

UNI RASKAAN MYÖHÄISILLAN LIIKUNTARASITUKSEN JÄLKEEN – ONKO KUNTOTASOLLA MERKITYSTÄ?

Laura Hokka

Valmennus- ja testausopin

Kandidaatintutkielma

Kevät 2008

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän yliopisto

Työn ohjaajat: Heikki Kyröläinen,

Tero Myllymäki

TIIVISTELMÄ

Laura Hokka (2008). Uni raskaan myöhäisillan liikuntarasituksen jälkeen – onko kuntotasolla merkitystä? Valmennus- ja testausopin kandidaatintutkielma. Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto, 38 s.

Uni on tärkeää ihmisen terveydelle ja hyvinvoinnille. Uneen vaikuttaa mm. päivän aikaisen fyysisen rasituksen määrä. Fyysisen rasituksen vaikutukset yöuneen riippuvat rasituksen kestosta, intensiteetistä sekä ajankohdasta. Fyysisen kuormituksen lisääntymisen ja syvän unen (SWS-unen) suhteellisen määrän kasvulla on todettu olevan yhteys. Kuntotason nousun ja syvän unen suhteellisen määrän lisääntymisellä on raportoitu olevan yhteyttä. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kuinka myöhään illalla suoritettu kova rasitus vaikuttaa unen rakenteeseen. Tutkimuksessa selvitetään myös onko kuntotasolla ($VO_2\max$) vaikutusta unen rakenteeseen normaaliyönä ja raskaan myöhäisillan rasituksen jälkeisenä yönä. Myöhäisillan rasittavalla liikuntasuorituksella ei ollut vaikutusta nukahtamisviiveeseen eikä NREM- tai SWS-unen suhteellisiin määriin. Liikuntarasituksen merkitsevä vaikutus ilmeni NREM-unen suhteellisen määrän muutoksen ja $VO_2\max$:in välillä ($r = 0.97$, $p < 0.001$). Fyysisen suorituskyvyn ja NREM- tai SWS-unen suhteellisen määrän välille ei löytynyt merkitsevää yhteyttä. Iän ja SWS-unen määrällä kontrolliyönä oli merkitsevä yhteys ($r = -0.77$, $p < 0.05$). Ikä vaikutti merkitsevästi myös siihen kuinka SWS-unen suhteellinen määrä muuttui liikuntarasituksen vaikutuksesta ($r = 0.82$, $p < 0.05$). Liikuntarasituksen jälkeisenä yönä nukahtamisviiveen ja SWS-unen suhteellisen määrän välillä havaittiin merkitsevyys ($r = -0.76$, $p > 0.05$). Mitä nopeammin koehenkilö nukahti, sitä suurempi osuus hänen yöunestaan oli SWS-unta. Myös liikuntayön nukahtamisviiveen sekä NREM-unen suhteellisen määrän välillä oli merkitsevä korrelaatio ($r = -0.82$, $p < 0.05$). Kovalla myöhäisillan liikuntasuorituksella on yksilötasolla vaikutusta unen rakenteeseen ja vaikutuksen suunta riippuu kuntotasosta. Hyväkuntoiset pystyvät todennäköisesti rasittamaan itseään enemmän, mikä näkyy SWS-unen määrän lisääntymisenä. Tulokset voi tulkita myös siten, että hyväkuntoiset palautuivat nopeammin rasituksesta. Huonokuntoisimmilla kova myöhäisillan rasitus vähentää SWS-unen määrää. Kova rasitus muuttaa huonokuntoisilla unta kevyemmäksi ja näin ollen saattaa viivästyttää palautumista.

Avainsanat: uni, unen rakenne, kuntotaso, rasitus, myöhäisilta, nukahtamisviive

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO.....	4
2 UNI.....	5
2.1 Eri unityypit	5
2.2 Uniluokitus	7
2.3 Normaali uni	10
3 MAKSIMAALINEN HAPENOTTOKYKY	12
3.1 Maksimaaliseen hapenottokyyyn vaikuttavia tekijöitä	13
3.1.1 Hengitys- ja verenkiertoelimistön hapen kuljetuskyky	13
3.1.2 Lihasten kyky käyttää happea energiantuottoon	14
3.2 Kuntotason määrittely maksimaalisen hapenottokyvyn testin avulla	15
4 UNEEN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ	16
4.1 Rasituksen vaikutus uneen.....	16
4.2 Kuntotason vaikutus uneen.....	17
5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS, TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESIT	18
6 TUTKIMUSMENETELMÄT	19
6.1 Koehenkilöt.....	19
6.2 Tutkimusasetelma	19
6.3 Tutkimuksessa suoritettut mittaukset	20
6.4 Tilastollinen analyysi	22
7 TULOKSET	23
8 POHDINTA.....	29
LÄHTEET	33
LIITTEET.....	36

1 JOHDANTO

Uni kuuluu tärkeänä osana ihmisen jokapäiväiseen elämään. Unen häiriintymisellä on todettu olevan monia merkittäviä vaikutuksia, kuten sairastelun määrän lisääntymistä. (Åkerstedt & Nilsson 2003.) Erilaisia uneen vaikuttavia tekijöitä on tutkittu laajasti. Tutkijoita on kiinnostanut mm. kuinka eri sairaudet, lääkitys, valon määrä tai erilaiset ilmasto-olosuhteet vaikuttavat uneen. Myös rasituksen ja harjoittelun vaikutuksia uneen on tutkittu melko laajasti.

Ihmisten kiireinen aikataulu aiheuttaa joskus sen, että liikuntaa joudutaan suorittamaan myöhään illalla. Myös monien joukkuelajien harjoitusvuorot voivat alkaa hyvinkin myöhään illalla. Tutkijoiden enemmistön mukaan päivällä tapahtunut rasitus edistää nukkumista ja myöhään illalla tapahtunut rasitus häiritsee unta. (Youngstedt ym. 1997). Suurimmassa osassa tutkimuksia on todettu että syvän unen määrä lisääntyy rasituksen vaikutuksesta ja viitteitä on löydetty myös siitä että hyväkuntoiset ihmiset nukkuisivat enemmän syvää unta verrattuna huonompikuntoisiin. (Taylor ym. 1997, Savis 1994). Myöhään illalla tapahtuvan rasituksen vaikutuksia unen rakenteeseen on tutkittu vähän.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää minkälaisia vaikutuksia myöhään illalla suoritetulla raskaalla liikuntasuorituksella on yöunen rakenteeseen. Lisäksi tässä tutkimuksessa selvitetään onko kuntotasolla vaikutusta unen rakenteeseen normaaliyönä tai kovan myöhäisillan rasituksen jälkeisenä yönä.

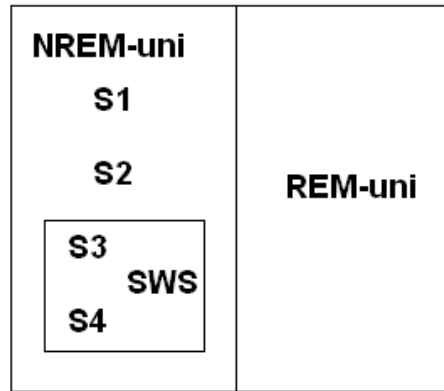
2 UNI

Unta pidetään tutkijoiden keskuudessa yleisesti hyvin tärkeänä yksilön henkisen ja fysiologisen hyvinvoinnin ylläpitäjänä. Tutkijat eivät kuitenkaan ole päässeet täysin yksimielisyyteen siitä, kuinka uni meihin vaikuttaa. (Savis 1994.) Tutkijat ovat kuitenkin yleisesti samaa mieltä muutamista pääkohdista, jotka Savisin mukaan ovat: 1) uni on aktiivinen ja monivaiheinen kokemus nukkujalle, 2) unen laatuun ja määrään vaikuttavat monet eri tekijät ja 3) unen rakenne ja/tai tarve vaihtelevat suuresti eri yksilöillä.

Unen tehtävät ovat vasta hiljalleen selviämässä tutkijoille. Eniten tukea saaneet teoriat ovat että uni a) toimii palauttavana toimintona keholle ja aivoille lisäten virkeyden tunnetta ja hyvinvointia, sekä b) unella on tärkeä rooli keskushermoston muutoksissa, kuten muistin ja oppimisen kehittämisessä. (Zisapel 2007.)

2.1 Eri unityypit

Aikuisen unesta erotetaan kaksi eri unityyppiä: NREM-uni ja REM-uni (KUVA 1). NREM-uni jaetaan neljään eri vaiheeseen: vaihe 1 (stage 1, S1), vaihe 2 (stage 2, S2), vaihe 3 (stage 3, S3) sekä vaihe 4 (stage 4, S4). REM-uni on lyhenne englanninkielen termistä ”rapid eye movement”. Yksi REM-unessa ilmenevistä ilmiöistä onkin juuri nopeat silmänliikkeet, joita ei tavallisesti havaita muiden univaiheiden aikana. Muita univaiheita kutsutaan yleisesti termillä non-REM eli NREM. (Åkerstedt & Nilsson 2003.)



KUVA 1. Eri unityypit ja NREM-unen neljä eri vaihetta: S1, S2, S3 sekä S4.

NREM-uni. NREM-uni muodostuu neljästä eri univaiheesta, S1, S2, S3 ja S4:sta. Vaiheet S3 ja S4 tavallisesti yhdistetään niiden samankaltaisuuden vuoksi (KUVA 1). Univaiheita S3 ja S4 vaiheita nimitetään yleisesti monilla eri termeillä; hidasaaltouni (engl. Slow-wave sleep, SWS), hidas uni, syvä uni tai deltauni. (Zisapel 2007, Åkerstedt & Nilsson 2003.)

SWS-unen aikana autonomisen hermoston toiminta on tasaista, heräämiskynnys on korkea ja psyykkisten tapahtumien sanotaan usein olevan ”ajattelemisen kaltaista”. Unen palauttava ominaisuus yhdistetään useimmiten NREM-uneen ja erityisesti sen vaiheisiin S3 ja S4 (Kronholm 1993.)

REM-uni. REM-unen aikana autonominen säätelyjärjestelmä muuttuu epävakaaksi ja monia muutoksia ilmenee NREM-uneen verrattuna. Syke ja hengitysrytmi vaihtelevat, systolinen verenpaine voi kohota, kehon lämpötilan säätelyjärjestelmässä tapahtuu muutoksia ja aivojen hapenkulutus lisääntyy. REM-unen aikana nähdään myös eläviä, todentuntuksia unia. (Åkerstedt & Nilsson 2003, Kaartinen 1997.)

REM-unta on tutkijoiden keskuudessa tutkittu mielenkiinnolla ja tutkijat ovatkin esittäneet erilaisia teorioita REM-unen merkityksestä ihmiselle. Kronholmin (1993) tutkiessa aiempia REM-unen merkitykseen liittyviä tutkimuksia, hän löysi REM-unen tärkeyttä puolustavia teorioita: 1) REM-uni suojelee elämää estämällä syvän unen hermostoa inhiboivan vaikutuksen liiallisen syvenemisen, 2) aktiivinen REM-uni tarjoaa yksilön varhaiskehityksen alkuvaiheessa tärkeitä ärsykeitä kehittyvälle hermostolle. (Kronholm 1993.)

2.2 Uniluokitus

Savisin (1994) mukaan tutkijoiden keskuudessa elektroenkefalografian käyttöä pidetään yleisesti parhaana menetelmänä mitata unta ja sen eri tasoja. Elektroenkefalografialla (EEG) tarkoitetaan aivohermosolujoukkojen synkronisia kalvojännitteen muutoksia, jotka rekisteröidään solunulkoisessa tilassa, yleensä pään pinnalle asetettujen elektrodien välisenä jännite-erona. Kallonpinnalle kiinnitetään pintaelektrodeja, tai vaihtoehtoisesti EEG:n rekisteröinnissä voidaan käyttää apuna myös erityistä verkko-myyssyä, johon elektrodit on kiinnitetty valmiiksi. (Koivu ym. 2006, 65)

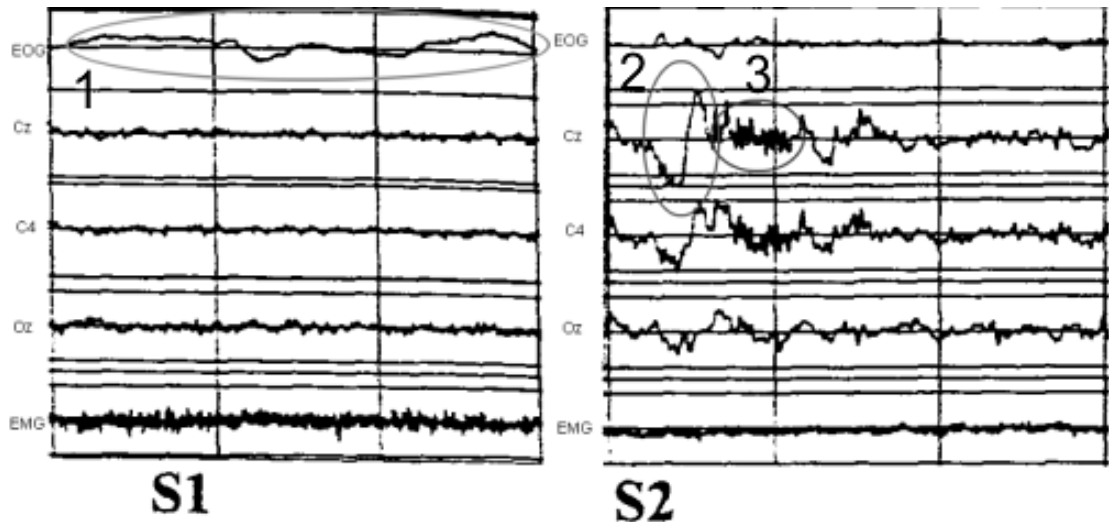
EEG:ssä näkyvä spontaani toiminta syntyy valtaosin isoaivokuorella. EEG-aallot heijastavat synkronisia postsynaptisia potentiaaleja. Spontaani sähkötoiminta koostuu eritaajuisista jänniteheilahteluista. Ne on perinteisesti jaettu taajuuskaistoihin, joille on annetut nimet delta (alle 4 Hz), theta (4-8 Hz), alfa (8-13 Hz) ja beeta (yli 13 Hz). (Huttunen ym. 2006, 55-57)

Nukkujan siirtyessä valvetilasta uneen EEG:ssä näkyy runsaasti erilaisia lyhytkestoisia ja pitempään jatkuvia ilmiöitä. Erilaisia ilmiöitä havaitaan myös itse unen aikana. Univaiheiden luokittelussa EEG:n lisäksi käytetään silmänliikkeiden (elektro-okulografia, EOG) ja lihasaktiivisuuden (elektromyografia, EMG) mittareita. (Tolonen & Lehtinen 2006, 122)

Univaihe S1. Vaihe S1, eli ns. torkeuni, on aikuisen ihmisen nukahtaessa ensimmäinen kaikkiaan viidestä unen eri vaiheesta. Valvetilassa EEG:ssä voi havaita useita taajuusalueita sisältävää matala-amplitudista aktiivisuutta (KUVA 5). Siirryttäessä valvetilasta univaiheeseen S1, EEG hidastuu kohti taajuusalueita alfa (8-13 Hz) ja theta (4-8 Hz). Univaiheessa S1 elektro-okulografian (EOG) avulla voidaan tavallisesti havaita silmänliikkeiden hidastuneen ja muuttuneen ”vaelteleviksi”. EMG:stä (elektromyografiasta) voidaan vähitellen havaita lihastonuksen heikkenemistä (KUVA 2). (Åkerstedt & Nilsson 2003, Kronholm 1993.)

Vireystason lasku on univaiheista vaikein tulkittava ja jopa kokeneiden EEG-lääkäreiden välillä voi olla eroja tulkinnassa. Neurofysiologisesti vireyden lasku on

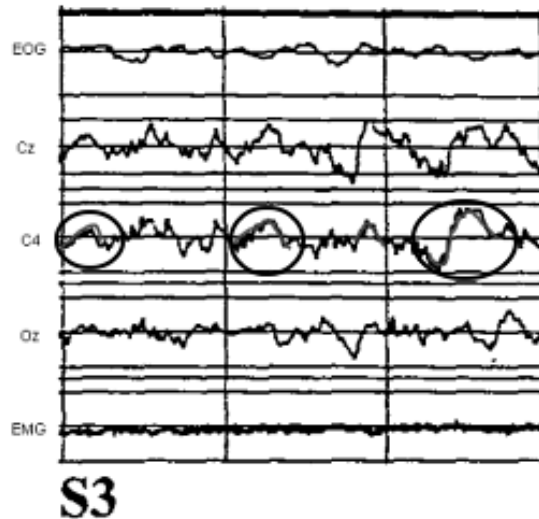
parhaiten määritettävissä hidastuvien silmänliikkeiden avulla. Alfarytmin amplitudin muuttuminen ja alfarytmin hidastuminen ovat vaiheen S1 tunnusmerkkejä EEG:ssä, mutta vireystilan lasku voi kuitenkin alkaa jo ennen alfarytmin häviämistä, sillä hitaita silmänliikkeitä nähdään alfarytmin aikana. (Tolonen & Lehtinen 2006, 123)



KUVA 2. Kuvassa vasemmalla univaihe S1 kuuden sekunnin ajalta. Vaiheen S1 unessa on havaittavissa hitaita silmänliikkeitä (kohta 1). Kuvassa oikealla univaihe S2 kuuden sekunnin ajalta. Vaiheen S2 unessa kuvan vasemmassa reunassa EEG:ssä näkyy K-kompleksi (kohta 2) ja unisukkula (kohta 3). (mukailtu Tolonen & Lehtinen 2006, 124.)

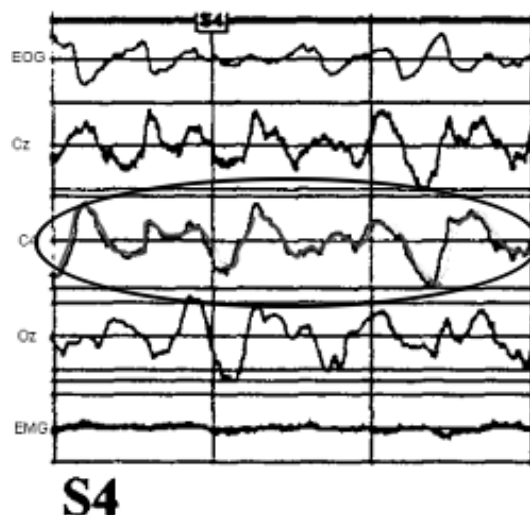
Univaihe S2. Vaiheen S2 unessa vallitsevana on melko matala-amplitudinen 0,75-4 Hz:n toiminta. Hidasta deltatoimintaa (alle 2 Hz, yli 75 μ V) on vain alle 20 %. EEG:stä voidaan havaita unisukkuloita, vertex-aaltoja ja K-komplekseja, jotka ovat erilaisia, yksittäisiä ja poikkeavia muutoksia EEG:ssä. (Åkerstedt & Nilsson 2003.) Hitaat, vaeltelevat silmän liikkeet ovat hävinneet ja lihastonus heikkenee edelleen (KUVA 2). (Kronholm 1993).

Univaihe S3. Vaiheen S3 unessa hitaan deltatoiminnan (alle 2 Hz, yli 75 μ V) osuus on 20-50%. Lisäksi aivosähkökäyrässä voidaan havaita K-komplekseja, eli jännitteen satunnaista vaihtelua negatiivisesta positiiviseen (KUVA 3). (Åkerstedt & Nilsson 2003.)



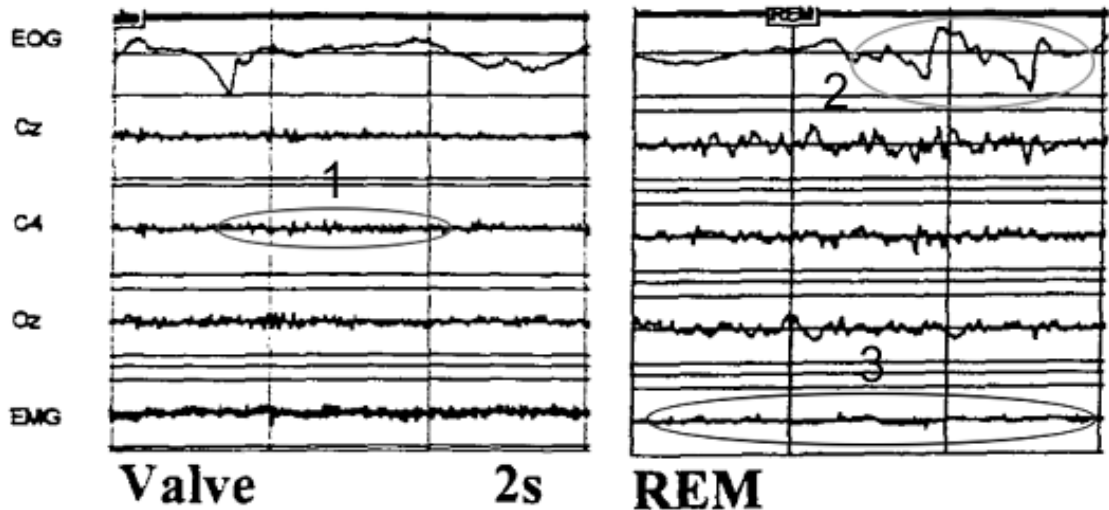
KUVA 3. Univaihe S3 kuuden sekunnin ajalta. EEG:stä (Cz, C4 ja Oz – kanavat) voidaan havaita lisääntyvä korkea deltatoiminta (kohdat ympyröity). (mukailtu Tolonen & Lehtinen 2006, 124).

Univaihe S4. Vaiheen S4 unessa hidas deltatoiminta (alle 2 Hz, yli 75 μV) vallitsee kauttaaltaan, ja sen määrä on yli 50% toiminnasta. Vaiheen S4 unta yhdessä vaiheen S3 kanssa kutsutaan yleisesti hyvin kuvaavasti hidasaaltouneksi (engl. Slow-wave sleep), sillä runsas hidas deltatoiminta näyttää monitoreilla aivan hitaasti kulkevilta aalloilta (KUVA 4). (Åkerstedt & Nilsson 2003.) Vaiheita S3 ja S4 nimitetään myös yhteisesti ns. deltauneksi. (Kronholm 1993).



KUVA 4. Univaihe S4 kuuden sekunnin ajalta. EEG:stä (Cz, C4 ja Oz – kanavat) voidaan havaita korkeaa deltatoimintaa (kuvassa ympyröitynä). (mukailtu Tolonen & Lehtinen 2006, 124).

REM-uni. REM-uni, ns. vilkeuni eroaa täysin muista univaiheista. (Kronholm 1993). REM-univaiheen tulkinnassa analysoidaan EEG:n, EOG:n sekä EMG:n rekisteröimiä muutoksia. REM-unelle on tyypillistä että EEG on melko vaimeaa ja sekarytmistä ja muistuttaa täten S1-univaiheen EEG:tä. EOG:ssa havaitaan satunnaisesti ryppäinä esiintyviä erisuuntaisia nopeita silmänliikkeitä. EMG:stä voidaan havaita että REM-unen aikana lihasaktiivisuus on minimissään (KUVA 5). (Åkerstedt & Nilsson 2003.)

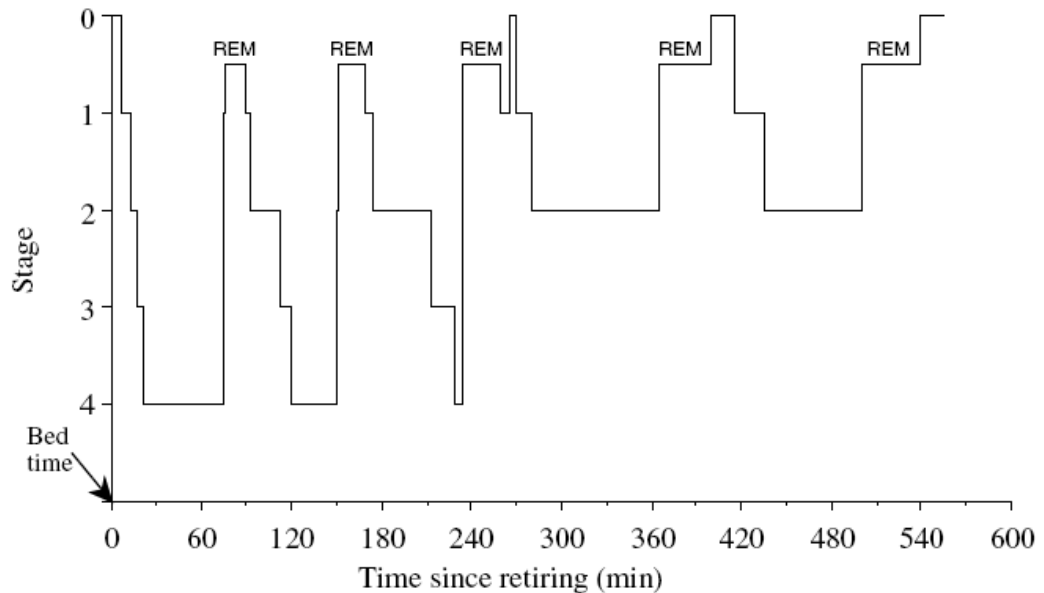


KUVA 5. Valvetila ja REM-uni kuuden sekunnin ajalta. Valveilla EEG:ssä (kanavat Cz, C4 ja Oz) on alfarytmi (kohta 1) ja silmänliikekanavalla (EOG) nähdään vielä räpäys. REM-univaiheessa EEG on nopeaa, EOG:ssä havaitaan nopeita silmänliikkeitä (kohta 2) ja lihastonus on huomattavasti pienentynyt EMG-kanavalla (kohta 3). (mukaeltu Tolonen & Lehtinen 2006, 124.)

2.3 Normaali uni

Normaaliin uneen sisältyvät kaikki unen viisi eri vaihetta (REM-uni, S1, S2, S3, sekä S4) ja normaalisti unen eri vaiheet seuraavat toisiaan jaksottaisesti tiettyssä järjestyksessä. (Åkerstedt & Nilsson 2003.) Normaaliunessa vajotaan valvetilasta syvimpään unen muotoon, eli vaiheeseen S4, noin 15–25 minuutissa. Normaalisti syvää unta kestää 30-50 minuuttia, jonka jälkeen seuraa lyhyt, noin 5-10 minuutin jakso REM-unta. Yhteensä yksi sykli kestää noin 90 minuuttia. (Zisapel 2007). Tämänkaltaisen univaiheiden syklinen vaihtelu toistuu normaalisti unen aikana kolmesta neljään kertaa.

Unen loppuvaiheilla sykli muuttuu siten, että syvän unen määrä vähenee ja REM-unen määrä lisääntyy. Normaalisti kahdesta viimeisestä syklistä puuttuvat vaiheet S3 ja S4 kokonaan. (Åkerstedt & Nilsson 2003). Yhteensä univaiheiden syklistä vaihtelua tapahtuu 90 minuutin jaksoissa 5-6 kertaa yön aikana. (Zisapel 2007). Normaalisti NREM-uni painottuu iltayöhön ja REM-uni aamuyöhön. (KUVA 6, Åkerstedt & Nilsson 2003).



KUVA 6. Hypnogrammi. Univaiheiden jaksottainen vaihtelu unen aikana. Univaiheet: 0=valvetila, 1=S1, 2=S2, 3=S3, 4=S4. REM-uni merkitty kuvaajaan erikseen. (Åkerstedt & Nilsson 2003).

3 MAKSIMAALINEN HAPENOTTOKYKY

Maksimaalinen hapenottokyky ($VO_2\max$) on yksi tärkeä maksimaaliseen aerobiseen suoritustehoon vaikuttavista tekijöistä. Hyvän maksimaalisen hapenottokyvyn omaava yksilö pystyy tavallisesti korkeaan aerobiseen suoritustehoon ja niinpä korkea $VO_2\max$ on tärkeä ominaisuus etenkin kestävyysurheilijoille (Jones & Carter 2000.)

Maksimaalinen hapenottokyky voidaan mitata epäsuoralla tai suoralla menetelmällä suorituksessa, jossa isot lihasryhmät tekevät työtä ja kuormitus kasvaa nousujohteisesti testin edetessä (KUVA 7). (Nummela ym. 2004, 51–113).

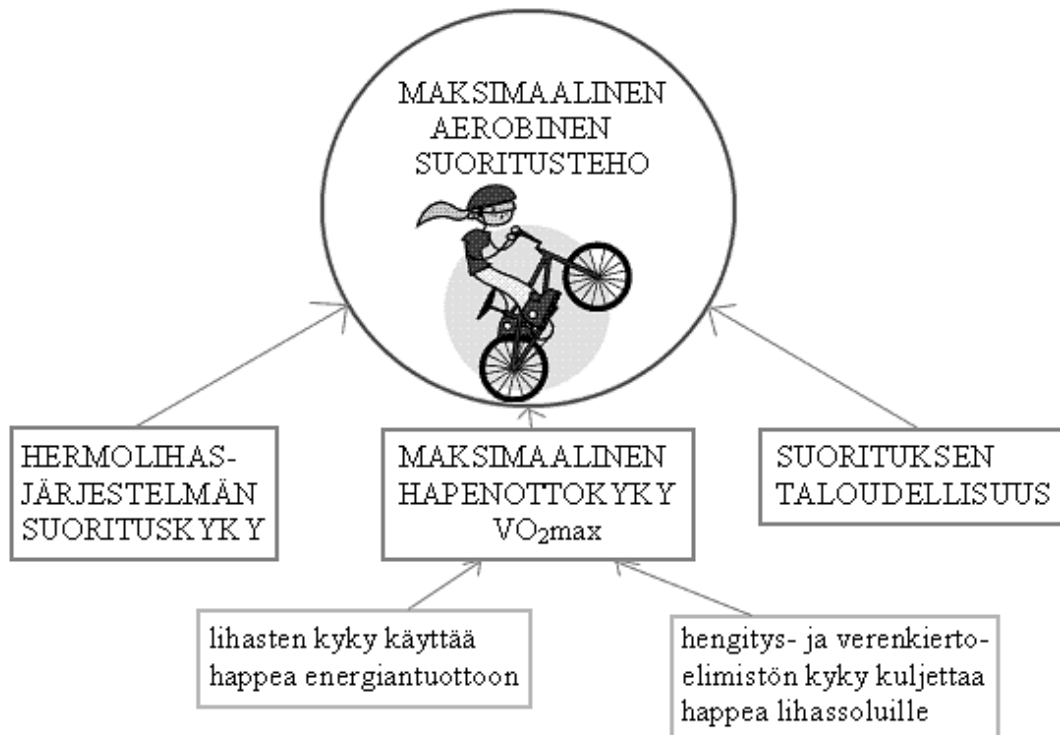


KUVA 7. Suora maksimaalisen hapenottokyvyn testi polkupyöräergometrillä. Testattavalla on hengitysteiden ympärillä maski, mikä on yhteydessä hengityskaasuanalysaattoriin.

Maksimaalisen hapenottokyvyn testin tulos ilmoitetaan yleensä hapen absoluuttisena tilavuutena minuutissa ($l \cdot \text{min}^{-1}$). Kehon painoon suhteutettu $VO_2\max$ ilmoitetaan muodossa $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. (Nummela ym. 2004, 53)

3.1 Maksimaaliseen hapenottokykyyn vaikuttavia tekijöitä

Maksimaaliseen hapenottokykyyn vaikuttavat useat tekijät, kuten ikä, sukupuoli ja suoritustapa. (McArdle ym. 2004, 163, 237, 460). Tässä työssä lähempään tarkasteluun otetaan kaksi vahvasti liikunta-aktiivisuuden yhteydessä olevaa fysiologista päätekijää: 1) hengitys- ja verenkiertoelimistön kyky kuljettaa happea lihassoluihin ja 2) lihasten kyky käyttää happea energiantuottoon (KUVA 8). (McArdle ym. 2004, 467–474).



KUVA 8. Maksimaaliseen aerobiseen suoritustehoon ja maksimaaliseen hapenottokykyyn vaikuttavia tekijöitä.

3.1.1 Hengitys- ja verenkiertoelimistön hapen kuljetuskyky

Hengitys- ja verenkiertoelimistön hapenkuljetuskyvyn parantuminen kehittää maksimaalista hapenottokykyä. (McArdle ym. 2004, 468-476). Kestävyysharjoittelun on raportoitu aiheuttavan muutoksia hengitys- ja verenkiertoelimistöön. (Jones & Carter 2000).

Sydämen toiminnan tehostuminen. Kestävyysharjoittelun seurauksena sydämen koko kasvaa. Normaaleja aerobisesta harjoittelusta seuraavia muutoksia ovat vasemman kammion seinämän paksuuntuminen sekä vasemman kammion tilavuuden suurentuminen. Mahdollisesti myös eteisten supistumiskyky saattaa kehittyä. Nämä adaptaatiot lisäävät sydämen kykyä pumpata enemmän verta lisäämällä kammiotilavuutta sekä sydänlihaksen vahvuutta. (McArdle ym., 468-473)

Verisuoniston kehittyminen. Harjoittelu parantaa verenkiertoa avaamalla hiusverisuonia ja lisäämällä niiden määrää. (Rico-Sanz, ym. 2003). Harjoittelu kasvattaa myös valtimoiden ja laskimoiden poikkipinta-alaa. (McArdle ym. 2004, 474).

3.1.2 Lihasten kyky käyttää happea energiantuottoon

Tutkimuksissa on todettu että harjoittelu parantaa lihassolujen kykyä tuottaa energiaa lisäämällä energiantuottoon osallistuvien entsyymien aktiivisuutta. (Rico-Sanz ym. 2006). Harjoittelu vaikuttaa lajispesifisti siten, että lajiharjoittelu kehittää hapenkäyttökykyä nimenomaan niissä lihaksissa ja niillä lihastyötavoilla, joilla harjoittelu pääosin suoritetaan. (McArdle ym. 2004, 460).

Oksidatiivinen kapasiteetti. Oksidatiivinen kapasiteetti kuvaa lihaksen kykyä käyttää happea. Oksidatiiviseen kapasiteettiin vaikuttavat oksidatiivisten entsyymien aktiivisuus, lihassolujakauma, sekä hapen saatavuus. Oksidatiivista kapasiteettia voidaan tutkia mm. mittaamalla mitokondrioiden määrää lihassoluissa, laskemalla mitokondrioiden kokoa mittaamalla niiden sisäkalvon pinta-alaa, sekä tutkimalla eri aerobisten energia-aineenvaihduntaentsyymien aktiivisuuksia. Tutkimuksissa on huomattu että oksidatiivinen kapasiteetti on suorassa suhteessa mitokondrioiden määrään lihaksessa. (Schwermann ym. 1989.) Harjoitetuissa lihaksissa on todettu olevan enemmän mitokondrioita ja/tai suurempia mitokondrioita kuin vähemmän aktiivisissa lihassoluissa (McArdle ym. 2004, 467).

3.2 Kuntotason määrittely maksimaalisen hapenottokyvyn testin avulla

Maksimaalisia hapenottokyvyn testejä voidaan tehdä suoralla tai epäsuoralla menetelmällä. Epäsuoriin menetelmiin liittyy epätarkkuutta, sillä maksimaalinen hapenottokyky arvioidaan. Useissa validointitutkimuksissa on todettu arvioidun ja mitatun VO_2max :in välisen korrelaation olevan 0.59-0.95. Korkeista korrelaatiokertoimista huolimatta epäsuorissa menetelmissä voi olla yksilötasolla suurta vaihtelua. (Keskinen ym. 2004, 81). Suorissa menetelmissä hapenottokyky mitataan testattavalta hengityskaasuanalysaattorin avulla. (Nummela ym. 2004, 64).

Tutkijat ovat keränneet aineistoja joihin on koottu keskiarvoistetusti tuloksia eri ikäluokkien ja sukupuolien maksimaalisesta hapenottokyvystä. Shvartz ja Reibold (1990) ovat kokoamansa aineiston mukaan koonneet seitsemänportaisen, 12 ikävuodesta 79 vuotiaisiin asti yltävän, aerobisen suorituskyvyn luokittelutaulukon (TAULUKKO 1). Taulukon perusteella on helppo verrata henkilön kuntotaso oman sukupuolen ja oman ikäluokan edustajiin.

TAULUKKO 1. Aerobisen suorituskyvyn (VO_2max) luokitus miehille ja naisille Shvartzin ja Reiboldin (1990) mukaan. (mukailtu Keskinen ym. 2004, 276). Lukuarvot $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.

NAISET:

Ikä	1	2	3	4	5	6	7
20-24	<27	27-31	32-36	37-41	42-46	47-51	>51
25-29	<26	26-30	31-35	36-40	41-44	45-49	>49

MIEHET:

Ikä	1	2	3	4	5	6	7
20-24	<32	32-37	38-43	44-50	51-56	57-62	>62
25-29	<31	31-35	36-42	43-48	49-53	54-59	>59

4 UNEEN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ

Unen laatuun ja määrään vaikuttavat monet eri tekijät (Savis 1994). Rasitus vaikuttaa uneen eri tavoin riippuen siitä kuinka rasittavaa kuormitus on ja milloin kuormitus tapahtuu. (Youngstedt ym. 1997). Tässä tutkimuksessa keskitytään rasituksen ja kuntotason mahdollisiin vaikutuksiin.

4.1 Rasituksen vaikutus uneen

Rasituksen ajankohdan vaikutus. Rasituksen ajankohdalla on raportoitu olevan erilaisia vaikutuksia uneen. Youngstedt ym. (1997) raportoi että aiemmissa tutkimuksissa on havaittu aikaisin aamulla suoritettulla rasituksella olevan hyvin vähäinen vaikutus uneen. Myöhäisen iltapäivän harjoituksen on raportoitu edistävän unta ja myöhäisillan rasituksen estävän unen saantia. Youngstedt ym. (1997) löysivät omassa tutkimuksessaan samansuuntaisia tuloksia ja totesivat harjoituksen ajankohdan ja harjoituksen keston ovat eniten uneen vaikuttavia tekijöitä.

Rasituksen kuormittavuuden vaikutus. Taylor ym. (1997) huomasivat ettei nukahtamisviiveessä (nukkumaanmenon ja univaiheen S1 saavuttamisen välinen ajanjakso) ollut eroja naisuimareilla kilpailukauden eri vaiheiden aikana. Tutkijat eivät myöskään löytäneet muutoksia unen kokonaiskestossa tai REM-unen kestossa kauden eri vaiheiden aikana. Kiinnostavana tuloksena tutkijat kuitenkin huomasivat että syvä uni (SWS) muodosti koehenkilöillä hyvin suuren prosenttiosuuden kokonaisunesta kilpailukauden alussa (26 %) sekä harjoittelun rasittavimman jakson aikana (31 %), ja että syvän unen suhteellinen osuus vähentyi merkitsevästi siirtymäkauden aikana ($p < 0.05$). Tutkijoiden tulkinnan mukaan tulokset puoltavat aiemmin esitettyjä teorioita siitä, että univaiheista syvä uni (SWS) on fysiologisesti palauttavaa. Tutkijat esittävät lisäksi omien tulostensa sekä aiempien tutkimusten perusteella, että mitä suurempi fyysinen rasitus, sitä suurempi on myös tarve syvälle unelle. (Taylor ym. 1997.)

4.2 Kuntotason vaikutus uneen

Walker ym. (1978) raportoivat juoksijoiden ryhmän, sekä juoksua harrastamattomien ryhmien välillä eroja NREM-unen määrässä. Kestävyysjuoksijoiden ryhmän unesta merkitsevästi suurempi osuus oli NREM-unta. Kestävyysjuoksijoilla todettiin myös absoluuttisesti enemmän NREM-unta verrattessa juoksemattomien ryhmään. Juoksijoiden NREM-unen määrä oli suurempi harjoittelujakson sekä harjoittelutauon aikana ja tutkijat esittävät tämän eron liittyvän henkilön kuntotason. (Walker ym. 1978.)

Driver ym. (1998) havaitsivat tutkimuksessaan tuloksia kuntotason parantumisen ja unen rakenteen muutoksen välillä. Tutkijaryhmän tutkimuksessa ryhmä harjoittelemattomia naisia jaettiin kahteen ryhmään, joista toinen suoritti harjoitusjakson ja toinen jatkoi inaktiivista eloaan. Niillä naisilla jotka suorittivat harjoitusohjelman loppuun, syvän unen määrään tuli merkitsevä lisäys, verrattessa harjoittelemattomien kontrolliryhmään. (Driver ym. 1998)

Savis (1994) teki tutkimusartikkelissaan yhteenvetoa aiemmista uneen ja kuntotason liittyvistä tutkimuksista ja huomasi että tutkijat ovat saaneet tuloksia jotka puoltavat hyvän kuntotason ja syvän unen välistä yhteyttä. Tutkimuksissa oli Savisin mukaan selvinnyt että hyväkuntoiset koehenkilöt nukkuivat enemmän syvää unta kuin satunnaisesti valitut normaalin väestön edustajat. Savis huomautti myös että hyväkuntoiset ja aktiivisesti liikkuvat nukkuivat enemmän syvää unta myös niinä öinä, jolloin edeltävään päivään ei sisältynyt fyysistä rasitusta. (Savis 1994)

Youngstedt ym. (1997) raportoivat, että kuntotason vaikutus uneen perustuu parempikuntoisten nopeampaan palautumiseen rasituksesta. Kuntotaso voi myös vaikuttaa uneen siten, että parempikuntoiset pystyvät suorittamaan raskaamman ja pidemmän kuormituksen kuin huonokuntoiset. He eivät kuitenkaan havainneet kuntotason vaikuttavan uneen merkitsevästi. (Youngstedt ym. 1997.)

Yksittäisen harjoituksen jälkeen harjoittelemattomilla saattaa esiintyä SWS-unen määrän kasvua unen alkuvaiheessa. Harjoitelleilla SWS-unen määrän on todettu lisääntyvän koko yönunen aikana. (Horne 1981)

5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS, TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESIT

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää myöhään illalla suoritettua raskaan liikuntasuorituksen vaikutuksia yön rakenteeseen. Tutkimuksessa tutkitaan myös kuntotason vaikutuksia yön rakenteeseen sekä normaalitilassa että kovan myöhäisillan liikuntasuorituksen jälkeisenä yönä.

Tutkimusongelma 1: Vaikuttaako myöhäisillan rasittava liikuntasuoritus uneen?

Hypoteesi 1: Myöhäisillan rasittava urheilusuoritus lisää nukahtamisviivettä (Youngstedt ym. 1997).

Tutkimusongelma 2: Vaikuttaako kuntotaso siihen miten myöhäisillan rasittava urheilusuoritus vaikuttaa uneen?

Hypoteesi 2: Kuntotasolla on yhteys myöhäisillan rasituksen aiheuttamiin muutoksiin unen rakenteessa. Rasittava liikuntasuoritus kuormittaa enemmän huonokuntoisia, joten heidän syvän unen määränsä lisääntyy. Unen palauttava ominaisuus yhdistetään useimmiten NREM-uneen ja erityisesti sen vaiheisiin S3 ja S4 (Kronholm 1993). Hyväkuntoiset palautuvat nopeammin rasituksesta. Toisaalta hyväkuntoiset pystyvät suorittamaan raskaamman ja pidemmän kuormituksen kuin huonokuntoiset. (Youngstedt ym. 1997.)

Tutkimusongelma 3: Onko fyysisellä kunnolla ja NREM- tai SWS-unen määrällä yhteyttä?

Hypoteesi 3: Fyysisen kunnan ja NREM- sekä SWS-unen määrän välillä on yhteys. Hyväkuntoiset nukkuvat enemmän NREM- sekä SWS-unta kuin huonokuntoiset (Walker ym. 1978, Savi 1994).

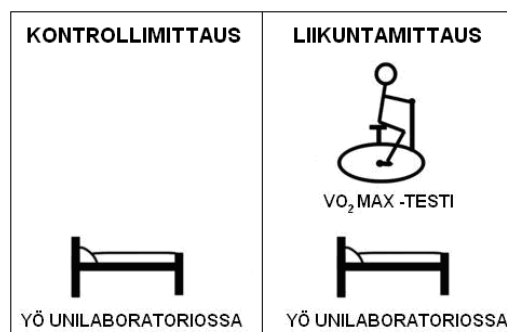
6 TUTKIMUSMENETELMÄT

6.1 Koehenkilöt

Koehenkilöiksi valittiin kahdeksan tervettä 25 ± 4 vuotiasta koehenkilöä. Koehenkilöistä neljä oli naisia ja neljä miehiä. Koehenkilöiden liikuntaharrastustausta oli hyvin heterogeeninen. Osa koehenkilöistä oli kilpaurheilijoita, osa kuntoilijoita ja osa hyvin vähän liikuntaa harrastaneita. Tutkimukseen valittiin koehenkilöiksi sellaisia ihmisiä, joilla ei ollut nukkumiseen tai maksimaaliseen hapenottokykyyn vaikuttavia sairauksia. Koehenkilöt antoivat ennen tutkimusten aloittamista kirjallisen suostumuksensa tutkimukseen osallistumisesta. Yhden koehenkilön liikuntayön mittaus katkesi 113,5 minuutiksi, joten osassa tuloksia $n = 7$.

6.2 Tutkimusasetelma

Koehenkilöt nukkuivat kaksi yötä Jyväskylän yliopiston psykologian laitoksen unilaboratoriossa. Toisena yönä unta tutkittiin normaalipäivän jälkeen (kontrollimittaus) ja toisena yönä mittaus aloitettiin 136 ± 21 min maksimaalisen hapenottokyvyn testin jälkeen (liikuntamittaus) (KUVA 9). Neljällä koehenkilöllä ensimmäinen nukkumiskerta laboratoriossa oli kontrollimittaus ja neljällä liikuntamittaus. Tutkimus suoritettiin yhteistyössä Jyväskylän yliopiston psykologian laitoksen kanssa.



KUVA 9. Tutkimusasetelma. Kontrollimittauksessa kerättiin tietoja koehenkilöiden unen rakenteesta. Liikuntamittauksessa kerättiin tietoja maksimaalisesta hapenottokyvystä sekä unen rakenteesta.

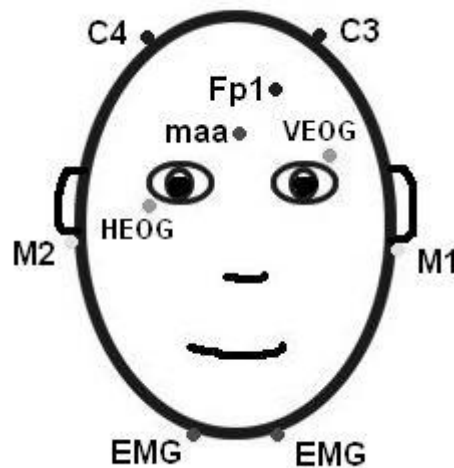
6.3 Tutkimuksessa suoritettut mittaukset

Alkukysely. Koehenkilöt vastasivat ennen mittauksia kirjallisesti kansainväliseen PAR-Q – kyselyyn (Physical Activity Readiness Questionnaire) (LIITE 1) sekä kyselyyn liikuntatottumuksistaan. Lisäksi koehenkilöt täyttivät Firstbeat Technologies –yrityksen taustatietolomakkeen, sekä antoivat kirjallisen suostumuksensa maksimaaliseen hapenottokyvyn testiin (LIITE 2).

Maksimaalinen hapenottokyvyn testi. Koehenkilön maksimaalinen hapenottokyky mitattiin suoralla maksimaalisella polkupyöräergometritestillä. Tavoitteena oli tehdä mahdollisimman pitkäkestoinen testi, joten kuormanostoksi valittiin 25 wattia. Aloituskuormaa valitessa otettiin huomioon koehenkilön sukupuoli ja liikuntaharrastuneisuus (LIITE 3). Alkuverryttelyn kesto oli kolme minuuttia ja yhden kuormaportaan kesto kolme minuuttia. Testiä jatkettiin nousujohteisesti ja yhtäjaksoisesti kunnes koehenkilö ilmoitti haluavansa lopettaa testin suorittamisen. Testissä käytettiin hengityskaasujen mittaamiseen ja analysointiin Sensor Medics Vmax 229 series – hengityskaasuanalysointia (Bilthoven, Hollanti) sekä Sensor Medics Vmax Program Manager – tietokoneohjelmaa. Testi suoritettiin Monark Ergonomic 839 E polkupyöräergometrillä (Vansbro, Ruotsi) ja pyörää ohjattiin Monark Analysis Software – tietokoneohjelmalla. Sykettä mitattiin Suunto T6 sykemittarilla ja rasituksen kuormittavuutta kysyttiin RPE-*taulukon* (Rate of Perceived Exertion) avulla. Kuormaportaiden lopussa otettiin laktaattinäytteitä sormenpäältä. Syke-, RPE- ja laktaattimittausten avulla varmistettiin että koehenkilö on suorittanut testin maksimaalisesti. Syke-, RPE- ja laktaattimittausten tuloksia käytettiin lisäksi apuna laadittaessa koehenkilöille henkilökohtaista testipalautetta.

Unilaboratoriossa suoritettut mittaukset. Koehenkilöt nukkuivat kaksi yötä Jyväskylän yliopiston psykologian laitoksen unilaboratoriossa. Koehenkilöt saivat valita oman nukkumaanmenoaikansa. Koehenkilöt nukkuivat erillisessä huoneessa 80cm leveässä sängyssä. Koehenkilöille kiinnitettiin ennen nukkumaanmenoa monopolaarisia pintaelektrodeja kallonpinnalle sekä kasvojen alueelle (KUVA 10). Kallonpinnan kuppielektrodit kiinnitettiin SLE collodion adhesive – liimalla. Kasvojen alueella käytettiin itsekiinnittyviä ABMU A/S:n AMBU – elektrodeja, joiden kiinnitys

varmistettiin teipillä. Kiinnityspaikat puhdistettiin desinfiointiaineella ja tarvittaessa käytettiin Omni Prep – kuorinta-ainetta. Elektrodeihin lisättiin sähköä johtavaa ABRALYT 2000 – elektrolyyttigeeliä. Kallonpinnan elektrodit mittasivat yöllistä aivosähkökäyrää (EEG). EEG – elektrodit kiinnitettiin kansainvälisesti määriteltyihin kohtiin C3, C4, Fp1. Silmien ympärille kiinnitettiin kaksi elektrodia ja niiden avulla mitattiin yöllisiä silmänliikkeitä (EOG). Toinen elektrodeista kiinnitettiin oikean silmäkulman alapuolelle ja toinen vasemman silmäkulman yläpuolelle. Leuan alle kiinnitettiin kaksi elektrodia mittaamaan yön aikaista lihasjännitystä (EMG). Elektrodit kiinnitettiin leukaluun viereen, *musculus digastric*in päälle.



KUVA 10. Elektrodien kiinnityspaikat. Aivosähkökäyrää (EEG) mittavien elektrodien paikat C4, C3 ja Fp1. EEG-elektrodien referenssielektrodit ovat M2 ja M1. Silmänliikkeitä mittaavien elektrodien paikat HEOG (horisontal EOG) ja VEOG (vertical EOG). Silmänliikkeiden referenssielektrodi on M1. Lihasaktiivisuutta mittaavat elektrodit (EMG) kiinnitetään leuan alle. Maelektrodi kiinnitetään otsaan.

EEG-, EOG- ja EMG – signaali siirrettiin vahvistimen (Brain Vision Quickamp, Brain Products GmbH, München, Saksa) ja A-D – muuntimen (FUSBI, TMS, Enschede, Hollanti) kautta tietokoneelle, jossa signaali tallennettiin Brain Vision Recorder – tietokoneohjelmalla. EEG-, EOG- ja EMG – dataa ei suodatettu keräysvaiheessa. Analysointivaiheessa kaistanpäästösuodattimen raja-arvoiksi valittiin 0,5 Hz ja 30 Hz. Univaiheluokitus suoritettiin visuaalisesti Rechtschaffen & Kales (1968) -menetelmällä 30 sekunnin jaksoissa. Kaksi psykologian laitoksen opiskelijaa teki univaiheluokitukset

kerätyn datan avulla. Univaiheluokitukset tarkistettiin ennen lopullisen univaiheluokituksen siirtämistä SPSS – tiedostoon.

6.4 Tilastollinen analyysi

Tilastollista analyysia varten osasta tuloksia laskettiin muutosarvoja. Intervention jälkeisiä tuloksia verrattiin normaalitilanteessa mitattuihin tuloksiin, esim. NREM-unen määrän muutos laskettiin vertaamalla liikuntamittauksen tuloksia kontrollimittaukseen. Tuloksia analysoitiin Excel 2003- ja SPSS 14.0 for Windows -ohjelmien avulla. Tulosten analysoinnissa käytettiin keskiarvoja, keskihajontoja, Pearsonin korrelaatioita, Wilcoxonin Signed-Rank -testiä sekä parittaisten muuttujien t-testiä. Tulos oli tilastollisesti merkitsevä jos $p < 0.05$.

7 TULOKSET

Maksimaalisen hapenottokyvyn testi kesti 28 ± 5 min. Koehenkilöiden VO_2 max oli 47 ± 13 ml·kg⁻¹·min⁻¹. Koehenkilöt nukkuivat kontrolliöinä 7h 55 ± 50min ja liikuntaöinä 7h 29 ± 32min. Koehenkilöillä ei havaittu merkitsevää muutosta nukahtamisviiveessä (ajanjakso nukkumaan menosta S1 univaiheen ilmenemiseen) kun verrattiin liikuntayötä kontrolliyöhön ($t = 1.31$, $p = .23$). Univiive oli kontrollimittauksessa 27 ± 12 min, liikuntamittauksessa 21 ± 11 min ja muutos -7 ± 14 min (TAULUKKO 2).

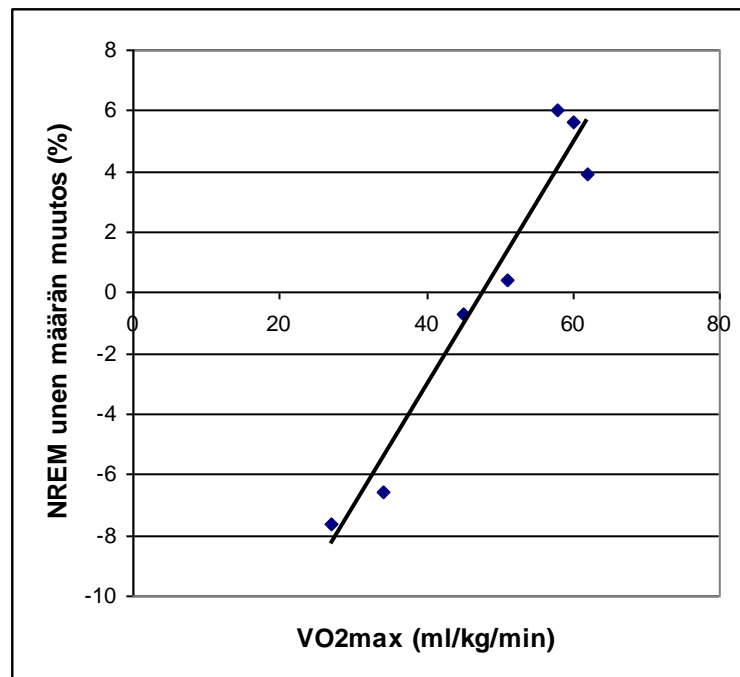
TAULUKKO 2. Nukahtamisviive kontrollimittauksessa, liikuntamittauksessa, sekä nukahtamisviiveen muutos verrattessa liikuntamittausta kontrollimittaukseen.

Koehenkilö	Nukahtamisviive, kontrollimittaus (min)	Nukahtamisviive, liikuntamittaus (min)	Nukahtamisviive, muutos (min)
1	23,5	18,5	-5,0
2	21,0	18,5	-2,5
3	23,5	29,5	6,0
4	33,0	21,5	-11,5
5	26,0	13,5	-12,5
6	19,5	37,0	17,5
7	16,5	1,5	-15,0
8	54,0	24,5	-29,5

Tilastollinen analyysi osoitti erittäin merkitsevää yhteyttä NREM-unen määrän muutoksen ja maksimaalisen hapenottokyvyn välillä. NREM-unen suhteellinen osuus (%) pienentyi rasittavan myöhäisillan suorituksen vaikutuksesta koehenkilöryhmän huonokuntoisimmilla. Hyväkuntoisimmilla myöhäisillan kova rasitus lisäsi NREM-unen määrää ($r = 0.97$, $p < 0.001$) (TAULUKKO 3, KUVA 11).

TAULUKKO 3. NREM-unen määrä kontrollimitauksessa, liikuntamittauksessa, sekä muutos verrattessa liikuntamittausta kontrollimitaukseen.

Koe- hlö	VO ₂ max	NREM-unen määrä, kontrollimitaus (%)	NREM-unen määrä liikuntamittaus (%)	NREM-unen määrän muutos (%)
1	45,0	75,5	76,2	-0,7
2	27,0	78,8	71,2	-7,6
3	58,0	66,7	72,7	6,0
4	41,0	69,6	-	-
5	34,0	77,1	70,5	-6,6
6	51,0	64,7	65,1	0,4
7	60,0	75,7	81,3	5,6
8	62,0	67,6	71,5	3,9



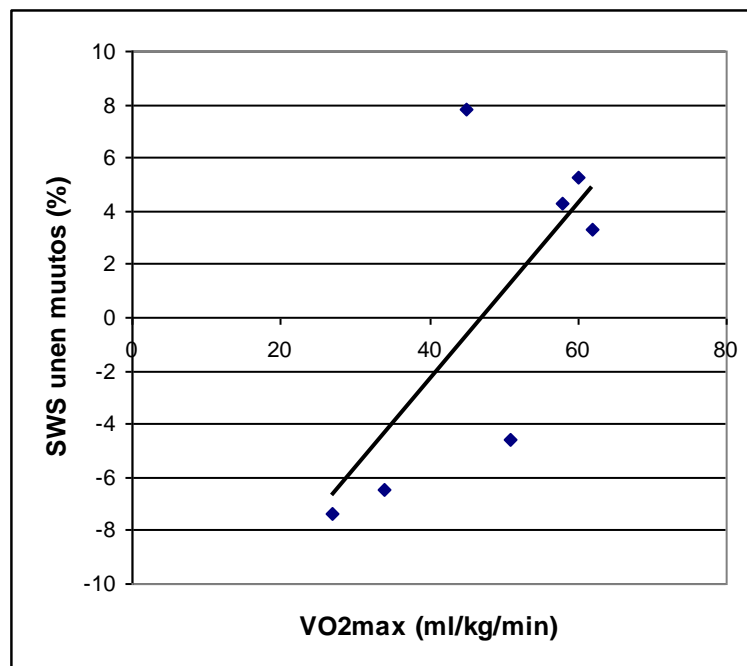
KUVA 11. NREM-unen suhteellinen määrä lisääntyi rasittavan myöhäisillan liikuntasuorituksen seurauksena niillä koehenkilöillä joiden hapenottokyky oli yli 50 ml·kg⁻¹·min⁻¹. Vastaavasti NREM-unen suhteellinen määrä väheni niillä koehenkilöillä joiden hapenottokyky oli alle 50 ml·kg⁻¹·min⁻¹ ($r = 0.97$, $p < .001$).

Syvän unen (SWS) määrän muutoksella ja maksimaalisella hapenottokyvyllä ei todettu olevan merkitsevää yhteyttä, mutta tuloksissa oli silti havaittavissa selkeä trendi. Huonokuntoisimmilla syvän unen määrän suhteellinen osuus pienentyi myöhäisillan

rasituksen seurauksena. Hyväkuntoisemmilla taas syvän unen suhteellinen määrä lisääntyi rasituksen vaikutuksesta ($r = 0.71$, $p = 0.07$) (TAULUKKO 4, KUVA 12).

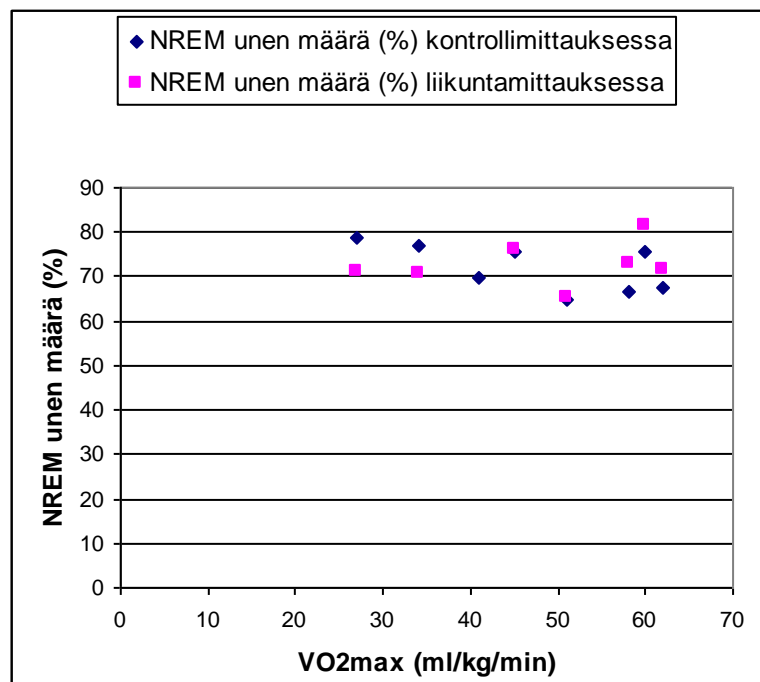
TAULUKKO 4. SWS-unen määrä kontrollimittauksessa, liikuntamittauksessa, sekä muutos verrattessa liikuntamittausta kontrollimittaukseen.

Koe- hlö	VO ₂ max	SWS unen määrä, kontrollimittaus (%)	SWS unen määrä, liikuntamittaus (%)	SWS unen määrän muutos (%)
1	45,0	16,9	24,7	7,8
2	27,0	22,0	14,6	-7,4
3	58,0	3,5	7,8	4,3
4	41,0	25,4		
5	34,0	27,7	21,2	-6,5
6	51,0	21,8	17,2	-4,6
7	60,0	28,4	32,7	5,3
8	62,0	8,1	11,4	3,3



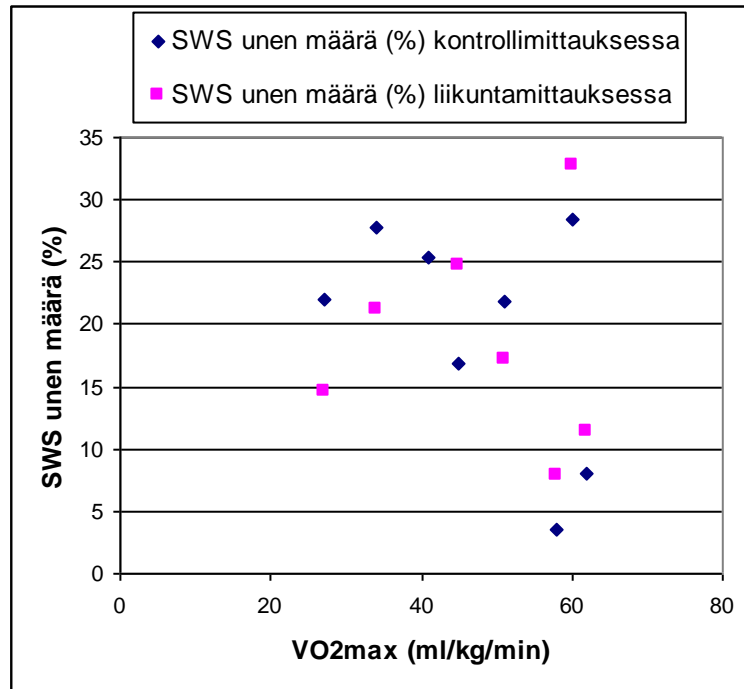
KUVA 12. SWS-unen suhteellisen määrän muutoksen ja hapenottokyvyn välinen trendi. Myöhäisillan kovan liikuntarasituksen vaikutuksesta SWS-unen suhteellinen määrä kasvoi hyväkuntoisilla ja laski heikompi-kuntoisilla ($r = 0.71$, $p = 0.07$).

Maksimaalisella hapenottokyvyllä ja NREM-unen määrällä ei ollut merkitsevää yhteyttä. Koehenkilöt nukkuivat kontrollimittauksessa 72 ± 5 % ja liikuntamittauksessa 73 ± 5 % yöunestaan NREM-unta. Kontrollimittauksessa maksimaalisen hapenottokyvyn ja NREM-unen välinen korrelaatio oli $-0,62$ ($p = 0,10$) ja liikuntamittauksessa $0,28$ ($p = 0,54$). (TAULUKKO 3, KUVA 13).



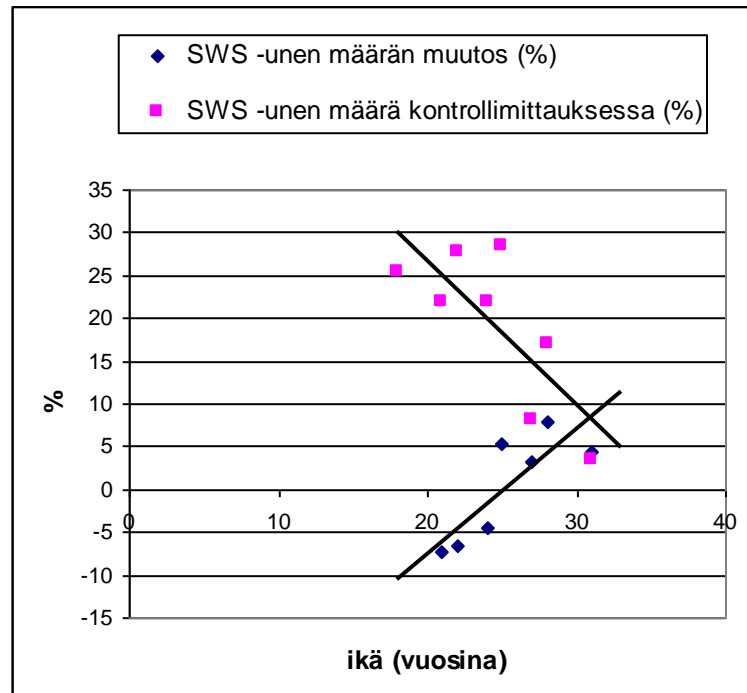
KUVA 13. NREM-unen määrä kontrollimittauksessa ja liikuntamittauksessa. Maksimaaliselle hapenottokyvyille ja NREM-unen määrälle ei löytynyt merkitsevää yhteyttä kummassakaan tilanteessa (kontrollimittauksessa $r = -0,62$, $p = 0,1$ ja liikuntamittauksessa $r = 0,28$, $p = .54$).

Maksimaalisella hapenottokyvyllä ja SWS-unen määrällä ei ollut merkitsevää yhteyttä. Koehenkilöt nukkuivat kontrollimittauksessa sekä liikuntamittauksessa 19 ± 9 % yöunestaan SWS-unta. Kontrollimittauksessa maksimaalisen hapenottokyvyn ja SWS-unen välinen korrelaatio oli $-0,50$ ($p = 0,21$) ja liikuntamittauksessa $-0,02$ ($p = 0,96$). (TAULUKKO 4, KUVA 14).



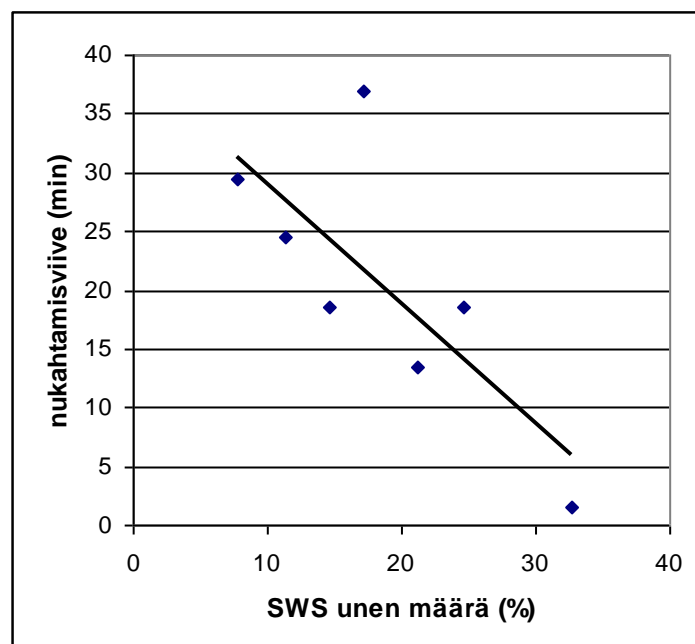
KUVA 14. SWS-unen määrä kontrollimittauksessa ja liikuntamittauksessa. Maksimaaliselle hapenottokyvyille SWS-unen määrälle ei löytynyt merkitsevää yhteyttä kummassakaan tilanteessa (kontrollimittauksessa $r = -0.50$, $p = 0.21$ ja liikuntamittauksessa $r = -0.02$, $p = 0.96$).

Yllättäen iällä ja SWS-unen määrällä kontrolliyönä löytyi merkitsevä yhteys ($r = -0.77$, $p < 0.05$). Vanhemmat koehenkilöt nukkuivat vähemmän syvää unta (SWS) kontrollimittauksessa kuin nuoremmat koehenkilöt (KUVA 15). Myös ikä ja SWS-unen määrän suhteellinen muutos korreloivat merkitsevästi keskenään ($r = 0.82$, $p = 0.02$) (KUVA 15). Liikuntarasituksen vaikutuksesta nuorempien koehenkilöiden SWS-unen määrän suhteellinen osuus pieneni ja vanhempien kasvoi liikuntarasituksen jälkeen.



KUVA 15. Iän ja SWS-unen määrän yhteys kontrollimittauksessa. ($r = -0.77$, $p < 0.05$) Iän yhteys SWS-unen määrän muutokseen rasituksen vaikutuksesta ($r = 0.82$, $p < 0.05$).

Liikuntayönä nukahtamisviiveen ja SWS-unen suhteellisen määrän välille löytyi merkitsevyys ($r = -0.76$, $p > 0.05$). Mitä nopeammin koehenkilö nukahti, sitä suurempi osuus hänen yöunestaan oli SWS-unta. Liikuntayön nukahtamisviiveen sekä NREM-unen suhteellisen määrän välillä oli myös merkitsevä korrelaatio ($r = -0.81$, $p < 0.05$).



KUVA 16. Liikuntayön SWS-unen määrän ja nukahtamisviiveen yhteys ($r = -0.76$, $p > 0.05$). Mitä pitempi nukahtamisviive, sitä pienempi SWS-unen suhteellinen osuus.

8 POHDINTA

Myöhäisillan rasittavan liikuntasuorituksen vaikutukset uneen. Myöhään illalla (136 ± 21 min ennen nukkumaanmenoa) suoritettulla maksimaalisella hapenottokyvyn testillä ei ollut merkitsevää vaikutusta unen saantiin. Nukahtamisviiveen muutos liikuntasuorituksen vaikutuksesta oli -6 ± 14 min, mutta tulos ei ollut kahdeksan hengen koehenkilöjoukolla merkitsevä ($p = .23$), vaikka kuusi koehenkilöä kahdeksasta nukahti liikuntasuorituksen jälkeisenä yönä nopeammin. Tulos on ristiriidassa yleisen käsityksen ja aiemman tutkimuksen (Youngstedt ym. 1997) kanssa jossa alle neljä tuntia ennen nukkumaan menoa suoritettu liikuntasuoritus lisäsi nukahtamisviivettä.

Koehenkilöt nukkuivat keskimäärin lähes yhtä paljon NREM-unta kontrollimittauksessa ja liikuntamittauksessa $72 \pm 5 \%$, $73 \pm 5 \%$, eikä öiden välille löytynyt merkitsevää eroa ($p = 0.88$). Kova myöhäisillan rasitus ei vaikuttanut myöskään merkitsevästi SWS-unen määrään ($p = 0.94$), sillä koehenkilöt nukkuivat molempina öinä $19 \pm 9 \%$ SWS-unta.

Kuntotason vaikutus rasituksen jälkeiseen uneen. Kuntotasolle löytyi erittäin merkitsevä yhteys siihen, kuinka koehenkilön unen rakenne muuttui liikuntarasituksen jälkeisinä öinä. Koehenkilöjoukon hyväkuntoisimmilla NREM-unen suhteellinen määrä lisääntyi ja vastaavasti huonokuntoisimmilla NREM-unen suhteellinen määrä laski. Korrelaatio oli yllättävän lineaarinen ($r = 0.97$, $p < 0.001$). Hypoteesin mukaan ilmiön odotettiin tapahtuvan toisinpäin, siten että maksimaalinen suoritus olisi huonokuntoisille niin rasittava että se näkyisi myös fysiologisesti palauttavan SWS-unen määrässä. Hyväkuntoisilta ei taas odotettu suurta SWS-unen määrän muutosta testin jälkeisenä yönä. Selitys havaitulle ilmiölle löytyy todennäköisesti testaustavasta. Maksimaalinen hapenottokyvyn testi polkupyöräergometrillä oli ilmeisesti liian vaativa suoritus huonokuntoisimmille. Maksimaalisen hapenottokyvyn testin keston ja $VO_2\max$ -tuloksen välillä oli merkitsevä yhteys ($r = 0,87$ $p < 0.05$). Hyväkuntoiset jaksoivat siis suorittaa rasittavaa kuormitusta pitempään. Muutama koehenkilö kertoi testin lopettamisen syyksi sen, että jaloista loppuivat voimat. Hyväkuntoiset ja pyöräilysuoritukseen tottuneimmat saattoivat pystyä rasittamaan itseään enemmän testissä, kun taas huonokuntoisilla testin nettorasitus jäi liian pieneksi. Kuntotason yhteys rasituksen

jälkeiseen uneen ilmeni tutkimuksessa merkitsevyytenä NREM-unen määrän muutoksen ja $VO_2\text{max}$:in välillä. Myös SWS-unen määrän muutoksen yhteys $VO_2\text{max}$:iin oli lähellä merkitsevyyttä ($r = 0.71$, $p = 0.07$).

Kuntotason vaikutus uneen rakenteeseen. Toisin kuin useissa aiemmissä tutkimuksissa (Savis 1994, Walker ym. 1978) kuntotason ja NREM- tai SWS-unen suhteellisella määrän välille ei löytynyt merkitsevää yhteyttä. Kontrollimittauksessa NREM-unen määrän ja kuntotason välinen yhteys lähestyi jonkin verran merkitsevää tulosta ($r = -0,62$, $p = 0.10$), jonka suunta tosin on ristiriidassa hypoteesin kanssa. Hypoteesin mukaan mukaan hyväkuntoiset nukkuvat huonokuntoisia enemmän NREM-unta ja SWS-unta. Havaittu trendi osoittaa, että huonokuntoisemmat nukkuivat enemmän NREM-unta kontrollimittauksessa.

Muut tulokset. Odottamattomana tuloksena löytyi merkitsevä yhteys iän ja SWS-unen määrän välillä kontrollimittauksessa ($r = -0.77$, $p < 0.05$). Tulosten mukaan vanhemmat koehenkilöt nukkuivat vähemmän SWS-unta kuin nuoremmat. Aiemmissä tutkimuksissa on havaittu samankaltaisia tuloksia. Gaudreau ym. (2001) raportoivat nuorten aikuisten SWS-unen suhteelliseksi osuudeksi 14,5 % ja keski-ikäisten 7,8 %. Koehenkilöjoukon nuorimman ja vanhimman ikäero oli 13 vuotta. Liikuntamittauksessa SWS-unen suhteellisen määrän ja iän välillä ei ollut merkitsevyyttä ($r = -0.29$, $p = 0.53$).

Iällä oli merkitsevä yhteys myös siihen kuinka koehenkilöiden uni muuttui myöhäisillan liikuntarasituksen seurauksena. Vanhimmilla koehenkilöillä SWS-unen määrä lisääntyi ja nuorimmilla väheni. Tulosten voisi tulkita tarkoittavan sitä, että vanhimmille koehenkilöille maksimaalinen hapenottokyvyn testi oli rasittavampi suoritus kuin nuoremmille.

Liikuntayönä nukahtamisviiveen ja SWS-unen sekä NREM-unen suhteellisen määrän välille löytyi merkitsevyys. Mitä nopeammin koehenkilö nukahti, sitä suurempi osuus hänen yönestaan oli SWS- ja NREM-unta. Tuloksen voi tulkita myös tarkoittavan sitä, että nopea nukahtaminen liikuntarasituksen jälkeisenä yönä edesauttaa palautumista.

Tutkimuksen kriittinen tarkastelu. Tutkimuksen koehenkilöjoukko oli kahdeksan henkilön suuruinen, mikä on suhteellisen vähän yleispätevien havaintojen saavuttamiseen. Tutkimustuloksiin on saattanut vaikuttaa First Night Effect (FNE), mikä tarkoittaa häiriötä nukkumisessa kun henkilö nukkuu ensimmäistä kertaa uudessa paikassa. Tutkimusten mukaan FNE:n vaikutus ja sen voimakkuus riippuu henkilöstä ja uuden nukkumapaikan viihtyisyydestä. Tutkimuksissa on raportoitu koehenkilöiden nukkuvan ensimmäisenä tutkimusyönä huonommin kuin kotioloissa. Toisaalta myös joitain vastakkaisia FNE –ilmiöitä on havaittu, mm. yleensä toisen ihmisen kanssa nukkuvien on todettu nukkuvan paremmin yksin (Kaartinen 1997.) Tutkimuksen keskeisenä aineistona ovat univaiheluokituksen tulokset. Visuaalisessa univaiheluokituksessa tutkijoiden välillä on aina hieman tulkinnallisia eroja. Univaiheluokituksen tehneiden yhteneväisyysprosentti (agreement rate) oli 95,5 %. Aiemmissä tutkimuksissa yhteneväisyysprosentiksi on raportoitu 67-87.5% (Norman ym. 2000, Schaltenbrand ym. 1996). Tutkimuksen rasitustavaksi valittiin suora maksimaalisen hapenottokyvyn testi polkupyöräergometrillä suoritettuna. Osa koehenkilöistä raportoi testaustavan vaikuttaneen suoritukseen heikentävästi. Todennäköisesti pyöräilyyn tottumattomien testin kestoa olisi saatu pidennettyä muilla suoritustavoilla. Todennäköisesti parempi rasitustapa olisi ollut tehdä alkutestinä VO₂max-testi ja ennen nukkumaan menoa suorittaa liikuntarasitus esim. 30 minuutin suorituksena 80% tasolla hapenottokyvyn maksimista. Yömittaukset suoritettiin unilaboratoriossa, jonka yhteydessä on useita työhuoneita, ja tämän seurauksena osa koehenkilöistä ei voinut nukkua niin pitkään kuin heitä olisi nukuttanut. Koehenkilöt herätettiin yleensä ennen kello kahdeksaa aamulla.

Johtopäätökset. Kovalla myöhäisillan rasituksella ei ollut ryhmätasolla vaikutusta nukahtamisviiveeseen. Liikuntarasituksella ei ollut myöskään vaikutusta NREM- ja SWS-unen suhteellisiin määriin.

Merkitseviä tuloksia löytyi, kun verrattiin yksilötasolla NREM-unen suhteellisen määrän muutosta ja maksimaalista hapenottokykyä. Myöhäisillan rasitus lisäsi hyväkuntoisimpien koehenkilöiden NREM-unen määrää. Huonokuntoisimpien koehenkilöiden NREM-unen suhteellinen määrä taas laski liikuntasuorituksen seurauksena. Sama ilmiö oli havaittavissa SWS-unen suhteellisen määrän muutoksissa, mutta tulokset eivät saavuttaneet merkitsevyyttä ($p = 0.07$). Hyväkuntoiset pystyivät

todennäköisesti rasittamaan itseään enemmän, mutta myös palautumaan rasituksesta nopeammin kuin huonompikuntoiset. Huonompikuntoisilla rasitus ei joko ollut yhtä suuri kuin hyväkuntoisilla tai sitten palautuminen häiriintyi liikuntarasituksen vaikutuksesta enemmän.

Maksimaalisen hapenottokyvyn ja NREM- tai SWS-unen suhteellisen määrän välillä ei löydetty tässä tutkimuksessa yhteyttä. Tutkimuksessa havaittiin yhteys iän ja SWS-unen suhteellisen määrän välillä kontrollimittauksessa. Liikuntayön nukahtamisviiveen ja SWS-unen suhteellisen määrän välillä oli merkitsevä yhteys. Mitä nopeammin koehenkilö liikuntarasituksen jälkeen nukahti, sitä suurempi osuus hänen yönestaan oli SWS-unta. Samanlainen yhteys oli liikuntayönä havaittavissa myös NREM-unen suhteellisen määrän kanssa. Nopea nukahtaminen rasituksen jälkeisenä yönä voisi siten ennustaa parempaa palautumista.

Jatkotutkimukset. Jatkotutkimuksiin suositellaan erilaista rasitusmallia varmistamaan riittävä rasitus myös huonokuntoisimmille koehenkilöille. Unitutkimukset ovat työläitä ja yövalvominen aiheuttaa tutkijallekin fyysistä kuormitusta. Koehenkilöiden määrän tulisi kuitenkin olla riittävän suuri, jotta tuloksiin saataisiin enemmän merkitsevyyksiä. Mielenkiintoista olisi lisäksi tutkia myöhäisillan liikuntarasituksen vaikutusta yön aikaiseen palautumiseen, sekä palautumisen ja SWS-unen määrän yhtäläisyyksiä.

LÄHTEET

- Cambell, M.K & Farrel, S.O, 2006. Biochemistry, Thomson Brooks/Cole, Belmont, California, United States of America.
- Cheour, M., Erkinjuntti, M., Eskola, H., Björn, F., Haanpää, M., Hakalax, N., Halonen, J-P., Hari, R., Hasan, J., Herrgård, E., Himanen, S-L., Hirvonen, K., Huttunen, J., Häkkinen, V., Jousmäki, V., Jäntti, V., Jääskeläinen, S., Kalimo, H., Kallio, M., Kirjavainen, J., Kirjavainen, T., Koivu, M., Könönen, M., Laaksonen, S., Lang, H., Larsen, A., Lauerma, H., Lehtinen, I., Mervaala, E., Nyrke, T., Oja, S., Partanen, J., Partonen, T., Polo, O., Puusa, A., Pyykkö, I., Pääkkönen, A., Rauhala, E., Saarenpää-Heikkilä, O., Sainio, K., Salmi, T., Sjöholm, T., Stålborg, E., Tolonen, U., Udd, B., Valkonen-Korhonen, M., Vanhatalo, S., Välimäki, P. & Yli-Hankala, 2006. Teoksessa Falck, B., Hasan, J., Jäntti, V, A. Partanen J., Salmi, T. & Tolonen, U. (toim.) Kliininen neurofysiologia. Duodecim, Helsinki.
- Driver, H.S., Meintjes, A.f., Rogers, G.G. & Shapiro, C.M. 1988. Submaximal exercise effects on sleep patterns in young women before and after an aerobic training programme. *Acta Physiologica Scandinavica*, 133 (574), 8-13.
- Gaudreau, H., Carrier, J. & Montplaisir, J. 2001. Age-related modifications of NREM sleep EEG: from childhood to middle age. *Journal of Sleep Research*, 10 (3), 165-172.
- Horne, J.A. 1981. The effects of exercise upon sleep: a critical review. *Biological Psychology*.12 (4), 241-290.
- Jones, A.M. & Carter, H. 2000. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Medicine*, 29 (6), 373-386.
- Kaartinen, J. 1997. Nocturnal bodymovements and sleep quality. University of Jyväskylä. *Psychology and Social research*.
- Aho, J., Ahtiainen, J., Aunola, S., Fogelholm, M., Häkkinen, A., Häkkinen, K., Ilmanen, K., Ilmarinen, J., Kallinen, M., Kantola, H., Keskinen, K.L., Keskinen, O.P., Kujala, U., Kyröläinen, H., Laukkanen, R., Lindholm, H., Mero, A., Mänttari, A., Nummela, A., Nupponen, H., Sakari-Rantala, R., Santtila, M., Suni, J., Suominen, H., Tiainen, S., Tikkanen, H., Toskala, A. & Viertola, J. 2004.

- Teoksessa Keskinen, K.L., Häkkinen, K. & Kallinen M. (toim.) Kuntotestauksen käsikirja. Liikunta-tieteellinen seura ry., Tampere.
- Kronholm, E. 1993. Uni ja päivävireys, Psykofysiologinen väestötutkimus. Väitöskirja. Kansaneläkelaitoksen julkaisuja, Turku.
- McArdle, W.D., Katch, F.I. & Katch, V.I., 2004. Exercise physiology : energy, nutrition, and human performance,,: Lippincott Williams & Wilkins London, Philadelphia.
- Norman, R.G., Pal, I. & Stewart, C., Walsleben, J.A. & Rapoport, D.M. 2000. Interobserver agreement among sleep scorers from different centers in a large dataset. *Sleep*, 23 (7), 901-908.
- Rechtschaffen, A. & Kales A.1968. A Manual of standardized terminology, techniques and scoring system for sleep stages of human subjects. Public Health Service, U.S. Government Printing Office.
- Rico-Sanz, J., Rankinen, T., Joanisse, D.R., Leon, A.S., Skinner, J.S, Wilmore, J.H, Rao, D.C. & Bouchard, C. 2003. Familial Resemblance for Muscle Phenotypes in the HERITAGE Family Study. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35 (8), 1360-1366.
- Savis, J.C. 1994. Sleep and athletic Performance: Overview and Implications for Sport Psychology, 8 (2), 111-125.
- Schaltenbrand, N., Lengelle, R., Toussaint, M., Luthringer, R., Garelli, G., Jaqmin, A., Lainey, E., Muzet, A. & Macher, J.P. 1996. Sleep stage scoring using the neural network model: comparison between visual and automatic analysis in normal subjects and patients. *Sleep*, 19 (1), 26-35.
- Schwerzmann, K. Hoppeler, H., Kayar, S.R. & Weibel, E.R. 1989. Oxidative capacity of muscle and mitochondria: correlation of physiological, biochemical, and morphometric characteristics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 86 (5), 1583-7
- Shvartz, E. & Reibold, R.C. 1990. Aerobic fitness norms for males and females aged 6 to 75: a review. *Aviation, space and environmental medicine*. 61 (1), 3-11
- Taylor, S.R., Rogers, G.G. & Driver, H.S. 1997. Effects of training volume on sleep, psychological, and selected physiological profiles of elite female swimmers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 29 (5), 688-93.
- Walker, J. M., Floyd, T. C., Fein, G., Cavness, C., Lualhati, R. & Feinburg, I. 1978. Effects of exercise on sleep. *Journal of Applied Physiology*, 44, (6), 945–951.

- Youngstedt, S.D., O'Connor, P.J. & Dishman, R.K. 1997. The effects of acute exercise on sleep; A Quantative Synthesis. *Sleep*, 20 (3), 203-214
- Zisapel, N. 2007. Sleep and sleep disturbances. *Cellular and molecular life sciences*, 64 (10), 1174-1186
- Åkerstedt, T. & Nilsson, P.M. 2003. Sleep as restitution: an introduction. *Journal of Internal Medicine* 254 (1), 6-12.

LIITTEET

LIITE 1: PAR-Q –kysely

Nimi:

Ikä:

Sukupuoli: Mies

Nainen

Pituus:

Paino:

Vastaa alla esitettyihin kysymyksiin.

1. Onko lääkärisi suositellut sydäntilanteesi vuoksi liikuntaa vain tietyn ohjeistuksen mukaan?

Kyllä

Ei

2. Onko Sinulla ollut rintakipua liikunnan aikana?

Kyllä

Ei

3. Onko Sinulla ollut rintakipua viimeksi kuluneen kuukauden aikana?

Kyllä

Ei

4. Oletko menettänyt tajuntasi tai oletko kaatunut huimauksen takia yhden tai useamman kerran?

Kyllä

Ei

5. Onko Sinulla luustossa tai nivelissä ongelmia, jotka saattaisivat pahentua liikunnan aikana?

Kyllä

Ei

6. Onko lääkärisi koskaan suositellut tai määrännyt Sinulle lääkitystä kohonneen verenpaineen tai sydämen vuoksi?

Kyllä

Ei

7. Onko sinulla mielestäsi mitään sellaista terveydellistä ongelmaa, joka vaatisi lääkärin ohjeita liikuntaasi varten?

Kyllä

Ei

LIITE 2. Riskitekijöiden kartoitus ja suostumuslomake maksimaaliseen hapenotto- kyvyn testiin.

nimi: _____
 ikä: _____
 pituus: _____
 paino: _____
 BMI: _____
 sähköposti: _____

Riskitekijöiden kartoitus

Riskitekijä:	Luokittelu	Kyllä, Ei, En tiedä		
Lähisuvun sairaushistoria	Sydänveritulppa, sydämen sepelvaltimoiden toimenpide tai sydänperäinen äkkikuolema alle 55 vuotiaalla miespuolisilla ensimmäisen asteen sukulaisella (isä, veli, poika) tai alle 65 vuotiaalla naispuolisilla ensimmäisen asteen sukulaisella (äiti, sisko, tytär)			
Tupakointi	Tupakoin, tai olen lopettanut viimeisimmän 6 kk aikana.			
Verenpaine	Systolinen verenpaine yli 140mmHg tai diastolinen yli 90mmHg, jotka varmistettu vähintään kahdella mittauksella. Lääkehoidossa oleva kohonnut verenpaine.			
Korkea veren kolesteroli pitoisuus	Kokonaiskolesteroli yli 5,2 mmol/l tai HDL-kolesteroli alle 0,9 mmol/l.			
Häiriintynyt sokeriaineenvaihdunta	Paastoverensokeri yli 6,1 mmol/l ainakin kahdella eri mittauksella.			
Lihavuus	Kehon painoindeksi yli 30 tai vyötärön ympärys yli 100cm.			
Liikunnan puute	Liikun vähemmän kuin 30min useampina päivinä viikossa.			

Testin keskeyttämisen aiheet:

- huonovointisuus
- huimaus
- rintakipu
- voimistuvat lihas-, jänne- tai nivelkivut selässä, lonkissa tai ala- tai yläraajoissa
- epätavallinen tai voimakas väsymyksen tunne
- suoritus käy epävarmaksi ja koordinoimattomaksi
- testattavan oma toivomus keskeyttää koe
- testaaja keskeyttää kokeen

Testissä otetaan sormenpäästä verinäytteitä, joista analysoidaan veren laktaattipitoisuus (maitohappopitoisuus).

Minua on informoitu testin kulusta. Antamani tiedot terveydentilastani ovat paikkansapitäviä ja suostun testiin omalla vastuullani.

päivämäärä

paikka

allekirjoitus

LIITE 3: Maksimaalisen hapenottokyvyn testin kuormitusmallit

Kuorma:	”huono- kuntoinen kuntoilija”	”hyvä- kuntoinen kuntoilija”	”huonokuntoinen urheilija” 1.5 x massa		”hyväkuntoinen urheilija” 2 x massa		
			Esim. 50kg, 66,7kg		50kg,	62,5kg,	75kg
Alku- verr.	3 min 17W	3min 25W	3min 37W	3min 50W	3min 50W	3min 62W	3min 75W
1.	25W	50W	75W	100W	100W	125W	150W
2.	50W	75W	100W	125W	125W	150W	175W
3.	75W	100W	125W	150W	150W	175W	200W
4.	100W	125W	150W	175W	175W	200W	225W
5.	125W	150W	175W	200W	200W	225W	250W
6.	150W	175W	200W	225W	225W	250W	275W
7.	175W	200W	225W	250W	250W	275W	300W
8.	200W	225W	250W	275W	275W	300W	325W
9.	225W	250W	275W	300W	300W	325W	350W
10.	250W	275W	300W	325W	325W	350W	375W
Loppu- verr.	5min Aloitus- kuormalla	5min Aloitus- kuormalla	5min Aloitus- kuormalla		5min Aloitus- kuormalla		