnes ym., 1995.)

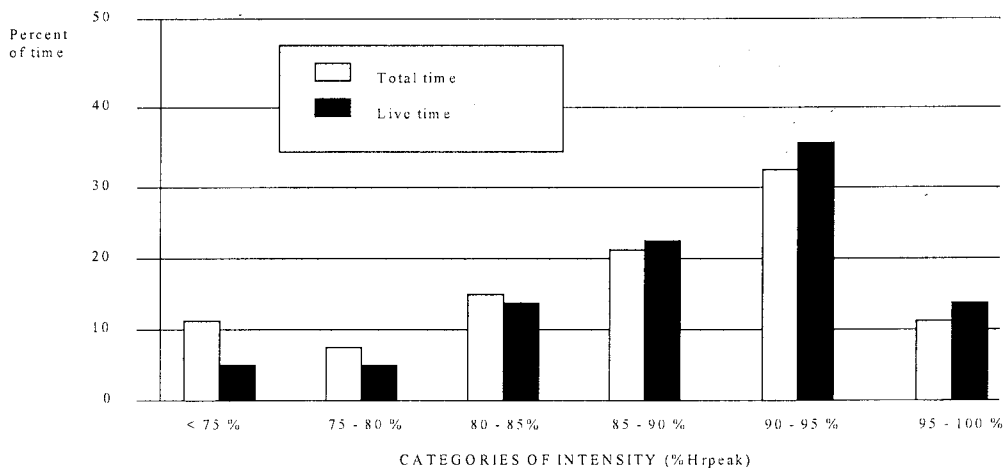
Ottelun kokonaiskesto aika, kun puoliaikaa ei lasketa mukaan, vaihtelee eri tutkimusten mukaan 65 minuutista 69,5 minuuttiin. Pelin aikana on noin 90 aktiivista ja noin 85 passiivista vaihetta. (Colli & Faina, 1985.) Keskimäärin aktiiviset vaiheet ovat pituudeltaan noin 27,2 ja passiiviset vaiheet noin 20,4 sekuntia (Volkov & Korjagin, 1974). Koripallo-ottelun aikana pelaaja liikkuu noin 3500 metriä (eri lähteistä riippuen 3000-4000 metriä), mikä on

samaa suuruusluokkaa esimerkiksi käsipallo pelaajan liikkumisen kanssa. On havaittu myös yhtäläisyyksiä siinä, että mitä pidempi on jakso, jonka pallo on pelissä yhtäjaksoisesti, sitä pidempi on myös seuraava tauko. (Colli & Faina, 1985.) Ottelun aikana vain noin 10 % kokonaisajasta tai 15 % tehokkaasta peliajasta liikutaan korkeaintensiteettisellä aktiviteetilla (kuva 5).



KUVA 5. Keskiarvolliset kokonaisajat ja tehokkaat peliajat liikekategorioissa prosentteina ilmaisuna (McInnes ym., 1995).

Koko koripallo-ottelun aikana mukaanluettuna tauot syke on keskimäärin 165 ± 9 lyöntiä/min, mikä on noin 87 ± 2 % huippusykearvoista. Noin 65 % kokonaisajasta sykearvot ovat yli 85 % huippusykearvoista. Keskiarvollinen syke tehokkaan peliajan aikana on 168 ± 9 lyöntiä/min. Lisäksi noin 75 % tehokkaasta peliajasta syke on yli 85 % huippusykearvoista (kuva 6.) Keskiarvollinen korkein syke pelin aikana on 188 ± 7 lyöntiä/min. (McInnes ym., 1995).



KUVA 6. Prosentuaaliset sykearvot kokonaisaikana sekä tehokkaana peliaikana koripallo-ottelussa (McInnes ym., 1995).

Laktaattiarvot eivät vaihtele ($6,8 \pm 2,8$ mmol) merkittävästi eri neljännesten välillä. Maksimilaktaattiarvot ovat noin 8,5 mmol. Tästä voidaan päätellä, että fysiologiset vaatimukset miesten koripallossa ovat erittäin kovat, koska korkeat laktaattiarvot ja jatkuvat korkeat sykearvot ovat vallalla huolimatta suhteellisen lyhyistä aktiivisista korkeaintensiteettisistä jaksoista. (McInnes ym., 1995.)

5.1 Tärkeimmät sääntömuutokset kausille 2000-2002

Koripallo-ottelussa pelataan neljä erää, mitkä kukin kestävät 10 minuuttia. Ensimmäisen ja toisen sekä kolmannen ja neljännen erän välissä on kahden minuutin tauko. Puoliaikatauko on aina 15 minuuttia. Hyökkäysaika on vähentynyt 30 sekunnista 24 sekuntiin. Tämä on aiheuttanut selkeän muutoksen ottelun aikana tehdyissä pistemäärissä sekä levypalloissa. Kaudella 1999-2000 koripallon SM-sarjassa kaikkien joukkueiden pistekeskiarvo oli 82,8 pistettä kun se sääntömuutoksen jälkeen kaudella 2000-2001 oli 86,9 pistettä/ottelu. Levypalokeskiarvot lisääntyivät vastaavasti samoina pelikausina 31,7:stä 35,3:een levypalloon/ottelu. ([www.koris.net.](http://www.koris.net)) Joukkueella on käytettävissään kolmessa ensimmäisessä erässä yksi aikalisä kussakin sekä neljännessä erässä kaksi. Jokaisella jatko-ajalla (kestoltaan

viisi minuuttia) on joukkueella käytettävänä yksi aikalisä. Lisäksi joukkueella on enää kahdeksan sekuntia aikaa (ennen 10 s) tuoda pallo etukentälle. (SKL, 2000.)

5.2 Pelaajan tehoindeksi

Tilastointi on oleellinen osa nykyaikaista koripalloa. Tilastojen avulla analysoidaan niin itse pelin kehitystä kuin pelaajia ja joukkueitakin. Tilastojen avulla voidaan kertoa paljon esimerkiksi siitä, mitä yksittäisessä ottelussa on tapahtunut ja mitä kukin pelaaja on tehnyt kentällä. Tehoindeksin avulla pelaajia voidaan laittaa paremmuusjärjestykseen lähinnä hyökkäyspelin ansioiden mukaisesti, mutta myös puolustuspelistä erityisesti riistot, levypallot ja heiton torjunnat vaikuttavat lopputulokseen. Tehoindeksin avulla voidaan vertailla esimerkiksi yksittäisen pelaajan tehoja ensimmäisen ja toisen puoliajan välillä.

Tehoindeksin (T) laskukaava on:

$$T = ((\text{pisteet} + \text{levypallot} + \text{syötöt} + \text{riistot} + \text{torjunnat}) - (\text{menetykset} + \text{ohiheitetyt pelitilanneheitot} + \text{ohiheitetyt vapaaheitot})) / \text{peli-aika minuutteina}$$

Tehoindeksi esitetään kolmidesimaalisena lukuna. USA:ssa pidetään supertähden rajana lukua 0,700 (FIBA, 2000).

6 TUTKIMUKSEN TARKOITUS

Tutkimuksen päätarkoituksena on selvittää koripallo-otteluun parhaiten soveltuvia palautumisaikoja eripituisten rasisusjaksojen jälkeen koripallo-ottelun aikana.

Muut tutkittavat menetelmät:

- 1 Miten eri pituiset palautumisajat vaikuttavat veren laktaattipitoisuuksiin?
- 2 Ovatko sykearvot koko ajan samalla tasolla huolimatta palautumisaikojen pituuden vaihteluista?
- 3 Tapahtuuko ponnistusvoimassa muutoksia kontaktimatolla ottelusuorituksen aikana?
- 4 Pysyykö ventilaatio koko ajan samalla tasolla huolimatta palautumisaikojen pituuden vaihteluista?

7 MITTAUSMENETELMÄT

7.1 Koehenkilöt ja antropometria

Koehenkilöinä toimi kahdeksan koripalloilijaa, joista kuusi Säyri Basket –mestaruussarja-joukkueen sekä kaksi HoNsU:n ykkösdivisioonapelaajaa. Koehenkilöt olivat keskimäärin $21,7 \pm 2,7$ vuotiaita, pituudeltaan $193,5 \pm 5,5$ cm ja painoltaan $89,4 \pm 11,9$ kg. Kaikki koehenkilöt pelasivat simuloituissa otteluissa 56 minuuttia juoksevaa peliaikaa.

7.2 Tutkimuksen kulku

7.2.1 Alkumittaukset laboratoriossa

Mittaukset suoritettiin polkupyöraergometrillä suoralla testillä. Ennen testin aloittamista koehenkilöltä otettiin lepolaktaatinäyte. Tämän jälkeen asetettiin paikoilleen Cosmed:in K4 b2 6.0a hengitysanalysointilaitte sekä Polar:in sykemittari. Sitten koehenkilö suoritti viiden minuutin pituisen veryttelyn polkupyöraergometrillä. Tämän jälkeen koehenkilö verytteli neljä minuuttia ja hyppäsi kaksi maksimaalista esikevennettyä hyppyä kädet vapaina kontaktimatolla. Parempi hyppyistä huomioitiin. Lentoaikoja vastaavat nousukorkeudet laskettiin kaavalla $\frac{gt^2}{8}$, jossa $g = 9,81$ $t =$ lentoaika ja 8 on vakio.

8

Koehenkilö suoritti maksimaalisen pp-ergometrikokeen suoralla testillä aloitusvastuksen oltua 50 W. Kuormaa lisättiin (25 W) kahden minuutin välein uupumukseen saakka (taulukko 5). Verinäytteitä otettiin testin aikana neljän minuutin välein, sekä heti testin päätyttyä, viiden ja 10 minuutin kuluttua. Analysointi tehtiin entsyymaattisella menetelmällä. Esikevennetty hyppy suoritettiin kahdesti heti testin jälkeen sekä neljä ja kymmenen minuuttia testin päättymisestä.

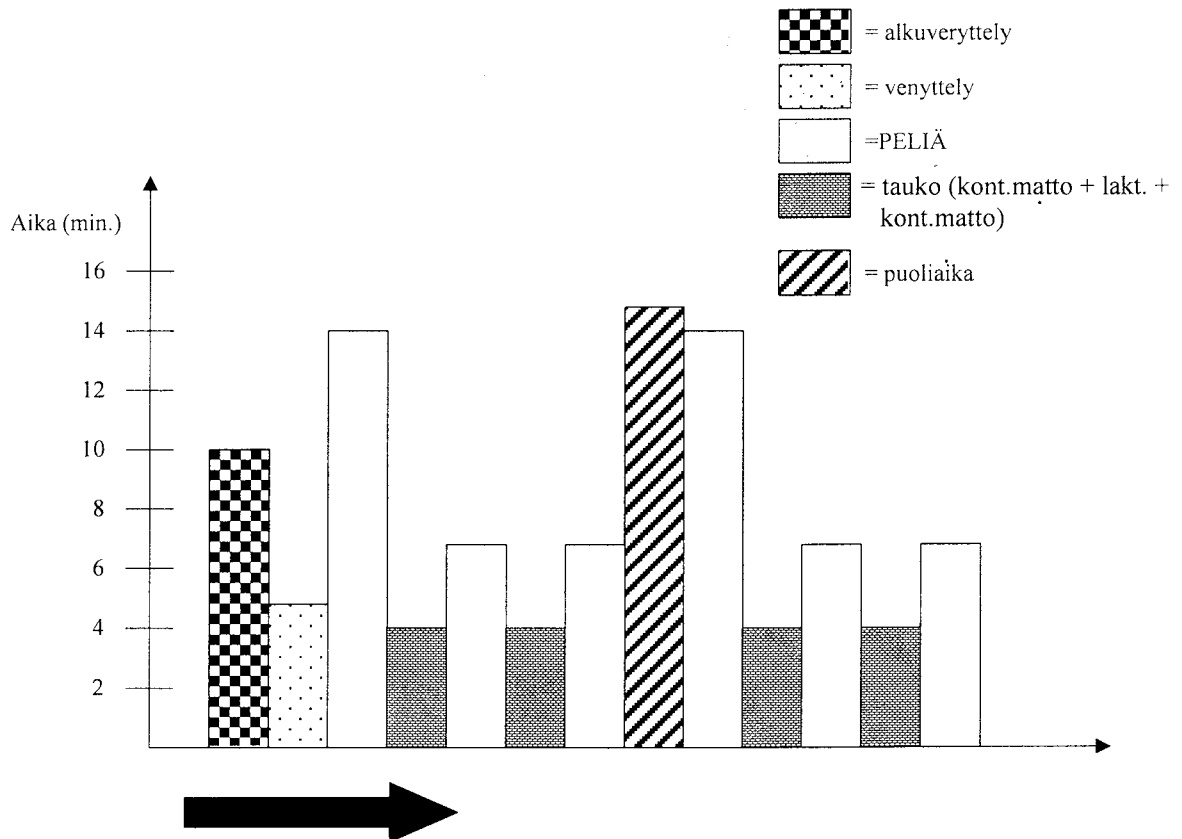
TAULUKKO 5. Maksimaalisen pp-ergometritestin kuormitustaulukko.

Aika (min.)	Kuorma W	Kierrosluku oletus
0	50	70-80
2	75	70-80
4	100	70-80
6	125	70-80
8	150	70-80
10	175	70-80
12	200	70-80
14	225	70-80
16	250	70-80
18	275	70-80
20	300	70-80
22	325	70-80
24	350	70-80

7.2.2 Simuloitu ottelutilanne

Ensimmäinen mittauspäivä. Mittaukset suoritettiin simuloitussa ottelutilanteessa koripalloharjoituksissa, missä pelattiin normaalisäännöin (2 erotuomaria) koripallo-ottelu (4 x 10 minuuttia tehokasta peliaikaa). Tehokas peliaika tarkoittaa ottelussa normaalisti käytettävää peliaikaa, mikä pysähtyy aina tuomarin puuttuessa pelin kulkuun. Juoksevalla peliajalla tarkoitetaan normaalia kellon etenemisaikaa.

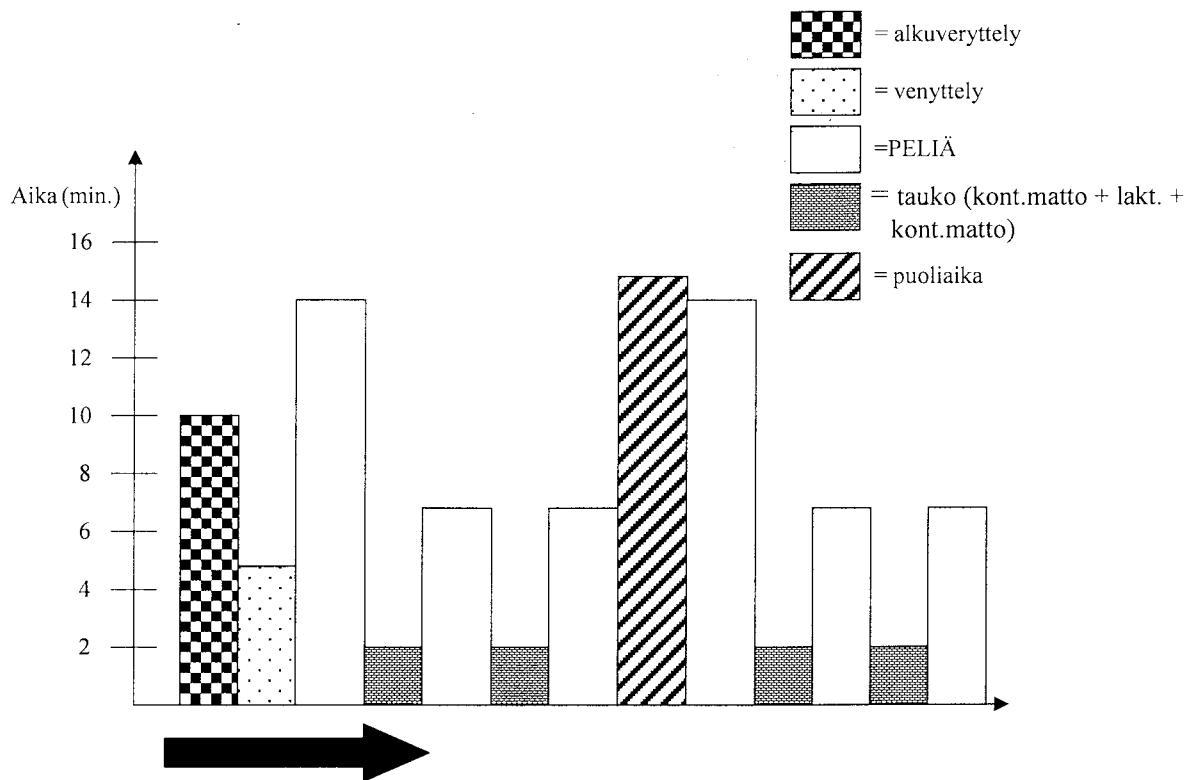
Ennen simuloitun ottelun ("simuloidulla" tarkoitetaan järjestettyä harjoitusottelutilannetta, missä pyritään järjestämään mahdollisimman lähelle ottelutilannetta olevat olosuhteet) aloittamista neljältä koehenkilöltä otettiin laktaattinäytteet. Kahdeksalle koehenkilölle asennettiin Polar –sykemittarit sykkeiden mittaamista varten. Koehenkilöt jaettiin tasaisesti kumpaankin joukkueeseen (4 koehenkilöä/joukkue). Ottelu kuvattiin videokameralla. Koehenkilöt suorittivat 10 minuutin veryttelyn sekä viiden minuutin venyttelyn. Ennen kentälle menoa koehenkilöt suorittivat maksimaaliset kädet vapaina olevat esikevennyshypyt neljällä kontaktimatolla (2 koehenkilöä/kontaktimatto). Ensimmäiset neljä koehenkilöä aloittivat ottelun neljä minuuttia ennen toista neljän koehenkilön ryhmää. Ensimmäisen kentäläolajakson pituus oli 14 minuuttia juoksevaa aikaa, jonka jälkeen koehenkilöillä oli neljän minuutin tauko. Tauolla koehenkilöt hyppäsivät kontaktimatolla maksimaaliset hypyt heti vaihtoon tultuaan sekä ennen kentälle paluutaan. Lisäksi kaksi neljästä koehenkilöstä antoi laktaattinäytteet vaihdon aikana (kuva 7.)



KUVA 7. Simuloidun koripallo-ottelun etenemisjärjestys ensimmäisenä mittauspäivänä.

Tämän jälkeen koehenkilöt pelasivat seitsemän minuuttia juoksevaa aikaa, jonka jälkeen oli neljän minuutin tauko. Jokaisen tauon aikana suoritettiin testit. Tämän jälkeen pelattiin seitsemän minuuttia juoksevaa aikaa ennen puoliaikaa. Puoliajan pituus oli 15 minuuttia. Toinen puoliaika pelattiin vastaavilla peliajoilla/ -tauoilla sekä samoilla testeillä kuin ensimmäisellä puoliajalla. Simuloidun ottelun jälkeen jokainen koehenkilö suoritti sekä neljän ja 10 minuutin kuluttua maksimaaliset esikevennetyt hyyt. Laktaattinäytteet otettiin myös välittömästi ottelun päättymisen jälkeen sekä viiden, 10 ja 15 minuutin kuluttua.

Toinen mittauspäivä. Mittaukset suoritettiin ensimmäisen mittauspäivän protokollan mukaan. Ainut ero oli palautumisajan lyhentäminen neljästä minuutista kahteen minuuttiin (kuva 8.)



KUVA 8. Simuloidun koripallo-ottelun etenemisjärjestys toisena mittauspäivänä.

7.2.3 Simulaatiokuormitus polkupyöraergometrillä

Simulaatiokuormituksen tarkoituksena polkupyöraergometrillä oli hakea rasiustasoltaan vastaava kuormitusmalli koripallo-ottelusta. Videoanalyysin perusteella jaettiin ottelussa tapahtuneet tilanteet neljään eri tasoon. 1-tasolla koehenkilöt joko seisoskelivat kentällä, nojasivat polviinsa, tai kävelivät hitaasti paikasta toiseen. 2-tasolla liikehdintä muistutti lähinnä ”hölkkää”, jolloin osallistuminen itse pelitapahtumiin oli minimaalista. 3-tasolla liikkuminen oli normaalia, jossa pallottomana pelaajana osallistuttiin sekä hyökkäys- että puolustuspeliin. Lisäksi siirtyminen ”transition” puolustuksesta hyökkäykseen ja päinvastoin oli normaalia juoksua. 4-tasolla suoritukset olivat maksimaalisia; levypallotaistelua, täysivauhtista juoksua, heittotilanne, ”prässäävää” puolustamista jne.

Polkupyöraergometrillä simulaatiokuormitus suoritettiin täsmälleen samalla tavalla kuin koripallopelissä. Aluksi otettiin lepolaktaattinäyte, sitten tehtiin 10 minuutin veryttely, jon-

ka jälkeen viiden minuutin venyttely ja kontaktimatolla hypyt. Lisäksi koehenkilöllä oli hapenkulutusta mittaava K4 b2 6.0a –laite suullaan. Sen jälkeen koehenkilöt polkivat pyörällä 14 minuuttia, tauko, seitsemän minuuttia, tauko, seitsemän minuuttia, puoliaika, ja toinen puoliaika perään, taukojen pituus ryhmästä riippuen. Koehenkilöt jaettiin sattumanvaraisesti kahteen ryhmään. Ensimmäinen ryhmä (4 henkilöä) polki polkupyöraergometri-testin neljän minuutin palautuksilla sekä toinen ryhmä (4 henkilöä) polki kahden minuutin palautuksilla. Kuorman suuruus vaihtui kevyimmästä 50 W raskaimpaan 375 W:iin, riippuen koehenkilön painosta, johon vastuksen suuruus perustui. Polkupyöraergometri-testin aikana vastusta muuteltiin manuaalisesti viiden sekunnin välein.

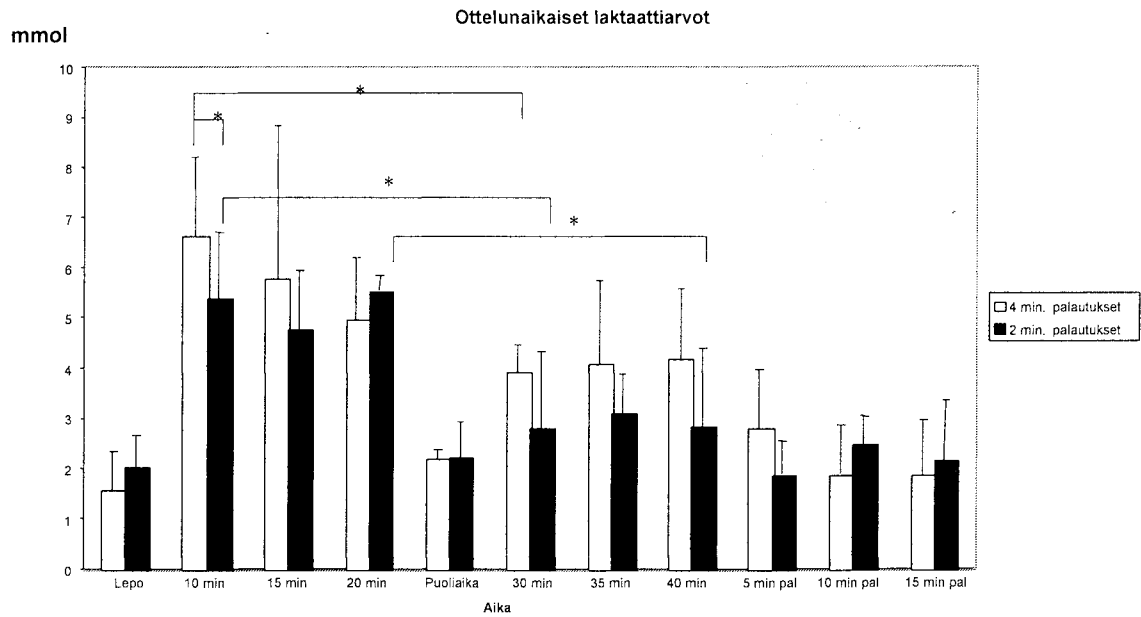
Kaikki koehenkilöt polkivat kuormitusmalliltaan saman ottelun läpi, taukojen pituudesta tai painosta huolimatta, ts. videoanalyysillä haettiin keskiarvollinen suoritusmalli kummankin simuloidun ottelun perusteella (kuinka monta heittoa keskimäärin, kuinka monta levypallo-tilannetta keskimäärin, kuinka monta nopeata hyökkäystä jne.).

7.3 Tilastolliset menetelmät

Analysoitavista muuttujista laskettiin keskiarvot ja keskihajonnat. Saatuja tuloksia vertailtiin parillisen student t-testin avulla.

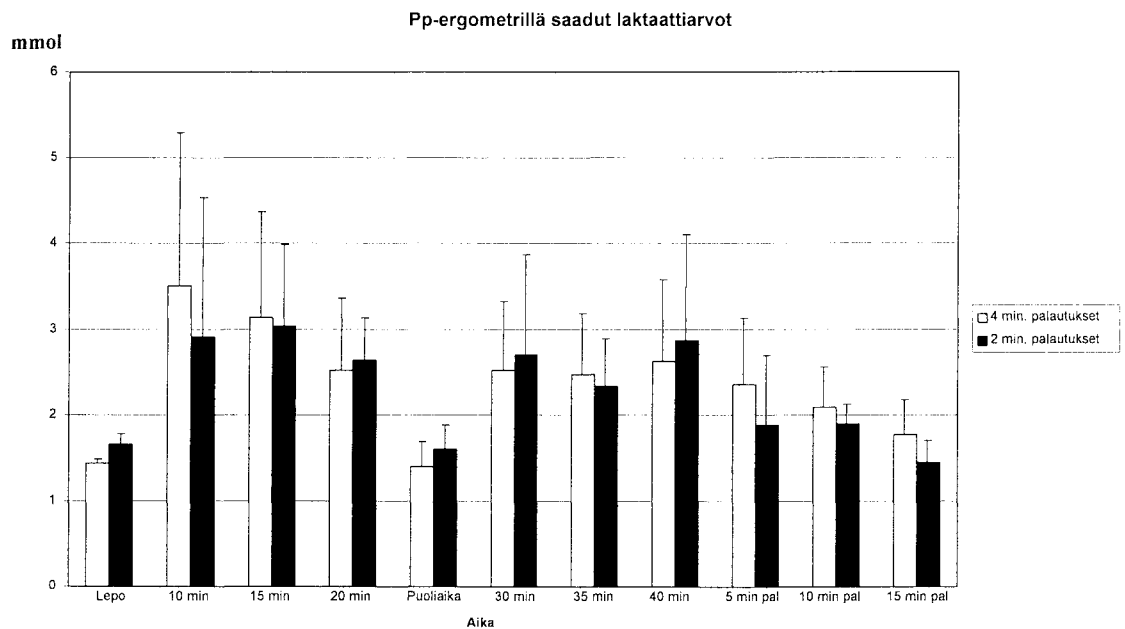
8 TULOKSET

Laktaatti. Veren laktaattipitoisuudet ovat ottelun ensimmäisellä puoliajalla korkeammat kuin toisella puoliajalla. Kun vertaillaan arvoja eripituisten palautumisaikojen perusteella, niin mitä pidemmät ovat palautumisajat, sitä korkeammat ovat myös laktaattiarvot (kts. kuva 9).



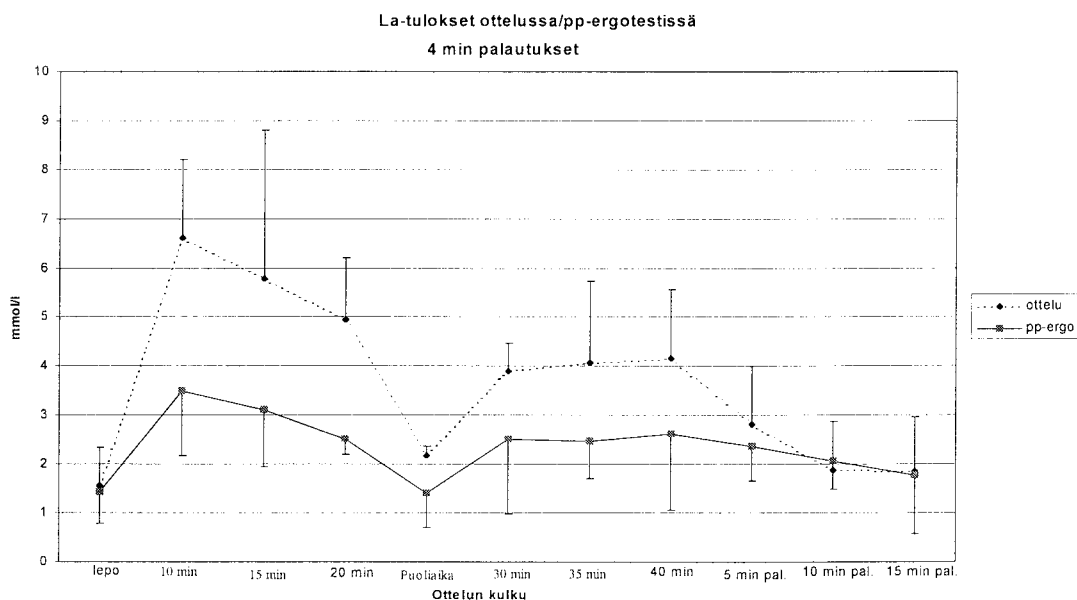
KUVA 9. Ottelunaikaiset laktaattiarvot (* $p < 0,05$) 4 min ja 2 min palautuksilla ($n = 4$).

Kun vastaava ottelutilanne tehtiin polkupyöraergometritestin muodossa neljän minuutin ja kahden minuutin palautuksilla, veren laktaattipitoisuuksissa ei saavutettu tilastollisesti merkitseviä eroja (kuva 10).

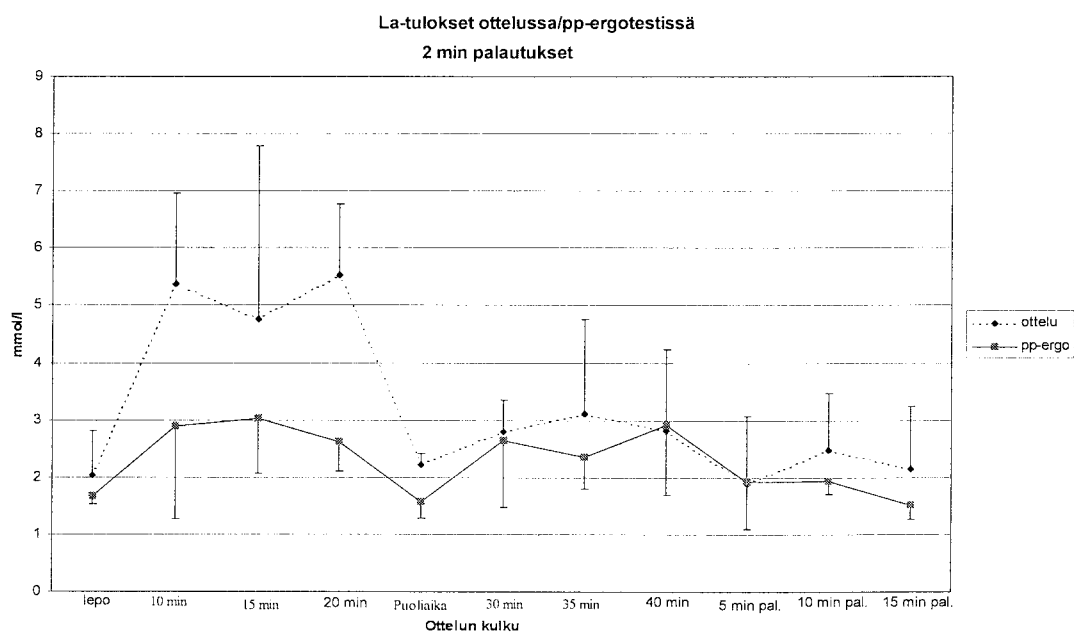


KUVA 10. Polkupyöraergometrillä saadut laktaattiarvot 4 min ja 2 min palautuksilla ($n = 4$).

Vertailtaessa saatuja laktaattiarvoja vastaaviin polkupyöraergometrillä saatuihin arvoihin, voidaan todeta veren laktaattipitoisuuksissa eroavaisuutta, mutta erot eivät ole tilastollisesti merkitsevästi korkeampia ottelun ensimmäisellä puoliajalla. Toisella puoliajalla erot pienevät sekä kahden että neljän minuutin palautuksilla (kuvat 11 ja 12).



KUVA 11. La -arvot ottelussa sekä polkupyöraergometritestissä 4 minuutin palautuksilla (n = 4).



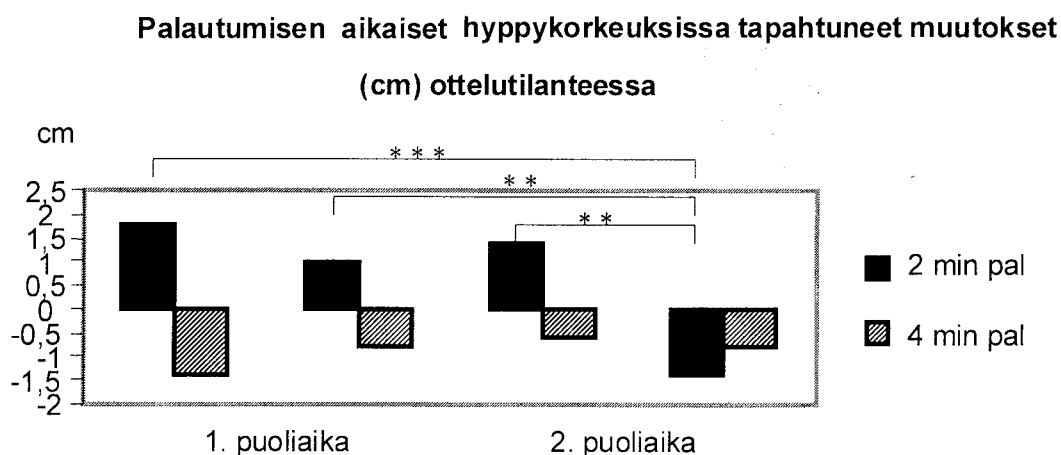
KUVA 12. La -arvot ottelussa sekä polkupyöraergometritestissä 2 minuutin palautuksilla (n = 4).

Kun sykearvoja vertaillaan ottelutilanteessa ensimmäisen ja toisen puoliajan välillä, niin kahden minuutin palautuksilla sykearvot laskivat keskimäärin $32,7 \pm 6,3$ lyöntiä/min palautumisen aikana ensimmäisellä puoliajalla. Toisella puoliajalla sykearvot laskivat $31,6 \pm 8,9$ lyöntiä/min. Ero ei ollut kuitenkaan tilastollisesti merkitsevä. Neljän minuutin palautuksilla sykearvot laskivat keskimäärin $57,8$ lyöntiä/min palautumisen aikana ensimmäisellä puoliajalla. Toisella puoliajalla lasku oli keskimäärin $58,4$ lyöntiä/min.

Polkupyöräergometrillä tehdyn harjoitteen perusteella voidaan todeta sykearvojen nousevan mitä pidemmälle harjoitteessa mennään. Erot eivät olleet kuitenkaan tilastollisesti merkitseviä, kun palautumisajat ovat kaksi minuuttia ensimmäisen ja toisen puoliajan välillä ($p=0,656$ ja $p=0,837$) ensimmäisen palautumisjakson jälkeen. Neljän minuutin palautuksilla arvot ovat samankaltaiset ($p=0,354$ ja $p=0,658$) ensimmäisen ja toisen puoliajan välillä.

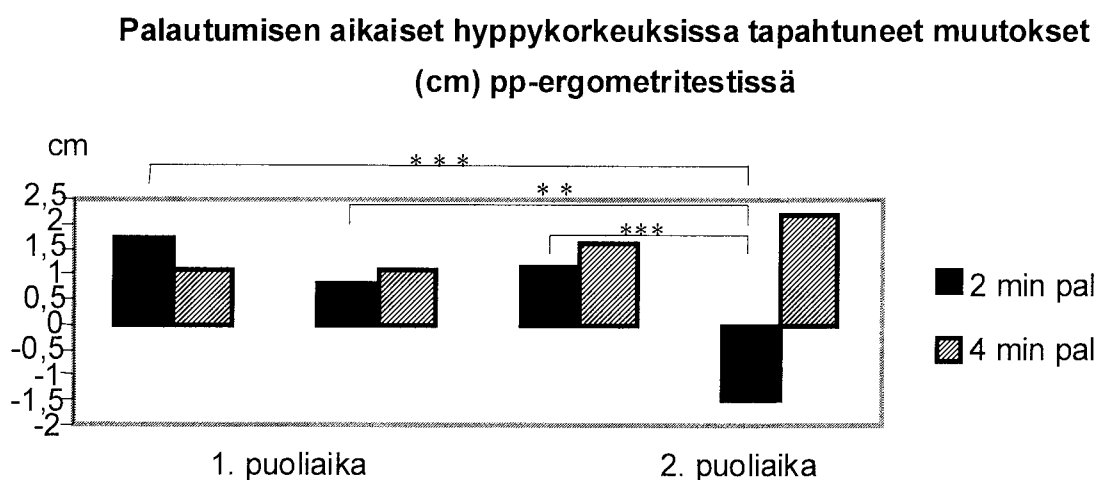
Kun vertaillaan polkupyöräergometrillä tehdyn harjoitteen perusteella ensimmäisen palautumisjakson jälkeisiä sykearvoja 1. puoliajalla kahden ja neljän minuutin palautuksilla, niin käyrät liikkuvat lähellä toisiaan kuitenkin korreloimatta keskenään merkitsevästi. Ensimmäisen puoliajan toisen palautumisen jälkeen sekä toisen puoliajan kummankin palautumisjakson jälkeiset sykearvot kahden ja neljän minuutin palautuksilla eivät korreloi toisiaan.

Kun tarkastellaan kontaktimatolla suoritettuja esikevennettyjä hyppykorkeuksia simuloidun koripallo-ottelun aikana neljän minuutin palautuksilla, niin voidaan todeta ennen ottelun alkua suoritettujen hyppykorkeuksien olevan alhaisemmalla tasolla kuin missään muussa vaiheessa ottelun aikana (vrt. lämmittely ka. $48,0$ cm, huonoimmat ottelun aikana hypätyt korkeudet ka. $48,7$ cm). Yksilölliset erot ovat suuria. Vastaavassa tilanteessa kahden minuutin palautuksilla hyppykorkeudet nousivat aina 30 minuutille saakka, mutta sen jälkeen tulokset laskivat tilastollisesti erittäin merkitsevästi (kuva 13). Prosentuaalisesti kerrottuna hyppykorkeudet vaihtelivat 5,2:n ja 11,3 %:n välillä verrattuna viimeisiä arvoja aikaisempiin hyppykorkeuksiin. Otteluun valmistavan lämmittelyn jälkeen suoritettujen kontaktimattohyppyjen tulokset olivat edellä mainittujen tulosten tavoin (neljän minuutin palautukset) alhaisimmat.



KUVA 13. Palautumisten aikaisissa kontaktimattohyppikorkeuksissa tapahtuneet muutokset (n = 8) simuloitujen koripallo-otteluiden aikana. (** p<0,01 *** p<0,001)

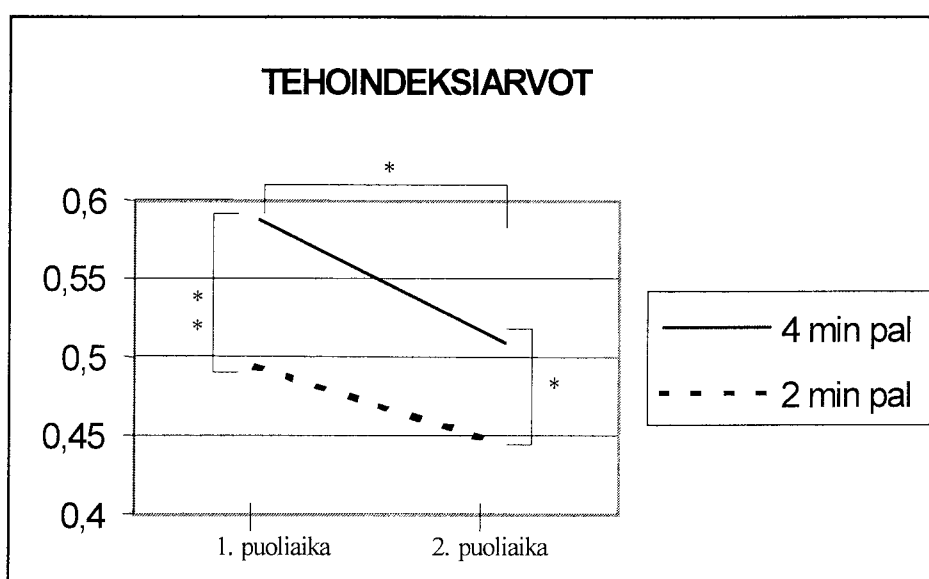
Polkupyöraergometrillä suoritettujen testien aikana kontaktimatolla suoritettujen palautumisten aikaiset hyppikorkeudet kuitenkin nousivat koko ottelun ajan neljän minuutin palautuksilla. Polkupyöraergometritestissä voitiin havaita sama ilmiö kuin simuloitussa ottelutilanteessa kahden minuutin palautuksilla, jolloin tulokset laskivat tilastollisesti erittäin merkittävästi 30 peliminuutin jälkeen (kuva 14). Neljän minuutin palautuksilla parhaimmat ponnistusvoimatulokset suoritettiin ottelun lopussa (44,7 cm – paras 48,8 cm). Kahden minuutin palautuksilla voitiin havaita sama ilmiö kuin ottelutilanteessa.



KUVA 14. Hyppikorkeuksissa tapahtuneet muutokset (n = 8) 4 min ja 2 min palautuksilla polkupyöraergometritesteissä. (** p<0,01 *** p<0,001)

Ottelun aikaiset heittoyritysten määrät olivat suorassa suhteessa palautumisaikojen pituuteen, sillä neljän minuutin palautuksilla ottelun 1. puoliajalla suoritettiin 77 heittoyritystä, mutta 2. puoliajalla enää 63 heittoyritystä. Kahden minuutin palautuksilla 1. puoliajalla suoritettiin 64 heittoyritystä, mutta 2. puoliajalla vain 58 heittoyritystä.

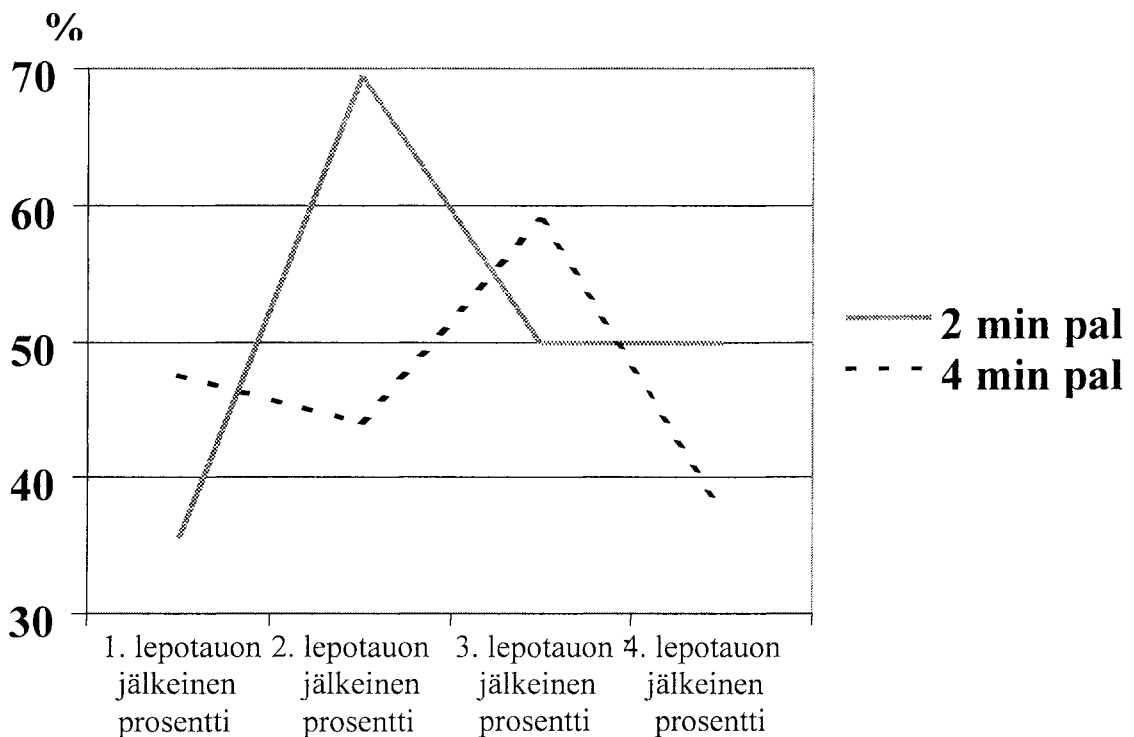
Kun verrataan pelaajien otteluiden aikaisia suorituksia tehoindeksiin avulla, voidaan todeta tehoindeksiin laskevan tilastollisesti merkitsevästi neljän minuutin palautuksilla 1. puoliajan 0,5875:stä 2. puoliajan 0,5125:een. Kahden minuutin palautuksilla 1. puoliajalla tehoindeksi on 0,49375, mutta 2. puoliajalla vain 0,44375 (kuva 15).



KUVA 15. Otteluiden aikaiset tehoindeksit (n = 8) 1. ja 2. puoliajalla. (* p < 0,05 ** p < 0,01)

Vertailtaessa koko otteluita keskenään tehoindeksiin avulla, voidaan todeta ottelun aikana tapahtuvien onnistuneiden suoritusten määrän olleen tilastollisesti merkitsevästi suurempi neljän minuutin palautuksilla kuin kahden minuutin palautuksilla. Tarkasteltaessa koripallokauden 2000-2001 pelaajien henkilökohtaisia tehoindeksi-arvoja, voidaan todeta sama asia. Kauden aikana 1. puoliajalla arvot olivat keskiarvoltaan 0,458 kun taas 2. puoliajalla lukemat olivat vain 0,314. Koko joukkueen tehoindeksi-arvot pysyvät yleensä yhtä suurina kummallakin puoliajalla (1. puoliaika 0,446, 2. puoliaika 0,438).

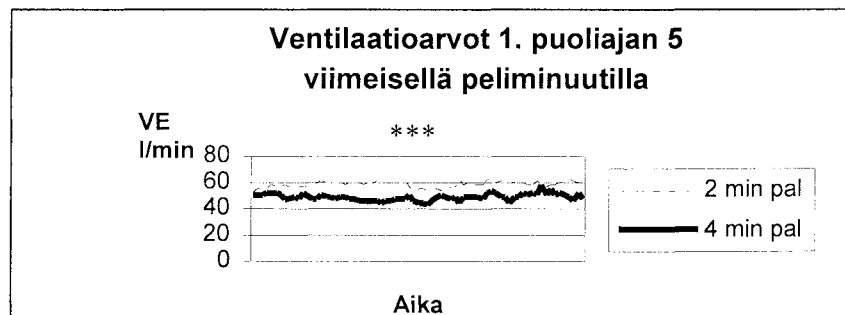
Kun tarkastellaan otteluiden aikaisia heittoprosentteja (koko joukkueen keskiarvot), niin neljän minuutin palautuksilla heittotarkkuudet huononevat lukuun ottamatta 2. puoliajan ensimmäisen tauon jälkeisiä prosentteja. 2 minuutin palautuksilla heittotarkkuudet vaihtelevat suuresti (kuva 16).



KUVA 16. Otteluiden aikaiset heittoprosentit 4 min ja 2 min palautuksilla.

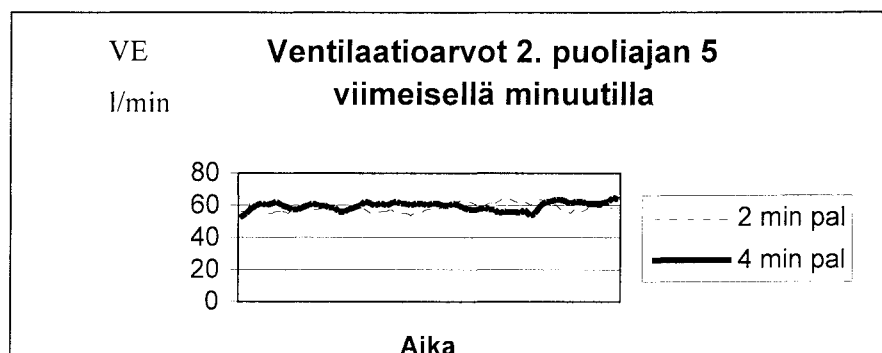
Kun polkupyöraergometrillä suoritettua otteluharjoitetta verrataan polkupyöraergometrillä suoritettuihin alkumittauksiin (suorat testit), niin sykkeiden perusteella rasiustaso oli parhaimmillaan 91,3 %:n luokkaa. Hapenkulutusarvot olivat 75,3 %:n tasolla samassa vertailussa. Ventilaation avulla tulokset olivat 54,8 %:n tasolla. Polkupyöraergometritestissä laktaattiarvot olivat alkumittauksissa 7,2 mmol, mutta polkupyöraergometritestin avulla suoritettussa otteluharjoitteessa maksimilaktaattiarvot olivat vain 3,2 mmol (44,4 % maksimista).

Ensimmäisen pelatun 10 minuutin jakson jälkeen voitiin havaita selkeä, mutta ei tilastollisesti merkitsevä ero ventilaatioarvoissa taukoa seuranneen pelijakson aikana. Kahden minuutin palautumisjakson suorittaneilla pelaajilla oli korkeammat ventilaatioarvot kuin neljän minuutin palautumisjakson suorittaneilla pelaajilla. Ensimmäisen puoliajan viimeisen viiden peliminuutin aikana voitiin havaita tilastollisesti erittäin merkitsevä ero kahden minuutin ja neljän minuutin palautumisjakson tehneiden pelaajien välillä (kuva 17.)



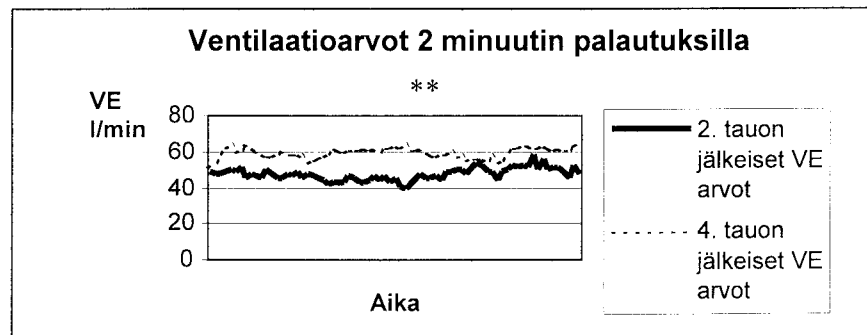
KUVA 17. Polkupyöraergometritestissä saadut keskiarvoistetut ventilaatioarvot 1. puoliajan 5 viimeisen peliminuutin aikana (***) $p < 0,001$) 2 minuutin ja 4 minuutin palautuksilla ($n = 4$).

Ottelun toisella puoliajalla suoritetun 1. ja 2. lepotauon jälkeiset ventilaatioarvot eripituisilla palautumisajoilla verrattuna korreloivat toisiaan merkittäväällä tavalla. Toisella puoliajalla suoritettujen ensimmäisten lepojaksoiden jälkeen korrelaatio oli 0,69. Ottelun viimeisten lepojaksoiden jälkeen korrelaatio oli 0,62 kahden ja 4 minuutin palautuksilla (kuva 18).



KUVA 18. Pp-ergometrissä saadut keskiarvoistetut ventilaatioarvot 2. puoliajan 5 viimeisen peliminuutin aikana ($r = 0,62$) 2 minuutin ja 4 minuutin palautuksilla ($n = 4$).

Vertailtaessa ainoastaan neljän minuutin palautumisjaksoilla tehtyjä polkupyöräergometritestejä, niin voitiin havaita korkea korrelaatio ($r = 0,72$) ensimmäisen puoliajan viiden viimeisen sekä toisen puoliajan viiden viimeisen peliminuutin välillä. Kahden minuutin palautuksilla vastaavien ajankohtien välillä saatiin tilastollisesti merkitsevä ero (kuva 19).



KUVA 19. 2 minuutin palautuksilla ($n = 4$) tehdyissä polkupyöräergometritesteissä 1. puoliajan 5 viimeisen sekä 2. puoliajan 5 viimeisen peliminuutin aikana saadut ventilaatioarvot (** $p < 0,01$).

9 POHDINTA

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli etsiä oikeaa suhdetta levon ja rasituksen välillä koripallo-ottelun aikana. Tavoitteena on koripallo-ottelussa, joka pelataan 4 x 10 minuutin jaksoissa, saada paras mahdollinen teho avainpelaajista irti vielä viimeisellä neljännekselläkin, koska ottelut ratkaistaan yleensä vasta tässä vaiheessa. Tätä taustatietoa hyväksi käyttäen tässä tutkimuksessa pelaajat olivat vaihtopenkillä eripituisia jaksoja, jonka aikana pelaajat suorittivat kontaktimattohyppyjä vaihtoon tullessaan sekä ennen kentälle menoa. Lisäksi heiltä otettiin laktaattinäytteet jokaisen vaihdon aikana. Tämän lisäksi tutkimuksessa mukana olleiden kahden ottelun perusteella tehtiin polkupyöräergometrille keskiarvoistettu kuormitusmalli, minkä piti vastata rasitustasoltaan koripallo-ottelua. Tällöin saataisiin arvokasta tietoa VO_2 tasosta sekä ventilaatiosta ottelun aikana.

9.1 Ponnistusvoimassa tapahtuneet muutokset

Ottelutilanteessa neljän minuutin palautumisjaksojen aikana hyppykorkeudet laskivat ottelun jokaisessa vaiheessa. Polkupyöraergometrillä tulokset kuitenkin paranivat vastaavien palautumisjaksojen aikana. Jos tulkitaan ainoastaan ottelutilanteen perusteella saatuja tuloksia, niin tauot ovat olleet ehkä liian pitkät. Vaikka tässä tutkimuksessa hyppykorkeudet puutoavat järjestelmällisesti, niin todellisessa ottelutilanteessa tilanne voisi olla täysin päinvastainen. Ottelussa pelijaksojen väliset tauot ovat pituudeltaan vain kaksi minuuttia. Kahden minuutin palautuksilla hyppykorkeudet nousevat läpi ottelun aina viimeiselle jaksolle saakka, kunnes tapahtuu selkeä tilastollisesti merkitsevä hyppykorkeuksien lasku. Tämä ilmiö voitiin havaita sekä simuloitussa ottelutilanteessa että polkupyöraergometrillä tehdysssä testissä.

Tämän tutkimuksen merkittävimmät tulokset olivat kontaktimatolla tapahtuneet muutokset hyppykorkeuksissa (kts. s. 35). Tämä tutkimusasetelma vastasi lähinnä joukkueen runkopelaajien pelaamia peliminuuttimääriä, koska jokainen koehenkilö pelasi ottelun aikana 40 minuuttia, ts. koko ottelun. Jos tämän perusteella voisi antaa ohjeita valmentajille, niin niin sanottuja runkopelaajia kannattaisi ottaa lyhyille vaihdoille riittävän usein (noin 1 krt/pelijakso), jotta he pystyisivät täysipainoiseen suoritukseen ottelun viimeisellä neljänneksellä. Ottelut ratkaistaan kuitenkin yleensä viimeisellä pelijaksolla, jolloin runkopelaajat pystyisivät tarvittaessa pelaamaan koko jakson ilman lepotaukoja riittävän korkealla intensiteetillä. On tietenkin vaikea määritellä sitä rasituksen tasoa, milloin pelaajat pystyvät vielä täysipainoiseen suoritukseen ottelun loppuvaiheessa. Tarkoituksenahan ei ole niin sanotusti ”säästellä” ottelun aikana voimavaroja, jotta ottelun loputtua voitaisiin nähdä alhaisia laktaattiarvoja tai korkeita kontaktimattohyppykorkeuksia.

Polkupyöraergometrillä tehdyn testin perusteella ainoastaan kontaktimatolla suoritettujen hyppytulokset olivat osittain samansuuntaiset simuloitun ottelutilanteen kanssa. Erikoista oli se, että hyppytulokset paranivat polkupyöraergometrissä neljän minuutin palautuksilla, vaikka voisi kuvitella jalkojen olevan ”tukossa” pitkän polkupyöraergometrillä ajon jälkeen.

Kahden minuutin palautuksilla oletuksena oli, että ponnistusvoimatulokset laskisivat, mitä pidemmälle ottelussa edetään.

9.2 Veren laktaattipitoisuudet

Tämän tutkimuksen perusteella koripallo-ottelun aikana veren laktaattipitoisuudet eivät nouse kovinkaan korkealle. Näin ollen voidaan ajatella, että suhteellisen lyhytkestoisissa korkeaintensiteettisissä suorituksissa pelin aikana tarvittava energia kyetään tuottamaan alaktisesti. Aikaisempien tutkimusten mukaan on voitu havaita, että mitä pidempi on yhtäjaksoinen työ ottelussa, sitä pidempi on myös seuraava lepojakso (Colli & Faina 1985). Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että jos intensiivinen työjakso ilman pelikatkoa kestää reilusti yli 30 sekuntia, seuraava pelikatko on todennäköisesti aikalisä (kesto 1 min). Jos koripalloilijalla on riittävän suuri aerobinen kapasiteetti käytettävänä, hän kykenee täyttämään välittömät energiavarastot lepotauon aikana.

Ottelun ensimmäisellä puoliajalla saatiin korkeampia veren laktaattipitoisuuksia kuin toisella puoliajalla. On ilmeistä, että suorituksen alussa lihakset joutuivat työskentelemään anaerobisesti, koska hapen kuljetus on ollut puutteellista (McArdle ym. 1996). Näin ollen ottelusuorituksen valmistava lämmittely on todennäköisesti ollut liian kevyt. Vaikka ottelun toisella puoliajalla veren laktaattipitoisuudet ovat alhaisemmat kuin ensimmäisellä puoliajalla, niin lihasten glykogeenipitoisuudet eivät ole voineet vähentyä merkitsevällä tavalla. Veren laktaattipitoisuudethan laskevat millä tahansa työmäärällä, kun lihasten glykogeenivarastot ovat tyhjentyneet. Mitä korkeampi intensiteetti on suorituksessa, sitä nopeammin rekrytoidaan nopeita lihasfiibereitä. Lisäksi nopeiden lihasfiibereiden glykogeenit hajoavat nopeammin. Kuitenkin kaikkia fiiberityyppejä tarvitaan ja rekrytoidaan korkeaintensiteetissä lihastyössä. Lihasten glykogeenia käytetään suuremmassa määrin suorituksen alussa kuin myöhemmissä vaiheissa (McArdle ym. 1996). Koripallo-ottelu on kestoltaan kuitenkin niin lyhyt (n. 1 ½ tuntia) tauot mukaan luettuna, että glykogeenivarastot eivät ole voineet mitenkään tyhjentyä.

Useat eri tekijät vaikuttavat veren laktaattipitoisuuksiin. Tässä tutkimuksessa ensimmäisen puoliajan korkeampiin laktaattiarvoihin kuin toisella puoliajalla syynä voisi olla otteluun valmistava lämmittely. Esimerkiksi kontaktimatolla saadut hyppytulokset olivat alhaisimmat ennen otteluiden alkua. Luonnollisesti laktaattipitoisuuksiin vaikuttavat myös työn kesto, laskentatavat, verinäytteiden keräys, käsittely ja analysointi sekä ympäristössä vallitsevat olosuhteet (kosteus). Myös polkupyöraergometriyypien välillä on voitu havaita eroja mitaustilanteessa. Ruokavalio voi myös vaikuttaa pitoisuuksiin. Lisäksi mitä suurempi on työskentelevien lihasten määrä, sitä korkeammalle voivat nousta sekä veren että lihasten laktaattipitoisuudet. (McLellan & Skinner 1982).

Polkupyöraergometrillä suoritettujen ottelusuorituksen laktaattiarvojen perusteella voisi väittää kuormituksen olleen liian kevyttä varsinkin ensimmäisen puoliajan aikana. Alhaisiin laktaattiarvoihin vaikuttaa varmasti työssä käytettävä lihasmassan määrä, koska työ rajoittui pelkästään jalkojen lihaksiin. Kaiken kaikkiaan korkeimmatkin arvot ovat suhteellisen alhaisia, joten kuormituksen rasittavuutta pelkästään laktaatin perusteella on vaikea arvioida.

9.3 Syke

Sykearvojen oletettiin nousevan korkeammalle ottelun toisella kuin ensimmäisellä puoliajalla. Tällaista tilastollisesti merkitsevää tulosta ei kuitenkaan havaittu. Lisäksi sykearvojen oletettiin olevan huomattavasti korkeammat kahden kuin neljän minuutin palautuksilla. Näin käy luonnollisesti välittömästi ottelun jatkuttua, koska lähtötilanne on erilainen. Sykearvot tasaantuvat kuitenkin hyvin nopeasti lähes toisiaan vastaavalle tasolle.

Polkupyöraergometritestin perusteella ei voi vetää pitkälle meneviä johtopäätöksiä sykearvoja tutkimalla, koska kuormituksen rasittavuus ei ollut yhtä suurta simuloidun ottelutilanteen kanssa. Lisäksi tutkimusta hankaloitti se, että itse ottelutilanne ei vastannut riittävän hyvin todellista ottelutilannetta (vrt. Markkanen, 1993). Todellisessa ottelutilanteessa myös psyykkisen kuormituksen määrä vaikuttaa sykearvoihin huomattavassa määrin.

9.4 Tehoindeksi

Kun tarkastellaan mittauksissa olleiden henkilöiden tehoindeksi-arvoja koko kauden aikana, niin tulokset ovat yhtenevät. Koehenkilöt saivat koko kauden tehoindeksi-arvoikseen ensimmäisellä puoliajalla keskiarvon 0,458, kun taas toisella puoliajalla arvon 0,314. Koko joukkueen tuloksia tarkasteltaessa päädyttiin jo ennalta arvattavaan tulokseen, jossa arvot eivät poikkea puoliaikojen välillä (1. puoliaika 0,446, 2. puoliaika 0,438).

Tehoindeksi-arvot eivät korreloi heittoprosenttien kanssa. Tämä käy ilmi, kun tarkastellaan neljän minuutin palautuksilla käytyä simuloitua ottelua ensimmäisen ja toisen puoliajan välillä. Ensimmäisellä puoliajalla tehoindeksi oli 0,5875 ja heittoprosentti 45,8, kun taas toisella puoliajalla tehoindeksi oli vain 0,5125, mutta heittoprosentti kuitenkin 48,2. Sama ilmiö tapahtui kahden minuutin palautuksilla käydyssä ottelussa. Ensimmäisellä puoliajalla tehoindeksi oli 0,4938 ja heittoprosentti 52,5, kun taas toisella puoliajalla tehoindeksi oli enää 0,4438, mutta heittoprosentti peräti 54,2. Tehoindeksi putoaa kuitenkin järjestelmällisesti, kun otteluissa edetään tai siirrytään lyhyempiin palautumisjaksoihin.

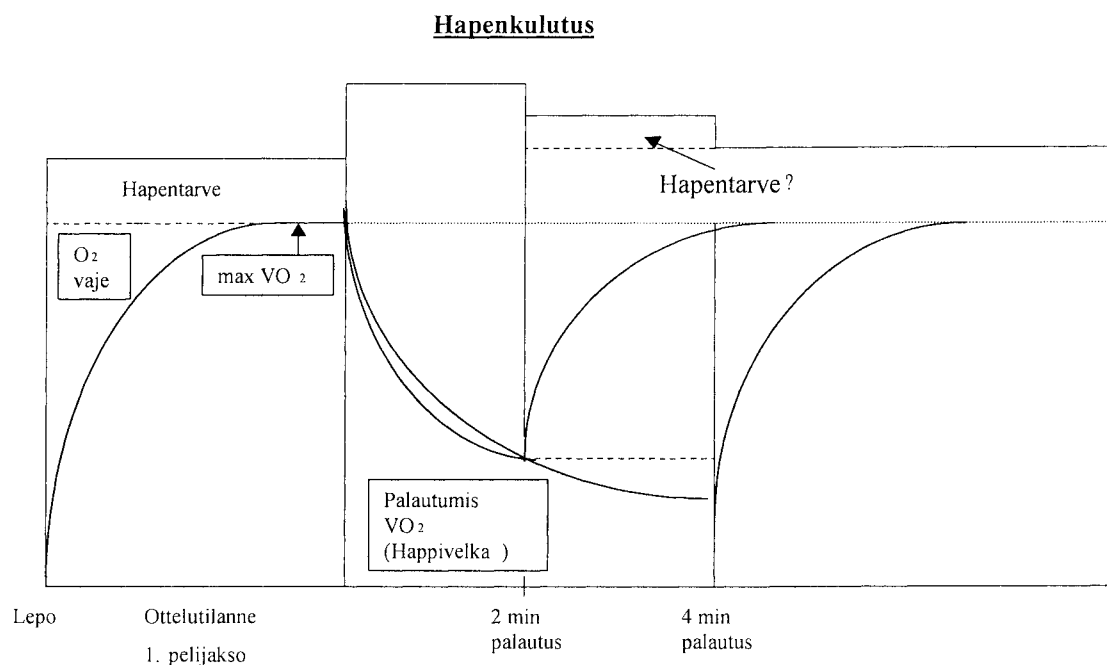
Tehoindeksi-arvot eivät anna riittävästi informaatiota pelin aikana tapahtuvista tilanteista. Tehoindeksi keskittyy pääosiltaan hyökkäyksessä tehtäviin asioihin. Ainoastaan heitontorjunnat, riistot ja levypallot ovat tilanteita, joilla voidaan puolustuspäässä vaikuttaa tehoindeksiin. Näin ollen pelaaja, joka ei osallistu aktiivisesti puolustuspään tapahtumiin ja näin ”vahingoittaa” koko joukkueen suoritusta, voi kuitenkin hankkia itselleen korkean tehoindeksin ottamalla paljon vastuuta hyökkäyskorilla.

Pitää muistaa, että kyseessä oli ainoastaan kaksi ottelua, joiden perusteella laskettiin tehoindeksejä. Tehoindeksi antaa paremman kuvan, kun seurataan vähintään yhden ottelukauden ajan sekä pelaajan että joukkueen arvoja (tehoindeksistä lisäinformaatiota osoitteessa www.koris.net).

Heittoprosenttien avulla voidaan tulkita myös yksittäisen ottelun tapahtumia. Yleensä heittoprosentit vaihtelevat otteluiden välillä suuresti. Tarkastelu kannattaakin suorittaa pidemmältä aikajaksolta kerättyjen tulosten perusteella.

9.5 Ventilaatio

Tutkimuksessa haluttiin myös tarkastella yhdenlaista polkupyöraergometrillä koripallo-ottelua rasittavuudeltaan vastaavaa kuormitusmallia. Koska ottelussa ei voida käyttää hapenkulutusta mittaavia laitteita, tarkoitus oli Cosmedin K4 b2 6.0a -laitteen kanssa mitata polkupyöraergometrillä hapenkulutusta. Lisäksi olisimme voineet laitteiden toimiessa laskea, miten suurina olivat suorituksen alussa happivajeen sekä lepotaukojen aikana ”maksettavan” happivelan osuudet. Erityisesti happivajeen avulla olisimme voineet selvittää anaerobisen energia-aineenvaihdunnan määrää (Medbo ym. 1988). Oletettavasti osuudet olisivat lisääntyneet lyhyemmillä palautumisjaksoilla (kts. kuva 20).



KUVA 20. Arvioitu hapenkulutus eripituisilla palautusjaksoilla (mukailtu McArdle ym., 1996).

Cosmed K4 b2 6.0a ei kuitenkaan toiminut odotetulla tavalla. Hapenkulutus on sama kuin ventilaatio x O₂ ero. Nämä O₂ erot olivat vääränlaiset K4 -laitteen tuloksissa. Näin ollen päädyttiin ratkaisuun, että tutkitaan tuloksista ainoastaan ventilaation määrää.

Ventilaation ja sykkeen voidaan olettaa käyttäytyvän samalla tavalla. Kuitenkin polkupyöräergometritestissä ensimmäisellä puoliajalla viiden viimeisen peliminuutin aikana eripituisien palautumisjaksojen välillä saatiin tilastollisesti erittäin merkitsevä ero. Näin ei kuitenkaan käynyt sykkeen osalta. Toisella puoliajalla vastaavassa ajankohdassa käyrät korreloivat toisiaan lähes sykekäyriä vastaavalla tavalla.

Mielenkiintoista oli havaita, että myös polkupyöräergometrillä suoritettuna neljän minuutin palautuminen on ollut riittävä pitämään ventilaatioarvot samalla tasolla sekä ensimmäisellä että toisella puoliajalla. Kahden minuutin palautuksilla väsymistä voidaan havaita ottelun lopussa, koska käyrät poikkeavat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi. Tämäkin saattaa olla ottelukohtainen asia, mutta oletettavaa on, että todellisessa ottelutilanteessa asia on tällä tavalla. Yleensä ottelun loppua kohden intensiteetti lisääntyy, koska ratkaisuhetket ovat ”käsillä.” Tällöin pelaajat joutuvat ottamaan itsestään kaiken irti.

10 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän tutkimuksen tulosten perusteella vaikuttaa siltä, että laktaatti-, kontaktimattohyppykorkeus-, tehoindeksi-, heittoprosentti- ja ventilaatioarvot heikkenevät, mitä pidemmälle otteluissa edetään. Palautumisvaiheessa tapahtuneiden ponnistusvoimien muutosten ei voida kuitenkaan suoranaisesti katsoa vaikuttavan ottelusuorituksiin. Heittoprosenttien pitäisi laskea samansuuntaisesti kuin ponnistusvoiman, koska jalkojen väsymisen yhteydessä myös heittoprosentin pitäisi huonontua. Näin ei kuitenkaan käynyt tässä tutkimuksessa. Lisäksi voidaan todeta mestaruussarjaotteluiden välillä olevan huomattavia eroavaisuuksia intensiteettien välillä. Jatkotutkimuksissa voitaisiin suorittaa esimerkiksi uusilla POLAR:in sykke-

mittareilla ottelunaikaista seuranta sekä seurata kontaktimattojen avulla pelaajien ponnistusvoimien muutoksia ottelutilanteessa. Jokainen SM-sarjan ottelu kuvataan nykyään videokameroilla, joten kuvamateriaalia olisi helppo hyödyntää jatkotutkimuksissa. Olisi hyvä mitata myös laktaattiarvoja SM-sarjatasoisen ottelun aikana, vaikka niihin tarvitaan tuomareiden, toimihenkilöiden ym. luvat.

11 LÄHDELUETTELO

Ahlborg, G., Wahren, J., Felig B. 1986. Splanchnic and periferal glucose and lactate metabolism during and after prolonged arm exercise. *Journal of Clinical Invest* 77, 690-699.

Auvinen, J., Niemi, T., Mäntylä, P. (toim.) 2000. Koripallon viralliset pelisäännöt 2000-2002. Suomen Koripalloliitto.

Bangsbo, J., Michalsik, L., Petersen, A. 1993. Accumulated O₂ deficit during intense exercise and muscle characteristics of elite athletes. *International Journal of Sports Medicine* 14, 207-213.

Benoni, G., Bellavite, P., Adami, A., Chirumbolo, S., Lippi, G., Brocco, G., Giulini, M., Cuzzolin, L. 1995. Changes in several neutrophil functions in basketball players before, during and after the sports season. *International Journal of Sports Medicine* 16, 34-37.

Bogdanis, G., Nevill, M., Lakomy, H., Graham, C., Louis, G. 1996. Effects of active recovery on power output during repeated maximal sprint cycling. *European Journal of Applied Physiology* 74, 461-469.

Bond, V., Adams, R., Tearney, R., Gresham, K., Ruff, W. 1991. Effects of active and passive recovery on lactate removal and subsequent isokinetic muscle function. *The Journal of Sports Medicine and Physical fitness* 31 (3), 357-361.

Bouchard, C., Taylor, A., Dulac, S. 1984. Testing maximal anaerobic power and capacity. Teoksessa MacDougall, J., Wenger, H., Green, H. *Physiological testing of elite athlete*. Movement Publications, Inc.

Brooks, G., Fahey, T. 1985. *Exercise physiology. Human bioenergetics and its applications*. MacMillan Publishing Co., New York.

Chicharro, J. L., Perez, M., Vaquero, A. F., Lucia, A., Legido, J. C. 1997. Lactic threshold vs ventilatory threshold during a ramp test on a cycle ergometer. *Journal of sports medicine and physical fitness* 37, 117-121.

Colli, R., Faina, M. 1985. Basketball: A research on performance. *Rivista di cultura sportiva* 4 (2), 22-29.

Corder, K., Potteiger, J., Nau, K., Figoni, S., Hershberger, S. 2000. Effects of active and passive recovery conditions on blood lactate, rating of perceived exertion, and performance during resistance exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research* 14 (2), 151-156.

Cox, M., Miles, D., Verde, T., Rhodes, E. 1995. Applied physiology of ice hockey. *Sports Medicine* 19 (3), 184-201.

Di Prampero, P., Mognoni, P. 1981. Maximal anaerobic power in man. *Sports Medicine* 13, 38-44.

Docherty, D., Wenger, H., Neary, P. 1988. Time motion analysis related to the physiological demands of rugby. *Journal of Human Movement Studies* 14, 269-277.

Federation of International Basketball Association. 2000. International basketball rules.

Fox, E., Robinson, S., Wiegman, D. 1979. Metabolic energy sources during continuous and interval running. *Journal of Applied Physiology* 27 (2), 174-178.

Gollnick, P., Bayly, W., Hodgson, D. 1985. Exercise intensity, training, diet, and lactate concentration in muscle and blood. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 18 (3), 334-340.

Green, H. 1987. Bioenergetics of ice hockey: considerations for fatigue. *Journal of Sports Medicine* 5, 305-317.

Guyton, A. C. 1991. Textbook of medical physiology, Philadelphia.

Helimäki, E. 1996. Anaerobinen energia-aineenvaihdunta koripallossa. Pro Gradu -työ.

Hirvonen, J., Rehunen, S., Rusko, H. Härkönen, M. 1987. Breakdown of high-energy phosphate compounds and lactate accumulation during short supramaximal exercise. *European Journal of Applied Physiology* 56, 253-259.

Hoffman, J. R., Epstein, S., Einbinder, M. and Weinstein, Y. 1999. The influence of Aerobic Capacity on Anaerobic Performance and Recovery Indices in Basketball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 13 (4), 407-411.

Hoffman, J. R., Stavsky, H., Falk, B. 1995. The effect of water restriction on anaerobic power and vertical jumping height in basketball players. *International Journal of Sports Medicine* 16, 214-218.

Hooper, S., MacKinnon, L., Howard, A., Gordon, R., Bachmann, A. 1995. Markers for monitoring overtraining and recovery. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 7, 106-112.

Hue, O., Le Gallais, D., Prefaut, C. 2000. Ventilatory threshold and maximal oxygen uptake in present triathletes. *Canadian Journal of Applied Physiology* 25 (2), 102-113.

Hultman, E., Bergstrom, J., McLellan, A. 1967. Breakdown and resynthesis of phosphocreatine and adenosine triphosphate in connection with muscular work in man. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation* 19, 55-56.

Koripallon SM-sarjan tilastointi. www.koris.net

Leisen, H. 1983. Schnelligkeitsausdauer im fussball aus sportmedizinischer sicht. *Fussballtraining* 1, 27-31.

Liikuntalääketieteen ja Testaustoiminnan Edistämisyhdistys ry. 1994. (Liite ry). Kuntotestauksen perusteet, testauskansio.

Marechal. 1981. *Medicine Sport* 13, 3-15.

Markkanen, P. 1993. Koripalloharjoituksen rasittavuus suhteessa ottelutilanteeseen. Julkaisematon Cum laude -työ.

McArdle, W., Katch, F., Katch, V. 1996. *Exercise Physiology*.

McInnes, S., Carlson, J., Jones, C., McKenna, M. 1995. The physiological load imposed on basketball players during competition. *Journal of Sports Sciences* 13, 387-397.

McLellan, T., Cheung, K. 1992. A comparative evaluation of the individual anaerobic threshold and the critical power. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 24 (5), 543-550.

McLellan, T., Skinner, J. 1982. Blood lactate removal during active recovery related to the aerobic threshold. *International Journal of Sports Medicine* 3 (4), 224-229.

Medbo, J. I., Mohn, A. C., Tabata, I., Bahr, R., Vaage, O. and Sejersted, O. M. 1988. Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O₂ deficit. *Journal of Applied Physiology* 64, 50-60.

Meyer, T., Gabriel, H., Kindermann, W. 1998. Is determination of exercise intensities as percentages of VO_{2max} or HR_{max} adequate? *Medicine & Science in Sports & Exercise* 31 (9), 1342-1345.

- Mougin, F., Bourdin, H., Simon-Rigaud, M., Didier, J., Toubin, G., Kantelip, J. 1996. Effects of a selective sleep deprivation on subsequent anaerobic performance. *International Journal of Sports Medicine* 17 (2), 115-119.
- Müller, W., Steinhöfer, D. 1982. Zur abhängigkeit von motorischer und technomotorischer belastung im sportspiel basketball. *Leistungssport* 12 (5), 384-392.
- Nienstedt, W., Hänninen, O. 1987. Ihmisen fysiologia ja anatomia. WSOY, Porvoo.
- Patterson, R., Pearson, J., Fisher, S. 1985. Work-rest periods: Their effects on normal physiologic response to isometric and dynamic work. *Arch Physiological Medicine Rehabilitation* 66, 348-352.
- Reilly, T. 1994. Physiological aspects of soccer. *Biology and Sport* 11, 3-20.
- Reilly, T. 1997. Energetics of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. *Journal of Sports Sciences* 15, 257-263.
- Roberts, D., Smith, D. 1989. Biochemical aspects of peripheral muscle fatigue. *Sports Medicine* 7, 125-138.
- Sahlin, K., Harris, R., Nylind, B, Hultman, F. 1976. Lactate content and pH in muscle samples obtained after dynamic exercise. *Pfluegers Arch* 367, 143-149.
- Serresse, O., Lortie, G., Bouchard, C., Boulay, M. R. 1988. Estimation of the Contribution of the Various Energy Systems During Maximal Work of Short Duration. *International Journal of Sports Medicine* 9, 456-460.
- Shephard, R., Bouhrel, E., Vandewalle, H., Monod, H. 1989. Anaerobic threshold, muscle volume and hypoxia. *European Journal of Applied Physiology* 58, 826-832.

Shephard, R., Åstrand, P.-O. 1992. Endurance in sport. Blackwell scientific publications 351-363.

Sleivert, G., MacKinnon, L. 1991. The validation of backward extrapolation of submaximal oxygen consumption from the oxygen recovery curve. *European Journal of Applied Physiology* 63, 135-139.

Stainsby, W., Brooks, G. 1990. Control of lactic acid metabolism in contracting muscles and during exercise. *Exercise and Sport Sciences* 18, 29-64.

Therminarias, A. 1990. Effects of age on heart rate response during a strenuous match of tennis. *Journal of Sports Medicine and Physical fitness* 30 (4), 389-396.

Viitasalo, J., Raninen, J., Liitsola, S. 1985. Voimaharjoittelu. Gummerus Oy, Jyväskylä.

Volkov, N., Korjagin, V. 1974. Fisiolokitseskije harakteristiki igravoi aktiivnosti basketbolistov. *Teoriya I Praktika Fisitseskoi Kulturi* 10, 22-27.

Vuori, I., Taimela, S. 1999. Liikuntalääketiede. Duodecim. Vammalan kirjapaino.

Wasserman, K., Beaver, W., Davis, J., Pu, J., Heber, D., Whipp, B. 1985. Lactate, pyruvate, and lactate-to-pyruvate ratio during exercise and recovery. *Journal of Applied Physiology* 59 (3), 935-940.

Withers, R., Van Der Ploeg, G., Finn, J. 1993. Oxygen deficits incurred during 45, 60, 75 and 90-s maximal cycling on an air-braked ergometer. *European Journal of Applied Physiology* 67, 185-191.

Williams, Wilkins 1995. Guidelines for exercise testing and prescription. American College of Sports Medicine, 58-60.