

KUORMITTAVAN SEINÄKIIPEILYSUORITUKSEN VAIKUTUS KÄSIEN MAKSIMAALISEEN PURISTUSVOIMAAN, LAKTAATTIIN, SYKKEESEEN SEKÄ SUORITUKSESTA PALAUTUMISEEN

Sini Lindqvist

Liikuntafysiologia

Kandidaatintutkielma

Kevät 2014

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän yliopisto

Työnohjaaja: Antti Mero

TIIVISTELMÄ

Lindqvist, Sini 2014. Kuormittavan seinäkiipeilyosuituksen vaikutus käsien maksimaaliseen puristusvoimaan, laktaattiin, sykkeeseen sekä suorituksesta palautumiseen. Kandidaatintutkielma. Liikuntabiologian laitos. Jyväskylän yliopisto. 30s.

Seinäkiipeily on kasvattanut suosiotaan Suomessa ja ulkomailla viimeisten vuosikymmenten ajan. Tutkimuksia aiheesta on kirjallisuudessa raportoitu silti verrattain vähän. Antropometrian, taidon ja fyysisten ominaisuuksien keskinäisestä painoarvosta onnistuneeseen kiipeilyosuitukseen on vaikea määrittää, sillä vakioituja tutkimusmenetelmiä on hankala soveltaa ns. seikkailuliikuntalajiin. Usein lajisuoritusta rajoittavana tekijänä fysiologiselta näkökannalta on kuitenkin käsivarsien lihaksiston uupumus. Lihaksiin kertyvää happamuutta ja laktaattia ei pystytä poistamaan riittävän tehokkaasti, jolloin lihasten voimantuotto häiriintyy ja puristusvoima jää alle vaadittavan tason ja seurauksena on reitiltä/seinältä tippuminen.

Tarkoitus. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kuormittavan kiipeilyn akuutteja vaikutuksia käsien puristusvoimaan, verenkiertoon kertyvään laktaattiin sekä sykkeeseen. Toisena tavoitteena oli selvittää palautumisen mekanismeja sekä nopeutta.

Menetelmät. Tutkimukseen osallistui seitsemän kokenutta miespuolista kiipeilyn harrastajaa. Kaikki koehenkilöt olivat vapaaehtoisia ja he allekirjoittivat suostumuslomakkeen ennen mittausten alkua. Koehenkilöiltä mitattiin pituus ja paino sekä määritettiin rasvaprosentti rasvapihdeillä neljän mittauskohdan menetelmällä (Durnin & Womersley, 1974). Lajitesti suoritettiin Hutungin urheilukeskuksella negatiivisesti kaltevalla seinällä (kulma 80°, UK 5a/b, reitin pituus 16 m) ilman harjoitusta. Vapaan lämmittelyn (10 min) jälkeen suoritettiin alkumittaukset molempien käsien (satunnaistettu järjestys) puristusvoimalle hydraulisella käsidynamometrillä (Saehan Corporation). Lisäksi mitattiin lepotasot sykkeelle (Polar S610i, Polar Electro, Suomi) sekä laktaatille (Lactate Pro™, Arkray factory inc., Japani). Varsinaisessa testissä koehenkilöiden tuli kiivetä syklisti uupumukseen (tai seinältä putoamiseen) asti siten, että välittömästi alas päästyä aloitettiin aina uusi nousu. Välittömästi testin päätyttyä toistettiin alkutestit (puristusvoima, syke ja laktaatti), jonka jälkeen seurasi 10 min passiivinen lepo. Uudet lähtötason mittaukset (voima, syke, laktaatti) mitattiin ennen toista kiipeilytestiä. Kokonaislepoaika kiipeilytestien välillä mittaukset sisältäen pidettiin 20 minuutissa. Samat testit (voima, syke, laktaatti) uusittiin sekä välittömästi toisen kiipeilytestin jälkeen että 20 min levon jälkeen.

Tulokset. Keskimääräinen voiman heikkeneminen oli molemmilla käsillä ja kierroksilla 28,5 % ($p \leq 0.05$). Edelleen merkittävänä tuloksina olivat laktaatin melko korkeat arvot verrattuna lähtötilanteeseen (ensimmäinen kierros $9,3 \pm 1,8$ mmol/l; $p \leq 0.05$), toinen kierros $7,8 \pm 2,0$ mmol/l; $p \leq 0.05$) ja maksimisykkeiden erittäin korkeat ($p \leq 0.05 - 0.005$) arvot lähtötilanteeseen verrattuna (ensimmäinen kierros 186 ± 6 krt/min, toinen kierros 182 ± 6 krt/min). Palautuminen 20 minuutin passiivisen levon aikana ei ollut riittävä suorituskyvyn palautumiselle, vaan uupumustila näkyi mm. toisen kiipeilytestiosion puolta lyhyempänä suoritusajana (12 min vs. 6 min; $p \leq 0.05$).

Johtopäätös. Tutkimuksen tärkeimpänä tuloksena voidaan pitää molempien käsien puristusvoiman huomattavaa heikkenemistä 6-12 minuuttia kestävässä seinäkiipeilyosuituksessa. Suoritus on fysiologisesti hyvin kuormittava käsille, mutta myös koko keholle.

Avainsanat: seinäkiipeily, puristusvoima, syke, laktaatti, palautuminen

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

| | |
|---|----|
| 1. JOHDANTO..... | 3 |
| 2. SEINÄKIIPEILYN LYHYT LAJIKUVAUS | 4 |
| 2.1 Urheilukiipeily | 4 |
| 2.2 Varmistustekniikat | 4 |
| 2.3 Reittien vaikeustasot ja -asteikot | 5 |
| 3. KIIPEILIJÄN ANTROPOMETRIA | 7 |
| 3.1 Kiipeilijät verrattuna muihin urheilijoihin..... | 7 |
| 3.2 Antropometristen tekijöiden vaikutus kiipeilysuoritukseen | 7 |
| 4. KIIPEILYN FYSIOLOGIAA..... | 9 |
| 4.1 Hapenkulutus..... | 9 |
| 4.2 Syke | 10 |
| 4.3 Laktaatti..... | 10 |
| 4.4 Lihasväsymys | 11 |
| 5. TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESI..... | 13 |
| 6. MENETELMÄT..... | 14 |
| 6.1 Koehenkilöt | 14 |
| 6.2 Koeasetelma | 14 |
| 6.3 Aineiston keräys ja analysointi..... | 15 |
| 6.4 Tilastolliset menetelmät | 15 |
| 7. TULOKSET | 16 |
| 8. POHDINTA..... | 19 |
| LÄHTEET | 24 |
| LIITTEET | 26 |

I. JOHDANTO

Kiipeily on kasvattanut levinneisyyttään ja suosiotaan viime vuosikymmenten ajan. Sisäkiipeilytilojen yleistyttyä on laji tullut tutummaksi liikunnan harrastajille ja kynnykskeilla uutta lajia on madaltunut. Harrastustoiminta on seurojen perustamisen myötä tullut järjestäytyneemmäksi ja kilpailutoiminta on saamassa yhä enemmän julkisuutta. Tässä kirjallisuuskatsauksessa keskitytään seinäkiipeilyn fysiologisiin ilmiöihin ja muut kiipeilyn lajit (kallio-, jää- ja vuorikiipeily) jäävät pienemmälle huomiolle.

Kiipeilijät mielletään usein pienikokoisiksi ja kehonkoostumukseltaan laihoiksi. Painoonsa nähden kiipeilijöillä on havaittu olevan korkea suhteellinen puristusvoima. Mieskiipeilijät pystyvät puristamaan jopa 90 % kehonpainostaan pelkästään käsivartensa lihaksilla (Watts et al, 1996). Antropometristen muuttujien ja kiipeilysuorituksen välillä ei ole kuitenkaan vielä osoitettu olevan suoranaista riippuvuussuhdetta (Sheel, 2004). Muutenkin kiipeilyn fysiologiasta ja hermolihasjärjestelmän toiminnasta kiipeilyn aikana tiedetään verrattain vähän. Kiipeilyyn liittyviä tutkimuksia on tehty 90-luvun alusta lähtien enenevässä määrin, mutta monilla alueilla on vielä lisätutkimuksen tarvetta.

Kiipeilyssä lajisuoritusta rajoittavana tekijänä on usein käsivarsien lihaksiston uupumus. Lihaksistoon kertyvää laktaattia ei pystytä poistamaan riittävän tehokkaasti, jolloin puristusvoima jää alle vaadittavan tason ja seurauksena on reitiltä/seinältä tippuminen. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on pyrkiä aiheuttamaan maksimaalinen lajispesifinen uupumustila käsivarsien lihaksistoon ja tutkia tilan etenemistä ja palautumista sykkeen, laktaatin ja puristusvoiman avulla.

2. SEINÄKIIPEILYN LYHYT LAJIKUVAUS

Kiipeilyosuorituksen aikana liikkeen rytmi ja tempo vaihtelevat paljon. Staattisesta paikallaan olosta siirrytään nopeiden dynaamisten liikkeiden avulla uuteen staattiseen asentoon. Lajiin sisältyy siten vahvasti lihasvoima- ja kestävyysominaisuuksia. Taidollisesti tärkeimpiä tekijöitä ovat koordinaatiokyky sekä etäisyyksien arviointikyky reitillä edetessä. (Käyhkö, s. 14, 2002.) Arasolan mukaan taloudellisen kiipeilytekniikan perusohjeeksi voidaan kiteyttää; "Rasita käsiä vain sen verran, mitä tarvitaan seinällä pysymiseen ja pyri kiipeämään mahdollisimman paljon jaloilla" (Arasola et al, s. 41, 1997).

2.1 Urheilukiipeily

Urheilukiipeilyssä kiivetään kevyin varustein valmiiksi pultatuilla reiteillä joko sisätiloissa tai ulkona. Erilaisia kilpailuja on järjestetty 1970-luvulta lähtien ja kiipeilyseurojen kansainvälinen kattojärjestö UIAA (Union Internationale d'Associations d'Alpinisme) on saanut olympiakomitean tunnustuksen. Kilpailuja käydään neljässä eri kiipeilyn alalajissa; nopeuskiipeilyssä, boulderoinnissa, jääkiipeilyssä ja "leading"- kisoissa. Boulderointi tarkoittaa pienten kiipeilyongelmien ratkomista. Kiipeäminen tapahtuu ilman köyttä ja alle kolmen metrin korkeudessa. Suoritus sisältää vain muutaman otteen ja kestää onnistuessaan vain sekunteja. (Käyhkö, s. 10-12, 2002.) Jääkiipeily edustaa teknisempää kiipeilyn lajia, jossa jäärautojen ja hakkujen avulla pyritään kulkemaan jäälohkareisiin merkattu reitti mahdollisimman nopeasti ja vähillä virheillä. Leading tarkoittaa vuorostaan alaköysivarmisteista kiipeilyä, josta tarkemmin tietoa seuraavassa kappaleessa.

2.2 Varmistustekniikat

Yläköysivarmistus. Yläköysivarmistuksessa kiipeilijän valjaissa kiinni oleva köysi kulkee seinän yläosaan pultatun ankkuripisteen kautta varmistuslaitteeseen, joka on vuorostaan kiinni varmistajan valjaissa. Kiipeilijän kiivetessä ylöspäin varmistaja kiristää köyden sa-

malla huomioiden, että köyden kireys ei haittaa tai myöskään auta kiipeilyosuoritusta. Yläköysikiipeily on varsin riskitön tapa kiipeillä sisä- tai ulkotiloissa, kunhan ollaan huolellisia ja toimitaan yleisten ohjeiden mukaisesti. (Arasola et al, s.101, 1997.)

Alaköysivarmistus - "liidaus". Alaköysivarmistuksessa kiipeilijä vie itse köyttä mukanaan ylöspäin. Varmistuspisteitä kiinnitetään nauhalenkkiä ja sulkurenkaiden avulla reitin varrelle. Alhaalla oleva varmistaja vuoroin kiristää ja antaa löysää kiipeilijän ohjeistuksen mukaan. Loukkaantumisen riski on todellinen, sillä reitiltä pudotessa matka on kaksinkertainen edelliseen välivarmistukseen nähden. Liidaamisen on sanottu olevan fyysisiltä sekä psyykkisiltä ominaisuuksiltaan yläköysikiipeilyä vaativammaksi, mutta samalla myös antoisammaksi ja vapaammaksi kiipeilyn muodoksi. (Arasola et al, s. 107-109, 1997.)

2.3 Reittien vaikeustasot ja -asteikot

Kiipeilyreittien vaikeustason kuvailemiseksi on kehitetty useita eri asteikkoja. Yhdenmuikaistamisyrietykset ovat jääneet melko tuloksettomiksi, joten valtiolliset asteikot ovat monissa maissa edelleen käytössä. Suomessa käytetään pääasiassa yhteisskandinaavista asteikkoa. Kuvassa 1, on yhteenveto yleisimmin käytetyistä asteikoista Euroopassa sekä Pohjois-Amerikassa. Reitin vaikeustaso määritellään ensimmäisen alaköysinousun perusteella, jonka jälkeen vaikeustaso varmistetaan toistonousulla. Ensinoisijalla on oltava kokemusta, tietoa ja taitoa vaikeustason määrittämiseksi. Määrittely on vahvasti subjektiivista, joten ilmoitetut vaikeustasoluvut ovat arvioita ja suuntaa-antavia. (Arasola et al, s.101, 1997.)

Taulukko 1. Yleisimmät vaikeustasoasteikot keskinäisessä vertailussa (Sheel, 2004).

| UIAA | Ranska | UK | YDS | Skandinavia |
|-------------|---------------|-----------|-------------|--------------------|
| V | 4+ | 4b | 5.7 | 4+ |
| V+ | 5a | 4c | 5.7 | 4 |
| VI- | 5b | 5a | 5.8 | 5- |
| VI | 5c | 5a/5b | 5.9 | 5 |
| VI+ | 6a | 5b | 5.10a | 5+ |
| VII- | 6a+ | 5b/5c | 5.10b-c | 6- |
| VII | 6b | 5c | 5.10c-d | 6 |
| VII+ | 6b+ | 5c/6a | 5.11a | 7- |
| VIII- | 6c/6c+ | 6a | 5.11b-c | 7 |
| VIII | 7a | 6a/b | 5.11d | 7+ |
| VIII+ | 7a/7a+ | 6b | 5.12a-b | 8- |
| IX- | 7b | 6b/c | 5.12c | 8 |
| IX | 7b+/7c | 6c | 5.12d-5.13a | 8/8+ |
| IX+ | 7c/7c+ | 6c | 5.13b | 8+ |
| X- | 8a/8a+ | 7a | 5.13c | 9- |
| X | 8b | 7a | 5.13d | 9 |
| X+ | 8b+ | 7b | 5.14a | 9+ |
| XI- | 8c/8c+ | 7b | 5.14b | 10- |

3. KIIPEILIJÄN ANTROPOMETRIA

3.1 Kiipeilijät verrattuna muihin urheilijoihin

Grant et al. (2003) vertasivat tutkimuksessaan soutajien, aerobisesti harjoittelevien sekä kiipeilijöiden antropometrisia muuttujia. Aerobisesti harjoittelevien ryhmään luokitui juoksijoita, jalkapalloilijoita ja lentopalloilijoita. Soutajat valittiin omana ryhmänään vertailuun, koska kiipeilyn ja soudun rasitusmalleissa on tiettyjä yhtäläisyyksiä; käsivarsien lihaksiston voimakkestävyyssominaisuudet ovat tärkeässä asemassa lajisuorituksen onnistumisen kannalta. Pituuden, painon ja rasvaprosentin vertailussa ei kuitenkaan minkään ryhmän väliltä löydetty merkitseviä eroja. Kiipeilijöillä oli tosin testin alhaisimmat arvot rasvaprosenteissa $12,9 \pm 4,2$ % vrt. soutajat; $15,5 \pm 1,9$ % ja aerobisten ryhmä; $15,9 \pm 4,4$ %, mutta tilastollista merkitsevyyttä ei tällä otannalla saatu (kaikissa ryhmissä $n=9$). Kirjallisuudessa on raportoitu melko yleisesti alhaisempia kiipeilijöiden rasvaprosentteja. Watts et al. (1996) tilastoivat 11 mieskiipeilijälle keskiarvoksi $5,4 \pm 1,5$ % ja Sheel et al. (2003) raportoivat yhdeksälle koehenkilölle, joista kolme oli naisia, keskiarvon $7,7 \pm 2,7$ %. Merkitsevyyksien puute Grantin tutkimuksessa voi siis osin johtua koehenkilöotannasta. Sheelin review- artikkelin (2004) yhteenvedossa mieskiipeilijöiden keskiarvoiseksi rasvaprosentiksi arvioitiin karkeasti 4-14 % ja naisille 10-20 %.

Melko yleinen käsitys lajin harrastajien parissa on, että massaa keventämällä kiipeilyosuoritus paranee. Tätä väittämää tukemaan ei kuitenkaan ole vielä mitään tieteellistä todistus pohjaa. Suoran riippuvuussuhteen löytäminen on melko epätodennäköistä, mutta esim. lihaskestävyyteen voi antropometrisilla muuttujilla olla vaikutusta. (Sheel, 2004.)

3.2 Antropometrinen tekijöiden vaikutus kiipeilyosuoritukseen

Mermier et al. (2000) laajamittaisessa antropometrisessa tutkimuksessa pyrittiin kartoittamaan kiipeilyosuoritukseen oleellisin vaikuttavat tekijät. Tutkimuksessa

ryhmiteltiin mitattavat antropometriset, fysiologiset ja taidolliset määreet suuremmiksi kokonaisuuksiksi ja näiden yhteismuuttujien suhdetta kiipeilysuoritukseen tutkittiin multippeliregressio -analyysin avulla. Yhteismuuttujista suurimman korrelaation onnistuneeseen kiipeilysuoritukseen sai harjoitus -komponentti. Tämän komponentin vertailulukuun sisällytettiin seuraavien testien tulokset; voimamittaukset useasta eri lihasryhmästä, puristusvoima, voimakestävyys, ala- ja ylävartalon teho, rasvaprosentti ja itse arvioitu kiipeilykokemus ja taitotaso. Tulosten mukaan 58,9 % osuus kiipeilysuorituksesta selittyy edellä mainittujen tekijöiden yhteisvaikutuksesta. Antropometriset tekijät (sisältäen mm. seuraavat mittaukset; pituus, paino, jalkojen pituus, käsien pituus ja etäisyys toisistaan) yhdistettiin yhdeksi komponentiksi ja sen osuus oli vain 0,3 %. Kolmantena komponenttina oli "*flexibility*", notkeus. Tämä piti sisällään nivelten liikelaajuusmittauksia ja sai osuudekseen 1,8 %. Suoritettujen testien määrä ja laajuus oli kattava ja koehenkilöjoukko, 44, oli myös melko suuri (24 miestä ja 20 naista). Tutkimuksessa ei huomioitu psykologisia tekijöitä tai tasapainoon liittyviä muuttujia. Päälöydöksenä tutkimusryhmä totesi harjoittelu -komponentin vaikuttavan merkittävästi kiipeilysuoritukseen sekä selittävän pitkälti erot eri kiipeilijöiden välillä.

4. KIIPEILYN FYSIOLOGIAA

Kiipeily on liikuntabiologisena tutkimuskohteena erityinen erikoisen kuormitusmallinsa ansiosta; pienillä lihasryhmillä suoritetaan sarja toistuvia isometrisia lihassupistuksia painovoimaa vastustaen. Sisäseinäkiipeilyhallien yleistyttyä sekä tutkimuslaitteiston teknisen kehityksen myötä on nykyään mahdollista mitata eri fysiologisia muuttujia kiipeilysuorituksen aikana. (Watts, 2004.)

4.1 Hapenkulutus

A W Sheel yhdisti review -artikkelissaan (2004) eri tutkimustuloksia viime vuosikymmenen ajalta ja määritteli yleisen, kuvailevan keskiarvon hapenkulutukselle vaikeahkoa kiipeilyreittiä suoritettaessa; 25 ml/kg/min. Tämä arvo vastaa n. 50 % kiipeilijöiden max VO_2 :sta, kun referenssinä on käytetty suoraa polkupyöraergometri- tai juoksumattotestejä (mm. Billat et al, 1995; Watts et al, 2000).

Huipputason juniorikiipeilijöillä (n=9) tehdyn tutkimuksen mukaan hapenkulutus vaikealla (YDS: 5,11c) sisäseinäreitillä oli $22,7 \pm 3,7$ ml/kg/min. Hieman helpommalla reitillä (YDS: 5,10c) vastaava tulos samalla koehenkilöjoukolla oli $20,1 \pm 3,3$ ml/kg/min. Polkupyöraergometrillä saatuun hapenkulutuksen maksimiarvoon suhteutettuna tulos oli 89,6 % VO_{2max} vaikeammalla ja 51,2 % VO_{2max} helpommalla reitillä. Hapenkulutuksen on siis todettu kasvavan reitin vaikeustason kasvun myötä. (Sheel et al, 2003). Booth et al. (1999) vertasivat tutkimuksessaan (n=7) ulkona suoritettua kallioreitin (UK: 5c) arvoja sisätiloissa tehtyyn suoran kiipeilyergometritestin tuloksiin. Uupumus saavutettiin suorassa testissä 7 min 44 s \pm 40 s jälkeen ja VO_{2peak} oli $43,8 \pm 2,2$ ml/kg/min. Ulkona vastaava arvo oli 75 ± 4 % VO_{2max} , eli $32,8 \pm 2,0$ ml/kg/min. Hapenkulutukseen vaikuttaa kiipeilyssä reitin vaikeustaso, kaltevuus, kiipeilijän taitotaso sekä ympäristötekijät (korkeus merenpinnasta, säävaihtelut). Kiipeilylle tyypilliset toistuvat pienten lihasryhmien isometriset supistukset aiheuttavat suuren kuormituksen sydän- ja verenkiertojärjestelmälle. Hapen kuljetus töitä tekeviin lihaksiin hankaloituu lihastyötävän isometrisen luonteen johdosta. Sydän joutuu myös pääasiassa

tekemään töitä painovoimaa vastaan, sillä kädet sijaitsevat usein sydämen yläpuolella. Hapenottokyky ei siten muodostu kiipeilyosuudesta rajoittavaksi tekijäksi, eikä myöskään seuraa suorituksen aikaista sykkeen kehitystä. (Watts, 2004.)

4.2 Syke

Sykkeeseen, kuten hapenkulutuksenkin, on havaittu kasvavan vaikeustason myötä (Sheel et al. 2003). Sykevaihtelu ei kuitenkaan ole lineaarisessa riippuvuussuhteessa hapenoton kanssa, vaan kasvaa suhteessa enemmän. Billat et al. (1995) mukaan syke kiipeilyn aikana nousee n. 80% -tasolle suoran juoksumattotestin maksimituloksiin verrattuna. Hapenotto jäi samassa tutkimuksessa 46% tasolle max VO_2 :sta. Syinä sykkeen suureen nousuun ovat mm. jo edellisessä kappaleessa mainitut kiipeilyn kuormitusmalli sekä sydämen pumpaustyö painovoimaa vastaan. Eräs huomioonotettava tekijä sykkeen nousun taustalla on metaborefleksikanavan fasilitaatio (Sheel, 2004). Sama hermostollinen impulssi, joka käynnittää suorittavia lihaksia, aktivoi samalla myös autonomisen hermoston sympaattisia kanavia, jotka vuorostaan kiihdyttävät verenkiertoa ja sydämen sykettä sekä aiheuttavat vasokonstriktiota laskimoissa ja inaktiivisissa lihaksissa. Kaikki nämä ilmiöt pyrkivät tehostamaan verenkierron jakautumista työtätekeviin lihaksiin sekä sydämen mahdollisimman tehokkaaseen toimintaan urheilusuorituksen aikana. (Guyton & Hall, s. 217, 2000). Aloittelevilla kiipeilijöillä myös psykologiset tekijät saattavat vaikuttaa sykkeeseen. Pelko reitiltä tipahtamiseen voi nostaa sykkeen yli fysiologisten tekijöiden vaatiman tason. (Sheel, 2004.)

4.3 Laktaatti

Lihäsväsymyksen suurin aiheuttaja on vetyionien pitoisuuden nousu (pH-arvo laskee) lihaksissa eli lihasten happamuus lisääntyy. Happamuus ja laktaatti korreloivat voimakkaasti keskenään. Mitä korkeampi on laktaatti, niin sitä pienempi on pH-arvo eli korkeampi happamuus. Laktaatin avulla arvioidaankin lihäsväsymystä. Tutkimustulokset laktaatin osalta vaihtelevat kirjallisuudessa melko paljon. Välittömästi kiipeilyn jälkeen mitattujen laktaat-

tiarvojen hajonnan on raportoitu olevan 2,4-6,1 mmol/l. Syy tähän löytyy eri tutkimuksissa käytettyjen reittien vaikeustasojen eroista, kiipeilijöiden taitotasojen eroista sekä eri kiipeilynopeuksista ja reittien pituuksista. (Sheel, 2004.) 11 kokenutta mieskiipeilijää suorittivat pitkäkestoisen ja fyysisesti vaativan kiipeilyreitit (YDS: 5,12a) uupumukseen asti. Laktaatti oli $1,4 \pm 0,8$ mmol/l ennen ja $6,1 \pm 1,4$ mmol/l heti kiipeilyn jälkeen. Vielä 20 min suorituksen päättymisen jälkeen laktaatit olivat yhä korkealla, mutta kuitenkin merkitsevästi vähentyneinä heti kiipeilyn jälkeiseen arvoon verrattuna. (Watts et al, 1996.) Booth et al. (1999) tutkimuksessa seitsemän kiipeilijää suoritti suoran maksimitestin kiipeilyergometrillä ja saatu maksimiarvo laktaatille oli $10,2 \pm 0,6$ mmol/l. Watts et al. (2000) tutkivat passiivisen ja aktiivisen palautumisen eroja. Aktiivinen palautuminen suoritettiin kevyenä käsipoljentana 25 W teholla makaavassa asennossa. 20 min kiipeilyn jälkeen aktiivisen palautuksen suorittaneen ryhmän laktaattiarvot olivat palautuneet kiipeilyä edeltävälle tasolle. Passiivisella ryhmällä arvot olivat yhä koholla vielä 30 min suorituksen päätyttyä. Laktaatin puskurointikyky on tärkeä tekijä kiipeilyn kannalta, sillä laktaatin kertymisen on osoitettu olevan yhteydessä käsien puristusvoimaan sekä lihasväsymyksen tasoon. (Watts et al, 2000.)

Ylä- ja alaköysivarmistuksella uskotaan olevan erilaisia vaikutuksia fysiologisiin muutuksiin, ja etenkin laktaatin kertymiseen. Alaköysivarmistuksen aikana kiipeilijä joutuu pysähtelemään reitillä varmistusnauhalenkkiä kiinnitystä varten. Tällöin on pystyttävä vapauttamaan toinen käsi varmistuksen kiinnittämisen ajaksi irti seinästä. Yläköysivarmistuksella ei kiipeilijän tarvitse pysähdellä ja eteneminen on sujuvampaa. Raportoituja tietoja varmistustekniikoiden aiheuttamista eroista ei kuitenkaan toistaiseksi ole saatavilla, eli lisätutkimuksen tarvetta löytyy. (Sheel, 2004.)

4.4 Lihasväsymys

Kiipeilyn taloudellisuuden parantamiseksi on hyödyllistä suunnata eri lihasryhmien tekemä työ energiatehokkaasti kunkin lihasryhmän ominaisuuksien mukaan. Ylöspäin suuntautuva työntövoima pyritään ohjaamaan jalkojen suurille ja vahvoille lihaksille, kun vuorostaan käsien lihaksisto pyrkii lähinnä stabiloimaan kehon asentoa ja siten mahdol-

listamaan massakeskipisteen siirtämistä etenemisen kannalta edulliseen suuntaan. Keski-
vartalo on myös kovassa rasituksessa tehden staattista, asentoa ylläpitävää työtä lähes
koko ajan. Usein rajoittavaksi tekijäksi muodostuu käsivarsien lihaksiston uupumus. Lak-
taattia ja happamuutta ei pystytä sietämään ja poistamaan riittävän tehokkaasti ja puristus-
voima jää alle vaadittavan tason. Watts & Drobish tutkivat (1998) kiipeilyseinän kulman
vaikutusta fysiologisiin muuttujiin. Testit tehtiin kiipeilyergometrillä, joten reitti säilyi
samana ja kulmaa pystyttiin muuttamaan halutun suuruiseksi. 16 kiipeilijää osallistui
tutkimukseen ja tuloksina mainittakoon, mm. negatiivinen korrelaatio käsien maksimaa-
lisen puristusvoiman ja laktaatin kertymisen välillä kulman jyrkentyessä. Positiivisella
80° kulmalla laktaatit olivat $3,6 \pm 1,2$ mmol/l ja käsien puristusvoima $43,6 \pm 14,3$ kg.
Vastaavat arvot jyrkimmällä negatiivisella kulmalla 102° olivat laktaatille $5,9 \pm 1,2$
mmol/l ja puristusvoimalle $34,2 \pm 10,7$ kg. Kiipeilyn kesto oli myös merkitsevästi lyhy-
empi jyrkillä kulmilla, joten väsymystila saavutettiin nopeammin. Watts et al. (1996)
aikaisemmassa tutkimuksessa havaittiin myös korrelaatio puristusvoiman ja laktaatin
välillä. Samoissa mittauksissa (1996) tutkittiin lisäksi puristusvoimakestävyttä: voima-
taso tuli pyrkiä pitämään mahdollisimman kauan 70% max -tasolla ja mittaukset tehtiin
ennen ja jälkeen uuvuttavan kiipeilyn. Puristusvoimakestävyys laski $34,5 \pm 10,2$ sekun-
nista $14,7 \pm 12,4$ sekuntiin, eli n. 57%. Vielä 20 min jälkeen voimakestävyys oli merkitse-
västi alentuneena sekä ennen että jälkeen arvoihin verrattuna ($28,6 \pm 6,3$ s). Grant et al.
(2003) vertailivat eri lajien edustajien sormien puristusvoimaa. Soutajien, aerobisesti har-
joittelevien ja kiipeilijöiden välille ei kuitenkaan löytynyt puristusvoimakestävydestä
eroja, mutta maksimipuristusvoima oli kiipeilijöillä merkitsevästi korkeampi.

Lihasten väsymys on ilmeisen merkittävä tekijä kiipeilyssä. Sheel painottaakin review-
artikkelissaan (2004) lisätutkimuksien tarvetta juuri väsymyksen ja kiipeilyn suhteen tar-
kentamiseksi ja selventämiseksi. Koukoubis et al. (1995) suorittivat kyynärvarren lihas-
ten emg -tutkimuksia neljän sormen leuanvetojen yhteydessä, mutta varsinaisia kiipeilyn
aikana tehtyjä lihasaktivaatiotutkimuksia ei ole vielä raportoitu kirjallisuudessa.

5. TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESI

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää kuormittavan kiipeilyn akuutteja vaikutuksia käsien puristusvoimaan, verenkiertoon kertyvään laktaattiin sekä sykkeeseen. Toisena tavoitteena on selvittää palautumisen mekanismeja sekä nopeutta.

Ongelma 1. Onko kuormittavalla kiipeilyllä vaikutusta käsien puristusvoimaan, laktaattiin tai sykkeeseen?

H₀: Kuormittavalla kiipeilyllä ei ole vaikutusta käsien puristusvoimaan, laktaattiin tai sykkeeseen.

H₁: Kuormittavalla kiipeilyllä on merkitsevästi heikentävä vaikutus puristusvoimaan, laktaattiin sekä sykkeeseen.

Ongelma 2. Jos em. H₁ toteutuu, riittääkö 20 min passiivista lepoa uuvuttavasta kiipeily-suorituksesta palautumiseen?

H₀: 20 min lepo on riittävä aika palautumiselle.

H₁: 20 min ei ole riittävä aika palautumiselle.

6. MENETELMÄT

6.1 Koehenkilöt

Tutkimukseen osallistui seitsemän kokenutta miespuolista kiipeilyn harrastajaa. Mittaukset ja aineiston keräys tapahtui talvella 2006. Koehenkilöt olivat vapaaehtoisia ja heille selvitettiin tutkimuksen kulku, vakuutusasiat sekä mittausmenetelmät yksityiskohtaisesti ennen tutkimukseen osallistumista. Kaikki koehenkilöt allekirjoittivat suostumus- ja vastuuvapauslomakkeen ennen mittausten alkua (liite 1).

6.2 Koeasetelma

Laboratoriokokeet. Koehenkilöiltä mitattiin pituus ja paino BMI -indeksin määrittystä varten. Kehonkoostumuksen rasvaprosentti mitattiin rasvapihdeillä neljän mittauskohdan menetelmällä (Durnin & Womersley 1974).

Kiipeilytestit. Ennen testien aloittamista koehenkilöiltä mitattiin lepolaktaatti (La0). Tämän jälkeen seurasi 10 min vapaa lämmittely, joka sisälsi mm. boulderointia ja venyttelyä. Maksimaalinen käsien puristusvoima (F1), laktaatti (La1) sekä leposyke mitattiin juuri ennen varsinaisen kiipeilytestin aloittamista. Merkattu reitti oli negatiivisella seinällä (UK: 5a/b, kulma: 80°, reitin pituus; n. 16 m) ja se kiivettiin ilman harjoitusta (on sight -periaatteella). Koehenkilöiden tuli kiivetä syklistesti uupumukseen (tai reitiltä putoamiseen) asti siten, että välittömästi alas päästyä aloitettiin aina uusi nousu. Kiipeilyn aikana mitattiin sykettä, aikaa sekä kierroslukumäärä. Koehenkilöiden subjektiivista väsymystilaa pyrittiin kartoittamaan 20 kohdan RPE -taulukon avulla (liite 2). Puristusvoima (F2) ja laktaatti (La2) mitattiin heti suorituksen päätyttyä (0-5 min), jonka jälkeen seurasi n. 10 min passiivinen lepojakso. 15 min kuluttua toistettiin puristusvoimamittaus (F3) ja laktaattinäyte (La3). Leposykelukema kirjattiin ylös juuri ennen toisen kiipeilysuorituksen alkua. Kokonaislepoaika (sisältäen em. mittaukset) kiipeilykierrosten välillä pyrittiin pitämään 20 minuutissa. Toisen syklisen kiipeilysuorituksen jälkeen toistettiin samat voimatestit ja laktaattimittaukset (F4, La4). Lisäksi suoritettiin uusi laktaattimittaus (La5) voimatestien jälkeen noin viisi minuuttia kiipeilyn päättymisestä. Kuudes laktaattimittaus suoritettiin vain, jos $La5 > La4$. Passiivisen

levon jälkeen (noin 10 min) suoritettiin taas voimamittaukset (F5) sekä viimeinen laktaatti (La7) ja syke. Mittausprotokolla ajankestoineen liitteessä 3.

6.3 Aineiston keräys ja analysointi

Puristusvoima. Maksimaalinen molempien käsien puristusvoima mitattiin istuvassa asennossa hydraulisella käsodynamometrillä (Saehan Corporation) 90° kyynärkulmassa. Mittarin antureiden etäisyys määriteltiin jokaisen koehenkilön etusormen keskinivelen mukaan siten, että puristaessa kyseinen nivelkulma oli 90°. Aloittava käsi arvottiin satunnaisotannalla ennen ensimmäistä mittausta, jonka jälkeen aloittavaa kättä vuoroteltiin mittausprotokollan läpi. Vertailuun määritettiin kolmen mittaustuloksen keskiarvo.

Laktaatti. Verinäytteet laktaatin analysoimiseksi otettiin sormenpäistä (ihon puhdistus antiseptisellä aineella, toinen veritippa mittausliuskaan) ja analysoitiin Lactate Pro™ (Arkray factory inc., Japani) pika-analysaattorilla.

Syke. Sykkeen mittauksessa käytettiin Polar S610i sykemittaria (Polar Electro, Suomi).

6.4 Tilastolliset menetelmät

Tilastollisessa analysoinnissa käytettiin SPSS22-ohjelmistoa. Eri ajanhetkellä mitattuja muuttujia vertailtiin keskenään toistomittausten varianssianalyysin avulla (GLM, Bonferroni). Merkitsevyyksien raja-arvoksi asetettiin $p \leq 0.05 = *$ ja $p \leq 0.005 = **$. Tulokset ovat esitettynä ryhmän keskiarvoina ja sulkeissa on keskihajonnat, jos ei toisin mainita.

7. TULOKSET

Antropometria. Antropometrian tulokset on esitetty taulukossa 2. Koehenkilöiden painoon suhteutetun puristusvoiman (maxF/kg) laskennassa käytettiin dominoivan käden maksimitulosta (kolmen suorituksen keskiarvo, F1).

Taulukko 2. Koehenkilöjoukon kuvaus ja antropometriset mitat (keskiarvot = ka ja keskihajonnat = sd).

| | ikä | pituus | paino | BMI | rasva% | maxF/kg |
|----|-----|--------|-------|----------------------|--------|---------|
| n | (v) | (cm) | (kg) | (kg/m ²) | (%) | (%) |
| 1 | 33 | 177,5 | 73,5 | 23,3 | 16,6 | 79,7 |
| 2 | 28 | 178,3 | 70,1 | 22,1 | 15,4 | 97,9 |
| 3 | 30 | 176,1 | 64,8 | 21,1 | 13,6 | 91,2 |
| 4 | 31 | 188,0 | 80,4 | 22,7 | 19,5 | 86,3 |
| 5 | 31 | 173,1 | 65,6 | 21,9 | 18,4 | 89,3 |
| 6 | 33 | 178,5 | 66,1 | 20,7 | 16,1 | 93,9 |
| 7 | 31 | 184,1 | 78,6 | 23,2 | 16,5 | 105,2 |
| ka | 31 | 179,4 | 71,3 | 22,1 | 16,6 | 91,9 |
| sd | 1,8 | 5,0 | 6,4 | 1,0 | 1,9 | 8,2 |

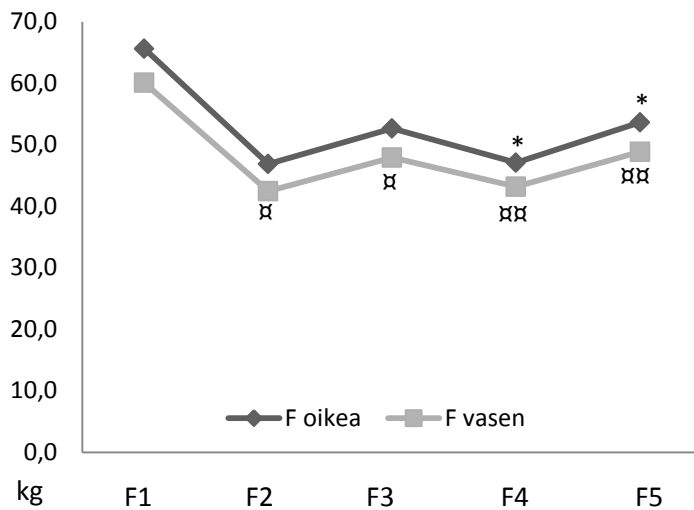
Kiipeilytesti. Kiipeilytestin kierrosten 1 ja 2 tunnuslukuja on esillä taulukossa 3.

Taulukko 3. Kiipeilytestin kierrosten 1 ja 2 vertailua. $p \leq 0.05 = *$ ja $p \leq 0.005 = **$.

| n=7 | Kierros 1 | | Kierros 2 | |
|-----------------------------|------------|--------------|------------|-------------|
| kierroslkm | 7 | | 3,4 | * |
| kierrosaika | 12 min 4 s | | 6 min 7 s | * |
| | ennen | jälkeen | ennen | jälkeen |
| syke (bpm) | 98 (25) | 186 (6) ** | 107 (14) | 182 (6) ** |
| laktaatti (mmol/l) | 2,3 (1,1) | 9,3 (1,8) ** | 4,9 (1,3) | 7,8 (2,0) * |
| voima _{oikea} (kg) | 65,6 (8,2) | 46,9 (14,8) | 52,6 (7,9) | 47,1 (12,5) |
| RPE | | 16 (0,9) | | 14 (1,5) |

Voima. Vasemman käden puristusvoima oli heikentynyt joko merkitsevästi tai erittäin merkitsevästi kaikissa suorituksissa lähtötasoon verrattuna. Oikean käden tuloksissa merkitsevyyksiä löytyi vain toisen kiipeilysuorituksen jälkeisessä (F4) sekä koko testipatterin viimeisessä lop-

pumittauksessa (F5). Molempien käsien keskiarvoiset maksimivoimatulokset ovat kootusti esillä kuviossa 1. Oikean ja vasemman käden voimaerotus säilyi kohtalaisen samanlaisena – erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.



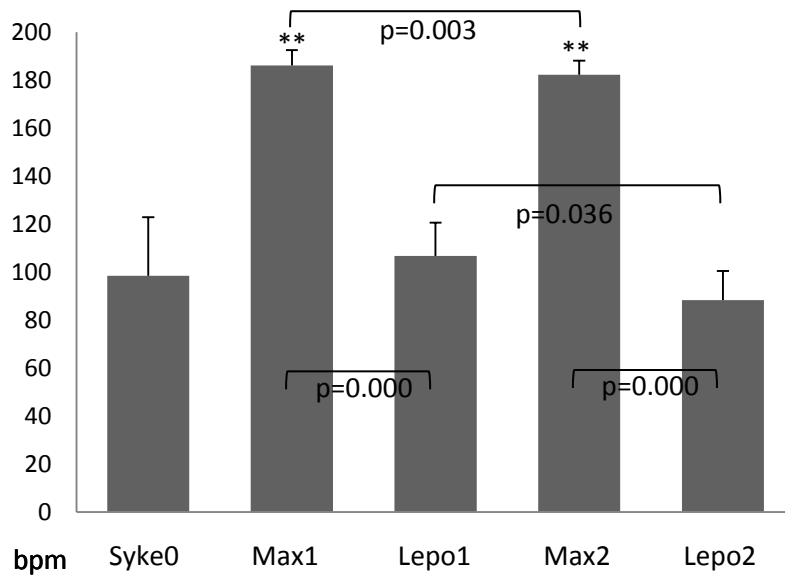
Kuvio 1. Oikea käsi $p \leq 0.05 = *$. Vasen käsi $p \leq 0.05 = \alpha$ ja $p \leq 0.005 = \alpha\alpha$.

F1= lähtötason maxF, F2 = välittömästi 1. kiipeilytestin jälkeen mitattu maxF, F3 = n. 15 min levon jälkeen mitattu maxF, F4= välittömästi 2. kiipeilytestin jälkeen mitattu maxF ja F5= n. 15 min levon jälkeen mitattu maxF.

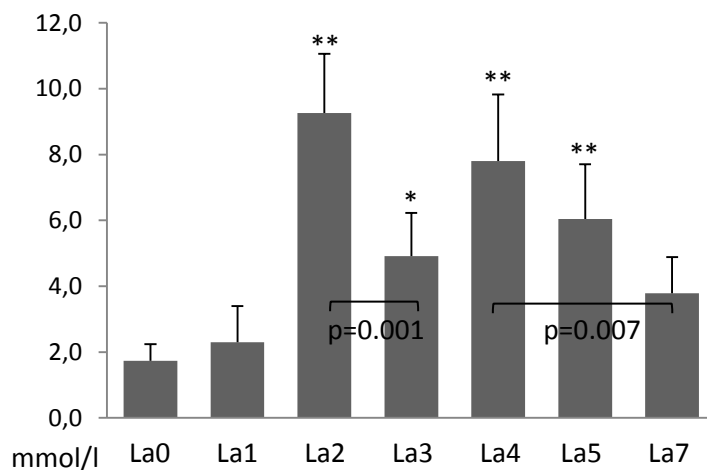
Syke. Sykkeen muutokset ovat esillä kuvassa 3. Kiipeilytestien jälkeen mitatut maksimisykkeet olivat merkitsevästi lepotasoon verrattuna koholla. Keskinäisessä vertailussa jälkimmäisen kiipeilyn maksimisyke oli erittäin merkitsevästi pienempi ensimmäiseen kiipeilytestiin verrattuna, vaikkakin absoluuttisissa arvoissa ero oli varsin pieni; koko ryhmän ka max1: 186 bpm (6) vs. max2: 182 bpm (6). Myös palautumisten jälkeen mitatut leposykkeet erosivat toisistaan tilastollisesti; leposyke oli merkitsevästi matalampi toisen kiipeilysuorituksen jälkeen vrt. ensimmäiseen. Lähtötasoon verrattuna ei leposykkeissä löytynyt tilastollista eroa.

Laktaatti. Lepolaktaatin (La0) ja lämmittelyn jälkeisen laktaatin (La1) välillä ei ollut merkitsevää eroa. Välittömästi kiipeilyn jälkeen mitatut laktaatit olivat molemmat erittäin merkitsevästi nousseet lähtötasoon verrattuna. Keskinäisessä vertailussa laktaatin maksimiarvot eivät eronneet toisistaan merkitsevästi, vaikka absoluuttisissa arvoissa eroa olikin jonkin verran; koko ryhmän ka La2: 9,3 mmol/l (1,8) vs. La4: 7,8 mmol/l (2,0). Tilastollista keskinäistä eroa ei myöskään löytynyt palautumisen jälkeen mitatuissa laktaateissa La3 vs. La5; 4,9 mmol/l

(1,3) vs. 6,0 mmol/l (1,7), jotka molemmat olivat yhä merkitsevästi tai erittäin merkitsevästi kuitenkin koholla lähtötasoon verrattuna. Ryhmätason tulokset sekä tilastolliset merkitsevyydet ovat esillä kuviossa 3.



Kuvio 2. Sykkeen muutokset. Merkitsevyyt vrt. lähtötasoon $P \leq 0.005 = **$. Keskinäisessä vertailussa muuttujien väliset merkitsevät erot ovat esitetty numeerisesti kaarisulkein.



Kuvio 3. Laktaatin muutokset. Merkitsevyydet vrt. lähtötasoon: $p \leq 0.05 = *$, $p \leq 0.005 = **$. Keskinäisessä vertailussa muuttujien väliset merkitsevät erot ovat esitetty numeerisesti kaarisulkein.

8. POHDINTA

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kuormittavan kiipeilyn akuutteja vaikutuksia käsien puristusvoimaan, laktaattiin sekä sykkeeseen. Lisäksi tavoitteena oli havainnoida ja tutkia palautumisen tasoa. Tutkimusasetelmaa voidaan pitää onnistuneena, sillä tulosten perusteella voidaan todeta, että testissä saavutettiin maksimaalinen lajispesifinen kuormitustaso. Merkittävimpänä tuloksena oli puristusvoiman huomattava ja tilastollisesti merkitsevä pudotus molemmissa käsissä. Merkittävänä havaintona voidaan pitää myös laktaatin ja sykkeiden korkeita absoluuttisia tasoja. Koehenkilöjoukko osoittautui taitotasoltaan ennakoitua heterogeenisemmäksi – muutamalla koehenkilöllä testireitin vaikeustaso oli ehkä hieman vaativa. Myös seinän kallistuskulmalla on voinut olla merkitsevä vaikutus; voimantuoton jakosuhte ala- ja ylävartalon lihasten välillä siirtyy sitä enemmän käsille mitä enemmän negatiivista kulmaa reitillä on.

Tulosten valossa tutkimusongelma numero 1:n H0 hylätään ja H1 hyväksytään; Kuormittavalla kiipeilyllä on merkitsevästi heikentävä vaikutus puristusvoimaan, laktaattiin sekä sykkeeseen. Lisäksi tutkimusongelma numero 2:n H0 hylätään ja H1 hyväksytään; 20 min ei ole riittävä aika uuvuttavasta kiipeilysuorituksesta palautumiseen.

Kiipeilytesti. Käytössä olleen syklisen yläköysivarmisteisen kiipeilytestin tavoitteena oli tuottaa käsivarsien lihaksistoon maksimaalinen lajinomainen uupumustila. Laktaatisia ja sykkeissä saavutettu varsin korkea absoluuttinen taso antaisi viitteitä siitä, että ryhmätasolla tässä tavoitteessa onnistuttiin. Hajonta kiipeilytestien kestoissa oli tosin sen verran suurta, että yksilötasolla ei tämä tavoite välttämättä kaikilla täyttynyt. Ensimmäisen kiipeilykierroksen pisin suoritus-aika oli 24 min 22 s (kierroksia 16 +10 m) ja lyhin vain 3 min 21 s (kierrokset 1+10 m). Taidolliset tekijät olivat siis todennäköisesti yhtenä osasyynä reitiltä tippumiseen ainakin kahdella koehenkilöistä (koehenkilöt numerot 4 & 5 kierroslukumäärä < 2 ja kokonaiskesto < 4 min molemmilla kiipeilykierroksilla). Toinen kierros oli keskimäärin ajankestoaltaan 50,7 % ensimmäisestä kierroksesta. Huomattavasti lyhyemmästä toisesta kierroksesta voidaan päätellä, että 20 min palautuminen ei ollut riittävä ensimmäistä kierrosta vastaavan suorituksen toistamiseen. Kiipeilyn kuormittavuus näkyi kaikissa testin aikana

mitatuissa muuttujissa (syke, laktaatti, voima) tilastollisesti merkitsevinä tai erittäin merkitsevinä muutoksina, joita pohditaan eritellymmmin seuraavissa kappaleissa.

Laktaatti. Laktaatissa tilastoitiin raportoituun kirjallisuuteen verrattuna (mm. Sheel 2004) kohtalaisen korkea absoluuttinen taso (K1:9,3 mmol/l ja K2: 7,8 mmol/l). Nämä havainnot tukevat ajatusta siitä, että maksimaalinen kuormitustaso saavutettiin käytössä olleella testi-muodolla. Laktaatin kehitys ryhmätasolla seurasi odotetunlaista kaavaa; ensimmäisen kiipeilytestin jälkeen laktaatti saavutti korkeimman arvonsa, toisella kiipeilyosuudella uupumus saavutettiin ajallisesti lähes puolet nopeammin ja laktaatti ei noussut aivan samoille luvuille ensimmäisen kierroksen kanssa. Vain yksi koehenkilö saavutti toisen kiipeilytestin jälkeen ensimmäistä kierrosta korkeamman laktaattilukeman (K1: 9,1 mmol/l vrt. K2: 9,8 mmol/l). Lepotasoina oli nähtävissä hieman yllättävämpi tulos, kun 20 min levon jälkeen mitatuissa keskiarvoissa toisen kiipeilykierroksen lepolaktaatti oli ensimmäistä kierrosta matalampi (K1: 4,9 mmol/l vrt. K2: 3,8 mmol/l). Syynä voi tosin yksinkertaisuudessaan olla vain se, että koska toisen kierroksen maksimit jäivät alemmalle tasolle, poistettavaa laktaattia vain oli määrällisesti vähemmän. Keskinäisessä tilastollisessa tarkastelussa ero lepojaksion jälkeisissä laktaateissa ei ollut merkitsevä. Watts et al. (2000) raportoivat laktaatin olleen koholla vielä 30 min uuvuttavan kiipeilysuorituksen päätyttyä passiivisen levon jälkeen, kun vuorostaan aktiivisella palautuksella arvot olivat jo 20 min jälkeen pudonneet kiipeilytestiä edeltävälle tasolle. Tässäkin tutkimuksessa olisi voinut huomioida palautumisen laatua siten, että koehenkilöjoukko olisi jaettu kahteen mahdollisimman homogeeniseen osajoukkoon, joista toinen olisi suorittanut levon passiivisena ja toinen aktiivisena. Kokonaisotanta jäi kuitenkin jo tässä muodossaan sen verran pieneksi (n=7), että koehenkilöjoukon jakaminen ei olisi ollut mielekäästä.

Huomion arvoista on, että pisimpään seinällä viipyneillä koehenkilöillä (koehenkilöt numerot 2&3) laktaatti nousi korkeammaksi ja laski alemmaksi kuin lyhimmän aikaa seinällä viipyneet (koehenkilöt numerot 4&5). Tämä antaisi vahvan viitteen koehenkilöiden 2&3 paremmasta laktaatin puskurointikyvystä ja siten myös kokonaisvaltaisesta hyvästä fyysisestä suorituskyvystä. Laktaatin puskurointikyvyn on havaittu olevan tärkeä tekijä onnistuneen kiipeily-suorituksen kannalta, sillä laktaatin kertymisen on osoitettu olevan yhteydessä käsien puristusvoimaan sekä lihasväsymyksen tasoon (Watts et al. 2000). Tämä havainto ei vielä tuo lisäselvennystä koehenkilöiden 4 & 5 aikaisen seinältä tipahtamisen taustoihin; joko syynä on

ollut heikompi taitotaso ja liian haastava reitti tai huonommat laktaatin puskurointiominaisuudet ja sitä kautta heikompi fyysinen suorituskyky.

Syke. Kiipeilyn kuormitusmalli poikkeaa yleisestä ns. luonnollisen liikunnan (mm. juoksu, pyöräily, hiihto) mallista: staattisen lihastyön ja dynaamisten räjähtävien suoritusten vuorottelu sekä sydämen pumppaustyö painovoimaa vastaan luo tilanteen, jossa syke ja hapenotto kehittyvät irrallisesti toisistaan riippumatta. Billat et al. (1995) tutkimuksessa syke kiipeilyn aikana nousi 80 %:n tasolle suoran juoksumattotestin maksimituloksiin verrattuna, kun vastaavasti hapenotto jäi samassa tutkimuksessa 46 %:n tasolle maksimaalisesta hapenotosta. Hapenottokyky ei siten ole kiipeilyosuudesta rajoittava tekijä, vaan onnistuneen lajisuorituksen määrittää muut osatekijät (mm. puristusvoimakestävyys, laktaatin puskurointikyky, taito ja tekniikka). Tässä tutkimuksessa sykkeet nousivat hyvin korkealle tasolle kaikilla koehenkilöillä riippumatta siitä, miten pitkään he reitillä viipyivät. Palautuminen oli nopeaa ja lepotasoissa ei ollut lähtötilanteeseen verrattuna tilastollista eroa. Tosin kiipeilyn jälkeiset leposykkeet erosivat keskinäisessä vertailussa toisistaan siten, että toisen kiipeilykierroksen jälkeinen syketaso oli matalampi kuin ensimmäisen. Tähän on todennäköisesti vain syynä toisen kiipeilykierroksen lyhyempi kesto; laktaatissa oli nähtävissä varsin samanlainen kehityskaari. Hajonta oli erityisesti maksimisykkeiden kohdalla erittäin vähäistä (sd: 6 molemmilla kierroksilla). Alhaisimmat sykkeet (K1: 179 bpm, K2: 176 & 177 bpm) olivat koehenkilöillä 4 ja 5, jotka myös viipyivät reitillä lyhimmän aikaa. Korkeat keskimääräiset sykkeluvut (K1: 186 bpm ja K2: 182 bpm) yhdessä korkeiden laktaattiarvojen kanssa antavat viitteitä siitä, että käytössä olleen testimuodon avulla saatiin selville sydämen maksimaalinen lajispesifinen syketaso. Tutkimukselle olisi antanut mielekästä lisätietoa ja -arvoa koehenkilöiden sydämen maksimisykkeen testaaminen myös laboratoriotestien yhteydessä. Nyt sykkeluvut jäivät hie- man irrallisiksi, kun vertailtavuus ns. yleiseen maksimitasoon jäi uupumaan.

Voima. Molempien käsien puristusvoimatuloksissa näkyi tilastollisesti merkitseviä tai erittäin merkitseviä muutoksia alun lähtötilanteeseen verrattuna; voima tippui ensimmäisen kiipeilyn jälkeen oikealla 28,6 % ja vasemmalla kädellä 29,3 % ($P=0.034$). Vastaavat luvut toisen kiipeilyosion jälkeen olivat O: 28,2 % ($P=0.01$) ja V: 28,1 % ($p=0.004$). 20 min lepoaika ensimmäisen kiipeilyn jälkeen ei selkeästi ollut riittävä voimatasojen palautumiseksi, vaan pudotusta oli molemmilla käsillä tilastollisesti merkitsevästi (O: $p=0.022$ & V: $p=0.014$) F1-F3 välillä - siten toiseen kiipeilyyn lähdettiin selkeästi huonommista asetelmista puristusvoiman

suhteen. Pudotusta voimassa juuri ennen toisen kiipeilyn starttiin verrattuna (F3-F4) olikin enää vain n. 10 % (O: 10,6 % ja V: 9,9 %) ja tämä suhteellisesti pienempi voiman pudotus johtuu siis jo valmiiksi alentuneesta lähtötasosta. Loppumittauksissa pudotusta alkumaksimiin verrattuna oli enää O: 21,2 % (p= 0.007) ja V: 18,7 % (p= 0.003). F3 ja F5 tuloksilla ei kuitenkaan ollut keskinäisessä vertailussa tilastollista eroa kummassakaan kädessä. Kirjallisuudesta löytyy hyvin vastaavia tuloksia puristusvoiman ja -kestävyyden kehityksessä sekä palautumisessa uuvuttavan kiipeilyn jälkeen. Watts (1996) raportoi puristusvoimakestävyyden säilyneen merkitsevästi alentuneena vielä 20 min levon jälkeen. Voimaerot käsien välillä säilyivät läpi testipatterin hyvin samanlaisena; dominoiva käsi oli muutaman kilon vahvempi lähes kaikilla ajanhetkillä, mutta eroilla ei ollut tilastollista merkitsevyyttä eli uupumus vaikutti molempiin käsiin yhtäläisesti.

Heikoimmin lajitestissä suoriutuneilla koehenkilöillä (4&5) maksimaalinen puristusvoima suhteessa kehonpainoon oli alle 90 %, kun se (yhtä lukuun ottamatta) oli muilla päälle 90%. Kiipeilytestien lyhyt kesto ko. koehenkilöillä (molemmat kierrokset < 4 min) näkyi siten, että heillä oli pudotusta voimatasoissa vähemmän kuin keskimäärin ryhmätasolla sekä he palautuivat lepojaksen aikana lähemmäs lähtötasoaan kuin muut. Ottaen huomioon tulokset kaikissa mitatuissa muuttujissa (syke, laktaatti ja voima), on silti hyvin todennäköistä, että tipahtaminen reitiltä on ko. koehenkilöillä tapahtunut ennemminkin taidollisten rajoitteiden vuoksi eikä niinkään fyysisten ominaisuuksien ohjaamana.

RPE. Koehenkilöt arvioivat omaa kuormitustaan ensimmäisen kiipeilykierroksen jälkeen rasittavaksi, koska RPE oli 16 (0,9). Ehkä hieman yllättäen toinen kierros koettiin subjektiivisesti hieman helpommaksi, eli RPE oli 14 (1,5). On erikoista, että koehenkilöt kokivat olotilansa vähemmän rasittuneeksi, vaikka tuloksista on kuitenkin selkeästi tulkittavissa, että fysiologisesti palautuminen on ollut puutteellisella tasolla toiselle kiipeilykierrokselle lähettäessä. Mahdollisesti kokemukseen rasittuneisuudesta vaikuttaa se, että toisella kierroksella fysiologiset rajoitukset lyhensivät suoritusta niin paljon, että se subjektiivisena kokemuksena ei vastannut ensimmäisen kierroksen äärimmäistä uupumusta. Elimistöstä ei enää saatu samoja tehoja irti ja kokemus jäi siksi ”helpomman tuntuiseksi”.

Kehitettävää. Käytössä ollut tutkimusprotokolla oli suunniteltu tietoisesti varsin pelkistetyksi, jotta se laajuudeltaan sopisi kandidaatin tutkielmaksi. Lisätutkimuksen kohteita löytyisi aihe-

piiristä paljonkin. Näin jälkikäteen ajateltuna tähänkin tutkimukseen olisi tosin voinut antropometrisia muuttujia sisällyttää pienellä vaivalla ehkä hieman enemmän (mm. raajojen ja selän pituussuhteet sekä lantion liikkuvuus) ja lisäksi sykkeelle olisi ehdottomasti pitänyt mitata maksimitulos myös laboratorio-olosuhteissa – tuloksille olisi tullut siten hieman enemmän vertailupintaa. Palautumisen mekanismien seurannassa sykevälivaihtelu olisi tuonut myös mielekästä lisätietoa: miten hermostollinen tasapaino reagoisi käytössä olleeseen testimuotoon ja lepoon.

Itselle kuitenkin mielenkiintoisin lisätutkimuksen kohde olisi ollut lihasaktiivisuuden tutkiminen; mitkä lihakset todellisuudessa tekevät työtä ja missä määrin? Miten lihasten aktivaatio muuttuu staattisen ja dynaamisen lihastyön vaihdellessa ja mitä vaatimuksia se luo lihasten mekaanisille/neuraalisille ominaisuuksille? Pystytäänkö hyvällä tekniikalla ohjaamaan lihastyön osuutta isommille lihasryhmille? Miten kulman kallistus vaikuttaa kuormitustasoon lihasten aktivaatitasolla? Nämä em. biomekaaniset muuttujat olisivat menneet ohi liikuntafysiologian tutkimuksen painopisteistä ja lisäksi aineiston ja menetelmien laajuus olisi paisunut liian laajaksi ko. projektiin.

Johtopäätös. Tämän tutkimuksen mittausasetelma onnistui tuottamaan käsivarsien lihaksistolle maksimaalisen lajinomaisen kuormitustilan. Syklinen seinäkiipeily ilman taukoja negatiivisesti kaltevalla reitillä vähensi merkitsevästi molempien käsien puristusvoimaa, nosti sykkeen lähelle maksimaalista tasoa sekä aiheutti tilastollisesti erittäin merkitsevän nousun laktaatissa. 20 min passiivinen lepo ei ollut riittävä voimatasojen palautumiselle, vaan puristusvoima jäi merkittävästi alentuneelle tasolle. Uupumustila näkyi toisen kiipeilytestiosion puolta lyhyempänä suoritusaikana. Lisätutkimuksen kohteita löytyy paljon sekä fysiologisen että biomekaanisen tarkastelun kautta.

LÄHTEET

- Arasola R., Degerma P., Keskinen K. 1997. Seinäkiipeily; kiipeilyn taito. Löytöretki oy. IMDL oy, Turku. (1997)
- Billat V., Palleja P., Charlaix T., Rizzardo P., Janel N. 1995. Energy specificity of rock climbing and aerobic capacity in competitive sport climbers. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. (1995) 35: 20-24
- Booth J., Marino F., Hill C., Gwinn T. 1999. Energy cost of sport rock climbing in elite performers. *British Journal of Sports Medicine*. (1999) 33:14-18
- Guyton A. & Hall J. 2000. *Textbook of medical physiology*, 10 painos. W. B Saunders
- Grant S., Shields C., Fitzpatrick V., Ming Loh W., Whitaker A., Watt I. & Kay J. 2003. Climbing-specific finger endurance: a comparative study of intermediate rock climbers, rowers and aerobically trained individuals. *Journal of Sports Sciences* (2003) 21:621-30
- Koukoubis T., Cooper L., Glisson R., et al. 1995 An electromyographic study of arm muscles during climbing. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* (1995) 3: 124-4
- Käyhkö, J. 2002. *Kiipeily; harjoittelu ja valmennus*. Suomen Kiipeilyliitto ry. Tammer-Paino oy, Tampere. (2002)
- Mermier C., Janot J., Parker D., Swan J. 2000. Physiological and anthropometric determinants of sport climbing performance. *British Journal of Sports Medicine*. (2000) 34:359-66
- Sheel A. 2004. Physiology of sport rock climbing, review. *British Journal of Sports Medicine*. (2004) 38:355-59
- Sheel A., Seddon N., Knight A., McKenzie D. & Warburton D. 2002. Physiological responses to indoor rock-climbing and their relationship to maximal cycle ergometry. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2003; 35:1225-31

Suomen Kiipeilyliiton kotisivut. <http://www.climbing.fi/>, luettu 31.1.2006

Watts P. 2003. Physiology of difficult rock climbing, review. *European Journal of Applied Physiology*. 2004; 91:361-72

Watts P., Daggett P., Gallagher B. & Wilkins B. 1999. Metabolic response during sport rock climbing and the effects of active versus passive recovery. *International Journal of Sports Medicine*. 2000; 21: 185-90

Watts P. & Drobish K. 1998. Physiological responses to simulated rock climbing at different angels. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. (1998) 30(7):1118-22

Watts, P., Newbury V., Sulentic, J. 1996. Acute changes in handgrip strength, endurance and blood lactate with sustained sport rock climbing. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. (1996) 36:255-60

LIITTEET

- Liite 1 Koehenkilön tiedote ja suostumuslomake
- Liite 2 RPE-taulukko
- Liite 3 Kiipeilytestin mittausprotokolla

"Kuormittavan seinäkiipeilyosuorituksen vaikutus käsien maksimaaliseen puristusvoimaan, laktaattiin, sykkeeseen ja suorituksesta palautumiseen"
 - Tiedote tutkittavalle ja suostumus tutkimukseen osallistumisesta

Vastullinen tutkija:

Sini Eskola, liik. yo
 Jyväskylän yliopisto
 Liikuntabiologian laitos
sini.eskola@cc.jyu.fi
 p. 0405117695
 Puistokatu 25 A 19

Opinnäytteen ohjaaja:

Antti Mero, erikoistutkija
 Jyväskylän yliopisto
 Liikuntabiologian laitos
antti.mero@sport.jyu.fi
 p. (014) 2602077 tai 040 5408704
 Rautpohjankatu 8

Tutkimus tehdään Jyväskylän yliopiston liikuntabiologian laitokselle. Tuloksia tullaan käyttämään Sini Eskolan liikuntafysiologian kandidaatin tutkielmaan ja valmis työ esitetään seminaarissa keväällä 2006. Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää kuormittavan kiipeilyn akuutteja vaikutuksia käsien puristusvoimaan, vereen kertyvään laktaattiin ja sykkeeseen. Toisena tavoitteena on selvittää palautumisen mekanismeja sekä nopeutta. Tutkimuskertoja on kaksi ja niihin sisältyvät seuraavat mittausmenetelmät:

1. Laboratoriomittaukset Vivecalla (liikuntabiologian laitoksen laboratoriorakennus Hippoksella) pituus, paino, rasvaprosentti ja laskimoverinäyte, josta määritetään hemoglobiini, hematokriitti ja kolesteroli
 liikuntabiologian laitoksen erikoislaboratoriomestari ottaa verinäytteen aamumittauksena koe- henkilön ollessa paastotilassa

2. Kiipeilytesti Hutungissa

molempien käsien puristusvoima toistomittauksina
 veren laktaattipitoisuus sormenpäästä (yhteensä korkeintaan 7 verinäytettä)
 kiipeily yläköysivarmistuksella uupumukseen asti kahteen kertaan 20 min lepo-
 tauolla sykettä taltioidaan koko mittauksen ajan

Aikaa laboratoriomittauksiin kuluu n. 30 minuuttia ja kiipeilytestiin 2 h.

Vastuullinen tutkija vastaa manuaalisen ja sähköisen tutkimusaineiston turvallisesta säilyttämisestä.

Tutkittava saa henkilökohtaista tietoa kehonkoostumuksestaan, käsien puristusvoimasta sekä fysiologisista muuttujista (syketaso ja laktaatin kertyminen kiipeilyn aikana). Kiipeilyn kuormitusmallin (toistuvia isometrisia lihassupistuksia) seurauksena lihaksiin syntyy mikroaurioita ja tulehduksen kaltainen tila, joka aiheuttaa mahdollisesti lievää kivun tunnetta testiä seuraavina päivinä. Koehenkilöitä ei ole vakuutettu liikuntabiologian laitoksen toimesta ja sen vuoksi on suositeltavaa, että koehenkilöt ottavat itselleen vakuutuksen, joka kattaa kiipeilyharrastuksen tapaturmat. Hutunki vakuuttaa kiipeilytilan, mutta toiminnasta ja omista välineistä vastaa jokainen tutkittava itse. Tapaturmien (haavat, venähdykset ja revähdykset) välittömään ensiapuun mittauksissa on varauduttu.

Osallistuminen tutkimukseen on täysin vapaaehtoista. Tutkittavilla on oikeus kieltäytyä mittauksista ja keskeyttää testit ilman, että siitä aiheutuu mitään seuraamuksia. Tutkimuksen järjestelyt ja tulosten raportointi ovat luottamuksellisia ja henkilökohtaiset tiedot tulevat ainoastaan tutkijan ja tutkittavan käyttöön. Tutkimustuloksista tehdään mahdollisesti artikkeli Suomen Kiipeilyliitto ry:n jäsenlehteen. *Tutkittavilla on oikeus saada lisätietoa tutkimukseen liittyvistä asioista missä vaiheessa tahansa.*

Olen perehtynyt tämän tutkimuksen tarkoitukseen ja sisältöön, tutkittavalle aiheutuviin mahdollisiin haittoihin sekä tutkittavien oikeuksiin ja vakuutusturvaan. Suostun osallistumaan mittauksiin ja toimenpiteisiin annettujen ohjeiden mukaisesti. En osallistu mittauksiin flunssaisena, kuumeisena, toipilaana tai muuten huonovointisena. Voin halutessani peruuttaa tai keskeyttää osallistumiseni tai kieltäytyä mittauksista missä vaiheessa tahansa. Tutkimustuloksiani saa käyttää tieteelliseen raportointiin sellaisessa muodossa, jossa yksittäistä tutkittavaa ei voi tunnistaa.

Päiväys

Tutkittavan allekirjoitus

Päiväys

Tutkijan allekirjoitus

RPE-TAULUKKO

Miltä rasitus tuntuu nyt?

6

7 erittäin kevyt

8

9 hyvin kevyt

10

11 kevyt

12

13 hieman rasittava

14

15 rasittava

16

17 hyvin rasittava

18

19 erittäin rasittava

20

Kiipeilytestin mittausprotokolla ja aikataulu

Lepolaktaatti (La0)

LÄMMITTELY 10 min

Puristusvoima (F1)

Laktaatti (La1)

Syke (Lepo0)

KIPEILY1 (aika, kierrosluku ja max syke)

| | | | |
|----------|--------------------|---|-----------|
| L | RPE | } | 1-5 min |
| E | Laktaatti (La2) | | |
| P | Puristusvoima (F2) | | |
| O | *** | } | 15-19 min |
| | Puristusvoima (F3) | | |
| | Laktaatti (La3) | | |
| | Syke (Lepo1) | | 20 min |

KIPEILY2 (aika, kierrosluku ja max syke)

| | | | |
|----------|-------------------------------------|---|-----------|
| L | RPE | } | 1-5 min |
| E | Laktaatti (La4) | | |
| P | Puristusvoima (F4) | | |
| P | Laktaatti (La5) | | 5 min |
| O | [Laktaatti (La6), VAIN jos La5>La4] | } | 15-19 min |
| | *** | | |
| | Puristusvoima (F5) | | |
| | Laktaatti (La7) | | 20 min |
| | Syke (Lepo2) | | 20 min |