

**60 TUNNIN VALVOMISEN VAIKUTUKSET  
HERMOLIHASJÄRJESTELMÄN TOIMINTAAN**

Hermann Oksanen

Kandidaatin tutkielma

Syksy 2006

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän yliopisto

Työn ohjaaja: Mikko Virmavirta

## TIIVISTELMÄ

Valvomisen on aikaisemmissa tutkimuksissa osoitettu vaikuttavan suorituskykyä heikentävästi mm. oppimiseen, tarkkuuteen ja mielialaan. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää 60 tunnin valvomisen vaikutuksia hermolihaskäytännön toimintaan. Koehenkilöinä toimi 20 maanpuolustuskorkeakoulun kadettia.

Tutkimuksessa mitattiin reaktioaikaa, tasapainoa ja tarkkuusliikettä. Mittaukset suoritettiin esikuntatyypin harjoituksen yhteydessä. Valvomisen ei näyttänyt vaikuttavan merkittävästi hermolihaskäytännön suorituskykyyn. Ainoastaan tasapainotestissä tulokset heikkenivät hieman, ei tilastollista merkitsevyyttä.

Reaktioajoissa ja tarkkuusliikkeessä ei tapahtunut muutosta tai ne paranivat. Joidenkin muuttujien osalta parannukset olivat jopa tilastollisesti merkitseviä. Reaktioajoissa ja tarkkuusliikkeen nopeudessa oli havaittavissa myös aamuiltaero siten, että tulokset olivat parempia illalla kuin aamulla. Koska koehenkilöt eivät saaneet harjoitella suorituksia ennen varsinaisia mittauksia, voisi yksi syy tulosten parantumisella olla oppiminen. Koehenkilöiden välinen kova keskinäinen kilpailu ja motivaatio saattoivat myös osaltaan vaikuttaa siihen, että valvomisen vaikutukset jäivät heikoiksi.

# SISÄLTÖ

## TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO.....	4
2 UNI .....	5
2.1 Unitila.....	5
2.2 Unen vaiheet .....	5
2.2.1 Ortouni.....	6
2.2.2 Parauni .....	7
2.2.3 Unen rakenne .....	8
2.3 Unen tehtävä .....	9
2.4 Univaje .....	10
3 MITATTAVAT BIOMEKAANISET MUUTTUJAT .....	11
3.1 Reaktio.....	11
3.2 Tarkkuusliike .....	12
3.3 Tasapaino.....	13
4 TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESIT .....	14
4.1 Tutkimuksen tarkoitus .....	14
4.2 Hypoteesit.....	14
5 MENETELMÄT.....	15
5.1 Valvomisjakso .....	15
5.2 Reaktioaika .....	15
5.3 Tarkkuusliike .....	17
5.4 Tasapaino.....	18
5.5 Tilastolliset menetelmät .....	18
6 TULOKSET .....	19
6.1 Reaktioaika .....	19

6.2 Tarkkuusliike .....	21
6.3 Tasapaino.....	23
7 POHDINTA.....	24
LÄHTEET .....	27

# 1 JOHDANTO

Uni on merkittävä osa elämäämme. Ihminen käyttää kolmasosan elämästään nukkumisen. Nyky-yhteiskunnassa nukkumisen tärkeys kuitenkin usein unohdetaan ja etenkin esimerkiksi vuorotyöläisten ja opiskelijoiden keskuudessa unirytmit ovat usein syystä tai toisesta epäsäännöllisiä. Tällöin valveilla olo jaksot pidentyvät tai vuorokausittainen unen määrä jää normaalia vähäisemmäksi. Seurauksena tästä on univaje. Pitkien valvomisjaksojen tai riittämättömän unen seurauksena neuronien ja siten koko aivojen toiminta voi heikentyä. Unen eri vaiheiden merkitys aivojen palautumisessa on merkittävä.

Valvomisella on todettu olevan heikentäviä vaikutuksia mm. visuaaliseen havainnointi- ja reaktiokykyyn, oppimiseen ja mielialaan. Erityisesti valvomisen on todettu heikentävän suoriutumista nopeutta ja tarkkuutta vaativista tehtävistä. Hengitys- ja verenkiertoelimistön toimintaan tai lihasvoimaan valvomisen ei puolestaan ole todettu vaikuttavan.

Tutkimus suoritetaan osana laajempaa kokonaisuutta, jossa selvitetään univajeen vaikutuksia useasta eri näkökulmasta. Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää fyysisesti kevyen esikuntatyypin harjoituksen yhteydessä suoritettavan 60 tunnin valvomisjakson vaikutuksia hermolihasjärjestelmän toimintaan. Biomekaanisissa mittauksissa pyritään erityisesti selvittämään valvomisen vaikutuksia motoriseen kontrolliin ja silmä-käsi koordinaatioon, mittaamalla reaktiokykyä, tasapainoa ja koehenkilön kykyä suoriutua yksinkertaisesta nopeutta ja tarkkuutta vaativasta liikkeestä.

## **2 UNI**

Suomenkielessä sanalla uni on kaksi eri merkitystä. Se voi tarkoittaa joko nukkumisen aikana nähtyä unta tai kuten tässä tapauksessa itse nukkumista eli unitilaa. Unitila eli nukkuminen määritellään muuttuneen tietoisuuden tai osittaisen tiedottomuuden tilaksi, josta yksilö mahdollista herättää (Tortora & Grabowski 2003, 517).

### **2.1 Unitila**

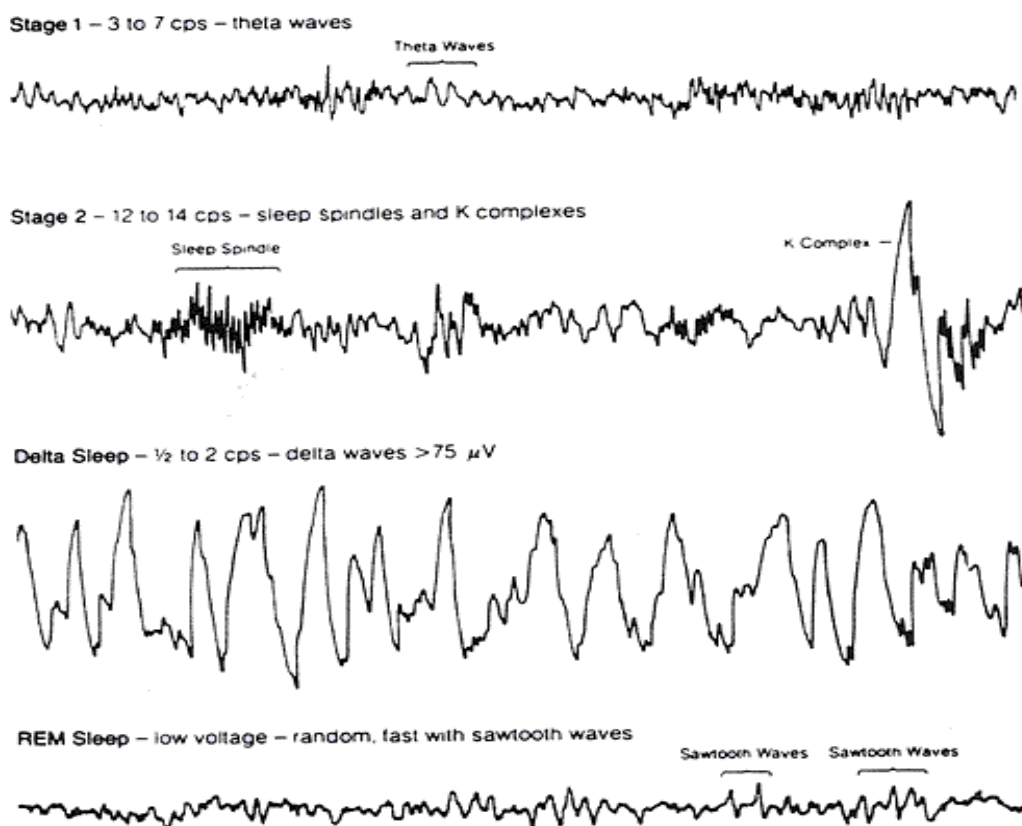
Uni on merkittävä osa elämäämme, sillä ihminen käyttää kolmasosan elämästään nukkumiseen. Unen määrä vaihtelee kuitenkin merkittävästi eri elämän vaiheissa. Imeväiset nukkuvat suurimman osan vuorokaudesta, 10-vuotiaat lapset noin 9-10 tuntia ja aikuiset 7-8 tuntia. Vanhuksien unentarve ei juuri eroa keski-ikäisten unentarpeesta. Unentarpeessa voi kuitenkin olla suuriakin yksilöllisiä eroja. Siinä missä toiselle riittää 4 tunnin yöunet voi toinen tarvita esimerkiksi 11 tuntia tunteakseen itsensä levänneeksi. Vanhetessamme yksilöiden väliset erot voivat kasvaa entisestään, sillä ikääntymisen myötä toisilla unentarve lisääntyy ja toisilla vähenee. Vanhemmiten palaa myös usein lapsuudenaikainen tarve päivänokosiin. Myös nuorten aikuisten vireystila on usein heikentynyt iltapäivällä. (Nienstedt ym. 1993, 570.)

### **2.2 Unen vaiheet**

Uni jaetaan kahteen päätyyppiin ortouneen eli Non Rapid Eye Movement (NREM) uneen ja parauneen eli Rapid Eye Movement (REM) uneen. Ihminen nukkuu suurimman osan ajasta ortounta, pinnallisempaa paraunta nukutaan puolestaan vähemmän. Molempien unityyppien merkitys on kuitenkin virkistymisen kannalta yhtä tärkeä. (Vilkko-Riihelä 1999. 138.)

## 2.2.1 Ortouni

Ortounen aikana pulssi ja hengitys ovat hitaita, lihastonus vähäinen ja silmät liikkuvat vain hitaasti. Ortouni koostuu neljästä syvyystasosta, jotka voidaan erottaa toisistaan, kullekin vaiheelle ominaisen aivokäyrän eli EEG:n perusteella (kuva 1). (Nienstedt ym. 1993 570.)



KUVA 1. Unen eri syvyystasot voidaan erottaa toisistaan vaiheille tyypillisten EEG-käyrien perusteella. (Sleep research society 2006.)

*Taso 1.* on siirtymävaihe hereillä olon ja unen välillä, se kestää normaalisti 1-7 minuuttia. Tässä vaiheessa ihminen on rentoutunut ja silmät suljettuina ja ajatukset harhailevat. Alfa-aallot joita esiintyy ihmisen ollessa hereillä silmät suljettuina häviävät. Jos ihminen herätetään kesken tämän vaiheen hän usein väittää, ettei ole nukkunut. (Tortora & Grabowski 2003, 517.)

*Taso 2.* eli kevyen unentaso on ensimmäinen varsinaisen unen vaihe. Unen tässä vaiheessa on henkilön herättäminen jo hieman vaikeaa. Henkilö saattaa nähdä osittaisia unia ja silmät liikkuvat hitaasti puolelta toiselle. EEG:ssä ilmenee uni-spindelejä, lyhyitä noin 1-2 sekuntia kestäviä sykäyksiä, jotka muodostuvat 12-14 Hz taajuudella ilmenevistä teräväkärkisistä aalloista. (Tortora & Grabowski 2003, 517.)

*Taso 3.* on keskisyvän unentaso. Ruumiinlämpö ja verenpaine laskevat ja henkilön herättäminen on vaikeaa. EEG on sekoitus uni-spidelejä ja suurempia taajuudeltaan matalampia aaltoja. Tasolle kolme siirrytään yleensä noin 20 minuutin kuluttua nukahtamisesta. (Tortora & Grabowski 2003, 517.)

*Taso 4.* slow-wave sleep (SWS) on unen syvin taso. Hitaat amplitudiltaan suuret Delta-aallot hallitsevat EEG:tä. Aivojen aineenvaihdunta vähenee merkittävästi ja ruumiinlämpö laskee jonkin verran SWS-vaiheessa. Siitä huolimatta lähes kaikki refleksit ovat toiminnallisia ja lihastonus vain hieman alentunut. Mikäli henkilö on taipuvainen unissakävelyyn, tapahtuu se yleensä tässä vaiheessa. (Tortora & Grabowski 2003, 517.)

### **2.2.2 Parauni**

Ortounen kanssa vuorotteleva toinen unityppi on parauni tai vilkeuni. Paradoksaalista eli säännöstä poikkeavaa tässä vaiheessa on se, että aivotoinnot ja elimistön muut toiminnot ovat ristiriidassa keskenään. Aivotoinninta on vilkeunen aikana samankaltaista kuin kevyen torkkumisen aikana (kuva 1). Nukkujan niskan- ja vartalonlihaksen ovat kuitenkin veltostuneet ja henkilön herättäminen on vaikeaa. (Nienstedt ym. 1993, 570.)

Vilkeunen aikana hengitystiheys, sydämen syke ja verenpaine vaihtelevat merkittävästi. Vilkeunta kutsutaan myös REM (Rapid Eye Movement) uneksi, koska sen aikana silmät liikkuvat usein vilkkaasti suljettujen silmäluomien takana. Myös raajoissa voi ilmetä nopeita nykiviä liikkeitä. (Nienstedt ym. 1993, 570.)

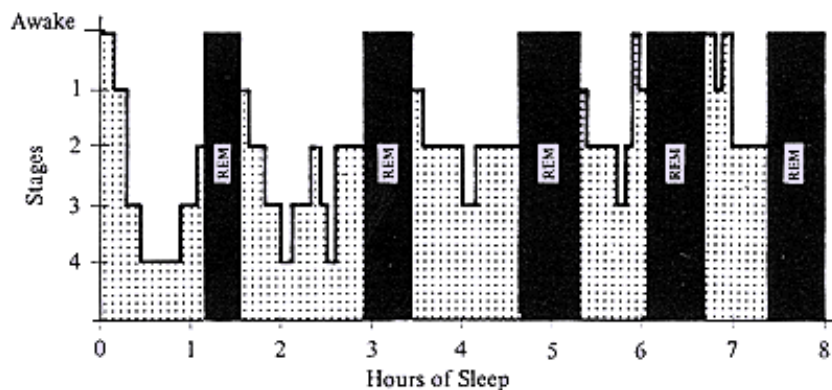


### 2.2.3 Unen rakenne

Normaalisti henkilö siirtyy nukahtaessaan NREM unen vaiheesta 1 vaiheeseen 4 alle tunnissa. REM uneen henkilö siirtyy vaiheesta neljä käymällä nopeasti läpi vaiheet kaksi ja kolme. Ensimmäinen REM jakso kestää yleensä 10–20 minuuttia ja sitä seuraa uusi NREM unenjakso. REM vaihe ilmenee yleensä noin 90 minuutin välein.

Normaalin 7-8 tunnin uni jakson aikana henkilö käy läpi kolmesta viiteen REM unen jaksoa, jotka aamua kohden pitenevät asteittain kunnes viimeinen kestää noin 50 minuuttia. Yhden NREM ja yhden REM jakson muodostama kokonaisuutta kutsutaan myös unisykliksi. (Tortora & Grabowski 2003, 517.)

NREM muodostaa suurimman osan unestamme, REM unen osuus on keskimäärin 90–120 minuuttia normaalista unijaksosta. NREM on hallitsevassa osassa alkuyöstä, kun taas REM uni painottuu unijakson loppuvaiheeseen. Alkuyöstä nukkuminen tapahtuu pääosin syvyytasoilla kolme ja neljä. Uni onkin näin ollen syvimmillään juuri alkuyöstä. Unijakson edetessä syvän unentasoilla käytetty aika vähenee samalla REM vaiheen pituus kasvaa ja uni muuttuu pinnallisemmaksi. Aamuyöstä tasot kolme ja neljä jäävät pois kokonaan (kuva 2). (Tortora & Grabowski 2003, 517.)



KUVA 2. Uni on syvimmillään ensimmäisen nukahtamisen jälkeisen unisyklin aikana ja muuttuu asteittain pinnallisemmaksi siirryttäessä kohti aamua. Myös REM unen osuus kasvaa merkittävästi kohti aamua. (Sleep research society 2006.)

## 2.3 Unen tehtävä

Unta on tutkittu paljon. Siitä mikä on unen tarkoitus, on olemassa useita teorioita. Yksikään teorioista ei kuitenkaan yksiselitteisesti selitä, miksi ihmiset ja eläimet tarvitsevat unta. Syyn pitää olla kuitenkin varsin tärkeä, koska kaikki kehittyneemmät eläimet nukkuvat säännöllisesti, vaikka ovatkin unen aikana verraten puolustuskyvyttömiä. Selvää on kuitenkin se, että uni ei ole pelkkää passiivista lepoa voimien keräämiseksi, sillä aivot toiminta on varsin vilkasta myös unen aikana. (Nienstedt ym. 1993 570.) Unta selittävien teorioiden paljouden perusteella on päätelty, ettei olemassa olisikaan yhtä selkeää selitystä sille miksi nukumme. Sen sijaan on ajateltu, että unella on useita tehtäviä, joista yhtä kukin teoria tukee. (Sleep research society 2006.)

Niin sanotun klassisen teorian mukaan nukkumisen aikana elimistö korjaa ja palauttaa hereillä olon aikana biokemiallisissa ja fysiologisissa prosesseissa tapahtuneita muutoksia. Teoriaa tukevat kasvuhormonin unen aikainen erittyminen ja unenpuutteen aiheuttamat psykologiset ja käyttäytymiseen liittyvät häiriöt. Teorian pitävyyttä kuitenkin heikentää se, että koko kehon proteiinisynteesi on unen aikana alhaisempi kuin valveilla ollessa. Erään toisen teorian mukaan unen tarkoituksena on laskea sekä kokonaisaineenvaihduntaa, että kehonlämpötilaa tasalämpöisillä eläimillä. Tätä teoriaa tukee se, että nukkuessamme aineenvaihdunta on 10 % matalampi kuin valveilla ollessa. On kuitenkin esitetty, että 10 % pudotus ei olisi riittävä vaikuttamaan evoluution kulkuun. (Sleep research society 2006.)

Yksi varhaisimmista teorioista on niin sanottu unimyrkkyteoria, jossa valveillaolon aikana aivoihin kertyneitä kemikaaleja poistetaan unen aikana. On myös todettu, että unen aikana aivot saattaisivat järjestellä päivän tapahtumia ja poistaa turhaa aineistoa. Muita teorioita ovat mm. vuorokausirytmiteoria, jonka mukaan unenaikainen liikkumattomuus ja unitilan aiheuttama osittainen halvaus olisi tapa välttää petoeläimiä. Toisaalta uni juuri jättää eläimet puolustuskyvyttömiksi mahdollisia hyökkäyksiä vastaan. (Vilkkö-Riihelä 1999. 140.)

## 2.4 Univaje

Univajeeksi kutsutaan tilaa, jossa henkilön unen määrä ei ole ollut riittävä (Walters 2002.). Univaje on varsin yleinen ongelma nyky-yhteiskunnassa. Univaje voi syntyä pitkällä aikavälillä, kun vuorokausittainen unen määrä jää jatkuvasti riittämättömäksi. Jos esimerkiksi tarvittavan noin kahdeksan tunnin nukkumisen sijasta unen määrä jää useasti 7 tuntiin tai alle. Toisaalta univaje voi johtua pitkittyneistä valvomisjaksoista, jolloin henkilö ei ehdi nukkua normaalin vuorokausirytmien mukaisesti. Univajetta ja valvomista esiintyy yleisesti mm. vuorotyön ja sotilas tehtävien yhteydessä sekä aikavyöhykkeiden yli matkustettaessa. (Ledoux 2001.)

Uni on välttämätöntä kehon, etenkin aivojen, palautumisessa. Jotkut elimet, kuten lihakset voivat palautua kunhan saavat levätä rentoutuneina rauhallisessa ympäristössä. Vaikka vaikuttaisi siltä, että myöskään aivojen aktiivisuutta ei tällaisessa tilanteessa tarvita säilyvät jotkin aivojen osat, etenkin aivokuori, aktiivisena, säilyttäen eräänlaisen puolivalppaan tilan. Tästä syystä neuronien toiminta alkaa heikentyä tilanteissa, joissa henkilö joutuu valvomaan pitkiä jaksoja tai ei saa riittävästi unta, ja alkaa näkyvästi muuttaa henkilön käytöstä. Unen eri vaiheet ovat myös merkittäviä; toiset vaiheet ovat tärkeitä neuronien palautumisen kannalta ja toisten aikana puolestaan muodostetaan uusien asioiden muistamiseksi vaadittavat synaptiset yhteydet. (Ledoux 2001.)

Siinä missä uni vaikuttaisi olevan ihmisen normaalin toiminnan kannalta välttämätöntä, univajeen vaikutukset voivat puolestaan olla päinvastaiset. Univajeen on osoitettu vaikuttavan joihinkin psykologisen ja fysiologisen toimintakyvyn osa-alueisiin suorituskykyä heikentävästi. Univajeen vaikutuksista tutuimpia ovat lisääntynyt uneliaisuudentunne, mielialan vaihtelut, heikentynyt tarkkaavaisuus ja alentunut tarkkuus kognitiivisissa tehtävissä. Univajeen vaikutukset ovatkin huomattavasti selvemmat psyykkisen toimintakyvyn osalta. Jo 20 tunnin valvomisen tiedetään heikentävän merkittävästi useita psyykkisen toimintakyvyn osa-alueita. Univajeen vaikutukset fyysisen suorituskyvyn osalta ovat kuitenkin huomattavasti moniselitteisemmät ja edellyttävät ilmetäkseen paljon pidempiä valvomisjaksoja. (VanHelder 1989.)

## 3 MITATTAVAT BIOMEKAANISET MUUTTUJAT

### 3.1 Reaktio

Elimistön eri osiin kohdistuu jatkuvasti suuri määrä erilaisia ärsykeitä. Näistä ärsykeistä johtuvat tuntemukset aiheuttavat elimistössä tietynlaisen vasteen. Ärsykkeet, jotka nousevat aivojen ylempiin osiin, esimerkiksi talamukseen ja aivokuorelle, voidaan luokitella reaktioiksi. Tällaisen vasteen voi aiheuttaa esimerkiksi mekaaniset ja kemialliset ärsykkeet sekä lämpö- ja valoenergia. Reaktio syntyy, kun ärsykkeelle spesifissä aistinsolussa syntyy ärsykkeen johdosta reseptoripotentiaali, joka etenee talamukseen ja edelleen kunkin aistin primääriselle aivokuorialueelle ja lopuksi motoriselle aivokuorelle. Motorinen aivokuori antaa ärsykkeen edellyttämän motorisen käskyn. Reseptorisolut ovat spesifejä tietyn tyyppisille ärsykeille. Esimerkiksi silmän verkkokalvolla on valolle ja iholla puolestaan kosketukselle herkkiä reseptoreja. Eri ärsykkeet voidaankin eritellä sen mukaan mitä aistirataa pitkin ne keskushermostoon tulevat. (Tortora & Grabowski 2003, 499.)

Reaktionopeudella tarkoitetaan kykyä reagoida annettuun ärsykeeseen mahdollisimman nopeasti. Reaktioaikaa voidaan mitata eri tavoilla. Yksinkertaisessa reaktiossa annetaan yksittäinen ärsyke, johon on vain yksi vaste. Tunnistusreaktiossa on useita eri ärsykeitä, joista yhteen tulee reagoida, oikeita vasteita on edelleen vain yksi. Reaktioajan mittaamisen monimutkaisin menetelmä on valintareaktio. Valintareaktiossa ärsykeitä on useita ja jokaiselle ärsykkeelle on oma vasteensa. Henkilön tulee reagoida oikein ärsykkeen edellyttämällä tavalla.

Useat eri tekijät vaikuttavat reaktionopeuteen. Esimerkiksi kuuloärsykeeseen perustava reaktio, joka on yleensä luokkaa 100-160 ms, on nopeampi kuin valoärsykeeseen perustava reaktio, joka on yleensä noin 140-200 ms. Myös tehtävän tyyppi vaikuttaa merkittävästi reaktioaikaan. Reaktioaika on selkeästi suurempi valintareaktioitehtävissä, noin 180-240 ms, verrattuna edellä mainittuihin yksinkertaisiin reaktioitehtäviin. Myös iällä on oma vaikutuksensa. Hermosto kehittyy aikuisen tasolle noin kymmenen vuoden

ikäisenä ja siitä syystä lasten reaktioajat ovat heikompia. Reaktioaika myös kasvaa hieman ikääntymisen vaikutuksesta. (Keskinen ym. 2004, 165.)

Valvomisella saattaa olla myös vaikutusta reaktioaikoihin. Joissain aikaisemmissa tutkimuksissa on osoitettu valvomisen vaikuttavan reaktioaikaa heikentävästi. Dinges on osoittanut, että niin havainnointiin kuin itse reagointiin kulunut aika kasvaa valvomisen vaikutuksesta noin 10 prosenttia kohtuullisesta univajeesta kärsivillä henkilöillä. Tämä johtaa noin 20 % kasvuun kokonaisreaktioajassa. (Walters 2002.)

### **3.2 Tarkkuusliike**

Tarkkuusliikkeellä tarkoitetaan liikettä, jossa liikkeellä on ennalta määrätty maali. Tällaisen liikkeen voidaan ajatella olevan taitoon, joka on oppimiseen pohjautuva ominaisuus, perustava suoritus, joka edellyttää motoristen kykyjen oikeaa hallintaa. (Keskinen ym. 2004, 165.)

Tällainen maalijohtoinen tarkkuusliike, joka suoritetaan mahdollisimman nopeasti ja tarkasti, on yleensä kolmivaiheinen. Ensimmäisessä vaiheessa liikkeen pääsuorittajalihas aloittaa liikkeen kohti maalia. Toisessa vaiheessa vastavaikuttajalihas pyrkii pysäyttämään liikkeen maaliin. Kolmannessa vaiheessa pääsuorittajalihas aktivoituu jälleen ja korjaa aikaisemman virheen ja tarkentaa liikkeen maaliin. Kolmivaiheisen liikkeen on tutkimuksissa osoitettu olevan sentraalisesti säädelty. (Bottas 2005.)

Valvomisen vaikutusta tässä tutkimuksessa käytetyn kaltaiseen tarkkuusliike suoritukseen ei ole juurikaan tutkittu. Muun tyyppisiä tarkkuustestejä on kuitenkin tehty. Mm. Nindl ym. mittasivat sotilaiden suoriutumista tarkkuutta vaativista tehtävistä kolmella eri tavalla. Valvomisen ei huomattu vaikuttavan lyhytkestoisiin tarkkuustehtäviin kuten ampumiseen ja kranaatin heittoon. Pidempikestoisessa palikkatestissä tarkkuus kuitenkin kärsi valvomisen vaikutuksesta.

### 3.3 Tasapaino

Tasapainolla tarkoitetaan kykyä ylläpitää haluttua kehon asentoa paikallaan ollessa tai liikkeessä (Keskinen ym. 2004, 187). Tähän elimistö pyrkii lihaksissa ja luustossa olevien reseptorien avulla, jotka välittävät hermostoon jatkuvasti tietoa kehon liikkeistä ja eri ruumiin osien suhteellisesta sijainnista. Myös näköaistilla on suuri merkitys tasapainon säilyttämisessä. Koordinoidut liikkeet ja täydellinen tasapainon hallinta vaativat kuitenkin enemmän tietoa. Ratkaiseva täydentävä tieto saadaan sisäkorvan erikoistuneista aistinelimistä. Nämä aistinelimet rekisteröivät painovoimaa, suoraviivaista kiihtyvää liikettä sekä kulmakihtyvyyttä. Ne välittävät hermostoon tietoa pään asennosta suhteessa pystyasentoon. Tämän tiedon avulla voidaan säilyttää pystyasento. (Haug ym. 1999, 165.)

Tasapainotilassa kehoon vaikuttavien voimien ja vastavoimien summa on 0. Tasapainon säilyttämiseksi keho pyrkii vastustamaan kehoon vaikuttavia voimia. Tasapaino voidaan jakaa kahteen luokkaan, staattiseen ja dynaamiseen tasapainoon. Staattisella tasapainolla tarkoitetaan kykyä hallita kehon eri osien sijaintia suhteessa maan vetovoimaan ja näin säilyttää koko kehon tasapainotila yhdessä pisteessä seistessä. Dynaamisella tasapainolla puolestaan tarkoitetaan kehon kykyä säilyttää tasapainotila liikuttaessa pisteestä toiseen esim. tilanteissa, joissa siihen kohdistuu nopea liike, kuten kierto, kiihdytys tai jarrutus. (Keskinen ym. 2004, 187.)

Aikaisemmissa tutkimuksissa ovat valvomisen vaikutukset olleet ristiriitaisia. Yleensä valvominen on kuitenkin heikentänyt tasapainoa. Mm. McMorris ym. huomasivat jo 24 tunnin valvomisen lisäävän koehenkilöiden huojuntaa. Yleensä vaikutukset kuitenkin näkyvät selvästi vasta pidemmän valvomisen seurauksena.

## 4 TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESEIT

Mittaukset suoritetaan osana laajempaa tutkimusta, jossa selvitetään univajeen vaikutusta useasta eri näkökulmasta. Biomekaanisen näkökulman lisäksi tutkimuksessa tarkastellaan valvomisen vaikutuksia mm. fysiologisten ja psykologisten muuttujien osalta.

### 4.1 Tutkimuksen tarkoitus

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää 60 tunnin valvomisjakson vaikutuksia hermolihasjärjestelmän toimintaan. Biomekaanisissa mittauksissa pyritään erityisesti selvittämään valvomisen vaikutuksia motoriseen kontrolliin ja silmä-käsi koordinaatioon, mittaamalla reaktiokykyä, tasapainoa ja koehenkilön kykyä suoriutua nopeutta ja tarkkuutta vaativasta liikkeestä.

### 4.2 Hypoteesit

*Työhypoteesi 1.* Näkö-, kuulo- ja valintareaktio tehtävien reaktioajat kasvavat valvomisjakson edetessä

*Työhypoteesi 2.* Tasapaino häiriintyy valvomisen edetessä, mutta merkittävästi vasta valvomisjakson lopussa.

*Työhypoteesi 3.* Tarkkuusliikkeessä liikenopeus ja tarkkuus alkavat heikentyä valvomisen edetessä.

*0-Hypoteesi 1.* Reaktioajoissa ei tapahdu merkittävää muutosta valvomisen vaikutuksesta.

*0-Hypoteesi 2.* Valvomisella ei ole vaikutusta tasapainoon.

*0-Hypoteesi 3.* Liikenopeus ja tarkkuus eivät muutu valvomisen vaikutuksesta.

## 5 MENETELMÄT

Koehenkilöinä toimi Maanpuolustuskorkeakoulun kadetteja (n=20). Heidät rekrytoitiin vapaaehtoisuuden perusteella. Koehenkilöille selvitettiin tutkimuksen tarkoitus ja toimenpiteet ennen mittausten alkua, ja he allekirjoittavat suostumuslomakkeen. Tutkimussuunnitelmasta saatiin lausunto Jyväskylän yliopiston eettiseltä toimikunnalta ja pääesikunnasta. Valvomisajan koehenkilöt eivät saaneet nauttia piristäviä aineita ja heidän fyysinen aktiivisuutensa oli minimaalista. Valvomisjakson aikana koehenkilöitä valvoi yöaikaan ulkopuolinen tarkkailija varmistaen sen, että koehenkilöt pysyvät hereillä. Tämän lisäksi koehenkilöt seurasivat toisiaan valvomisjakson aikana. Koehenkilöt olivat nuoria ( $25,6 \pm 2$  v.) ja terveitä kadettioppilaita.

### 5.1 Valvomisjakso

Tutkimus suoritettiin esikuntatyypin harjoituksen yhteydessä, jonka fyysinen rasittavuus vastasi kutakuinkin normaalia toimistotyötä. Mittaukset suoritettiin siten, että ensimmäisenä suoritettiin pilottimittaus, jonka avulla varmistettiin laitteiden toimivuus ja tarkastettiin, että harjoituksen aikatauluista johtuva tiivis mittausprotokolla olisi mahdollista toteuttaa. Erillisiä kontrollimittauksia ei suoritettu vaan kontrollitasoina käytettiin valvomisjakson ensimmäisen päivän tuloksia. Varsinaiset mittaukset suoritettiin valvomisjakson toisena ja kolmantena päivänä. Mittaukset suoritettiin aina aamulla kello 8.00 ja illalla kello 20.00.

### 5.2 Reaktioaika

Reaktioaikatestit tehtiin Jyväskylän yliopistossa rakennetulla laitteella. Tutkimuksessa mitattiin sekä yksinkertaista reaktiota, että valintareaktiota. Alkutilanteessa koehenkilö istui pöydän ääressä ja piti laitteen alapainiketta pohjassa dominoivan käden sormillaan.



Yksinkertaisessa valoreaktiossa laitteen kaikki neljä valoa syttyivät, jolloin koehenkilön tehtävänä on reagoida annettuun valoärsykkeeseen mahdollisimman nopeasti painamalla ennalta määrättyä painiketta, laitteessa keskellä ylhäällä. Yksinkertaisessa äänireaktiossa tehtävä oli täsmälleen sama sillä erotuksella, että ärsykkeenä toimi laitteesta kuuluva ääni. Valintareaktiossa laitteen neljästä valosta syttyi, testaajan valinnan mukaan, yksi tai kaksi. Koehenkilön tehtävänä oli reagoida ärsykkeen edellyttämällä tavalla siten, että yhden valon syttyessä koehenkilön tuli painaa syttyneen valon kohdalla olevaa painiketta, ja kun laitteessa syttyi kaksi valoa, koehenkilön tuli painaa kyseisten valojen välissä olevaa painiketta.



KUVA 3. Reaktioajan mittaamisessa käytetty laite.

Yksinkertaisissa valo- ja äänireaktioissa koehenkilöt tekivät kolme suoritusta molemmissa. Valintareaktiotestissä koehenkilöt tekivät viisi suoritusta, siten että laitteen 7 vaihtoehdosta käytettiin satunnaisesti viittä eri vaihtoehtoa.

Kokonaisreaktioajan lisäksi laite ilmoitti varsinaisen reaktioajan eli ajan, joka kului ärsykkeen antamisesta siihen kun koehenkilö nosti kätensä laitteen alapainikkeelta sekä liikeajan, joka puolestaan on aika joka kului käden nostamisesta alapainikkeelta siihen, kun koehenkilö painoi alas ärsykkeen edellyttämän painikkeen. Nämä kolme aikaa kirjattiin ylös myöhempää tarkastelua varten.

### 5.3 Tarkkuusliike

Tarkkuusliike suoritettiin Jyväskylän yliopistossa rakennetussa potentiometrillä varustetussa laitteessa. Tarkkuusliikkeessä koehenkilö istui tuolissa oikea käsi kiinnitettynä laitteen vipuun siten, että akseli on kyynärnivelen kohdalla ja suoritti kyynärvarren koukistuksen vaakatasossa. Liike suoritettiin kahdella eri liikelaajuudella. Suurempi liikelaajuus oli 60 astetta ja se suoritettiin välillä 140-80 astetta. Pienempi liikelaajuus oli 20 astetta ja se suoritettiin välillä 120-100 astetta. Koehenkilö sai reaaliaikaisen visuaalisen palautteen liikkeestä videojärjestelmän avulla. Laitteen ominaisuuksista johtuen liike oli lähes kitkaton ja koska käsi lepäsi laitteen vivun päällä, oli myös käsivarren paino eliminoitu.



KUVA 4. Tarkkuusliikkeen mittaamiseen käytetty laitteisto.

Koehenkilön tehtävänä oli ojentaa käsi maksimaalisella nopeudella ja mahdollisimman tarkasti alkupisteestä loppupisteeseen. Myöhäiset korjaukset olivat kiellettyjä eli liikkeen pysähtyttyä koehenkilön tuli pitää käsi paikallaan tekemästään virheestä huolimatta. Koehenkilöt tekivät yhteensä 10 suoritusta, viisi molemmilla liikelaajuuksilla. Suoritukset sai tehdä omavalintaisella tahdilla ja ne tuli suorittaa

vuorotellen siten, että ensimmäisenä tehtiin liike suurella liikelaajuudella, sitten pienellä ja taas suurella. Laitteessa olevan potentiometrin avulla oli mahdollista rekisteröidä kulman muutos, joka kerättiin tietokoneelle Signal -ohjelmiston (Cambridge electronics) avulla. Liikkeestä analysoitiin käden maksimi kulmanopeus, 20 ms keskiarvona kulmakäyrän jyrkimmän kohdan ympäriltä. Tarkkuutta mitattiin vertaamalla suoritettua ja tavoiteltua liikelaajuutta kahdessa eri kohdassa. Alun virheessä tarkasteltiin sitä, kuinka paljon ensimmäinen heilahdus ylitti tai alitti tavoitellun liikelaajuuden. Lopun virhe oli puolestaan tavoitellun ja suoritettun liikelaajuuden välinen ero liikkeen pysähtyessä.

## **5.4 Tasapaino**

Tasapainoa mitattiin Good balance -laitteiston (Metitur Oy Suomi) avulla.

Tasapainotestissä koehenkilöt seisoivat voimalevyanturin päällä kahdessa eri asennossa. Normaaliseisonnassa, kesto 30 sekuntia, koehenkilö seiso i itselleen sopivassa perusasennossa, jalat vierekkäin noin 15–30 cm etäisyydellä toisistaan.

Tandemseisonnassa, kesto 20 sekuntia, koehenkilö seiso i jalat peräkkäin samalla linjalla siten, että oikea jalka oli edessä ja vasemman jalan varpaat kiinni oikean jalan kantapäässä. Koehenkilöt seisoivat molemmissa asennoissa sekä silmät auki, että silmät kiinni. Good balance -laitteiston avulla on mahdollista seurata ja rekisteröidä koehenkilön huojuntaa. Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin huojunnan nopeutta nopeusmomentin avulla sekä huojunnan määrää x ja y -suunnassa.

## **5.5 Tilastolliset menetelmät**

Tulosten tilastollisessa tarkastelussa käytettiin apuna SPSS for Windows -ohjelmaa.

Tilastollisessa tarkastelussa käytettiin ryhmän keskiarvoja. Ensiksi tarkastettiin, että tulokset ovat normaalisti jakautuneita Kolmogorov-Smirnovin testin avulla. Ei-normaalisti jakautuneiden muuttujien osalta arvot korjattiin logaritmin avulla. Tämän jälkeen tulosten tilastollinen merkitsevyys tarkastettiin käyttämällä ANOVA.

## 6 TULOKSET

### 6.1 Reaktioaika

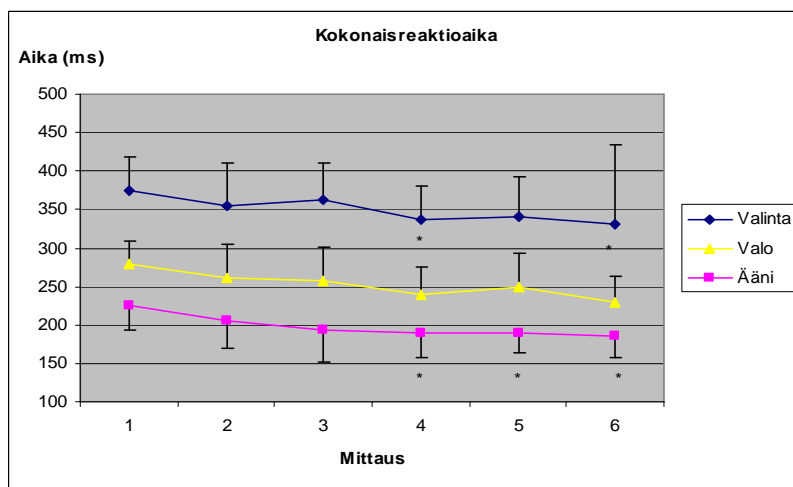
Reaktioajat on esitetty taulukossa yksi. Varsinaisissa reaktioajoissa ei tapahtunut tilastollisesti merkitseviä muutoksia minkään tehtävän osalta, mutta niissä oli havaittavissa paraneva trendi. Suurimmat muutokset tapahtuivat liikeajoissa.

Valoreaktion liikeaika parantui merkitsevästi ensimmäisen päivän aamumittaukseen (104,6 + 15,6) verrattuna ollen toisen päivän iltana (85,1 + 16,6)  $p < 0,005$  ja kolmannen päivän aamuna (86,3 + 14,2)  $p < 0,05$  ja iltana (82,4 + 16,1)  $p < 0,001$ . Äänireaktion liikeaika puolestaan parani jo toisesta aamusta lähtien verrattuna ensimmäisen päivän aamumittauksiin (102,5 + 17,8). Se oli toisen päivän aamuna (84,2 + 19,9)  $p < 0,05$  ja iltana (84,3 + 17,4)  $p < 0,05$  sekä kolmannen päivän aamuna (85,5 + 16,1)  $p < 0,05$  ja iltana (82,2 + 14,1)  $p < 0,005$ . Valintareaktion liikeajoissa ei tapahtunut tilastollisesti merkitseviä muutoksia.

Taulukko 1. Reaktioajat ja keskihajonta eri tehtävissä.

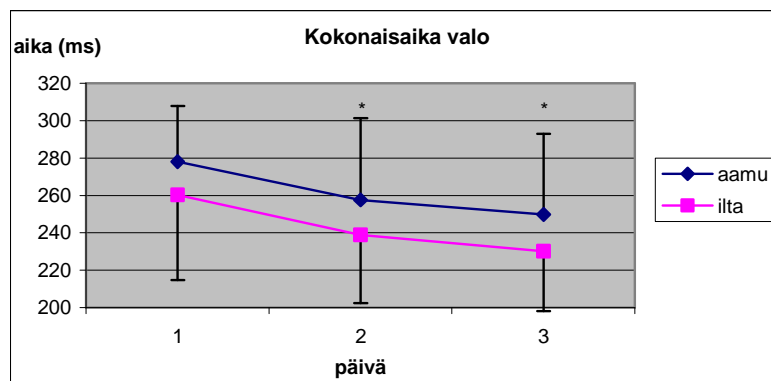
	Mittaus	Valo		Ääni		Valinta	
Reaktioaika (ms)	1,0	173,4	26,9	122,4	24,9	257,3	43,1
	2,0	166,1	38,7	113,1	24,8	247,4	44,5
	3,0	166,8	36,7	109,7	34,7	253,7	48,0
	4,0	153,8	31,7	105,9	24,8	236,0	37,0
	5,0	163,5	37,1	104,0	20,4	234,2	45,7
	6,0	147,7	31,4	103,6	25,9	216,5	42,3
Liikeaika (ms)	1,0	104,7	15,7	102,6	17,8	116,8	19,3
	2,0	94,2	16,7	92,5	17,6	108,1	18,3
	3,0	90,7	16,1	84,2	19,9	108,1	16,1
	4,0	85,1	16,6	84,3	17,4	101,5	17,6
	5,0	86,3	14,2	85,5	16,1	106,1	17,0
	6,0	82,5	16,1	82,2	14,1	114,9	81,6
Kokonaisaika (ms)	1,0	278,1	29,9	225,0	31,5	374,1	44,9
	2,0	260,3	45,6	205,7	36,5	355,4	54,9
	3,0	257,5	43,9	193,9	41,8	361,8	48,5
	4,0	238,9	36,4	190,1	31,5	337,5	42,2
	5,0	249,8	43,2	189,5	26,6	340,3	52,0
	6,0	230,2	32,1	185,8	27,8	331,4	103,1

Kokonaisreaktioajat (Kuva 5) paranivat hieman valvomisen edetessä. Valoreaktiossa erot olivat tilastollisesti merkitseviä verrattuna ensimmäisen päivän aamuun (278,1 + 29,8) toisen (238,8 + 36,4)  $p < 0.05$  ja kolmannen (230,1 + 32,1)  $p < 0.005$  päivän iltoina. Äänireaktiossa tilastollisesti merkitseviä eroja suhteessa ensimmäiseen aamuun (224,9 + 31,5) ilmeni toisen päivän iltana (190,1 + 31,5)  $p < 0.05$  sekä kolmannen päivän aamuna (189,4 + 26,6)  $p < 0.05$  ja iltana (185,7 + 27,7)  $p < 0.005$ . Myös valintareaktion kokonaisajat paranivat hieman, mutta muutokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.



KUVA 5. Kokonaisreaktioajat paranivat valvomisen edetessä. \*=  $p < 0,05$  tilastollinen merkitsevyys ensimmäisen päivän aamuun verrattuna

Reaktioaikamuuttujissa oli havaittavissa myös aamu-iltaero siten, että reaktioajat olivat parempia illalla kuin aamulla. Tilastollisesti merkitsevä ero oli kokonaisajoissa valoreaktiossa (Kuva 6) toisena ja kolmantena päivänä, äänireaktiossa ensimmäisenä ja valintareaktiossa ensimmäisenä ja toisena päivänä.



KUVA 6. Aamu-iltaero valoreaktion kokonaisajassa. \*=  $p < 0,05$  tilastollinen merkitsevyys

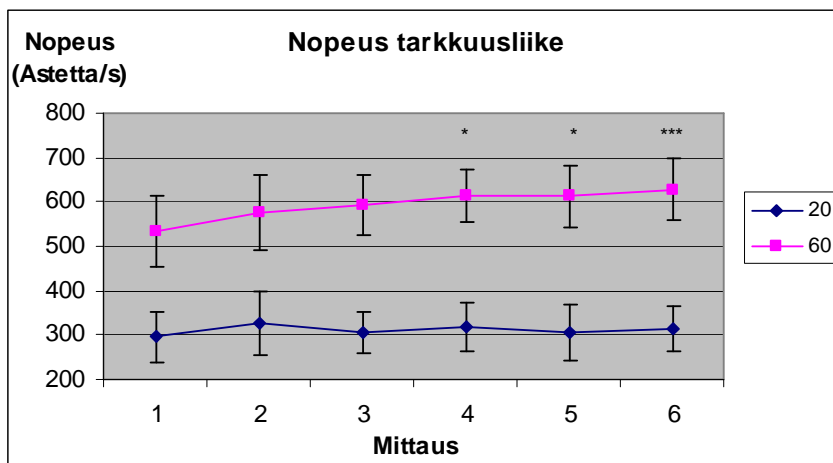
## 6.2 Tarkkuusliike

Tarkkuusliikkeen tulokset on esitetty taulukossa 2. Tarkkuudessa ei tapahtunut tilastollisesti merkitseviä muutoksia. Lyhyemmän 20 asteen liikelaajuuden tarkkuus parani hieman valvomisen edetessä. Suuremman 60 asteen liikelaajuuden tarkkuuteen ei valvomisella näyttänyt olevan vaikutusta. Tarkkuudessa ei myöskään ollut havaittavissa reaktioaikojen kaltaista aamun ja illan välistä eroa.

Taulukko 2. Tarkkuusliikkeen tulokset.

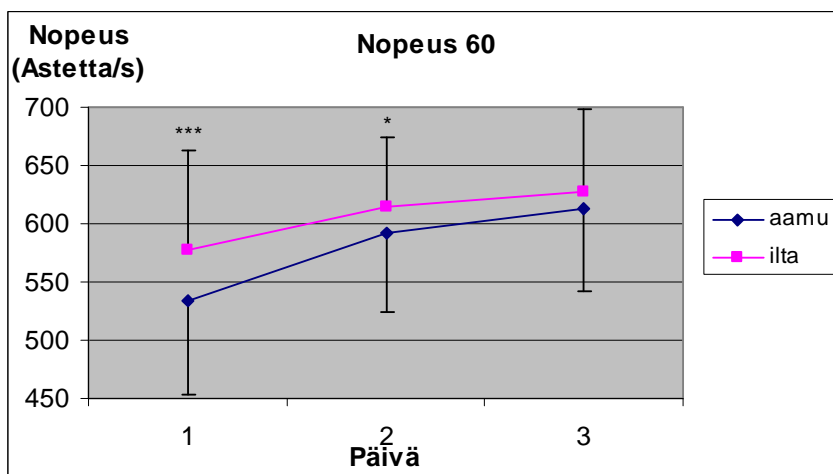
	Mittaus	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00
Virhe 60 alku	keskiarvo	5,24	4,59	4,43	4,50	4,47	5,34
	keskihajonta	1,83	1,80	1,71	1,76	2,07	2,59
Virhe 60 loppu	keskiarvo	2,57	2,65	2,30	2,31	2,53	2,34
	keskihajonta	1,32	0,92	0,97	1,05	0,92	0,80
Virhe 20 alku	keskiarvo	7,71	7,72	6,53	6,54	6,07	6,06
	keskihajonta	3,40	3,95	2,88	3,09	3,48	2,27
Virhe 20 loppu	keskiarvo	2,99	2,67	2,12	2,28	2,00	1,87
	keskihajonta	1,58	1,83	1,15	1,42	1,33	0,96
Nopeus_60	keskiarvo	534,02	577,42	591,18	613,90	612,88	627,67
	keskihajonta	80,11	84,91	67,75	60,71	70,38	70,11
Nopeus_20	keskiarvo	295,22	325,45	305,27	318,93	306,86	315,30
	keskihajonta	57,87	71,35	45,73	54,94	64,21	51,30

Valvomisjakson edetessä tarkkuusliikkeen nopeus (Kuva 7) pysyi samana 20 asteen liikelaajuudella ja kasvoi 60 asteen liikelaajuudella. Muutos oli tilastollisesti merkitsevä verrattuna ensimmäisen päivän aamuun (534,02 + 80,11) toisen päivän iltana (613,90 + 60,71)  $p < 0,05$  ja kolmannen päivän aamuna (612,88 + 70,38)  $p < 0,05$  ja iltana (627,67 + 70,11)  $p < 0,005$ .



KUVA 7. Tarkkuusliikkeen maksimikulmanopeus. \*=  $p < 0,05$  \*\*\* $p < 0,001$

Nopeudessa oli reaktioajan tavoin havaittavissa aamu-iltaero siten, että nopeus oli suurempi illalla kuin aamulla. Ero pieneni valvomisjakson edetessä ja oli tilastollisesti merkitsevä 60 asteen liikelaaajuudella (Kuva 8) ensimmäisenä ja toisena päivänä. 20 asteen liikelaaajuudella ero oli tilastollisesti merkitsevä vain ensimmäisenä päivänä, ja lähes merkitsevä myös toisena päivänä.



KUVA 8. Aamu-iltaero tarkkuusliikkeessä 60 asteen liikelaaajuudella. \*=  $p < 0,05$  \*\*\* $p < 0,001$

### 6.3 Tasapaino

Tasapainotestien tulokset on esitetty taulukossa 3. Valvomisella ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta tasapainoon. Suurimassa osassa muuttujista oli kuitenkin havaittavissa kasvava trendi. Tulokset olivat luonnollisesti silmät auki seistessä parempia kuin silmät kiinni seistessä. Normaalseisonnassa oli etu-takasuuntaan (Y-akseli) kuljettu matka huomattavasti sivuttaissuuntaa kuljettua (X-akseli) suurempi. Tandemseisonnassa puolestaan X-matka oli Y-matkaa suurempi.

Taulukko 3. Tasapainotestien tulokset

		Normaali auki		Normaali kiinni		Tandem auki		Tandem kiinni	
		Keskiarvo	Keskihaj.	Keskiarvo	Keskihaj.	Keskiarvo	Keskihaj.	Keskiarvo	Keskihaj.
X-Matka	1,0	106,9	39,3	115,3	29,5	293,3	76,0	669,3	269,0
	2,0	97,9	24,7	104,1	25,0	295,0	73,9	612,8	175,6
	3,0	84,4	16,6	97,2	24,7	292,2	63,7	653,1	198,4
	4,0	90,7	22,1	96,5	26,0	286,4	68,7	680,7	231,9
	5,0	86,0	22,2	100,1	25,3	320,7	64,1	726,4	255,5
	6,0	84,7	24,5	96,5	30,3	327,9	88,6	680,6	219,9
Y-Matka	1,0	140,5	34,5	234,0	81,3	255,1	81,2	546,1	283,8
	2,0	135,6	28,0	204,8	56,8	246,8	66,1	482,2	171,2
	3,0	142,6	30,8	210,9	67,1	264,9	96,6	536,6	245,9
	4,0	140,2	28,0	211,6	70,8	246,7	89,6	530,1	248,4
	5,0	138,2	29,7	237,3	81,6	275,8	93,9	567,4	268,9
	6,0	145,8	40,6	233,6	88,2	268,5	92,3	545,6	273,9
Nopeusmomentti	1,0	7,3	5,1	9,7	4,1	48,6	23,8	283,4	469,1
	2,0	5,9	2,2	8,2	3,3	47,3	20,3	153,8	70,7
	3,0	6,1	2,4	8,7	4,8	47,2	22,3	182,9	110,4
	4,0	5,5	1,8	7,3	4,2	48,3	31,5	173,6	124,7
	5,0	5,9	2,6	10,9	6,0	60,7	35,5	203,2	134,3
	6,0	5,5	2,5	10,0	7,0	60,1	29,5	189,6	135,4



## 7 POHDINTA

Valvomisjakso ei näyttänyt vaikuttavan merkittävästi hermolihasarjostelmän toimintaan. Suorituskyky heikkeni ainoastaan tasapainotestissä ja siinäkin muutokset olivat melko vähäisiä. Joidenkin muuttujien osalta tulokset puolestaan paranivat. Nämä muutokset olivat tilastollisesti merkitseviä reaktioaikamuuttujissa sekä tarkkuusliikkeen nopeudessa. Lisäksi osassa muuttujista oli havaittavissa aamuiltaero siten, että aamumittausten tulokset olivat heikompia kuin iltamittausten.

Reaktioaikatestissä eri tehtävien reaktioajat olivat samaa luokkaa kirjallisuudessa esitettyjen arvojen kanssa. Myös eri tehtävien välillä oli havaittavissa normaali erot siten, että reaktioaika oli selkeästi parempi yksinkertaisessa äänireaktiossa verrattuna valoreaktioon. Lisäksi molemmissa yksinkertaisissa reaktioehtävissä reaktioaika oli selkeästi parempi kuin valintareaktiossa. Reaktiotestissä liikeaika parani selvästi. Varsinaisissa reaktioajoissa muutokset olivat kuitenkin selvästi pienempiä. Tästä johtuen kokonaisreaktioaikojen parantuminen voidaankin selittää pääasiassa liikenopeudessa tapahtuneilla muutoksilla.

Aikaisemmissa tutkimuksissa reaktioaika on yleensä heikentynyt valvomisen vaikutuksesta. Mm. Dinges (1995) totesi 24 tunnin valvomisen heikentävän kokonaisreaktioaikaa 20 prosentilla. Sagaspe ym. saivat vastaavanlaisen tuloksen 36 tunnin valvomisen seurauksena. Toisaalta mm. Symons ym. totesivat, että valvomisen ei heikennä reaktioikykyä yksinkertaisessa reaktiotestissä 60 tunnin valvomisen seurauksena, reaktioaika jopa parani hieman valvomisen edetessä. Symonsin kanssa vastaavaan tulokseen päätyivät myös McMorris ym. Ristiriitaiset tulokset johtuvat todennäköisesti eri mittausprotokollien välisistä eroista. Tässä tutkimuksessa käytetyn lyhytkestoisien reaktioaikatestin ei uskota olevan riittävän herkkä valvomisen vaikutuksille. Yleisesti uskotaan, että valvomisen vaikutusten havaitsemiseksi on reaktioaikatestien oltava pitkäkestoisia ja monotonisia.

Tarkkuusliikkeen tarkkuudessa ei ollut juurikaan eroa liikelaajuuksien välillä. Nopeus puolestaan oli huomattavasti suurempi suuremmalla liikelaajuudella. Tapahtuneet

muutokset myös vaihtelivat eri liikelaajuuksilla. Suuremmalla liikelaajuudella nopeus kasvoi merkitsevästi, pienellä liikelaajuudella muutokset nopeudessa olivat huomattavasti pienempiä. Tarkkuudessa muutokset olivat päinvastaiset. Vaikka tarkkuudessa tapahtuneet muutokset eivät olleet kummallakaan liikelaajuudella tilastollisesti merkitseviä, oli parannus kuitenkin huomattavasti suurempi pienellä liikelaajuudella.

Reaktioaikamuuttujissa ja tarkkuusliikkeen nopeudessa tapahtuneet parannukset voidaan ainakin osaltaan selittää oppimisella, sillä pilottimittausten puutteesta johtuen koehenkilöt eivät päässeet tutustumaan suorituksiin ennen varsinaisia mittauksia. Reaktioaikojen on osoitettu paranevan huomattavasti harjoittelun vaikutuksesta (Sanders 1998. 21). Reaktioaikatesti oli varsin yksinkertainen ja nopea oppia. Myös tarkkuusliikesuoritusta suunniteltaessa valittiin liikemalliksi mahdollisimman yksinkertainen, jotta sen oppiminen olisi nopeaa. Tarkasteltaessa tuloksia voidaankin huomata, että parannukset olivat selkeimpiä juuri ensimmäisten mittausten jälkeen.

Tässä tutkimuksessa suorituskyyä heikentävästi valvominen vaikutti ainoastaan tasapainoon. Muutokset olivat varsin vähäisiä, mutta niissä oli kuitenkin havaittavissa heikkenevä trendi. Tulosten suuri vaihtelu koehenkilöiden välillä vaikutti varmasti osaltaan siihen, että tilastollista merkitsevyyttä ei saavutettu. Toisaalta myös yksittäisten koehenkilöiden tuloksia silmämääräisesti tarkasteltaessa kävi ilmi, että suorituskyy vaihteli merkittävästi eri mittausten välillä ja että eri koehenkilöillä paras suoritus saattoi osua mihin tahansa kuudesta mittauksesta. Suurella osalla koehenkilöistä ensimmäisen mittauksen arvot olivat kuitenkin heikoimpia, joka viittaisi siihen, että myös tasapainotestin kohdalla oli tapahtunut oppimista.

Aikaisemmissa tutkimuksissa on tasapainon todettu yleensä heikkenevän. Mm. Fabbri ym. ja McMorris ym. huomasivat tasapainon heikentyvän jo 24 tunnin valvomisen jälkeen. Tasapainossa tapahtuvan suorituskyyvyn heikkenemisen uskotaan olevan seurausta vireystilan alentumisesta. Univajeen tiedetään heikentävän yleistä vireystilaa, seurauksena vireystilan alentumisesta koehenkilöt joutuvat panostamaan asennon hallintaan normaalia enemmän, joka johtaa huojuun lisääntymiseen. (Fabbri ym. 2006.)

Reaktioajoissa huomattu aamuiltaero on tyypillinen vuorokausirytmien aiheuttama ero. Reaktioajat ovat tavallisesti parhaimmillaan alkuillasta samoihin aikoihin kun ruumiinlämpö on korkeimmillaan (Reilly ym.1997. 40). Tulokset osoittavat, että valvomisesta huolimatta aamun ja illan välinen ero säilyy. Muutos voidaan selittää ruumiinlämmön vaihtelulla sillä jo yhden asteen nousu kehon lämpötilassa nostaa hermojen johtumisnopeutta 2,4 m/s. (Reilly ym.1997. 40). Reaktioaikojen lisäksi vastaava aamuiltaero oli havaittavissa myös tarkkuusliikkeen nopeudessa. Siinäkin ero on todennäköisesti ainakin osaltaan seurausta ruumiin lämmön vaihtelusta. Osaltaan havaittua aamuiltaeroa voidaan selittää myös vireystilan vaihtelulla. Tyypillisesti vireystila on heikoimmillaan aamuisin, jolloin myös väsymyksen tunne ja uupumus ovat huipussaan (Reilly ym.1997. 40). Jos vuorokausirytmien vireystilassa säilyy valvomisen vaikutuksesta, voisi silloin myös olettaa, että aamumittaukset ovat iltamittauksia herkempiä mittaamaan valvomisen vaikutusta, joka puolestaan voisi korostaa esim. lämpötilan vaihtelusta johtuvia eroja.

Yhteenvedon voidaan sanoa, että valvomisella ei ollut suurta vaikutusta hermolihaskäytön suorituskykyyn. Syynä tälle voi olla käytettyjen testien tyyppi ja koehenkilöiden kova motivaatio. Wilkinson on todennut, että univajeen vaikutusten selville saamiseksi ei tulisi käyttää testejä, jotka ovat liian mielenkiintoisia ja ennen kaikkea liian lyhyitä. Edellä mainitun kaltaiset testit kannustavat väsyneitä ihmisiä kompensoimaan suorituskyvyn alenemista ja siten mahdollistavat normaalin suorituskyvyn. Tästä syystä tällaiset testit eivät ole riittävän herkkiä univajeen vaikutusten selvittämiseksi. Myös voimakas kannustus ja esimerkiksi palautteen antaminen tuloksista vaikuttavat samalla tavalla ja heikentävät univajeen vaikutusta.

## LÄHTEET

Bottas R., Linnamo V., Nicol C. & Komi P. 2005. Repeated maximal eccentric actions causes long-lasting disturbances in movement control. *European Journal of Applied Physiology* 94, 62–69.

Dinges D. 1995. An overview of sleepiness and accidents *Journal of Sleep Research* 4, 4-14.

Haug E., Sand O. & Sjaastad O. 1999. *Ihmisen fysiologia*. WSOY, Porvoo

Keskinen K., Häkkinen K. & Kallinen M. 2004. *Kuntotestauksen käsikirja*. Tampere-paino Oy. Tampere.

Ledoux S. 2001. The Effects of Sleep Deprivation on Brain and Behavior  
<http://serendip.brynmawr.edu/bb/neuro/neuro01/web3/Ledoux.html> Luettu 10.12.2006

McMorris T., Harris R., Swain J., Corbett J., Collard K., Dyson R., Dye L., Hodgson C. & Draper N. 2006. Effect of creatine supplementation and sleep deprivation, with mild exercise, on cognitive and psychomotor performance, mood state, and plasma concentrations of catecholamins and cortisol. *Psychopharmacology*. 185, 93-103.

Nienstedt W., Hänninen O., Arstila A. & Björkqvist S-E. 1993. *Ihmisen fysiologia ja anatomia*. WSOY, Porvoo.

Nindl B., Leone C., Tharion W., Johnson R., Castellani J., Patton J. & Montain S. 2002. Physical performance responses during 72 h of military operational stress. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 34, 1814-1822.

Reilly T., Atkinson G. & Waterhouse J. 1997. *Biological Rhythms & Exercise*. Oxford University Press. New York.

Sagaspe A., Sanchez-Ortuno M., Charles A., Taillard J., Valtat C., Bioulac B. & Philip P. 2006. Effects of sleep deprivation on color-word , emotional, and specific srtoop interference and on self-reported anxiety. *Brain and Cognition* 60, 76-87.

Sanders A. 1998. *Elements of human performance: Reaction processes and attention in human skill*. Lawrence Erlbaum Associates. New Jersey.

Sleep research society. <http://www.sleephomepages.org/sleepsyllabus/d.html> Luettu 10.12.2006

Symons J., Vanhelder T. & Myles W. 1988. Physical performance and physiological responses following 60 hours of sleep deprivation. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 20, 374-80.

Tortora G. & Grabowski S. 2003. *Principles of anatomy and physiology*. John Wiley & Sons, Inc. New York.

Vilkko-Riihelä A. 1999. *Psykye: Psykologian käsikirja*. WSOY. Porvoo

VanHelder T. & Radomski M. 1989. Sleep deprivation and the effect on exercise performance. *Sports Medicine* 7, 235-247.

Walters P. 2002. Sleep, the athlete, and performance. *National strenght & conditioning journal* 24, 17-24.

Wilkinson B. 1992. *Sleep arousal and performance*. Teoksessa Broughton R. & Ogilvie R. (Toim.) *A tribute to Bob Wilkinson*. Birkhäuser. Boston.