

HYVINVOINTIANALYYSIN MAHDOLLISUUDET
UNEN TUTKIMISEN VÄLINEENÄ

Riikka Jakonen
Pro gradu -tutkielma
Jyväskylän yliopisto
tammikuu 2009

TIIVISTELMÄ

Hyvinvointianalyysin mahdollisuudet unen tutkimisen välineenä

Tekijä: Riikka Jakonen
 Ohjaaja: Jukka Kaartinen
 Psykologian pro gradu –tutkielma
 Jyväskylän yliopisto
 tammikuu 2009
 38 sivua ja 1 liite

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, soveltuuko Firstbeat Technologies oy:n sykemittaukseen perustuva Hyvinvointianalyysi välineeksi unitutkimukseen tai unen laadun tutkimiseen terveydenhuollon ja kuntoutuksen tarpeisiin. Hyvinvointianalyysin antamia Stressi- ja voimavararaportteja verrattiin univaiheluokitukseen ja muihin yleisesti käytettyihin, EEG-rekisteröintiin perustuviin tunnuslukuihin.

Tutkimuksessa oli 14 tervettä, normaalisti nukkuvaa, 18-31-vuotiasta koehenkilöä, joista 5 miestä ja 9 naisia. Heidät jaettiin kahteen ryhmään. Koehenkilöt nukkuivat laboratoriossa kaksi yötä, joista toinen oli koe- toinen kontrolliyö. Stressiryhmällä oli 2-3 päivää ensimmäisen laboratorion jälkeen jokin tärkeä, stressiä ja jännitystä aiheuttava tilanne. Liikuntaryhmä teki 2-3 tuntia ennen nukkumaan menoa maksimaalisen hapenottokyvyn testin. Koehenkilö aloitti sykemittauksen reilua vuorokautta ennen laboratorionyötä. Sykemittarin käytön aikana ei alkoholia saanut nauttia ja lääkkeitä pyydettiin välttämään. EEG-mittauksessa käytettiin kolmea elektrodiä C3, C4 ja Fp1, jotka referoitiin vastakkaisen puolen korvan taakse. Lisäksi mitattiin bipolaarisesti EMG leuan alta ja EOG. Suunto Smartbeltin lisäksi sykettä mitattiin Alive Heart Monitorilla. Illalla ja aamulla koehenkilöt täyttivät henkisiä ja fyysisiä voimavaroja sekä unen laatua koskevan kyselyn.

Uni luokiteltiin 30 sekunnin epookkia käyttäen S1-, S2- ja SWS- ja REM-vaiheisiin sekä yhteen luokkaan valve ja liike. Luokituksen perusteella laskettiin kokonaisrekisteröinti-aika valojen sammuttamisesta herätykseen, kokonaisuniaika, univiive, S2-viive, REM-viive, unen tehokkuusindeksi, eri univaiheiden prosentiosuudet kokonaisuniajasta sekä rikkonaisuusindeksi. Hyvinvointianalyysin muuttujiksi tässä tutkimuksessa otettiin stressin, palautumisen, liikunnan ja tunnistamattoman tilan prosentiosuudet kokonaisrekisteröintiajasta sekä palautumisviive.

Stressi- ja liikuntaryhmien väliltä ei löytynyt tilastollisesti merkitseviä eroja. Koe- ja kontrolliöiden välillä tilastollisesti merkitsevä ero oli liikuntaryhmässä Hyvinvointianalyysin stressin ja palautumisen osuuksissa sekä univiiveessä ja REM-viiveessä. Yöt luokiteltiin myös hyvin, keskikertaisesti ja huonosti nukuttuihin EEG-indeksin perusteella. Hyvinvointianalyysissä ei ollut merkitseviä eroja näidenkään ryhmien välillä.

Tämän tutkimuksen perusteella näyttää selvältä, ettei Hyvinvointianalyysi sovellu unitutkimuksen välineeksi, sillä Hyvinvointianalyysin yhteys standardina käytettyyn univaiheluokitukseen oli olematon. Myöskään terveydenhuollossa, kuntoutuksessa tai muussa vastaavassa toiminnassa sitä ei ole syytä käyttää unen laadun arvioimiseen ainakaan nykyisessä muodossaan.

Avainsanat: uni, unen laatu, Hyvinvointianalyysi, syke, sykevälivaihtelu

SISÄLLYS

SISÄLLYS	3
1. JOHDANTO	4
1.1 Unen tarkoitus	4
1.2 Unen rakenne.....	7
1.3 Unen laatu	9
1.3.1 Unen laadun fysiologiset mittarit.....	9
1.3.2 Oma kokemus unen laadusta	11
1.3.3 Unen rikkonaisuus	12
1.3.4 Stressin vaikutus uneen.....	13
1.3.5 Liikunnan vaikutus uneen.....	14
1.4 Autonomisen hermoston toiminta ja sykevälivaihtelu unen aikana	14
1.5 Tutkimuksen tarkoitus.....	17
2. MENETELMÄ	19
2.1 Koehenkilöt ja koejärjestely	19
2.2 Analyysi	22
2.2.1 Aineisto.....	22
2.2.2 EEG-muuttujat	22
2.2.3 Hyvinvointianalyysin muuttujat	24
3. TULOKSET	25
3.1 Liikunta- ja stressiryhmien vertailu	25
3.2 Koe- ja kontrolliöiden vertailu	25
3.4 Ryhmittely unen laadun mukaan	26
3.5 Unen laadun mukaisten ryhmien vertailu	28
3.6 Hyvinvointianalyysin muuttujien yhteydet	29
4. JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	31
LÄHTEET	36
LIITE	38

1. JOHDANTO

1.1 Unen tarkoitus

Unta on tutkittu vuosikymmeniä ja siitä tiedetään paljon, mutta edelleen on vedenpitävästi selvittämättä, miksi ylipäätään nukumme. Useimmat teoriat olettavat, että uni palvelee kaikilla nisäkkäillä samaa tarkoitusta. Ihmisellä ja monella muulla nisäkkäällä liian vähäinen uni aiheuttaa univajeen, joka kumuloituu, jos liian vähäinen nukkuminen jatkuu. Pitkällinen unettomuus voi johtaa vakaviin fysiologisiin ongelmiin, joillakin eläimillä jopa kuolemaan. Tämän perusteella voidaan olettaa, että uni palvelee jotain tärkeää tarkoitusta. (Siegel 2005.)

Yleinen väite unen tarkoituksesta on, että sen aikana keho palautuu päivän rasituksesta. Keho pystyy kuitenkin palautumaan ilman untakin. (Bear, Connors & Paradiso 2007; Hyypä & Kronholm 1998.) Kronholm viittaa Bergeriin, joka on ehdottanut unen tarkoitukseksi energian säästämistä. Uni siis toimisi vuorokausitasolla samoin kuin talviuni vuositason tasolla. Tämän puolesta puhuu mm. se, että hapenkulutus laskee unen aikana (ihmisellä 10-20 %) (Hyypä ja Kronholm 1998.) Oma kokemus unesta on tietoisuuden sammuminen useaksi tunniksi ja levänneisyyden tunne herätessä. Aivot ovat kuitenkin lähes yhtä aktiiviset unen kuin valveen aikana. Näyttääkin siltä, että uni on aivojen tuottama ilmiö, joka palvelee aivoja. (Hobson 2005.)

Unen merkityksestä aivoille on useita teorioita. Cespuglion, Colas'n, ja Gautier-Sauvignén (2005) mukaan unta tarvitaan aivojen energiavarastojen täydentämiseen. Syvässä unessa aivojen energian kulutus laskee ja pääasiassa astrozyyteissä sijaitsevat glykogeenivarastot, joita tarvitaan hyvin nopeissa tai erityisen pitkäaikaisissa rasitustilanteissa, täydentyvät. REM-unessa energian kulutus on samalla tasolla kuin valveilla.

On havaittu, että nisäkkäillä, varsinkin kasvinsyöjillä, aineenvaihdunnan vilkkaus on käänteisesti verrannollinen unen määrään. Tämän perusteella esitetyn teorian mukaan, mitä vilkkaampi aineenvaihdunta aivoissa on, sitä enemmän tarvitaan unta antamaan aikaa oksidatiivisen stressin tuhojen korjaamiseen hermo- ja gliasoluissa sekä aivosoluja suojaavien molekyylien muodostamiseen ja muuhun valveaikaisen aineenvaihdunnan seurauksista selviytymiseen. Teorian puolesta puhuu muun muassa se, että nopean aineenvaihdunnan omaavassa, vähän nukkuvassa hiiressä oksidatiivisen stressin

aiheuttamat vanhenemisen ilmiöt ehtivät kahdessa vuodessa samaan pisteeseen kuin ihmisellä 70-80 vuodessa. (Siegel 2005.)

Uni saattaa myös liittyä uusien hermosolujen kehittymiseen aivoissa. Siegel (2005) viittaa Guzman-Marin ym. tutkimukseen, jossa todettiin että 2-3:n vuorokauden valvominen pysäyttää uusien solujen muodostumisen aivoissa. Heidän teoriansa mukaan uni ainakin helpottaa tätä prosessia. Myös proteiinien muodostuminen aivoissa lisääntyy syvän unen aikana.

Todisteita unen vaikutuksesta muistiin ja oppimiseen on saatu monella tasolla. Stickgold (2005) viittaa artikkelissaan useisiin kokeellisiin tutkimuksiin, joiden mukaan uni vahvistaa ainakin proseduraalista muistia. Kokeissa valveilla olo tehtävän oppimisen jälkeen ei parantanut suoritusta, mutta vastaava määrä unta paransi tulosta. Jopa päivätorjut paransivat testisuoritusta. Univaje ensimmäisenä yönä tehtävän harjoittelun jälkeen heikensi oppimistulosta pysyvästi. Toisaalta, ilman univajetta tulos saattoi parantua jopa vielä neljäntenä yönä harjoittelun jälkeen. On havaittu, että tehtävän harjoittelun aikana aktivoituneilla aivoalueilla on aktiivisuutta myös harjoittelua seuraavan unen aikana. Näyttää siltä, että eri univaiheissa vahvistuvat hieman erilaiset muistijäljet.

Todisteet unen vaikutuksesta deklaratiiviseen muistiin ovat samansuuntaisia, mutta huomattavasti heikompia. Mitä monimutkaisempi tehtävä on kyseessä, sitä heikompia todisteet ovat. Ilmeisesti ainakin spatiaalinen muistijälki vahvistuu unen aikana. Episodista muistia uni ei näytä vahvistavan. Siihen viittaa mm. unien tutkimus. Edes alkuyön unista ei ole löydetty päivän tapahtumien ”uusintoja”, kuten proseduraalisen muistin kohdalla näyttäisi olevan. Oletusta tukee se, että muistojen käsittelyssä tärkeä aivokuoren osa, ei ole aktiivinen unen aikana. Erityisen vaimeaa toiminta on REM-unen aikana. (Stickgold 2005.)

REM-unen merkitystä on pohdittu erikseen, koska se eroaa NREM-unesta monella olennaisella tavalla. Sen merkitys ei näyttäisi olevan ainakaan energian säästäminen, joka NREM-unessa on paljon tehokkaampaa. (Siegel 2005.) Muistin toiminnalle se toisaalta näyttäisi olevan tärkeä (Stickgold 2005).

Zeppelinin ym. tutkimukseen viitaten Siegel (2005) toteaa, että REM-unen määrä korreloi siihen miten kehittynyt eläin on syntyessään. Hyvin kehittyneinä syntyvillä lajeilla REM-unen määrä on aikuisenakin vähäinen. Koska REM-unen määrä on vastasyntyneillä hyvin suuri ja se vähenee iän myötä, ja koska aivot REM-unen aikana ovat hyvin aktiiviset, on luonnollista olettaa, että REM-uni liittyy aivojen kehitykseen. Kun

REM-uni säännöllisesti katkaisee NREM-unen, se estää käyttämättömiä aivojen osia tuhoutumasta normaalin kehityksen tuloksena. Aikuisilla eläimillä REM-unen on ajateltu valmistavan eläintä heräämiseen, jotta se herättyään olisi valpas. Lämmönsäätelyn heikentyminen vaihtolämpöisen eläimen lämmönsäätelyä muistuttavaksi (Partinen & Huovinen 2007) taas viittaisi siihen, että REM-unen aikana aivojen lämmönsäätelyyn osallistuvat osat palautuvat. (Siegel 2005.)

Monia teorioita yhdistävä hypoteesi liittyy synaptisen homeostaasin säätelyyn aivoissa. Hereillä yksilö on vuorovaikutuksessa ympäristön kanssa ja saa informaatiota, joka tallentuu aivokuoren verkostoihin pitkäaikaisen potentiaation kautta. Aktiivisten synapsien painoarvo kasvaa. (Tononi & Chiarelli 2005.)

Hypoteesin mukaan syvän unen aikana synapsien painoarvot kevenevät tasaisesti. Näin päivän aikana muotoutuneet painoarvojen suhteelliset erot synapsien välillä säilyvät, mutta kokonaisuus saavuttaa jälleen perustason. Hyvin vähän aktivoituneet synapsit saattavat karsiutua kokonaan pois. Rungas hidasaaltoaktiivisuus unen alussa johtuu siitä, että synaptinen potentiaatio on valveen jälkeen korkea. Eli mitä aktiivisempia synapsit ovat valveen aikana, sitä enemmän hidasaaltoaktiivisuutta on sitä seuraavassa unessa. Synapsien painoarvojen keveneminen vähentää hidasaaltotoimintaa, joka loppuu, kun perustaso on saavutettu. Näin järjestelmä myös säätelee itseään. (Tononi & Chiarelli 2005.)

Hypoteesi tukee ja selittää hyvin monia tutkimustuloksia. On näyttöä siitä, että aktiivisilla alueilla myös synapsitiheys ja aktiivisten synapsien päätelevyn koko kasvavat. Aivojen kasvulle on kuitenkin hyvin vähän tilaa, joten se kävisi kohtalokkaaksi varsin pian. Karsimista on siis tapahduttava jossain vaiheessa. Myös energiatalous vaatii karsimista, sillä sekä hapen että glukoosin kulutus aivoissa kasvaa päivän aikana. Jatkuva kasvu johtaisi yllirasitukseen. (Tononi & Chiarelli 2005.)

Unen on todettu parantavan muistamista ja oppimista. Tämän hypoteesin mukaan kyseessä on mahdollisesti signaali-kohina-suhteen paraneminen, kun päivällä muotoutunut synapsien painoarvosuhde unen myötä vahvistuu ja vähiten käytetyt synapsit karsiutuvat. (Tononi & Chiarelli 2005.)

REM-unen rooli ei tässä hypoteesissa ole selvä. Oletetaan, että REM-uni voisi vahvistaa synapsien välistä kilpailua ja siten edelleen tehostaa synapsien trimmausta. Vastasyntyneiden valtava REM-unen määrä on kuitenkin ristiriidassa muistijälkien vahvistamisen kanssa. (Tononi & Chiarelli 2005.)

1.2 Unen rakenne

Unen rakenteen määrittelyssä standardiksi on muodostunut Rechtschaffenin ja Kalesin (1968) toimittama luokittelu, joka tehdään EEG:n (aivosähkökäyrä), EOG:n (silmien liikkeen mittaus) ja EMG:n (lihaskänteyden mittaus) perusteella. Uni luokitellaan 20 tai 30 sekunnin pätkissä (epookki) viiteen vaiheeseen. REM-unen tyypilliset piirteet ovat silmien nopeat liikkeet sekä lihaskänteyden selvä lasku. Muut neljä vaihetta ovat niin sanottua non-REM-unta (NREM), joka syvenee kevyestä torkkumisesta S1-vaiheesta S2-vaiheen kautta syvän unen vaiheisiin S3 ja S4, jotka yleensä (myös tässä tutkimuksessa) luokitellaan yhdeksi vaiheeksi (syvä uni, hidasaaltouni, SWS). (Mm. Bear ym. 2007; Himanen & Hasan 2006; Stickgold 2005; Åkerstedt 2007.)

Rechtschaffenin ja Kalesin (1968) luokittelun mukaan S1 unessa rentoon valveeseen liittyvä alfa-taajuus (8-12 Hz) vähenee alle puoleen epookin ajasta ja sen tilalle tulee pääasiassa theta-taajuisia (4-7 Hz) aaltoja. S2-vaiheelle tyypillisiä ovat K-kompleksit ja unisukkulat. K-kompleksin muodostaa terävä varaukseltaan negatiivinen aalto ja sitä seuraava hidas positiivinen aalto. K-kompleksin vähimmäiskesto on 0,5 sekuntia. Unisukkulat ovat 12-14 Hz taajuisia, 0,5 – 3 sekuntia kestäviä aaltorykelmiä. Syvän unen tyypillinen piirre ovat delta-aallot (0,5-2 Hz), joiden amplitudi on vähintään 75 mikrovoltia. S3-vaiheessa delta-aaltoja on 20-50% ja S4-vaiheessa yli 50%.

Uni rakentuu noin 90 minuutin mittaisista unisykleistä, joiden aikana uni ensin syvenee S1-unesta S2-vaiheen kautta syvään uneen ja kevenee sitten jälleen S2-vaiheeseen ja siitä REM-uneen tai S1-vaiheen kautta hereille. Alkuyöstä syvää unta on runsaasti ja REM-unta vähän jos ollenkaan. Loppuyöstä taas syvä uni häviää ja REM-unen osuus kasvaa. (Mm. Bear ym. 2007; Himanen & Hasan 2006; Stickgold 2005; Åkerstedt 2007.)

NREM-unen aikana lihaskänteys on vähäinen ja keho liikkuu hyvin vähän, mutta se kuitenkin pystyy liikkumaan aivojen antamien käskyjen mukaan. Energiankulutus on vähäistä. Autonomisen hermoston toiminnassa parasympaattinen osa on hallitseva, syke ja hengitys hidastuvat, verenpaine laskee. (Bear ym. 2007; Hyyppä & Kronholm 1998.) Myös aivojen energiankulutus laskee, eniten alueilla, joiden delta-aktiivisuus on voimakkainta (Partinen 1991).

REM-unen aikana aivot ovat aktiiviset ja niiden aineenvaihdunta vilkasta. REM-nessa voidaan nähdä tooninen, rauhallisempi vaihe ja faasinen vaihe, jonka aikana silmät liikkuvat nopeasti, hengitystiheys, syke ja verenpaine vaihtelevat kuin voimakkaan tunteen aikana, kehon ääriosat nykivät ja uroksilla on erektioita. Ainakin ihmiset näkevät vilkkaita unia. Keho on kuitenkin liikkumaton, eikä toteuta aivojen antamia liikekäskejiä. Kehon aineenvaihdunta on valvetta vähäisempää ja ruumiinlämpö laskee. (Bear ym. 2007; Hyyppä & Kronholm (1998); Partinen & Huovinen 2007; Siegel 2005.)

Uni-valverytmiä säätelevät homeostaattinen prosessi, joka kuvaa unipainetta ja sirkadiaaninen prosessi eli vuorokausirytmii. Unipaine kasvaa tasaisesti hereillä ollessa ja vähenee unen aikana. Vuorokausirytmii taas on sisäsyntyinen prosessi, johon nukkuminen ei vaikuta. Sitä kuvataan usein ruumiin lämpötilalla, joka yleensä nousee varhaisen aamun tunteista alkuiltaan ja alkaa sitten laskea. (Himanen & Hasan 2006; Åkerstedt ym. 2007.)

Näyttää siltä, että unen alkupuolta määrää henkilön homeostaattinen tila (Åkerstedt ym. 2002). Pääasiassa ensimmäiseen ja toiseen unisykliin sijoittuvan syvän unen määrä on lähes suorassa suhteessa sitä edeltävän hereillä vietetyn ajan pituuteen (Åkerstedt ym. 2007). Ihminen nukkuu, kunnes riittävä määrä syvää hidasaaltounta on kertynyt. Unen jälkiosaa määrittelee vuorokausirytmii. Jos unipaine on riittävä, henkilö nukkuu alkuun hyvin vuorokaudenajasta riippumatta, mutta uni on jälkiosalla häiriintynyt, jos se ajoittuu ruuminlämmön nousun kanssa samaan aikaan. Ilmeisesti homeostaattiselta kannalta muutama tunti unta siis riittäisi, mutta normaalisti uni jatkuu vielä sen jälkeenkin. (Åkerstedt ym. 2002.) Epätavalliseen aikaan nukkuminen (esim. yövuoron jälkeen) ym. unta häiritsevät tekijät vaikuttavat siis pääasiassa myöhempisiin unisykleihin sijoittuvien S2- ja REM-vaiheiden määrään (Åkerstedt ym. 2007). Univajeen jälkeen NREM- uni korvautuu ensin ja vasta sitten REM-uni. Tämän perusteella Saper, Scammell ja Lu (2005) olettavat, että NREM- ja REM-unella on erilliset homeostaattiset mekanismit.

Tononin ja Chiarellin (2005) mukaan homeostaattinen prosessi saattaa liittyä sygnaptisten painoarvojen muutoksiin. Painoarvot kasvavat valveen ajan ja huipentuvat nukkumaan menon aikaan. Yön aikana painoarvojen summa laskee takaisin perustasoon, mikä tapahtuu nopeammin kuin nousu.

Saper, Scammell ja Lu (2005) esittävät uneen vaipumisen ja heräämisen olevan suhteellisen äkkinäisiä vaihdoksia. Hyypän ja Kronholmin (1998) sekä Merican ja Fortunen (2004) mukaan ne ovat liukuvia, vähittäisiä prosesseja. Vähitellen tapahtuu fysiologisia, kognitiivisia, subjektiivisia ja käyttäytymisen muutoksia, kunnes ihminen nukkuu.

Herääminen on Merican ja Fortunen (2004) mukaan todennäköisesti nukahtamiselle käänteinen prosessi. Vireys on heikko, kognitiivinen suoriutuminen heikkoa ja ihminen on hämmentynyt heti herättyään. Näiden ilmiöiden voimakkuus riippuu univaiheesta, josta ihminen herää. Syvästä unesta herätessä ne ovat voimakkaita, REM-unesta herätessä vähäisempiä. Henkilön ollessa jo käyttäytymisellä määritellen hereillä, EEG:ssä näkyy usean minuutin ajan delta- ja theta-taajuuksien väheneminen. (Merica & Fortune 2004.) Kun koehenkilöt saavat herätä omaan tahtiinsa, herääminen yleensä tapahtuu REM-jakson jälkeen ja ajoittuu ruumiinlämmön nousun aikaan (Åkerstedt ym. 2002).

1.3 Unen laatu

1.3.1 Unen laadun fysiologiset mittarit

Tutkimusten perusteella on luotu normaalin unen mittareita, joita käytetään sekä tutkimuksessa että kliinisessä työssä. Unirekisteröinnin (EEG:n, EOG:n ja EMG:n) perusteella määritellään mm. kokonaisrekisteröintiaika, kokonaisuniaika, univiive, REM-viive, unen tehokkuusindeksi ja eri univaiheiden osuus nukutusta ajasta. Kokonaisrekisteröintiaika on vuoteessa vietetty aika, kokonaisuniaika taas unessa vietetty aika. Unen tehokkuusindeksi kertoo prosentteina miten suuri osuus vuoteessa vietetystä ajasta on oltu unessa. Univiive tarkoittaa vuoteeseen menosta nukahtamiseen kuluvaa aikaa, REM-viive vuoteeseen menosta ensimmäisen REM-jakson alkamiseen kuluvaa aikaa. Univaiheiden osuudet ilmoitetaan yleensä prosentteina nukutusta ajasta. (Himänen & Hasan 2006.)

Taulukossa 1 on Himanen ja Hasanin teoksessa ”Kliininen neurofysiologia” (2006) antamat tavalliset arvot, Hyypän ja Kronholmin (1998) antamat keskimääräiset hyvin nukkuvan henkilön arvot sekä vertailun vuoksi Bonnetin ja Arandin (1998) sekä

Tuckerin, Dingestin ja van Dongenin (2007) tutkimusaineistojen keskiarvot normaalisti nukkuvien osalta. Tucker ym. tutkimuksessa kokonaisrekisteröintiäika oli määrätty 12 tunniksi, mikä vaikuttaa varsinkin unitehokkuuteen, mutta myös kokonaisuniaikaan ja kevyen unen määrään.

TAULUKKO 1. Unen laadun tavallisia mittareita. Kahdessa ensimmäisessä sarakkeessa tavallisia mittauksissa saatavia arvoja, kahdessa jälkimmäisessä sarakkeessa yksittäisissä tutkimuksissa saatuja arvoja

Tunnusluku	Himanen & Hasan	Hyyppä & Kronholm	Bonnet & Arand (n=12)	Tucker ym. (n=21)
kokonaisrekisteröintiäika (min)	420-480		(ei mainittu)	720
kokonaisuniaika (min)	378-442	450	455	545
univiive (min)	10-25	10-15	27	60
REM-viive (min)	80-120		68	74
unen tehokkuusindeksi (%)	90-92	92-97	93	75,7
S1-vaiheen osuus (%)	5	5-6	12,9	8,4
S2-vaiheen osuus (%)	55	46-50	50,2	56,6
SWS-vaiheen osuus (%)	15	19-20	10,5	12,6
REM-unen osuus (%)	25	21-24	20,2	22,3

Unen laatuun vaikuttaa ilmeisesti yllä mainittujen tekijöiden lisäksi myös eri univaiheiden ja hereillä olon keskinäinen järjestys sekä ajoittuminen yön aikana. Esimerkiksi nuori aikuinen on nukkumisajastaan hereillä keskimäärin 5 %. Hereillä olo on vähäisempää ensimmäisessä unisyklissä (alle 3 %) ja lisääntyy tasaisesti yön loppua kohti (13-14 % neljännessä unisyklissä) ja se sijoittuu enimmäkseen heti REM-jakson jälkeen. Primaarista unettomuudesta kärsivillä on todettu normaalisti nukkuvia pitempiä heräämisiä kesken yön, mutta hereillä olo myös sijoittuu enemmän alkuyöhön ja vähenee aamua kohti päinvastoin kuin normaalisti nukkuvilla. Iän myötä uni muuttuu muun muassa siten, ettei REM-unesta herääminen enää ole sääntö. (Åkerstedt ym. 2002.)

Himanen ja Hasan (2006) toteavat, että hidasaaltouksen määrää pidetään perinteisesti hyvän unen merkinä. Åkerstedtin ym. (2007) kokeissa säädeltiin sekä unen että sitä edeltävän hereillä olon pituutta ja todettiin, että REM-viive vaihtelee herkästi syvän unen tarpeen mukaan. Mitä pienempi tarve on, sitä lyhyempi on REM-viive. (Åkerstedt ym. 2007.)

S1-vaihe vaikuttaa palautumiseen hyvin vähän tai ei ollenkaan (Westensen, Balkin & Belenky 1999). Muun muassa Merica ja Fortune (2004) eivät laske sitä varsinaiseksi uneksi, vaan määrittelevät unen alkavan vasta unisukkuloiden ilmestymisestä EEG:hen, eli S2-univaiheesta. Westensenin, Balkinin ja Belenkyn (1999) mukaan koonaisuniaika vastaa huomattavasti paremmin seuraavan päivän vireystilaa, jos siihen ei lasketa mukaan S1-unta.

1.3.2 Oma kokemus unen laadusta

Oma kokemus unesta ei usein vastaa unirekisteröinnistä saatuja tuloksia. On kuvaavaa, että nukahtamislääkkeet auttavat yleensä nopeasti vaikeassa unettomuudessa, koska niiden käyttäjä kokee nukkuneensa hyvin, vaikka lääkkeet vähentävät syvän ja REM-unen määrää (Partinen & Huovinen 2007). Åkerstedtin ryhmän tutkimuksissa (2002, 2007) levänneisyyden tunne liittyi heräämisen helppouteen. Paradoksaalisesti yö, josta puuttui syvä uni ja jonka aikana henkilö oli paljon hereillä, koettiin lepuuttavaksi, ilmeisesti koska herääminen kevyestä unesta oli helppoa. Kokemus unen laadusta taas liittyi unitehokkuuteen ja syvän unen määrään. Yleisesti ottaen parhaaksi koettiin yö, jossa oli paljon syvää unta, mutta loppupuolella nukuttiin huonosti, mikä teki heräämisen helpoksi. Heräämisen helppous liittyi myös ruuminlämmöllä mitattuun vuorokausirytmien vaiheeseen.

Hyyppä ja Kronholm (1998) ovat koonneet useista tutkimuksista niissä löydettyjä koettuun unen laatuun yhteydessä olevia tekijöitä. Näitä ovat heidän mukaansa univiive, unen rikkonaisuus, yöllisen valveen määrä, unenaikaiset liikkeet, unen määrä ja stressihormonit. Heidän mukaansa myös sukupuoli, ikä, psyykkiset tekijät, sairaudet ja lääkkeitten käyttö ovat yhteydessä koettuun unen laatuun.

Uupumuksesta tehdyn päiväkirjatutkimuksen mukaan tunteet heräämisen jälkeen ja koettu unen laatu ennustivat uupumusta, mutta unen määrä ei. Uni koettiin virkistävemmäksi viikonloppuna kuin viikolla. Unen laatu ja tunteet herätessä arvioitiin parhaiksi sunnuntaina ja heikoimmiksi maanantaina. Tässä tutkimuksessa ei tehty minikäänlaista unirekisteröintiä, vaan kaikki unta koskevat muuttujat olivat koehenkilöiden oman ilmoituksen varassa. Ottaen huomioon, miten melkein pä sattumanvaraiselta omat arviot unesta vaikuttavat unirekisteröintien valossa, on yllättävää, että oma arvio näyttää kuitenkin olevan vahvasti yhteydessä siihen miten väsyneeksi olo koetaan. Mitä pa-

remmiksi unen laatu ja aamun tunteet arvioitiin, sitä vähemmän koettiin uupumusta työpäivän jälkeen. (Rook & Zijlstra 2006.)

1.3.3 Unen rikkonaisuus

Westensenin ym. (1999) mukaan unen rikkonaisuuden vaikutus seuraavan päivän viireystilaan on samanlainen kuin osittaisen tai täydellisen unideprivaation. Myös vaikutus niitä seuraavan korvausunen rakenteeseen on samanlainen. Lévy ja Pépinin (2003) mukaan unen rikkonaisuus on yhteydessä päiväaikaiseen väsymykseen. Morrell ym. (2000) totesivat tutkimuksessaan, että pelkkä unen rikkonaisuus liittyy päiväaikaiseen kohonneeseen systoliseen verenpaineeseen, riippumatta havahtumiset aiheuttaneista hengityskatkoksista. Åkerstedt ym. (2007) viittaavat Ekstedtin työuupumuspotilaista tekemään tutkimukseen, joka antaa vahvistusta sille, että unen rikkonaisuus liittyy sydän- ja verisuonitautien riskitekijöihin, ja saattaa olla linkki stressin ja siihen liittyvien fysiologisten häiriöiden välillä. Westensen ym. (1999) esittävät olennaiseksi unta heikentäväksi tekijäksi S1-vaiheen määrää: vaikka rikkonaisuus ei juuri lyhentäisikään kokonaisuniaikaa, se lisää S1-unta.

Unesta valveeseen siirtymiä on monenlaisia: havahtumisia, jotka kestävät vain sekunteja, minuuteissa mitattavia lyhyitä heräämisiä ja pitkäkestoisia, yhtenäisiä heräämisiä, jotka yleensä päättävät unijakson. Ne eroavat toisistaan myös määrän, ajallisen sijoittumisen ja kognitiivisten piirteiden suhteen. Heräämiseen liittyy aivokuoren aktivoituminen ja käyttäytymisen muutos. (Åkerstedt ym. 2002.)

Lévy ja Pépinin (2003) mukaan havahtuminen on äkkinäinen muutos EEG:ssä, nopeat taajuudet alfa ja beta lisääntyvät hetkellisesti kesken univaiheen. Horneriin viitaten Sforza ym. (2007) lisäävät tähän vaihtelun sympaattisen ja parasympaattisen hermoston aktiivisuudessa. Lévy ja Pépin (2003) viittaavat useisiin tutkimuksiin, joissa on todettu aivokuoren havahtumiseen liittyvän hengityksen, sydämen toiminnan ja verenkierron muutoksia. Näiden tutkimusten perusteella näyttää siltä, että aivokuoren, hengityksen ja verenkierron tapahtumia ohjaa yhteinen generaattori, joka sijaitsee aivorungossa. Kaikki autonomisen hermoston hetkelliset aktivoitumiset eivät näy EEG:ssä, joten joissain tapauksissa autonominen hermosto voi olla herkempi mittari unen katkonaisuudelle kuin EEG (myös Sforza 2007). Haba-Rubio, Ibanez ja Sforza (2004) toteavat-

kin, että perinteisessä univaiheluokituksessa unen rikkonaisuus näkyy huonosti, ja se vastaa huonosti henkilön omaa kokemusta väsymyksestä ja unisuudesta.

1.3.4 Stressin vaikutus uneen

Stressireaktiot ja uni ovat vastakohtia. Stressi saa elintoiminnat kiihtymään: syke ja verenpaine nousevat, hormonitoimintaan tulee muutoksia jne. Ihminen valpastuu. Unessa taas valppaus heikkenee, syke ja verenpaine laskevat jne. Aivorungossa on rakenteita, jotka osallistuvat sekä unen että stressireaktioiden säätelyyn. Unen ja stressin välillä on siis myös fysiologinen yhteys. (Hyypä & Kronholm 1998.)

Stressin vaikutusta uneen on tutkittu varsin vähän luonnollisissa tilanteissa. Åkerstedt (2007) viittaa Kecklundin ym. tutkimukseen, joissa mittarina on käytetty odotuksia seuraavan työpäivän suhteen. Kun koehenkilö oletti seuraavan päivän olevan stressaava, syvän unen osuus väheni ja S2:n osuus kasvoi, ahdistuneisuus nukkumaan mennessä lisääntyi ja uni koettiin huonoksi.

Työuupumuksesta tehdyssä tutkimuksessa unenaikaisten havahtumisten todettiin parhaiten ennustavan monia ongelmia aiheuttavia fysiologisia tekijöitä, kuten kolesterolitasoa ja verenpainetta. Työstressi sekä epäselvä raja työn ja vapaa-ajan välillä taas ennustivat parhaiten havahtumisten määrää. Tutkimus antaa vahvistusta sille, että unen rikkonaisuus liittyy sydän- ja verisuonitautien riskitekijöihin ja saattaa olla linkki stressin ja siihen liittyvien häiriöiden välillä. (Ekstedt ym. 2004.)

Toisessa tutkimuksessa työuupumuspotilaiden unta verrattiin normaaleihin nukkujiin ja todettiin, että potilailla unitehokkuus oli heikompi, univiive pitempi, syvää unta vähemmän, S1-unta enemmän ja havahtumisten määrä oli suurempi kuin verrokeilla. Potilaiden palautuminen oli heikompaa. (Ekstedt ym. 2006.)

Partisen ja Huovisen (2007) mukaan tilapäinen toiminnallinen unettomuus liittyy useimmiten stressiin, ahdistuneisuuteen, ympäristön muutoksiin tai erilaisiin kriisitilanteisiin. Yleisesti ottaen on kyse sopeutumisesta. Unen huono laatu johtuu heidän mukaansa todennäköisesti lisääntyneestä S2- ja REM-unesta.

1.3.5 Liikunnan vaikutus uneen

Fyysisen rasituksen jälkeen unen pituus ja syvän unen määrä sekä REM-viive kasvavat ja REM-unen määrä vähenee (Driver & Taylor 2000; Hyyppä & Kronholm 1998). Hyyppän ja Kronholmin (1998) mukaan fyysinen rasitus lisää syvää unta, jos se jatkuu niin pitkään ja tehokkaana, että ruumiin ja aivojen lämpötila nousee. Sama ilmiö saadaan aikaan myös lämpimällä kylvyllä tai saunomisella. Kyse on siis aivojen aineenvaihdunnan vilkkaudesta, ei lihastyön aiheuttamasta rasituksesta.

Toinen esitetty vaikutusmekanismi perustuu teoriaan, jonka mukaan unen tarkoitus on energian säästäminen. Liikunta kuluttaa paljon energiaa ja edistäisi näin energiaa säästävää unta. Kolmas hypoteesi perustuu teorialle unen tärkeydestä kudosten korjautumiselle. Liikuntaa pidetään tässä hypoteesissa stressitekijänä, jonka jälkeen keho vaatii unta korjautuakseen. (Mm. Driver & Taylor 2000; Santos ym. 2007.) Tulokset ovat Driverin ja Taylorin mukaan kuitenkin vaihtelevia eri tutkimuksissa. He epäilevät, että ainakin osittain on kyse siitä, että koehenkilöt ovat olleet hyvin nukkuvia ja hyväkuntoisia. Tutkimuksissa tällaisilla ryhmillä erot eivät kattoefektin takia voi olla kovin suuria.

Liikunnan unta häiritsevän vaikutuksen oletetaan myös perustuvan lämmönsäätelyyn. Yleisesti unihygieniaohjeissa sanotaan, että raskaan liikunnan ja nukkumaan menon välissä pitää olla 2-3 tuntia, jotta ruumiinlämpö alkaa selvästi laskea, muuten nukahtaminen voi olla vaikeaa. (mm. Partinen & Huovinen 2007.)

1.4 Autonomisen hermoston toiminta ja sykevälivaihtelu unen aikana

Kaartinen (1997) vetää kirjallisuuskatsauksessaan yhteen monien tutkimusten tuloksia autonomisen hermoston toiminnasta unen aikana. Hänen mukaansa sekä ihmis- että eläintutkimuksissa on todettu, että autonomisen hermoston säätelemien tekijöiden vaihtelu erottaa NREM- ja REM-unen toisistaan paremmin kuin näiden tekijöiden arvot sinänsä. NREM-unen aikana esimerkiksi hengitys ja syke vaihtelevat tasaisesti, kun taas REM-unen aikana ne vaihtelevat epäsäännöllisesti, valveenkaltaisesti. Suurin hengityksen ja sykkeen vaihtelu liittyy silmänliikkeisiin, ja suurimmillaan se näyttää olevan tunnepitoisten unien aikana. NREM-unen aikana hengitystä säätelee tahdosta riippumaton

aineenvaihdunnan järjestelmä, kun taas REM-unen aikana tahdonalaisella säätelyllä on vaikutusta. NREM-unen aikana tasaisen vaihtelun rikkovat liikkeet ja havahtumiset.

Useissa tutkimuksissa on todettu sykkeen seuraavan suunnilleen ruumin lämpökäyrää ja laskevan unen aikana (Bonnet & Arand 1997). Trinder ym. (2001) viittaavat muun muassa Kerkhofin ym. tutkimukseen, jonka mukaan unenaikainen sykkeen hidastuminen liittyy osittain vuorokausirytmiiin. Eri tutkimuksissa on heidän mukaansa todettu sykkeen olevan matalimmillaan NREM-unen aikana ja nousevan REM-unen aikana joko valveen tasolle tai hieman sen alle. Bonnet'n ja Arandin tutkimuksessa (1997) syke oli korkeampi REM-unen kuin NREM-unen aikana, mutta sen todettiin keskimäärin laskevan vähitellen koko unijakson ajan.

Sydämen sykettä säätelee paljolti autonominen hermosto. Karkeasti ottaen autonomisen hermoston parasympaattinen osa rauhoittaa ja sympaattinen osa kiihdyttää sydämen toimintaa. Autonomisen hermoston toimintaa mitataan muun muassa sykevälivaihtelulla. Mittana käytetään siis kahden peräkkäisen sydämen sykäyksen välistä aikaa. Näin saatua aikasarjaa voidaan analysoida monella tavalla, mutta luotettavimmaksi on osoittautunut taajuuskenttäanalyysi, jolla tutkitaan vaihtelun jakautumista ajassa. Eniten käytettyjä ovat ns. korkeataajuinen vaihtelu (HF, 0,15 – 0,4 Hz), jota pidetään parasympaattisen säätelyn mittarina, ja matalataajuinen vaihtelu (LF, 0,04 – 0,15 Hz), jota käytetään sympaattisen säätelyn mittarina, mutta joka todennäköisesti heijastaa sekä sympaattisen että parasympaattisen hermoston toimintaa. Matalataajuisen vaihtelun on kuitenkin todettu liittyvän muun muassa stressiin. Usein käytetään myös näiden kahden taajuusalueen suhdetta (LF/HF), kuvaamaan sympaattisen hermoston toimintaa. (Task Force 1996.) Sykevälivaihtelun taajuusmuuttujilla mitattuna on todettu parasympaattisen hermoston aktivoituminen NREM-unen ja sympaattisen hermoston aktivoituminen REM-unen aikana. Nämä tulokset pitävät yhtä suoraan hermostosta tehtyjen mitausten kanssa. (Bonnet & Arand 1997.)

Eri tavoin sympaattisen ja parasympaattisen hermoston säätelyä mitanneissa tutkimuksissa on Trinderin ym. (2001) mukaan johdonmukaisesti todettu parasympaattisen hermoston aktivoituminen NREM-unessa. Joissakin tutkimuksissa sen on todettu olevan aktiivisimmillaan syvän unen aikana, toisissa tutkimuksissa ei ole havaittu merkitsevää eroa eri NREM-vaiheiden välillä. Johdonmukaisesti on myös havaittu sympaattisen vaskulaarisen tonuksen lasku NREM-unessa. Kolmas yhtäpitävä havainto eri tutkimuksissa on näiden ilmiöiden päinvastaisuus REM-unessa. Sympaattisen hermoston aktiivi-

suudesta taas on saatu ristiriitaisia tuloksia, mm. matalataajuisen vaihtelun on eri tutkimuksissa todettu lisääntyvän, pysyvän samana ja vähenevän unen aikana. Ongelmana eri tutkimusten vertailussa on se, että osassa tutkimuksista matalataajuisen vaihtelun tehoa käytetään sellaisenaan, osassa se suhteutetaan korkeataajuiseen vaihteluun tai kokonaisvaihteluun. Trinderin ym. (2001) tutkimuksessa on käytetty kolmea erilaista arvoa: taajuuskaistan tehoa sellaisenaan, standardoitua arvoa sekä taajuuskaistan tehoa suhteessa kokonaistehoon. Erot tuloksissa ovat selkeät eri arvojen välillä.

Bonnet ja Arand (1997) tutkivat sykevälivaihtelun taajuuskenttiä eri univaiheissa ja yön eri aikoina. Tulokset vahvistivat aikaisempia tutkimuksia. He totesivat, että korkeataajuisen vaihtelun teho oli suurinta syvässä unessa, pienempää S2-vaiheessa, edelleen pienempää, mutta keskenään samantasoista S1- ja REM-unessa, ja alimmillaan valveilla. Matalataajuinen vaihtelu, jota he mittasivat LF/HF-suhteella, käyttäytyi päinvastoin. Sykevälivaihtelussa ei ollut eroa valveessa ennen nukahtamista ja kesken unen. He myös jakoivat yön neljään osaan ja testasivat näin unessa vietetyn ajan vaikutusta vaihteluun, mutta merkitsevää eroa ei löytynyt. Havahtumisen vaikutus S2- ja REM-vaiheissa oli odotettu, eli korkeataajuisen vaihtelun teho laski ja matalataajuinen nousi, mutta ero univaiheiden välillä säilyi. Sykkeessä havaittiin kiihtyminen jo ennen EEG:ssä näkyviä merkkejä havahtumisesta. He myös havaitsivat matalataajuudessa vaihtelussa äkkinäisiä vaihteluita, jotka alkoivat ennen REM-vaihetta ja jatkuivat jonkin aikaa sen jälkeen. He tutkivat siirtymiä S2-vaiheesta syvään ja REM-uneen ja niistä takaisin S2-uneen, ja totesivat että sykevälivaihtelu muuttuu odotetusti tutkituilla taajuusalueilla ennen ja jälkeen siirtymien.

Myös Trinderin ym. (2001) tutkimuksessa saatiin aikaisempien tutkimusten kanssa yhtäpitäviä tuloksia: NREM-unessa korkeataajuisen vaihtelun teho nousi ja matalataajuinen laski. Tosin eroja käytetyn yksikön mukaan oli varsinkin matalataajuisen vaihtelun arvoissa. Tässäkin tutkimuksessa todettiin, että sykevälivaihtelun muuttujat vaihtelevat univaiheiden, mutta eivät nukutun ajan mukaan. Unen ensimmäisen 30 minuutin aikaiset arvot olivat merkitsevästi erilaiset kuin sitä edeltävän valveen aikana. S2-vaiheen ja syvän unen välillä ei löydetty merkitseviä eroja sydämen toiminnassa. Ainoastaan ensimmäisen 30 minuutin aikana eroja oli. Tämä viittaa siihen, että nukutulla ajalla on merkitystä nukahtamisvaiheessa, jolloin eri muuttujat ovat vasta siirtymässä kohti unenaikaisia arvojaan. Sen sijaan sydämen toiminnassa NREM-uni näyttäisi olevan yhtä vaihetta eikä sen syvyydellä ole merkitystä. NREM- ja REM-unen välillä oli

tässäkin tutkimuksessa merkitsevä ero. Syke ja matalataajuinen vaihtelu olivat REM-unessa korkeampia ja korkeataajuinen vaihtelu matalampi kuin NREM-unessa. REM-unen arvot olivat lähempänä valvetta kuin NREM-unta, mutta vertailu REM-unen ja valveen välillä antoi erilaisia tuloksia eri yksiköillä. Hengitys oli hitaampaa REM-unessa kuin S2- tai syvässä unessa.

1.5 Tutkimuksen tarkoitus

Ihmisten nukkumiseen käyttämä aika on vähentynyt ja unen arvostus heikentynyt. Työpäivät ovat pitkiä ja töitä tehdään vielä illalla kotona. Palautumisaika jää helposti liian vähäiseksi. Unihäiriöt ovat varsin yleisiä, niiden seuraukset terveydelle jopa hyvin vakavia. Unen tutkiminen nykyisin menetelmin vaatii sekä kallista laitteistoa että työvoimaa. Lisäksi päähän ja kehoon kiinnitetyt johdot sekä vieras ympäristö varmasti vaikuttavat uneen. Erilaisia kevyitä, kotimittauksiin sopivia laitteita on kehitetty, mutta ne eivät kuitenkaan vastaa monipuolisuudeltaan ja luotettavuudeltaan EEG-rekisteröintiä.

Sykevälivaihteluun perustuvia menetelmiä kliiniseen käyttöön on tutkittu ja kehitetty paljon, sillä sykemittarilla tehtävä ja automaattisesti analysoitava tutkimus olisi sekä helppo että halpa. Mittaus voitaisiin myös toistaa säännöllisesti tai tehdä pitkiä mittauksia.

Firstbeat Technologies oy:n Hyvinvointianalyysin pohjana on ohjelmisto, joka alkuun rakennettiin urheilijoiden ylikuntotutkimuksen pohjalta. Ihmisen on todettu reagoivan fysiologisesti samoin myös henkiseen kuormitukseen, joten Hyvinvointianalyysistä on kehitetty hyvinvointia monella tavalla tarkasteleva ohjelmisto. Hyvinvointianalyysi tekee analyysejä kehon tilasta sydämen sykevälivaihtelun perusteella. Ohjelma laskee erilaisia sykevälivaihtelun aika- ja taajuusmuuttujia sekä muun muassa hengitystiheyden, hapenkulutuksen. Näiden muuttujien perusteella ohjelma jakaa mittausajan fyysisen aktiivisuuden, liikunnasta palautumisen, stressin ja palautumisen kesken sekä määrittelee eri tilojen tason. Ohjelmasta on hyviä kokemuksia kuormittuneisuuden mittaamisessa, ja sen validiutta on testattu monissa tutkimuksissa. Kokemukset yömittauksista ovat kuitenkin ristiriitaisia.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on verrata Hyvinvointianalyysin tuloksia ja perinteisiä EEG-mittaukseen perustuvia unen mittareita tasolla, jolla niitä yleensä käytän-

nön työssä tarkastellaan. EEG-mittauksesta käytetään siis koko yön mittauksesta saatuja tunnuslukuja ja Hyvinvointianalyysistä pääasiassa stressi- ja voimavararaporttien antamia tuloksia.

Koska kyseessä on eksploratiivinen tutkimus, on selkeitä hypoteeseja vaikea asettaa. Joitakin suuntia antavia kysymyksiä voidaan kuitenkin esittää.

1. Onko Hyvinvointianalyysin määrittelemillä tiloilla ja univaiheilla yhteyttä? Verraten Trinderin ym. (2001) sykevälivaihtelun taajuusmuuttujien arvoa sellaisenaan käyttäen saamiin tuloksiin, Hyvinvointianalyysin algoritmien voisi olettaa määrittelevän normaalisti nukuttuna yönä ainakin S2- ja syvän unen vaiheet palautumisajaksi. REM-uni varsinkin faasisessa vaiheessa saattaa määrittyä stressitilaksi, toisaalta rentoutunut valve ja S1-vaihe saattavat määrittyä palautumiseksi. Nukahtamisvaiheen nopeat muutokset hengitystiheydessä ja hieman hitaammat muutokset sykevälivaihtelun taajuusmuuttujissa saattavat näkyä analyysissä stressitilana. Koko yön vähitellen laskeva syke näkynee analyysissä palautumisen suurempana määränä loppuyöstä.

2. Näkyvätkö stressin unen rakenteeseen aiheuttamat muutokset Hyvinvointianalyysissä? Stressin on todettu keventävän unta, pidentävän nukahtamisviivettä ja tekevän unesta rikkonaista. Syvän unen keveneminen S2-uneeksi ei välttämättä näy Hyvinvointianalyysissä, mutta unen rikkonaisuuden ja mahdollisesti pidentyneen univiiveen pitäisi näkyä stressinä.

3. Näkyvätkö myöhäisen rankan liikunnan unen rakenteeseen aiheuttamat muutokset Hyvinvointianalyysissä? Myöhäinen rankka liikunta lisää syvän unen määrää ja saattaa pidentää univiivettä. Vaikka syvä uni ei erottuisikaan S2-unesta, pitäisi Hyvinvointianalyysissä kuitenkin näkyä runsaasti palautumista. Univiive taas saattaa näkyä stressinä.

Todellisen palautumisen arviointia heikentää se, ettei sykevälivaihtelulla pystytä kunnolla erottamaan NREM-unen vaiheita. Syvä uni on palautumisen kannalta tärkeintä ja huonosti nukuttuna yönä S2-uni saattaa korvata syvän unen. Tätä sykevälivaihteluun perustuva analyysi ei siis todennäköisesti havaitse. REM-unen näkyminen stressinä taas vääristäisi todellisuutta, sillä REM-uni on palautumisen kannalta tärkeää. Mikäli siis Hyvinvointianalyysi noudattelee oletettua linjaa, se ei välttämättä paljasta todellista palautumista tai sen puutetta yön aikana.

2. MENETELMÄ

2.1 Koehenkilöt ja koejärjestely

Tutkimuksessa oli 14 tervettä, normaalisti nukkuvaa koehenkilöä, joista 5 miestä ja 9 naisia. Heidät jaettiin kahteen ryhmään. Liikuntaryhmässä (kahdeksan koehenkilöä) miehiä ja naisia oli saman verran, mutta stressiryhmään (kuusi koehenkilöä) miehiä onnistuttiin saamaan vain yksi. Nordic Sleep Questionairen avulla tarkistettiin, että koehenkilöt ovat normaalisti nukkuvia, ja terveys kartoitettiin Hyvinvointianalyysiin liittyvällä kyselyllä. Koehenkilöt olivat iältään 18-31-vuotiaita. Tutkimuksissa on todettu unen rakenteen alkavan muuttua keski-iässä. Jo 40-vuotiaiden on todettu heräävän yön aikana useammin kuin nuorempien aikuisten (Åkerstedt ym. 2002). Delta-aktiisuudessa alkaa tapahtua muutoksia jo 30-40-vuotiaana (Hyyppä & Kronholm 1998). Koehenkilöt valittiin siis niin, ettei iän tuomien muutosten pitäisi aiheuttaa hajontaa tuloksissa. Koehenkilöt nukkuivat laboratoriossa kaksi yötä, joista toinen oli koe- toinen kontrolliyö.

Stressiryhmällä oli 2-3 päivää ensimmäisen laboratoriyön jälkeen jokin tärkeä, stressiä ja jännitystä aiheuttava tilanne. Näitä oli muun muassa väitöstilaisuus, tutkintokonsertti, tärkeä esitelmä, raskas tenttikausi yms. Koehenkilöiden löytäminen ja tutkimuskalenterin rakentaminen aiheuttivat päänvaivaa, mutta halusimme saada luonnollisen stressitekijän, ei laboratoriossa kokeella aiheutettua stressiä. Käytännön syistä stressiryhmässä kaikilla koeyö oli ensimmäisenä ja kontrolliyö toisena. Kontrolliyö pyrittiin ajoittamaan niin, ettei ajankohtaan osunut mitään erityisen stressaavaa. Monilla kontrolliyö osui joululoman jälkeiseen aikaan.

Liikuntaryhmä teki 2-3 tuntia ennen nukkumaan menoa maksimaalisen hapenotokyvyn testin kuntopyörällä Liikunta- ja Terveyslaboratoriossa. Testi oli suunniteltu niin, että se kesti kaikilla vähintään puoli tuntia ja vietiin uupumukseen asti. Puolella liikuntaryhmästä ensimmäinen yö oli koeyö, puolella kontrolliyö. Näin pyrittiin kontrolloimaan ensimmäisen oudossa tilanteessa nukutun yön vaikutusta tuloksiin (first night effect). Kummatkin mittaukset pyrittiin ajoittamaan niin, ettei koehenkilöllä ollut mitään erityisen stressaavaa (esimerkiksi tiukkaa tenttirupeamaa) niihin aikoihin.

Koeasetelmalla pyrittiin saamaan hyvin nukkuvien nuorten aikuisten aineistoon hajontaa. Lisäksi haluttiin nähdä, aiheuttavatko myöhäinen, rankka liikunta ja henkinen

stressi muutoksia uneen. Erityisesti kiinnosti, näkyykö Hyvinvointianalyysin tuloksissa eroja.

Koehenkilön kanssa pidettiin ennen tutkimusta starttipalaveri, jossa käytiin läpi tutkimuksen kulku ja koehenkilö allekirjoitti suostumuslomakkeen. Lisäksi hän täytti Nordic Sleep Questionairen ja Hyvinvointianalyysiin liittyvän kyselyn, joiden avulla vielä tarkistettiin henkilön soveltuvuus tutkimukseen. Liikuntaryhmään kuuluvat täyttivät lisälomakkeen hapenottokyvyn testin laatimista varten sekä allekirjoittivat erillisen suostumuslomakkeen testiä varten. Koehenkilöt saivat mukaansa sykemittarin, tarvittavat lomakkeet sekä kirjallisen ohjeen tutkimukseen osallistumisesta ja sykemittarin käytöstä.

Koehenkilö aloitti sykemittauksen annettujen ohjeitten mukaan reilua vuorokautta ennen laboratorioyötä noin kello 18. Samalla hän aloitti mittauspäiväkirjan täyttämisen. Päiväkirjaan häntä pyydettiin kirjaamaan muutamalla sanalla päivän tapahtumia, erityisesti sellaisia jotka saattavat vaikuttaa sykkeeseen sitä nostavasti tai laskevasti. Sykemittarin käytön aikana ei alkoholia saanut nauttia ja lääkkeitä pyydettiin välttämään. Koehenkilöille annettiin ohje merkitä mittauspäiväkirjaan tarkasti lääke ja sen ottamisaika, jos heidän olisi pakko ottaa esimerkiksi särkylääke jostain syystä.

Illalla juuri ennen nukkumaan menoa he täyttivät henkisiä ja fyysisiä voimavaroja koskevan kyselyn. Aamulla noustuaan he täyttivät saman kyselyn sekä lisäksi yön unta koskevan kyselylomakkeen.

Laboratorioon koehenkilöä pyydettiin tuomaan omat vuodevaatteet, vähintään tyyny ja lakanat, jotta vuode tuntuisi tutummalta. Monet toivat suosituksemme mukaan myös oman peiton. Stressiryhmän koehenkilöitä haastateltiin ensin tulevasta jännittävästä tapahtumasta ja jännittämisestä yleensä. Haastattelun tarkoituksena oli tuoda tapahtuma ja siihen liittyvä jännitys mahdollisimman hyvin koehenkilön mieleen.

Kaikille koehenkilöille kiinnitettiin kolme EEG-elektrodi C3, C4 ja Fp1, jotka referoitiin vastakkaisen puolen korvan taakse. Lisäksi kiinnitettiin EOG-elektrodi silmien ulkonurkkiin toisella puolella hieman silmän ylä- toisella alapuolelle, sekä kaksi EMG-elektrodi leuan alle. Molemmat EOG-elektrodit referoitiin vasemman korvan taakse ja EMG mitattiin bipolaarisesti. Tallentava sykepanta Suunto Smartbelt jätettiin paikoilleen myös laboratorioyöksi, mutta koska sen mittaus kokemuksen mukaan katkeaa helposti nimenomaan yöllä, sykemittauksen onnistuminen varmistettiin Alive Heart Monitorilla (Model HM120, Alive Tehcnologies Pty Ltd), jonka mittauselektrodit kiin-

nitettiin vasempaan kylkeen ja oikeaan hartiaan solisluun alapuolelle. Ennen nukkumaan menoa koehenkilö täytti saman kyselylomakkeen kuin edellisenä iltana.

Koehenkilöt nukkuivat laboratorion mittaushuoneessa, joka on ns. Faradayn häkki. Vuoteessa oli myös unipatja (SCSB – Static Charge Sensitive Bed), joka on herkkä liikeanturi. Unipatjan ohjelma erottelee signaalista nukkujan liikkeitä, sykkeen (ballistogardiografia) ja hengityksen.

EEG, EOG ja EMG rekisteröitiin Brain Vision Recorder –ohjelmalla (versio 1.03.0004, Brain Products GmbH), sykemittarit tallensivat omat mittauksensa. Suunto Smarbeltin kello pantiin mahdollisimman tarkoin samaan aikaan mittaustietokoneen kellon kanssa. Alivessa kelloa ei ole, joten se käynnistettiin tietokoneen kellon mukaisesti ja aika merkittiin ylös. Ehdottoman tarkka ajallinen kohdistus mittausten välillä ei siis ole mahdollista.

Koska halusimme mitata mahdollisimman luonnollisen tilanteen, koehenkilöt saivat käydä nukkumaan oman tavallisen aikataulunsa mukaan. He saivat halutessaan vielä lukea sängyssä. Heidän vain piti ilmoittaa, kun laittoivat valot pois ja kävivät nukkumaan. Tämän takia kaikkien kokonaisrekisteröinti-aika on aineiston yhtenäisyyden vuoksi laskettu valojen sammuttamisesta.

Aamulla koehenkilö herätettiin sovittuun aikaan, ellei hän ollut vielä herännyt. Heille annettiin ohje, että he saavat nousta herättyään, jos haluavat. Tätä mahdollisuutta tosin käytti vain yksi koehenkilö, muut jatkoivat torkkumista herätykseen asti, vaikka olisivatkin heränneet jo aiemmin. Elektrodit irrotettiin, koehenkilö täytti jälleen samat kyselylomakkeet kuin edellisenä aamuna ja sai lähteä, kun oli valmis.

2.2 Analyysi

2.2.1 Aineisto

EEG-, EOG- ja EMG-mittaukset luokiteltiin visuaalisesti Brain Vision Analyzer – ohjelman avulla (versio 1.05.0005, Brain Products GmbH). Univaiheluokitukset teki Rechtschaffenin ja Kalesin (1968) toimittaman kriteeristön mukaan kaksi tutkimusryhmän jäsentä, jotka luokitusten yhtenäistämiseksi vielä tarkistivat toistensa luokitukset. Unipatjan mittausta käytettiin luokituksessa apuna koehenkilön liikkeitten tunnistamisessa. Suunto Smartbeltin mittaukset purettiin suoraan Hyvinvointianalyysiin (Versio 2.2.1.2), Aliven mittaukset purettiin sen omalla ohjelmalla ja sykevälitiedostot tuotiin Hyvinvointianalyysiin käsittelyä varten.

Yhden koehenkilön liikuntayönä EEG-mittauksissa tuli tietokoneongelmien vuoksi aamuyöllä noin kahden tunnin katko, muuten EEG-aineisto on laadukasta. Sykemittaukset olivat ongelmallisempia. Suunto Smartbeltit toimivat muuten pääosin hyvin, mutta ilmeisesti laitteen muotoilusta johtuen, erityisesti yöllä panta irtoaa toisinaan ihosta ja mittaus katkeaa. Erityisesti pienikokoisten naisten ja kyljellään nukkuvien kanssa ongelmia tulee. Jotkut koehenkilöt olivat myös pitäneet mittaria turhan löysällä tai liian alhaalla ohjeista huolimatta. Aliven mittauksiin turvauduttiin siis useissa tapauksissa. Tuloksiin tämä ei aiheuta eroa. Sykemittauksista on käytetty sitä, jonka virheprosentti on pienempi. Jos eroa ei ole, on analyysissä käytetty Suunto Smartbeltiä. Ylärajaksi virheprosentille asetettiin 5 %. Kolmeltatoista koehenkilöltä löytyi ehdon täyttävä mittaus. Yhden koehenkilön virheprosentti nousi kaikissa mittauksissa korkeammalle. Tilastanalyysissä on käytetty kaikkia ehdot täyttäviä mittauksia. Epäonnistuneet mittaukset, ja joissakin tapauksissa koko koehenkilön data, on poistettu analyysikohtaisesti. Siksi otoskoko vaihtelee jonkin verran analyysistä toiseen.

Tilastanalyysit on tehty SPSS:n versioilla 14.0 ja 15.0.

2.2.2 EEG-muuttujat

Tutkimuksessa on käytetty pääasiassa vakiintuneita unen tunnuslukuja. Rechtschaffenin ja Kalesin (1968) kriteerien mukaan uni on luokiteltu 30 sekunnin epookkia käyttä-

en NREM-vaiheisiin S1, S2 ja SWS, johon on yhdistetty vaiheet S3 ja S4. Lisäksi on luokiteltu REM-uni ja yhdeksi luokaksi yhdistettynä valve ja liike. Syvän unen luokittaminen yhteen luokkaan on yleinen käytäntö. Liikkeen ja valpeen yhdistäminen taas on käytännön helpotus, jolla on tuloksiin merkityksettömän pieni vaikutus, sillä pitkä liike kuitenkin useimmiten liittyy havahtumiseen.

Luokituksen perusteella on lisäksi laskettu kokonaisrekisteröinti-aika valojen sammuttamisesta herätykseen, kokonaisuniaika eli unessa vietetty aika, univiive eli montako minuuttia kuluu valojen sammuttamisesta ensimmäiseen S1-epookkiin, S2-viive, REM-viive, unen tehokkuusindeksi eli montako prosenttia kokonaisrekisteröintiajasta on vietetty unessa, sekä eri univaiheiden prosenttiosuudet kokonaisuniajasta.

Yleisessä käytössä on myös EEG:stä laskettava havahtumisindeksi (micro arousal index), joka kuvaa unen rikkonaisuutta. Tämän indeksin laskeminen on kuitenkin paljon työläämpää ja vaikeampaa kuin mihin tämän tutkimuksen puitteissa on mahdollisuuksia. Havahtumisindeksiä korvaamaan on kehitetty helpompia ja vaivattomampia vaihtoehtoja, jotka riittävän hyvin vastaavat havahtumisindeksiä. Tässä tutkimuksessa keuhittiin Morrellin ym. (2000) sekä Haba-Rubion, Ibanez'n ja Sforzan (2004) käyttämiä indeksejä, mutta lopullisissa tuloksissa on käytetty vain Morellin ym. indeksiä, joka paremmin vastasi tätä tutkimusta, ja jonka yhteydet muihin muuttujiin osoittautuivat toista indeksiä vahvemmiksi.

Morrell ym. (2000) käyttivät tutkimuksessaan, rikkonaisuusindeksiä, joka saadaan laskemalla yönaikaiset heräämiset ja siirtymät S1-vaiheeseen syvemmästä NREM-unesta tai REM-unesta, ja jakamalla tämä lukumäärä tunteina mitatulla kokonaisuniajalla. Siirtymät määriteltiin 30 sekunnin epookkia käyttäen tehdyn perinteisen univaihe-
luokituksen perusteella. Heidän tutkimuksensa mukaan rikkonaisuusindeksin toistettavuus oli hyvä ja se korreloi vahvasti EEG:stä lasketun havahtumisindeksin kanssa, joskin se antoi huomattavasti pienempiä rikkonaisuuslukuja tuntia kohti kuin havahtumisindeksi. Selkeä korrelaatio löytyi myös mm. indeksin ja iän väliltä. Himanen ja Hasan (2006) antavat tavalliseksi terveen, normaalisti nukkuvan henkilön EEG:stä lasketuksi havahtumisindeksiksi 10-20 tapahtumaa tunnissa. Oletettavasti siis Morellin ym. (2000) rikkonaisuusindeksin antamat luvut asettuvat näiden arvojen alapuolelle.

2.2.3 Hyvinvointianalyysin muuttujat

Hyvinvointianalyysin yömittauksissa on käsikirjan mukaan olennaista, miten nopeasti nukkumaan käymisen jälkeen elimistö alkaa analyysin mukaan palautua. Palautumisen alkua viivästyttävät Hyvinvointianalyysin käsikirjan mukaan muun muassa stressi, myöhäinen raskas liikunta ja raskas ateria juuri ennen nukkumaan menoa. Myös palautumisen määrää yön aikana tarkastellaan. (Hyvinvointianalyysin käsikirja.) Hyvinvointianalyysin muuttujiksi tässä tutkimuksessa otettiin palautumisviive eli aika, joka kuluu valojen sammuttamisesta palautumisen alkamiseen, sekä stressin, palautumisen, liikunnan ja tunnistamattoman tilan prosenttiosuudet kokonaisrekisteröintiajasta. Palautumisviivettä ohjelma ei anna, mutta stressiraportista kellonajan näkee melko tarkasti ja se on vielä tarkennettu export-tiedostosta, jossa eri muuttujat näkyvät sekunti sekunnilta.

Hyvinvointianalyysin palautumistilassa syke on lähellä leposykettä ja sykeväli vaihtelu on suurta ja säännöllistä. Ohjelman ”Absolute Relaxation Vector” -algoritmi käyttää muuttujista sykettä ja korkeataajuisen vaihtelun tehoa. Stressitilassa syke on noussut, sykeväli vaihtelu vähentynyt ja epäsäännöllistä, hengitystiheys on matala sykkeeseen ja sykeväli vaihteluun nähden. ”Absolute Stress Vector” -algoritmi huomioi sykkeen, hengitystiheyden sekä korkea- ja matalataajuisen vaihtelun tehon. Ohjelma ei luonnollisesti erottele, onko stressitilan aiheuttaja fyysinen vai psyykinen. (Myllymäki 2006.)

3. TULOKSET

Monien muuttujien jakaumat eivät ole normaaleja eivätkä kaikki korjaannu muunnoksilla. Myös parametristen menetelmien muiden edellytysten kanssa on ongelmia, joten nojaan tuloksissa pääasiassa parametrittomien menetelmiin, ja käytän parametrisiä menetelmiä tukena. (Högmander ym. 2006a; Kärkkäinen & Högmander 2006.)

3.1 Liikunta- ja stressiryhmien vertailu

Liikunta- ja stressiryhmien väliltä ei löytynyt tilastollisesti merkitseviä eroja perinteisten univaiheiden osuuksissa, Hyvinvointianalyysin antamien tilojen osuuksissa, unitehokkuudessa, univiiiveessä, S2-viiveessä, kokonaisuniajassa, kokonaisrekisteröintiajassa eikä katkonaisuus indekseissä.

Pelkkien liikunta- ja stressiöiden välillä ei Mann-Whitney-testissä löytynyt tilastollisesti merkitseviä eroja yhdenkään muuttujan kohdalla. Vain S2-viive nousi edes lähelle merkitsevää ($U=8.0$, $p=.063$). Liikuntaöinä keskimääräinen S2-viive oli 20,6 minuuttia, stressiöinä 50 minuuttia. Riippumattomien otosten t-testin mukaan ero ei ole merkitsevä ($t=-1.445$, $p=.207$). Yksilöiden välinen vaihtelu on suurempaa kuin ryhmien välinen. Stressiöinä S2-viive on vaihdellut 4 – 146 minuutin välillä, liikuntaöinä viiveet ovat kaikilla melko lähellä keskiarvoa, 10 - 28,5 minuuttia. Vaikka ero ei tilastollisesti olekaan merkitsevää, se kuitenkin on aiempien tutkimusten suuntainen. Vain yhtenä stressiyönä S2-viive on ollut hyvin lyhyt, muut viisi asettuvat 27 -146 minuutin välille, siis liikuntaöitä pitemmiksi.

Liikuntaryhmän ja stressiryhmän kontrolliöiden välillä ei Mann-Whitney-testissä myöskään löytynyt merkitseviä eroja. Riippumattomien otosten t-testi vahvistaa tulosta. 1-ANOVA osoittaa jälleen selvästi, että yksilöiden välinen vaihtelu on selvästi suurempaa kuin ryhmien välinen.

3.2 Koe- ja kontrolliöiden vertailu

Liikuntaryhmän koe- ja kontrolliöiden väliltä merkitsevät erot löytyvät Hyvinvointianalyysin stressin ($p=.046$) ja palautumisen osuuksista ($p=.028$) Wilcoxonin testissä. Ver-

rannollisten parien t-testi löytää samat muuttujat (stressin osuus $t=2.469$, $p=.057$; palautumisen osuus $t=-3.369$, $p=.020$). Stressin osuus on liikuntayönä ollut merkitsevästi suurempi ja palautumisen osuus pienempi kuin kontrolliyönä.

Stressiryhmässä Wilcoxonin testi löytää koe- ja kontrolliöiden väliltä tilastollisesti merkitsevän eron univiiveestä ($p=.058$) ja REM-viiveestä ($p=.046$). Univiive on ollut keskimäärin 10 minuuttia ja REM-viive yli tunnin pitempi stressi- kuin kontrolliyönä. Jonkinlaista eroa öiden välillä on myös S2-viiveessä ja S2-unen osuudessa (kumpikin $p=.116$). S2-viive on ollut pidempi ja S2-unta on ollut enemmän stressi- kuin kontrolliyönä. Verrannollisten parien t-testin mukaan nämä erot eivät ole tilastollisesti merkitseviä, tosin REM-viive on lähellä merkitsevää ($p=.068$). Keskimäärin erot ovat odotettua suurempia, mutta yksilölliset erot ovat hyvin suuria.

On mielenkiintoista, että liikuntaryhmässä stressin ja palautumisen osuuksilla on liikunta- ja kontrolliyön välillä merkitsevä ero, mutta stressiryhmässä tätä eroa ei ole. Toisaalta myöskään stressi- ja liikuntaöiden väliltä merkitsevää eroa ei löydy. Näyttää siis ilmeiseltä, että Hyvinvointianalyysi reagoi fyysiseen rasitukseen ainakin huomattavasti voimakkaammin kuin stressiin.

3.4 Ryhmittely unen laadun mukaan

Kun koeryhmien väliltä ei selkeitä eroja löytenyt, mutta niitä oli runsaasti eri yksilöiden välillä, kävi tarpeelliseksi rakentaa ryhmät uudelleen. Jotta Hyvinvointianalyysin toimivuutta unen arvioinnissa voitaisiin mahdollisimman selkeästi verrata perinteisiin mittareihin, luokiteltiin yöt perinteisten mittarien mukaan määritellyn unen laadun perusteella.

Ryhmittelyanalyysi tuotti hankalia klusteriratkaisuja, joita oli vaikea tulkita tai asettaa paremmuusjärjestykseen. Kirjallisuudesta ei löytynyt mitään tapaa luokitella öitä unen laadun perusteella, joten sellainen piti kehittää tätä tutkimusta varten. Käytetty järjestys ja ryhmittely perustuvat hyvin yksinkertaiseen indeksiin (myöhemmin EEG-indeksi). Siinä on laskettu yhteen muuttujat, joiden suuri arvo tutkimusten mukaan edustaa unen hyvää laatua (kokonaisuniaika, unitehokkuus ja syvän unen osuus) ja tästä summasta on vähennetty niiden muuttujien, joiden suuri arvo vaikuttaa unen laatuun

negatiivisesti (rikkonaisuusindeksi, univiive ja S1-unen osuus), summa. EEG-indeksin laskemisesta varten muuttujien arvot on standardoitu.

Selkeästi negatiivisen EEG-indeksin arvon saaneet yöt ovat kaikilla indeksin muuttujilla arvioituina huonosti nukuttuja. Selkeästi positiivisen arvon saaneet yöt taas ovat kaikilla indeksin muuttujilla arvioituina hyvin nukuttuja. Tämä ilmiö näkyy myös muuttujissa, joita ei ole laskettu indeksiin. Indeksien arvojen $-1 - 1$ välillä on harmaa alue, jolle asettuvat yöt ovat vielä jokseenkin hyvin nukuttuja, mutta joku yksittäinen tekijä vetää indeksin arvoa alas. Esimerkiksi univiive on pitkä, syvää unta on vähän tai uni on katkonaista.

Parhaaksi ryhmittelyksi osoittautui jako kolmeen ryhmään. Ensimmäisessä ryhmässä on kuusi huonoimmin nukuttua yötä, joiden EEG-indeksin arvot ovat välillä $-2,26 - -10,23$. Toiseen ryhmään asettuu seitsemän keskinkertaisesti nukuttua yötä ($-1,29 - +0,40$), ja kolmanteen ryhmään 14 hyvin nukuttua yötä ($1,07 - 4,97$). Stressi-, liikunta- ja kontrolliöiden sijoittuminen eri ryhmiin näkyy alla olevasta taulukosta 2.

TAULUKKO 2. Eri koeryhmien koe- ja kontrolliöiden jakautuminen unen laadun mukaisesti luokkiin.

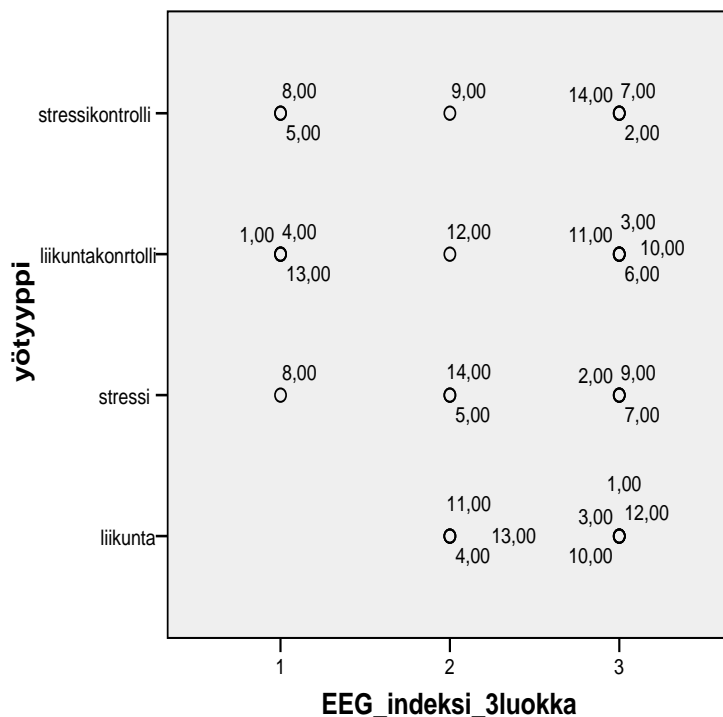
		Unen laatu			Total
		huono yö	keskinkertainen yö	hyvä yö	
yötyyppi	liikunta	0	3	4	7
	stressi	1	2	3	6
	liikuntakontrolli	3	1	4	8
	stressikontrolli	2	1	3	6
Total		6	7	14	27

EEG-indeksiin lasketuista muuttujista vain kokonaisuniaika osoittautui Kruskalin-Wallis testissä erottelukyvyltään heikoksi ($p=.151$). Muut muuttujat erottelivat ryhmiä toisistaan odotetun suuntaisesti ja merkitsevästi (unitehokkuus ($p<.001$), rikkonaisuusindeksi ($p=.001$), S1-unen osuus ($p=.007$), syvän unen osuus ($p=.016$) ja nukahtamisviive ($p=.029$)). Lisäksi ryhmien välillä oli merkitsevä ero REM-unen osuuden ($p=.033$) ja S2-viiveen ($p=.012$) kohdalla. S2-unen osuus ja REM-viive eivät erottelleet näitä ryhmiä toisistaan. ANOVAn tulokset ovat hyvin samanlaiset.

3.5 Unen laadun mukaisten ryhmien vertailu

Oletusten vastaisesti yli puolet koehenkilöistä on nukkunut kontrolliyön huonommin kuin stressi- tai liikuntayön. Kuten alla olevasta kuviosta 1 näkyy, kuusi koehenkilöä on nukkunut kontrolliyön huonommin, viisi koehenkilöä kummatkin yöt yhtä hyvin ja kaksi kontrolliyön paremmin. Liikunta- ja stressiryhmien välillä ei tässäkään ole eroa. Mitään johdonmukaista ensimmäisen yön vaikutusta ei myöskään ole havaittavissa. Koehenkilö numero kuudelta liikuntayön EEG-mittaus epäonnistui, joten hänen osaltaan tieto puuttuu.

Ryhmien tilastollisen käsittelyn kannalta ongelmallista on se, että samalta henkilöltä on aineistossa kaksi yötä, jotka asettuvat melko satunnaisesti eri ryhmiin. Ryhmät eivät siis ole toisistaan täysin riippumattomia, mikä vaikuttaa tuloksiin jonkin verran. Toistomittauksille tarkoitettuja menetelmiä on kuitenkin mahdotonta käyttää, koska toistoja on mahdotonta eritellä.



KUVIO 1. Koehenkilöiden jakautuminen koe- ja kontrolliöiden sekä unen laadun mukaan.

Kruskalin-Wallis testissä, jossa ryhmittelevänä muuttujana oli EEG-indeksin mukainen luokitus kolmeen ryhmään ja muuttujina Hyvinvointianalyysin palautumisen, stressin, tunnistamattoman tilan ja fyysisen aktiivisuuden prosenttiosuudet sekä palautumisviive, ei löytynyt merkitseviä eroja ryhmien välille. Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin EEG-indeksin ja Hyvinvointianalyysin muuttujien välillä vaihteli $-0,043$ (palautumisen osuus) ja $0,173$ (kevyt fyysinen aktiivisuus) välillä. Kokeilin myös rakentaa Hyvinvointianalyysin muuttujista vastaavaa indeksiä, jossa palautumisen osuudesta vähennettiin stressin osuus ja palautumisviive. Yhteyttä EEG-indeksin kanssa ei tälläkään muuttujalla ollut. Hyvinvointianalyysin muuttujilla ei siis näyttäisi olevan mitään tekemistä EEG-muuttujien kanssa.

3.6 Hyvinvointianalyysin muuttujien yhteydet

Kun erilaisilla koeasetelmaan ja univaiheluokitukseen perustuvilla ryhmittelyillä ja Hyvinvointianalyysin muuttujilla ei näyttänyt olevan yhteyttä keskenään, lähdin tutkimaan, ovatko muuttujat yhteydessä millään tasolla. Sekä Pearsonin korrelaatiokerroin että Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin osoittivat hyvin heikkoja ja kauas tilastollisesti merkitsevää jääviä korrelaatioita Hyvinvointianalyysin ja muiden muuttujien välillä. Sykevälivaihtelusta unen aikana tehtyjen tutkimusten perusteella kokeilin myös laskea yhteen S2- ja syvän unen osuudet, mutta minkäänlaista yhteyttä palautumisen osuuteen ei löytynyt.

Liikuntaryhmässä löytyi merkitsevä ero koe- ja kontrolliyön välillä palautumisen ja stressin osuuksissa. Tällä perusteella tutkin Hyvinvointianalyysin esikyselyssä määriteltävän aktiivisuusluokan korrelaatiota Hyvinvointianalyysin muuttujien kanssa. Palautumisen osuuteen yhteys on vahvin ($r=.426$, $p=.034$), muut eivät yllä tilastollisesti merkitseviksi, mutta jonkinlainen käänteinen yhteys on stressin osuuteen ($r=-.361$, $p=.076$) ja palautumisviiveeseen ($r=-.348$, $p=.088$). Yhteydet ovat siis yllättävän heikkoja, mutta odotetun suuntaisia.

Hyvinvointianalyysin luotettavuuden parantamiseksi kehoitetaan tekemään pitkiä mittauksia, jotta analyysiin saataisiin monenlaisia tilanteita, joissa syke on erilainen. Tässä tutkimuksessa mittaus kesti puolitoista vuorokautta. Käytettävissä oli siis myös tiedot laboratorioyötä edeltävältä päivältä, joskin onnistuneita mittauksia on vain 17.

Päivän ja sitä seuraavan yön välillä Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin nostaa ainoksi tilastollisesti merkitseväksi yhteyden päiväaikaisen palautumisen osuuden ja seuraavan yön fyysisen aktiivisuuden välillä. Fyysistä aktiivisuutta oli kuitenkin niin harvina yönä, että kyse lienee sattumasta. Pearsonin korrelaatiokerroin ei ole jakaumien takia täysin luotettava, mutta sen antamat tulokset ovat mielenkiintoisia. Sen mukaan tilastollisesti merkitsevästi muuttujat ovat yhteydessä päivän fyysisen aktiivisuuden osuuden osalta. Vahvimmin päivän fyysisen aktiivisuuden määrä korreloi yön palautumisviiveen kanssa ($r=.598$, $p=.011$). Yön fyysinen aktiivisuuden ($r=.559$, $p=.020$) ja stressin ($r=.544$, $p=.024$) osuudet ovat myös merkitsevästi yhteydessä päivän fyysisen aktiivisuuden osuuteen. Valitettavasti vain kolmella liikuntaryhmän koehenkilöllä koe-yötä edeltävän päivän mittaus on käyttökelpoinen, joten tätä kaikkein mielenkiintoisinta ryhmää on mahdotonta tarkastella edes suuntaa antavasti. Kuitenkin liikuntaryhmässä stressin ja palautumisen osuudessa havaittu ero koe- ja kontrolliyön välillä tukee tuloksen merkityksellisyyttä.

Kokemus omasta nukkumisesta ja perinteiset mittarit vastaavat hyvin huonosti, jos ollenkaan toisiaan. Ilta- ja aamukyselyissä kysyttiin miten stressaantuneeksi henkilö tuntee itsensä juuri nyt. Aamukyselyssä oli muun muassa kysymykset miten hyväksi, syväksi ja rauhalliseksi henkilö koki unensa. Testasin siis myös, miten Hyvinvointianalyysin tulokset vastaavat omaa kokemusta. Vastaukset ja Hyvinvointianalyysin muuttujat eivät korreloineet käytännössä ollenkaan. Vastaukset eivät korreloineet myöskään EEG-indeksin kanssa, joten mitään uutta oman kokemuksen ja mittareiden väliltä ei löytynyt. Tosin Hyvinvointianalyysin sanotaan mittaavan kuormittuneisuutta, siis pitemmän aikavälin voimavaratasapainoa. Kysymykset laadittiin muuhun tarkoitukseen, joten kysymyksen asettelu ei ollut otollinen tähän tarkoitukseen.

4. JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Standardiksi muodostunutta Rechtschaffenin ja Kalesin (1968) toimittamaa univaihe-
luokitusta on kritisoitu erityisesti sen jäykkyydestä, kaavamaisuudesta ja työläydestä
(mm. Kaartinen 1997; Huupponen, Himanen, Hasan & Värri 2003; Saastamoinen,
Huupponen, Värri, Hasan & Himanen 2006). Hyvin lyhyet tapahtumat eivät luokituk-
sessa näy ollenkaan, mutta ne ovat olennaisia mm. unen rikkonaisuutta tutkittaessa. Uni-
vaiheiden sisään mahtuu myös melko laaja vaihtelu: esimerkiksi Merica ja Fortune
(2004) viittaavat Horin ym. tutkimukseen, jossa S1-vaiheen uni jaettiin kuuteen eri ala-
vaiheeseen, joista jatkumon toisessa päässä on hyvin valveen kaltaisia, toisessa lähellä
unta olevia alavaiheita.

Rechtschaffenin ja Kalesin (1968) univaiheluokitus luotiin aikana, jolloin mittausten
tallennus tapahtui piirturilla paperille. Se on toimiva kompromissi työmäärän ja
tarkkuuden välillä. Nykyisillä digitaalisilla mittauksilla ja tietokoneella tehtävillä taa-
juusanalyysillä unesta on kuitenkin mahdollista saada huomattavasti tarkempi kuva,
jossa näkyy hyvin hitaita ja toisaalta jopa viittä sekuntia lyhyempiä vaihteluita unen sy-
vyudessa. (Huupponen ym. 2003.) Analyysissä on käytetty mm. keskiarvotaajuutta
(Saastamoinen ym. 2006), sekä katkaisutaajuuksia, joiden alapuolelle asettuu esimerkiksi
90 % taajuuskentän tehosta (Miyashita ym. 2003). Näiden analyysien on todettu vastaa-
van hyvin perinteistä univaiheluokitusta, mutta olevan selvästi yksityiskohtaisempia.
Miyashita ym. (2003) myös totesivat sykevälivaihtelun matalataajuisen vaihtelun sekä
matala- ja korkeataajuisen vaihtelun suhteen korreloivan merkitsevästi EEG:stä lasket-
tujen katkaisutaajuuksien vaihtelun kanssa.

Myös unen rikkonaisuus näkyy sykevälivaihtelussa. Muun muassa Sforza ym.
(2007) ovat todenneet, että sykevälivaihtelumuuttujien perusteella voidaan luotettavasti
löytää henkilöt, joilla unen katkonaisuus on patologisella tasolla, vaikka eri unihäiriöitä
ei kyetäkään täysin luotettavasti erottelemaan toisistaan.

Hyvinvointianalyysistä kuormittumisen mittarina on tehty useita tutkimuksia (li-
sää www.firstbeat.fi), joiden perusteella se näyttää olevan toimiva menetelmä. Käytän-
nön kokemukset yömittauksista ovat kuitenkin varsin ristiriitaisia. Henkilö kokee itsen-
sä levänneeksi ja rennoksi, ja on mielestään nukkunut hyvin, mutta Hyvinvointianalyysi
näyttää stressitilaa melkein koko yön. Tai päinvastoin, yö meni pyörimiseksi, mutta

Hyvinvointianalyysi näyttää runsaasti palautumista. Kuten monissa tutkimuksissa on todettu, oma kokemus ja mittarit eivät vastaa toisiaan. Oma kokemus tuntuu olevan sidoksissa unen laadun kannalta toisarvoisiin seikkoihin. Miksi siis Hyvinvointianalyysin kohdalla olisi toisin?

Koehenkilöt olivat tässä tutkimuksessa kaikki terveitä, hyvin nukkuvia nuoria aikuisia, millä pyrittiin poistamaan aineistoista iän, unihäiriöiden, sairauksien ym. tekijöiden vaikutus. Jotkut koehenkilöistä tarvitsivat kuitenkin allergialääkkeitä, joiden mahdollisesta vaikutuksesta sykemittaukseen ei ole ehdottoman varmaa tietoa. Kun ryhmään kuitenkin haluttiin ihmisiä, joilla oli jokin stressaava tilanne tulossa, ei näitä henkilöitä käytännön syistä voitu sulkea pois. Samoin jouduttiin tyytymään epätasaiseen sukupuolijakaumaan. Todellisen stressitekijän ja sen vaikutuksen kontrollointi oli myös vaikeata. Stressaavat tilanteet olivat eri koehenkilöillä erilaisia, eikä esimerkiksi koehenkilöiden herkkyyttä stressaantua eri tilanteista voitu tässä tutkimuksessa mitenkään kontrolloida.

Liikuntaryhmään pystyttiin helpommin valikoimaan koehenkilöitä, ja siihen saatiinkin tasaisesti miehiä ja naisia sekä kunnoltaan eritasoisia henkilöitä. Liikuntaryhmässä pystyttiin myös määräämään koe- ja kontrolliöiden järjestys, jolloin voitiin tarkastella ensimmäisen yön vaikutusta uneen (first night effect).

Selkeitä eroja koeryhmien välille ei tällä asetelmalla saatu, vaan yksilölliset erot olivat selvästi ryhmien välisiä eroja suurempia. Ilmeisesti liikuntarupeaman ja nukkumaan menon välille jäi käytännön syistä liian pitkä aika, emmekä onnistuneet löytämään riittävän stressaantuneita tai stressinsä jälkeen riittävän rentoutuneita koehenkilöitä. Aineiston öiden luokittelu perinteisten mittareiden mukaan hyvin, kohtalaisesti ja huonosti nukuttuihin tuotti paremmin tulosta. Luotettavuutta jonkin verran heikentää se, että analyyseissä ei voitu käyttää toistomittauksiin tarkoitettuja menetelmiä, vaikka jokaiselta koehenkilöltä on aineistossa kaksi yötä. Tulokset ovat kuitenkin tässä tutkimuksessa ja käytännön työssä käytetyllä tarkastelutasolla niin selkeät, etteivät parannukset tutkimusasetelmassa olisi merkittävästi niitä muuttaneet.

Tässä tutkimuksessa Hyvinvointianalyysin yhteys standardina käytettyyn univaiheluokitukseen on olematon. Yksittäisen henkilön yksittäisen yön mittaus näyttää lähinnä sattumanvaraiselta, eikä ryhmätasollakaan ole selkeitä yhteyksiä nähtävissä. Liitteessä on nähtävillä aineistosta EEG-indeksin perusteella viiden parhaiten ja viiden huonointen nukutun yön hypnogrammit sekä Hyvinvointianalyysin Stressin ja palautumisen ku-

vaajat. Jo hypnogrammien ja Stressin ja palautumisen kuvaajien silmämääräinen vertailu paljastaa, ettei univaiheilla ja Hyvinvointianalyysin määrittelemillä tiloilla ole yhteyttä toisiinsa. Odotettuja ilmiöitä näkyy joissakin kuvaajissa, mutta toisissa niistä ei ole jälkeäkään. Ennakoitua selkeää S2- ja syvänunen vaiheiden näkymistä palautumisena ei ole havaittavissa (Liite: Esimerkki 2). Myöskään REM-unen kohdalla ei löydy yhteyttä mihinkään Hyvinvointianalyysin määrittelemään tilaan. Unen rikkonaisuus voisi aiempien tutkimustulosten perusteella näkyä stressinä, mutta tämäkin yhteys on satunnainen (Liite: Esimerkki 9 ja 10, vrt. Esimerkki 6 ja 7). Myös tässä aineistossa jotkut perinteisten mittarien mukaan hyvin huonosti nukkutut yöt näyttävät Hyvinvointianalyysissä erittäin palauttavilta (Liite: Esimerkki 9 ja 10) ja hyvin nukkutut hyvin vähän palauttavilta (Liite: Esimerkki 2 ja 5). Yhteydet ovat niin heikkoja, että univaiheluokituksen vaihtaminen toiseen, tarkempaan menetelmään tuskin olisi parantanut tilannetta.

Perinteisillä mittareilla emme onnistuneet saamaan odotettuja eroja liikunta- ja stressiryhmien sekä koe- ja kontrolliöiden välille. Silti Hyvinvointianalyysissä merkittävin ero löytyy tästä ryhmittelystä, sillä liikuntaryhmässä koe- ja kontrolliöiden välillä oli merkitsevä ero stressin ja palautumisen osuuksissa, stressiryhmässä ei. Yhteyksiä Hyvinvointianalyysin muuttujien ja EEG-indeksin mukaisessa luokituksessa hyvin, keskinertaisesti ja huonosti nukuttujen öiden väliltä ei löytynyt. Näyttääkin siltä, että Hyvinvointianalyysi antaa paremmin tietoa kehon palautumista fyysisestä rasituksesta, kuin unen laadusta.

Hyvinvointianalyysin tuloksissa myös yksilöllinen vaihtelu on hyvin suurta. Joillakin stressiä ei juuri näy, joillakin se on hallitsevana tilana tilanteesta riippumatta. Liikuntaryhmäläisten kunto on testattu tarkasti, joten suuntaa antavaa vertailua voidaan kunnan vaikutuksesta tehdä. Suoraa yhteyttä kunnan ja eri tilojen osuuksien välillä ei ole, mutta silkkää palautumista näyttävät raportit osuvat erittäin hyväkuntoisille henkilöille. Liikuntaryhmässä on kolme kovakuntoista koehenkilöä, joilla kontrolliyönä ei stressiaikaa ole ollenkaan ja palautumisen osuus vaihtelee 80 ja 94 prosentin välillä riippumatta siitä, miten he ovat muiden mittareiden mukaan nukkuneet (Liite: Esimerkki 10). Koeyönä stressiajan osuus vaihtelee näillä miehillä 5 ja 39 prosentin välillä ja se sijoittuu alkuyöhön. Stressiryhmässä on yksi aktiivinen kestävyysurheilija, joka tiedetään kovakuntoiseksi, vaikka häntä ei tässä tutkimuksessa testattukaan. Hänellä stressin osuus on kumpanakin yönä 0 % ja palautumisen osuus 94 %. Yksi mahdollisuus on, että hyvin matalan leposykkeen omaavilla Hyvinvointianalyysin erottelukyky ei yöllä enää

riitä, vaan se tulkitsee stressitilaksi vain myöhäisen rankan liikunnan jälkeisen tilanteen. Toisaalta liikuntaryhmässä on myös yksi kovakuntoinen koehenkilö, jolla tätä eroa stressin osuudessa ei näy. Hänellä stressin osuus on kumpanakin yönä noin 70 % ja hän sijoittuu stressin osuudessa kärkeen (Liite: Esimerkki 2).

Myllymäki (2006) esittää ajatuksen, että yöllä tehdyssä mittauksessa kuormittuneisuus näkyisi mahdollisimman selkeästi, kun liikkuminen ym. päiväaikainen toiminta ei sekoita Hyvinvointianalyysin tuloksia. Toinen, tämän tutkimuksen perusteella todennäköisemmältä vaikuttava selitys on, että yöllä yksilölliset erot tulevat selkeimmin esiin mittauksessa, niin että kovakuntoisten mittaukset näyttävät lähes pelkkää palautumista ja heikkokuntoisten mittaukset pääasiassa stressiä (Liite: Esimerkki 5). Kolmas mahdollisuus on, ettei Hyvinvointianalyysi sittenkään kykene mittaamaan stressin aiheuttamaa kuormitusta, vaan se kertoo vain kehon fyysisestä kuormittuneisuudesta.

Tämän tutkimuksen perusteella näyttää selvältä, ettei Hyvinvointianalyysi sovellu unitutkimuksen välineeksi. Myöskään terveydenhuollossa, kuntoutuksessa tai muussa vastaavassa toiminnassa sitä ei ole syytä käyttää unen laadun arvioimiseen ainakaan nykyisessä muodossaan.

Mikäli Hyvinvointianalyysi on luotettava kuormittuneisuuden mittari, tämä tutkimus herättää mielenkiintoisia kysymyksiä kuormituksen ja unen vaikutuksesta toisiinsa. Näyttää nimittäin siltä, ettei niillä ainakaan yksittäisen yön tarkastelussa ole juurikaan tekemistä toistensa kanssa. Tulokset ovat mielenkiintoisia kroonisen väsymyksen (Chronic Fatigue Syndrome) ja työuupumuksen kannalta. Krooniselle väsymykselle tyypillistä on jatkuva väsymys, joka ei johdu ponnistelusta tai kliinisestä syystä, ja jota lepo ei juurikaan helpota. Potilaat valittavat usein unta, joka ei virkistä. (Reeves ym. 2006.) Energiataso putoaa pysyvästi ja väsymystason vaihtelu päivän aikana latistuu (Sonnenschein ym. 2007a).

Kroonisesta väsymyksestä on tehty monenlaisia tutkimuksia ja tulokset ovat vaihtelevia. Togo ym. (2008) viittaavat unirekisteröintiä käyttäneisiin tutkimuksiin, joista osassa uupumuspotilaiden unen rakenteesta on löydetty poikkeamia terveisiin verraten, osassa ei. Heidän omassa tutkimuksessaan todettiin, että aamulla unisimmaksi itsensä arvioivan ryhmän unitehokkuus oli heikompi, kokonaisuniaika lyhyempi ja REM-unen osuus pienempi kuin verrokeilla tai vähemmän unisuutta raportoivilla. Vähemmän unisilla unen rakenne oli jokseenkin normaali.

Reeves ym. (2006) vertasivat kroonisesti väsyneiden ja terveiden verrokkien unen rakennetta. Tutkimuksessa tehtiin unirekisteröinti kahtena peräkkäisenä yönä sekä nukahtamisviivetesti (Multiple Sleep Latency Test). Merkitseviä eroja väsymys- ja verrokkiryhmien välillä ei todettu yhdessäkään unirekisteröinnin muuttujassa, eikä päiväaikaisessa nukahtamisessa.

Sonnenschein ym. (2007b) tutkivat vakavasta työuupumuksesta kärsivien koettua väsymystä ja unenlaatua päiväkirjatutkimuksella. He totesivat, että ilmoitettu unen pituus ei merkitsevästi eronnut uupuneilla ja terveillä verrokeilla. Uupuneiden ryhmässä koettu unen laatu selitti merkittävän osan koetusta unen palauttavuudesta. Ryhmätasolla ei kuitenkaan löytynyt muita yhteisiä unen laatuun vaikuttavia ja huonoa palautumista ennustavia tekijöitä kuin se, ettei koehenkilö tuntenut itseään virkistyneeksi aamulla. Nukahtamisvaikeudet, heräily yöllä tai liian varhainen herääminen eivät olleet merkitseviä palautumiseen vaikuttavia tekijöitä ryhmätasolla. Selkeitä häiriöitä unessa ei siis koettu, vaikka uni ei tuntunutkaan palauttavan voimia.

Nyt tehdyssä tutkimuksessa koehenkilöt olivat terveitä, hyvin nukkuvia nuoria aikuisia, joilla ei ollut mitään uupumukseen viittaavia oireita. Silti joillakin EEG-rekisteröinnin mukaan hyvin nukuttu yö näytti Hyvinvointianalyysissä hyvin huonosti palauttavalta. Vaikuttaa siltä, että kuormittuneisuus alkaa kertyä alusta asti kroonisessa väsymyksessä ilmenevällä tavalla: edes hyvin nukuttu yö ei palauta kunnolla. Ilmiö toimii myös toisin päin: yksittäinen huonosti nukuttu yö ei aiheuta kuormittuneisuutta. Kyse on siis jatkumosta, jonka toisessa päässä on hyvä voimavaranto, toisessa uupumus, eikä unella näyttäisi olevan välitöntä vaikutusta henkilön sijoittumiseen tällä jatkumolla. Mikäli siis Hyvinvointianalyysi on luotettava myös henkisen kuormittuneisuuden mittarina, se saattaa olla merkittävä apu uupumuksen ennaltaehkäisyssä jo varhaisessa vaiheessa. Käytännössä ongelmaksi kuitenkin jää, ettei Hyvinvointianalyysi kykene erottelemaan fyysisistä ja psyykkistä kuormitusta. Edelleen on siis pohdittava, pitääkö maratonian harrastavan yrittäjän kuormitustilanteessa hellittää työstä vai harrastuksesta.

LÄHTEET

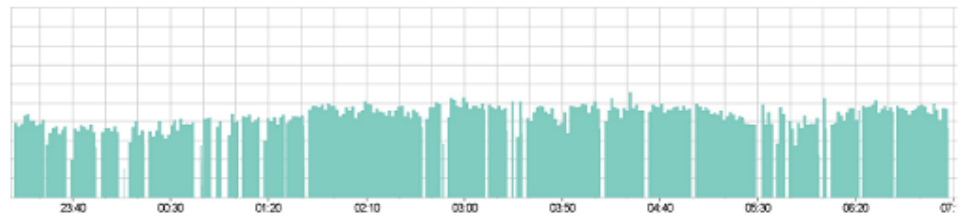
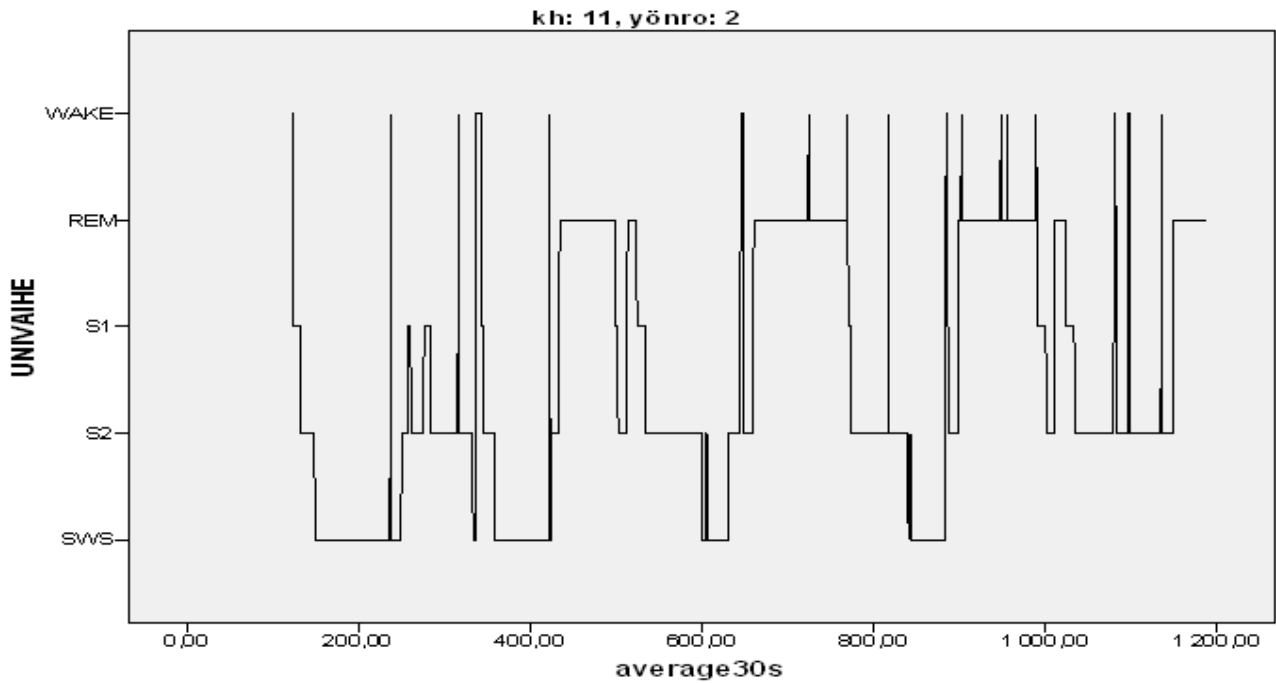
- Bear, M.F., Connors, B.W., & Paradiso, M.A. (2007). *Neuroscience. Exploring the Brain*, 3. laitos. USA: Lippincott Williams & Wilkins.
- Bonnet, M.H. & Arand, D.L. (1997). *Heart rate variability: sleep stage, time of night, and arousal influences*. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 102, 390-396.
- Bonnet, M.H. & Arand, D.L. (1998). *Heart Rate Variability in Insomniacs and Matched Normal Sleepers*. *Psychosomatic Medicine*, 60, 610-615.
- Cespuglio, R., Colas, D. & Gautier-Sauvigné, S. (2005). *Energy Processes Underlying the Sleep–Wakecycle*. Teoksessa Parmeggiani, P. L. (Editor). *Physiologic Nature of Sleep*. GBR: Imperial College Press.
- Ekstedt, M., Åkerstedt, T., Söderström, M. (2004). *Microarousals during sleep are associated with increased levels of lipids, cortisol, and blood pressure*. *Psychosomatic Medicine*, 66, 925-931.
- Ekstedt, M., Söderström, M., Åkerstedt, T., Nilsson, J., Sondergaard, H.P., & Aleksander, P. (2006). *Disturbed sleep and fatigue in occupational burnout*. *Scandinavian Journal of Work Environment & Health*, 32, 121-131.
- Himanen, S-L. & Hasan, J. (2006) Unenaikainen EEG, polygrafia, unianalyysi. Teoksessa Partanen, J., Falk B., Hasan, J., Jäntti, V., Salmi, T., & Tolonen, U. (toim.) *Klininen neurofysiologia*, 1. painos. Gummerus Kirjapaino Oy: Duodecim.
- Hobson, J. A. (2005). *Sleep is of the brain, by the brain and for the brain*. *Nature*, 437, 1254-1256.
- Huupponen, E. Himanen, S-L., Hasan, J., & Värri, A. (2003). *Sleep Depth Oscillations: An Aspect to Consider in Automatic Sleep Analysis*. *Journal of Medical Systems*, 27, 337-345.
- Högmander, H., Kankainen, A., Kärkkäinen, S., Leskinen, E., Lyyra, A-L., Nisinen, K. & Pahkinen, E. (2006). *Tilastolliset analyysimenetelmät, osa I*, 5. painos. Jyväskylä: Matematiikan ja tilastotieteen laitos.
- Kärkkäinen, S. & Högmander (2006). *Tilastomenetelmien peruskurssi*, 4. painos. Jyväskylä: Matematiikan ja tilastotieteen laitos.

- Lévy, P. & Pépin, J.-L. (2003). *Sleep fragmentation: clinical usefulness of autonomic markers*. *Sleep Medicine*, 4, 489–491.
- Merica, H. & Fortune, R., D. (2004). State transitions between wake and sleep, and within the ultradian cycle, with focus on the link to neuronal activity. *Sleep Medicine Reviews*, 8, 473–485.
- Miyashita, T., Ogawa, K., Itoh, H., Arai, Y., Ashidagawa, M., Uchiyama, M., Koide, Y., Andoh, T., & Yamada, Y. (2003). *Spectral analyses of electroencephalography and heart rate variability during sleep in normal subjects*. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*, 103, 114–120.
- Morrell, M. J., Finn, L., Kim, H., Peppard, P. E., Badr, M. S., & Young, T. (2000). *Sleep fragmentation, Awake Blood Pressure, and Sleep-Disordered Breathing in a Population-based Study*. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 162, 2091–2096.
- Myllymäki, T. (2006). Heart Rate Variability –Based Recovery During Sleep Compared to Movement Analysis, Subjective Ratings and Cortisol Awakening Responses. Pro gradu: Jyväskylän yliopisto.
- Partinen, M. (1991) Unen fysiologia. Teoksessa Partinen et al. *Unettomuus ja sen hoito*. Kouvolaa: Recalmed Oy
- Partinen, M. & Huovinen, M. (2007). *Terve uni*. Vantaa: WSOY.
- Rechtschaffen, A. & Kales, A. (1968) (toim.). A manual of standardized terminology, techniques and scoring system for sleep stages of human subjects. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
- Reeves, W.C., Heim, C., Maloney, E. M., Solomon Youngblood, L., Unger, E. R., Decker, M. J., Jones, J. F. & Rye, D. B. (2006). *Sleep characteristics of persons with chronic fatigue syndrome and non-fatigued controls: results from a population-based study*. *BMC Neurology*, 6.
- Rook, J. W. & Zijlstra, F. R. H. (2006). *The contribution of various types of activities to recovery*. *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 15, 218 – 240.
- Saatamoinen, A., Huupponen, Värri, A.E., Hasan, J., & Himanen, S-L (2006). *Computer program for automated sleep depth estimation*. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 82, 58-66.

- Saper, C. B., Scammell, T. E. & Lu, J. (2005). *Hypothalamic regulation of sleep and circadian rhythms*. *Nature*, 437, 1257-1263.
- Siegel, J. M. (2005). *Clues to the functions of mammalian sleep*. *Nature*, 437, 1264-1271.
- Stickgold, R. (2005). *Sleep-dependent memory consolidation*. *Nature*, 437, 1272-1278.
- Sonnenschein, M., Sorbi, M. J., van Doornen, L.J.P., Schaufeli, W. B., Maas, C.J.M. (2007a). *Electronic Diary Evidence on Energy Erosion in Clinical Burnout*. *Journal of Occupational Health Psychology*, 12, 402–413
- Sonnenschein, M., Sorbi, M. J., van Doornen, L.J.P., Schaufeli, W. B., Maas, C.J.M. (2007b). *Evidence that impaired sleep recovery may complicate burnout improvement independently of depressive mood*. *Journal of Psychosomatic Research*, 62, 487– 494
- Togo, F., Natelson, B. H., Cherniack, N. S., FitzGibbons, J., Garcon, C., & Rapoport, D. M. (2008). *Sleep structure and sleepiness in chronic fatigue syndrome with or without coexisting fibromyalgia*. *Arthritis Research & Therapy*, 10.
- Tononi, G. & Cirelli, C. (2005). *A Possible Role for Sleep in Synaptic Homeostasis*. Teoksessa Parmeggiani, P. L.(Editor). *Physiologic Nature of Sleep*. GBR: Imperial College Press.
- Trinder, J., Kleiman, J., Carrington, M., Smith, S., Breen, S., Tan, N., & Kim, Y. (2001). *Autonomic activity during human sleep as a function of time and sleep stage*. *Journal of Sleep Research*, 10, 253-264.
- Wesensten, N. J. O., Balkin, T. J., & Belenky, G. (1999). *Does sleep fragmentation impact recuperation? A review and reanalysis*. *Journal of Sleep Research*, 8, 237–245.
- Åkerstedt, T., Billiard, M., Bonnet, M., Ficca, G., Garma, L., Mariotti, M., Salzarulo, P., & Schulz, H. (2002). *Awakening from sleep*. *Sleep Medicine Reviews*, 6, 267-286.
- Åkerstedt, T., Kecklund, G., & Gillberg, M. (2007). *Sleep and sleepiness in relation to stress and displaced work hours*. *Physiology & Behavior*, 92, 250–255.

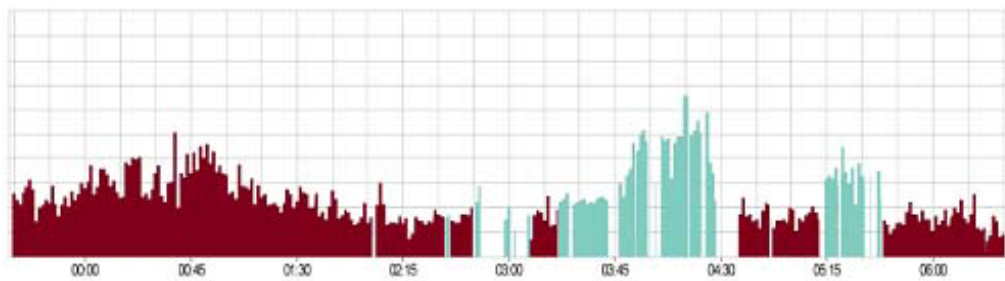
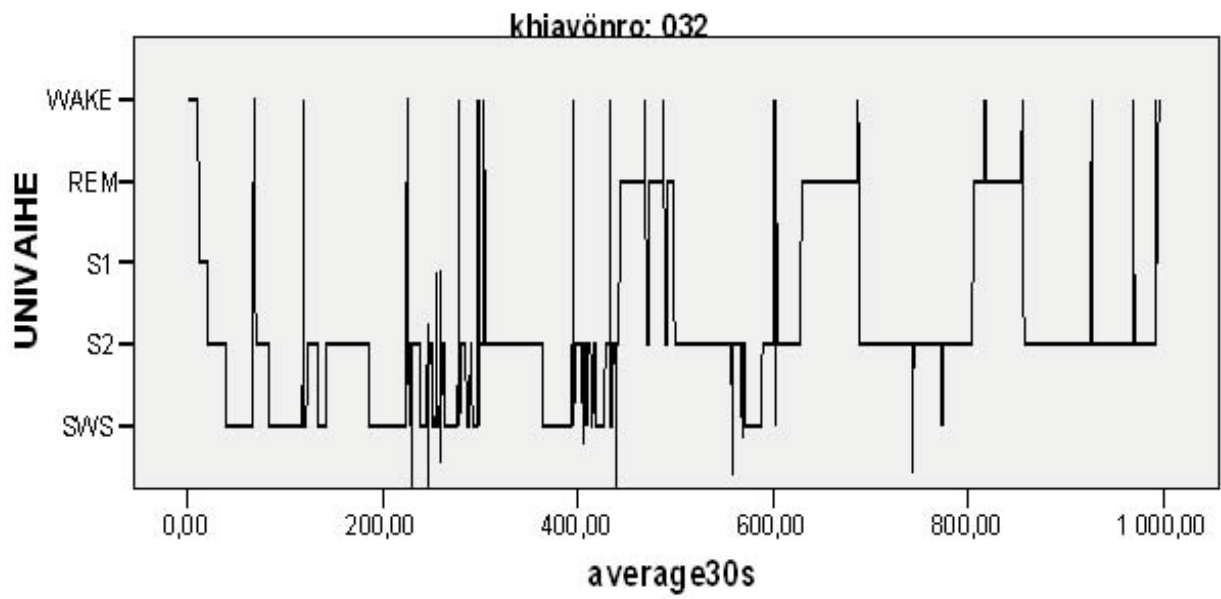
LIITE

Viiden parhaiten ja viiden huonoimmin nukutun yön hypnogrammit sekä Hyvinvointianalyysin Stressin ja palautumisen kuvaajat.



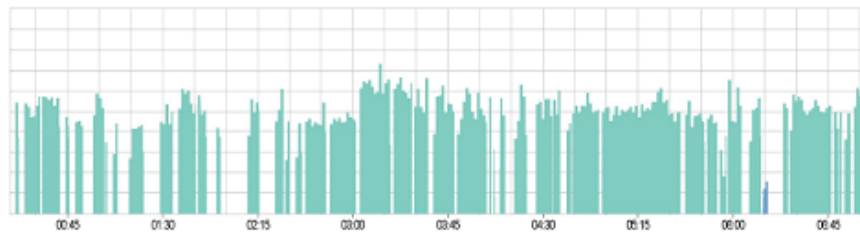
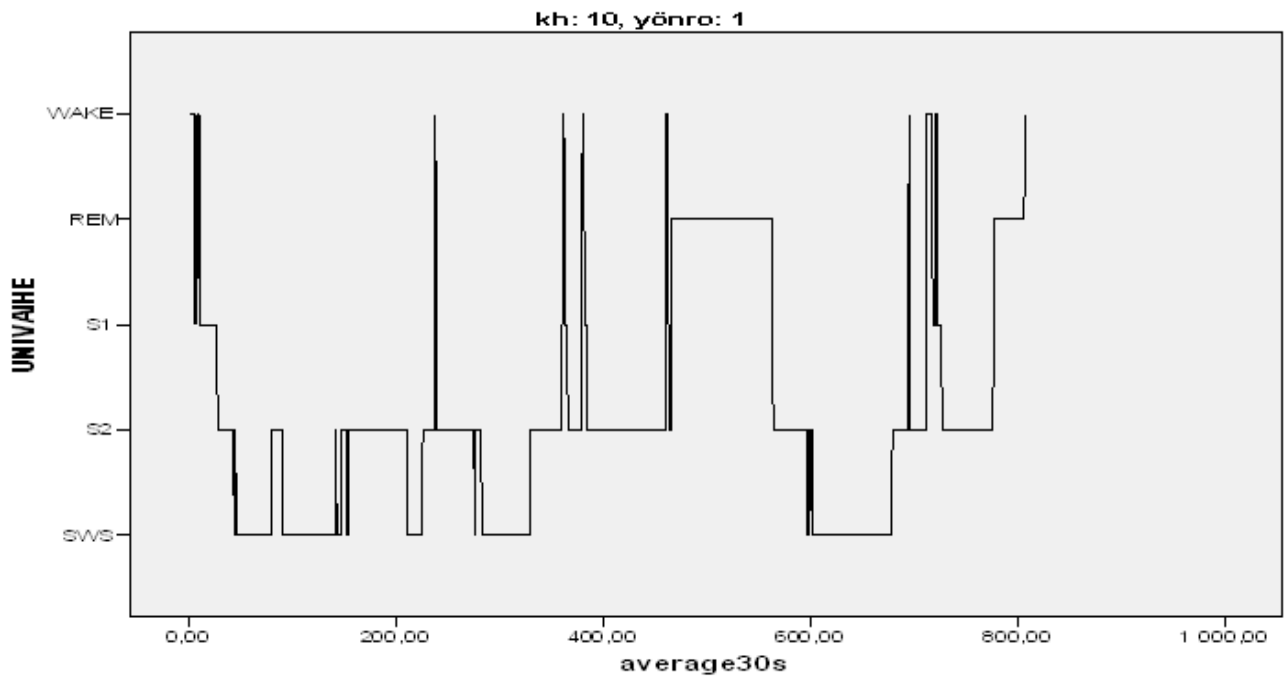
ESIMERKKI 1.

Hyvin nukuttu yö
 EEG-indeksi 4.97
 Liikuntaryhmä
 Kontrolliyö



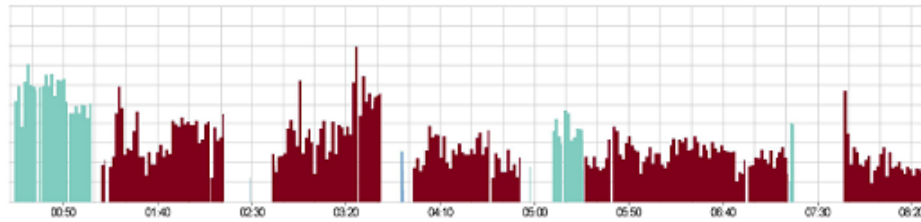
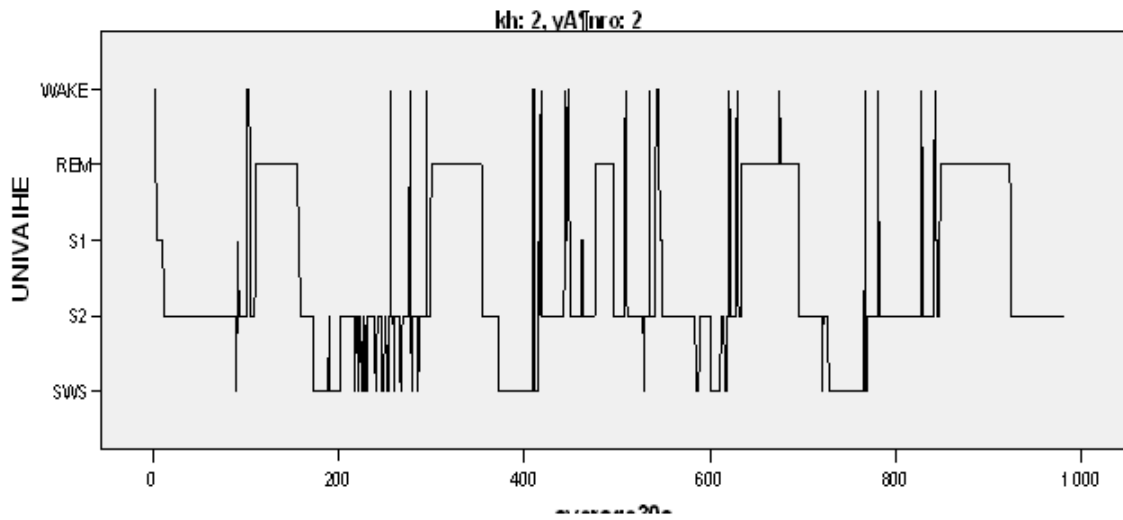
ESIMERKKI 2

Hyvin nukuttu yö
 EEG-indeksi 4.22
 Liikuntaryhmä
 Kontrolliyö



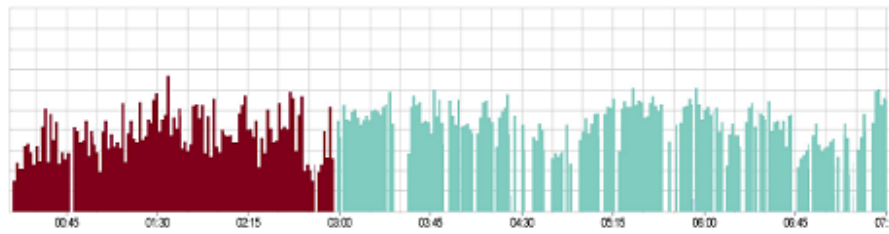
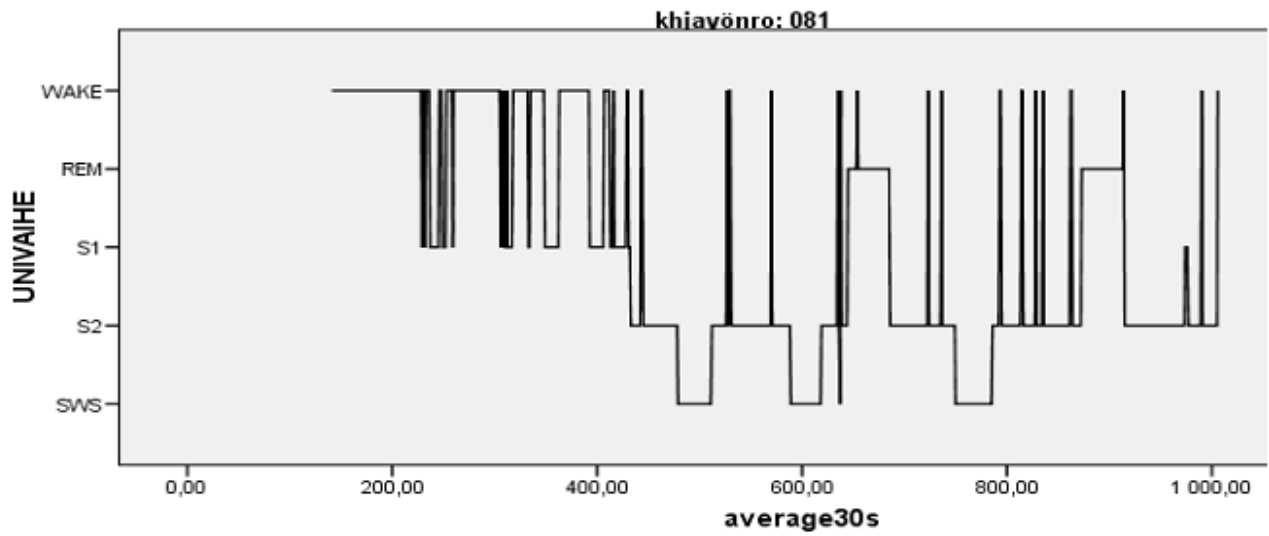
ESIMERKKI 3

Hyvin nukuttu yö
EEG-indeksi 3.87
Liikuntaryhmä
Kontrolliyö



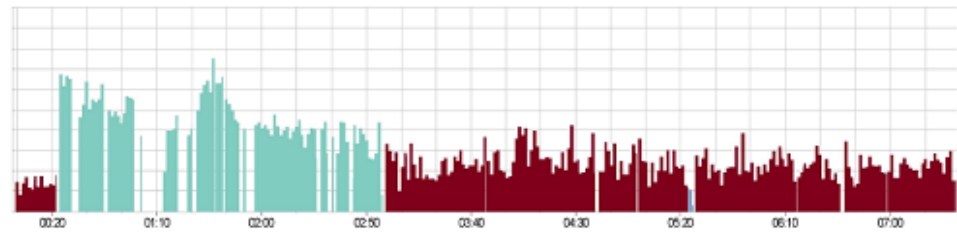
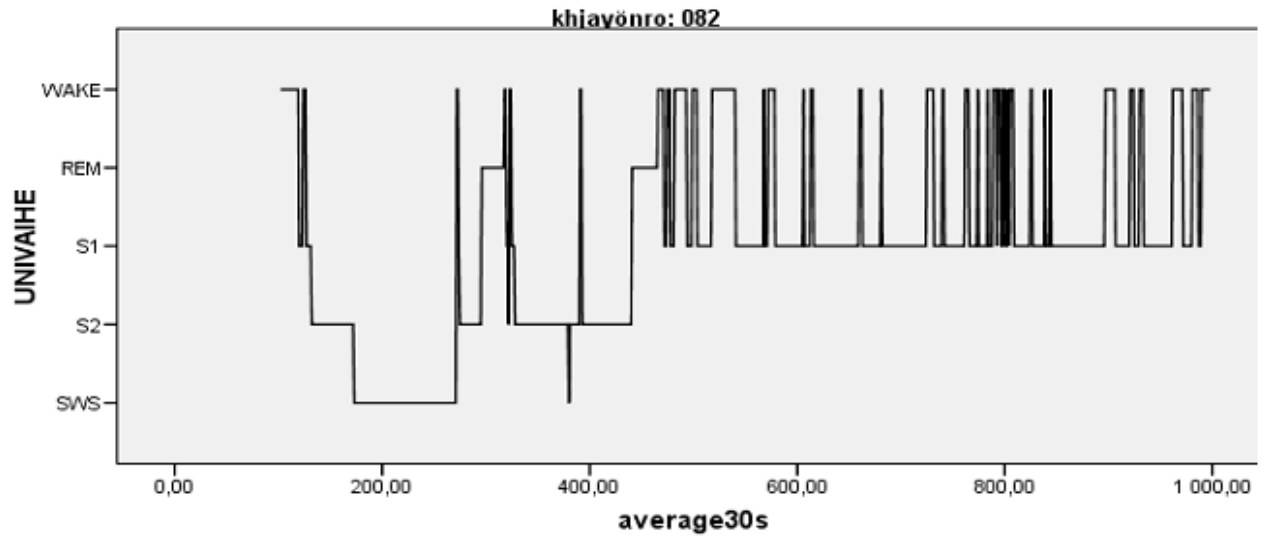
ESIMERKKI 5

Hyvin nukuttu yö
 EEG-indeksi 3.52
 Stressiryhmä
 Kontrolliyö



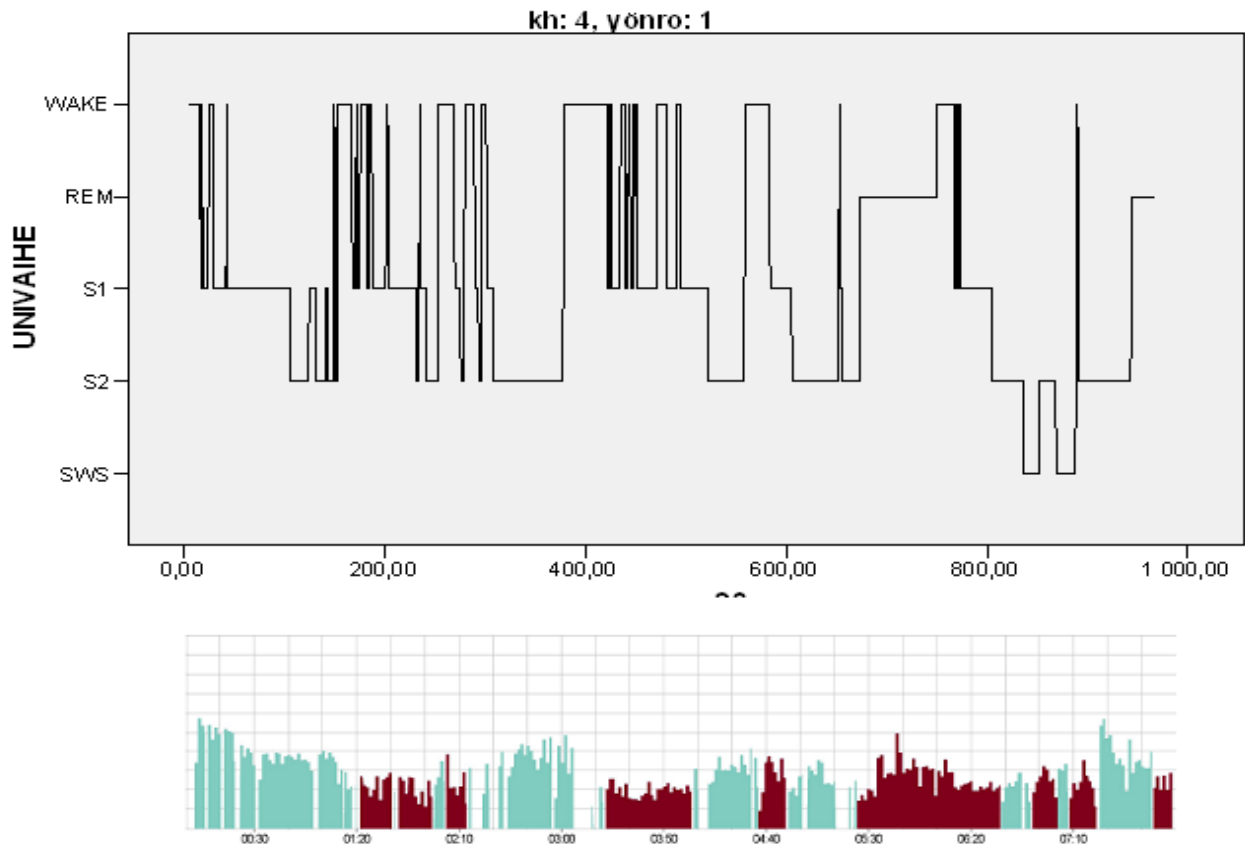
ESIMERKKI 6

Huonosti nukuttu yö
EEG-indeksi -10.23
Stressiryhmä
Stressiyö



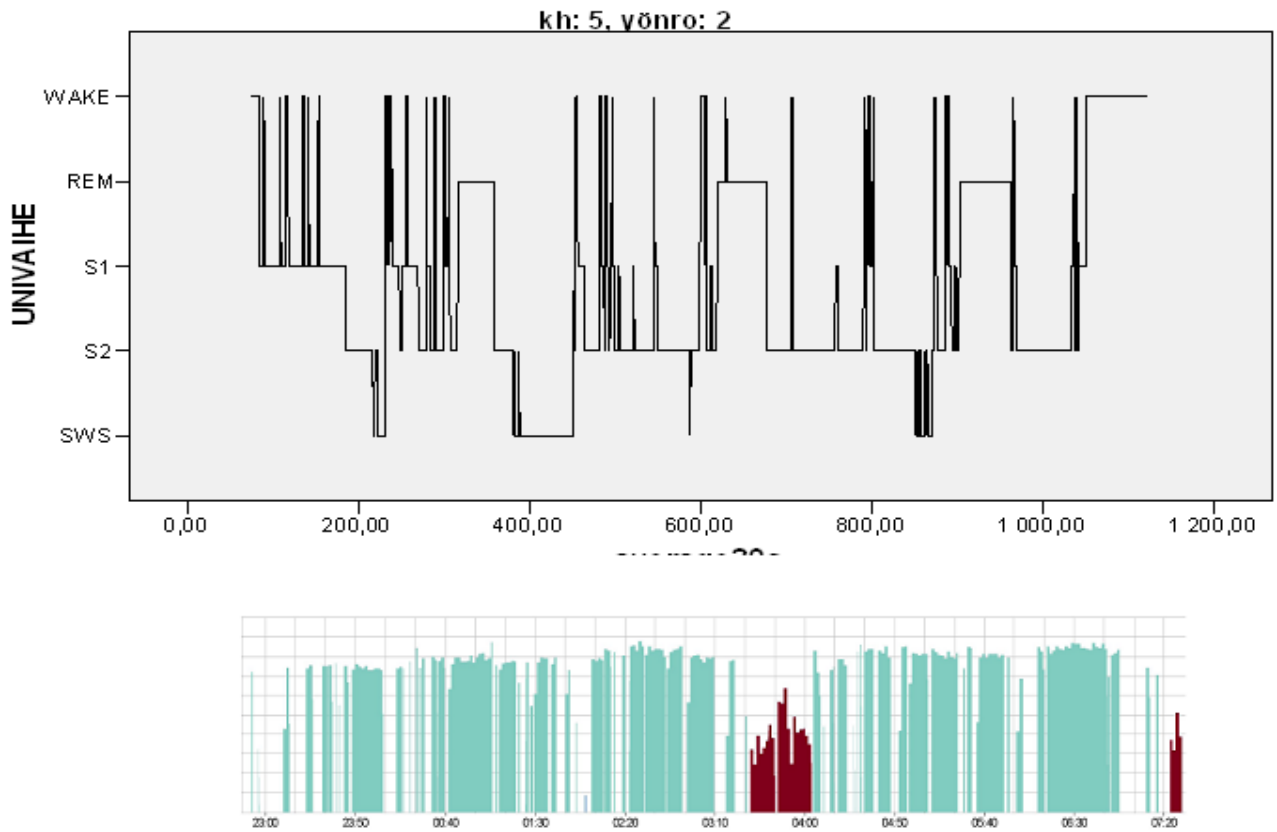
ESIMERKKI 7

Huonosti nukuttu yö
EEG-indeksi -8.24
Stressiryhmä
Kontrolliyö



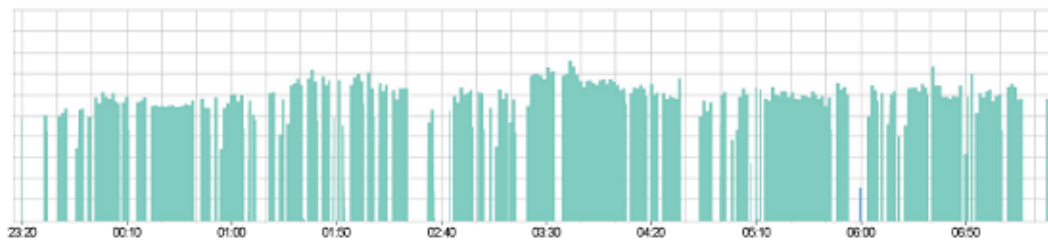
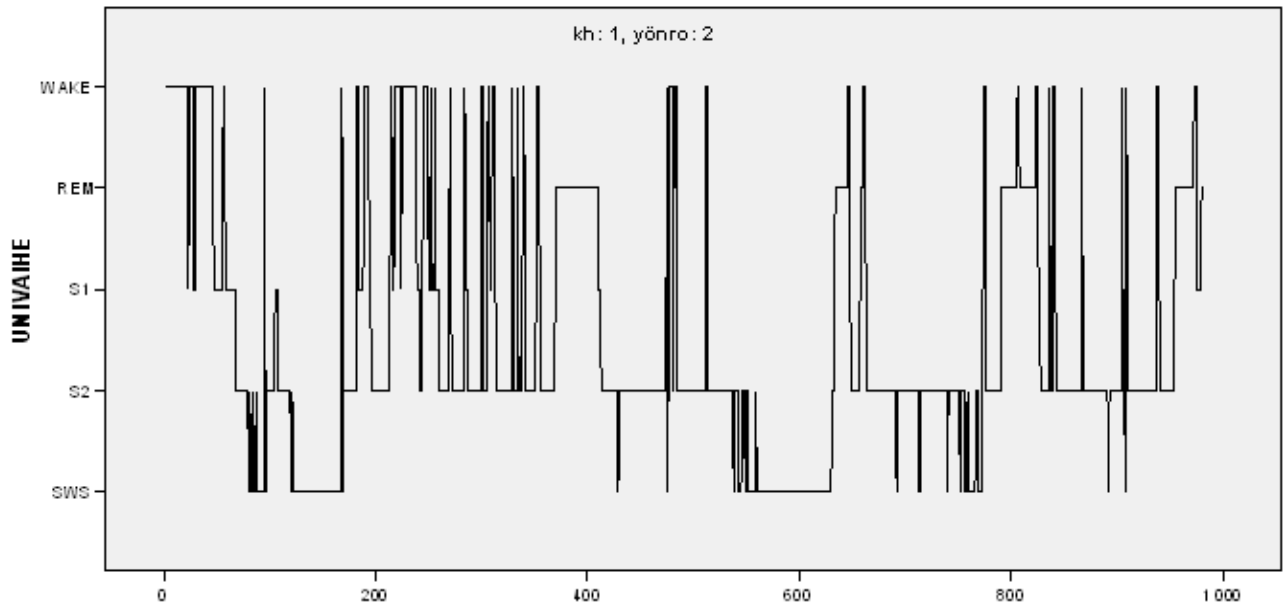
ESIMERKKI 8

Huonosti nukuttu yö
EEG-indeksi -6.39
Liikuntaryhmä
Kontrolliyö



ESIMERKKI 9

Huonosti nukuttu yö
 EEG-indeksi -2.94
 Stressiryhmä
 Kontrolliyö



ESIMERKKI 10

Huonosti nukuttu yö

EEG-indeksi -2.26

Liikuntaryhmä

Kontrolliyö