

Aivotietokonekäyttöliittymän hyödyntäminen meditoinnissa

Toni Sanio

Pro gradu –tutkielma



ITÄ-SUOMEN YLIOPISTO

Tietojenkäsittelytieteen laitos

Tietojenkäsittelytiede

Syyskuu 2014

ITÄ-SUOMEN YLIOPISTO, Luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunta, Joensuu
Tietojenkäsittelytieteen laitos
Tietojenkäsittelytiede

Opiskelija, Toni Sanio: Aivotietokonekäyttöliittymän hyödyntäminen meditaatiossa
Pro gradu –tutkielma, 84 s., 1 liite (2 s.)
Pro gradu –tutkielman ohjaaja: Prof. Markku Tukiainen 2014

Tutkielman aiheena oli selvittää aivotietokonekäyttöliittymien hyödyntämistä meditaation avustamiseksi. Tämän selvittämiseksi tarkastelin meditaation historiaa ja sen perusmenetelmiä joiden varaan nykyaikaisen avustavan järjestelmän olisi hyvä pohjautua. Lisäksi tarkastelin meditaation vaikutuksia aivoissa niin fysiologisten muutoksien kuin sähköisen toiminnan kannalta. Sähköisen toiminnan mittaaminen mahdollistaisi meditaation tarkastelemisen myös aivotietokonekäyttöliittymän avulla.

Tein katsauksen vaihtoehtoihin tajunnan tilan muuntamiseksi teknologian avulla. Näitä olivat muun muassa transkraniaalinen magneettinen stimulaatio, biopalaute, neuroplastisuusterapia sekä brainwave entrainment, jotka osoittivat lupaavia tuloksia. Näistä vaihtoehtoista valitsin yhdistää neuroplastisuusterapian ja brainwave entrainment:in. Tässä työssä esitellään kokeellinen järjestely, jossa pyritään ohjaamaan meditaatioistuntoa äänipalautteen avulla. Äänipalautteena käytettiin muun muassa luonnonääniä kuten veden lotina ja meren aaltojen ääni. Järjestelmä muokkasi äänipalautetta henkilön aivosähkökäyrän perusteella ja pyrki ohjaamaan henkilöä muuttamaan aivojen tilaa meditaation kannalta suotuisammaksi. Järjestelmässä uutta aikaisempaan oli muun muassa harrastelijatason EEG-laite sekä äänimaisemien vaihtuminen kyllästymisen ehkäisemiseksi.

Lopuksi kokeilin järjestelmän toimivuutta 16 koehenkilöllä kahdella erilaisella istuntotyypillä ja kokeen tuloksista voitiin huomata, että ryhmien tulos voitiin eritellä toisistaan aivosähkökäyrän perusteella. Istuntojen aikana henkilöt kokivat rentoutumista, ahdistuneisuuden vähenemistä, hypnagogiaa, muistojen esiinnousemista, sisäisen dialogin hiljenemistä ja ajatuksien muuntumista.

Avainsanat: Aivotietokonekäyttöliittymät, a/t-neurofeedback, EEG, meditaatio, neurofeedback

ACM-luokat (ACM Computing Classification System, 1998 version): D.2.2 User interfaces

UNIVERSITY OF EASTERN FINLAND, Faculty of Science and Forestry, Joensuu
School of Computing
Computer Science

Opiskelija, Toni Sanio: Brain-computer interfaces in meditation

Master's Thesis, 84 p., 1 appendix (1 p.)

Supervisor of the Master's Thesis: Ph.D. Markku Tukiainen spring 2014

Abstract:

Topic of my thesis was to research possibilities of brain-computer interfaces as meditation aid. To do this I researched meditation history and its basic methods which provided the basic philosophy and guidelines for building modern tool to aid meditation. Then I studied the phenomenon which are observed or measured during meditation state or as a result of long term meditation practice in brain. The electrical activity of brain related to meditation would provide a possible interface for measuring meditation state or help reaching it with means of brain-computer interface.

I also did list of different ways to alter state of mind externally via technology. These included transcranial magnetic stimulation, biofeedback, neurofeedback and brain-wave entrainment which seemed very promising as a result. From these methods I chose to combine neurofeedback and brainwave entrainment. I then constructed a system which guides individual meditation session with audio feedback. The audio consisted mostly of nature sounds for example sounds of ocean waves or fountain. The given audio feedback was altered according person's EEG and its purpose was to encourage person to change his state of brain into more meditative state. New things in this study was for example non-medical hobbyist EEG-device and changing audio environment to prevent boredom.

In the end I did an experiment to verify the operability of the system with 16 participants with two different sessiontypes. It was possible to conclude that two different groups could be distinguished from each other by their average EEG recordings. From the session comments written and given by participants it was noted that they experienced relaxation, decrease of anxiety, hypnagogia, coming up of memories, silencing of inner dialogue and changes in thought patterns.

Keywords: a/t-neurofeedback, Brain-Computer Interfaces, EEG, Meditation, Neurofeedback

CR Categories (ACM Computing Classification System, 1998 version): D.2.2 User interfaces

Esipuhe

Aloittaessani tämän aiheen parissa ensimmäinen asia, mitä minulle kävi oli aiheen kirjallisuuden lukeminen ja meditaatioharrasteen lisääminen elämääni. Minua ärsytti suuresti iso kuilu, mikä oli tehty meditaatioharjoittelun ja nykypäivän elämän välille. Koin tarvetta ymmärtää meditaation mekanismeja ja saada siihen tieteellistä näkökantaa. Sillä monesti meditaatioon liitetään suuri määrä uskonnollista tai mystistä oppia, mikä estää nykyihmisen harrasteeseen tarttumisen etenkin ottaen huomioon ettei länsimaissa ole tarjolla meditaation opetusta tai harrastetta niin otollisesti kuin vaikkapa muita oppiaineita tai urheilua. Ymmärsin, että on tarpeen perehtyä mahdollisiin keinoihin, mitkä soveltuvat nykyihmiselle. Sillä kuten joogan myös meditaation tekniikatkin ovat loppujen lopuksi kehittyneet ajan saatossa mukautuen ihmisten elämään.

Koin mielessäni meditaation tuoman rauhan myötä, että nykyihmiselle, joka elää kii-reistä elämää, meditaatio voisi olla hyvinkin tarpeellinen. Koin myös jossain vaiheessa toisaalta nöyryyttä vanhoja oppeja kohtaan ja tarvetta liittyä Buddhistiseen yhteisöön, sillä harjoitukseni meditaation saralta jäi aina kohtaamiseen itseni kanssa hiljaisessa huoneessa. Ihmettelin sitä asiaa, miksi nykYTEKNOLOGIALLA ei voisi myös luoda yhteisöllisiä istuntoja meditointia harrastavien ihmisten välille internetin avulla.

Meditaatiota avustavan järjestelmän kokoamisessa kävin monen monta käännettä lävitse siten, että ensimmäiset versiot järjestelmästä olivat hyvin räikeitä äänimaailmaltaan, suorastaan häiritseviä eikä silloinen laite ja asetukset tuntuneet olevan luotettava millään tavoin. Näin istuskelin monia kertoja joskus turhautuen ja joskus innostuen. Myös EEG-SMT -laitteen toimimaan laittaminen oli hyvin vaivalloinen ja tämä olisi voinut jäädä tekemättä ilman tukea Harri Karhulta, Prof. Markku Tukiaiselta, Olimexin foorumilta ja Tommi Fredrikssonilta sekä Viet Nguyenilta. Koin hetken, jolloin luovutin toivon täysin toimivan järjestelmän rakentamisesta, jonka jälkeen kaikki lähtikin toimimaan paremmin. Loppuajasta istuskelin joka ilta järjestelmää kokeillen ja olin vaihtanut jo perinteisen meditaationi tähän huomattuani sen myönteisen ja syvältä hoitavan vaikutuksen elämääni, unieni paranemiseen sekä mahdollisuuksiin, mitä se toi mukanaan. Koin suorastaan elämän koittelevan pärjäämistäni ilman tätä apuvälinettä, kun joduin viemään järjestelmän Yliopistolle kahden viikon ajaksi koeistuntojen vuoksi. Tällä aikaa pystyin viemään joogaharjoitteluani eteenpäin, kun aikani meni tehdessä muuttoa ja hoitaessa vain kokeiden ajamista.

Kiitän tässä Prof. Markku Tukiaista ohjaamisesta, Harri Karhua laitteen pinnan valmistamisesta sekä muita tuttuja jotka avustivat tekemistäni. Erityisesti perheenjäseniä ja tuttaviani, jotka osasivat jättää minut rauhaan ja toisaalta motivoida hyvin tehdes-säni tätä urakkaa. Lisäksi kiitän myös prof. Tobias Egneriä, joka pystyi neuvomaan minua hieman vielä yli 10 vuodenkin jälkeen a/t-neurofeedback:in parissa työskente-lynsä jälkeen.

Kiitän myös kaikkea kirjallisuutta ja tutkimustyötä, mikä on ollut pohjana tälle työ-leni.

Kiitän myös www.freesample.org:ia ja siellä olevia artisteja laajasta kirjosta ilmaisia äänilähteitä, joita hyödynsin järjestelmässä. Kiitän myös Bob Deckeriä äänitteestä ”Gamma Waves 40Hz-Monaural tones”, joka inspiroi gamma-monaural beat:in tekemisessä.

Kiitän kaikkia ilmaisia ohjelmia, työkaluja ja kirjastoja ja heidän aiemmin tekemään työtä, joka on mahdollistanut tämän järjestelmän tekemisen: Audacity, OpenEEG, Audiere, Allegro, FFTW, CodeBlocks sekä Boost.

Kiitän myös koehenkilöitä kärsivällisestä osallistumisesta ja rakentavasta palauteesta ja heidän avustaan todentamaan järjestelmän toimivuutta merkittävästi.

Kiitokset myös Michael Paul Coder:ille, joka työskentelee hyvin mielenkiintoisien projektien parissa etsien keinoja lisätä selkounia muun muassa MindWave- ja EEG-SMT-laitteen avulla <http://lucidcode.com/>

Kiitokset Antonille Tsypchenkolle, että sain julkaista kuvan istunnon alkuvaiheesta.

Yritin yhdistää tähän tutkielmaan jotain, mikä voisi myös auttaa samalla alueella työskenteleviä tai aloittelevia löytämään helposti oleelliset asiat ja niihin liittyvän aiemman tutkimuspohjan. Toivottavasti voit huomata tutkielmastani sen innoituksen, mikä on ajanut minua tätä työtä tehdessäni. Nautinnollisia lukuhetkiä!

Lyhenneluettelo

ACM	Association for Computing Machinery; maailmanlaajuinen tietotekniikka-alan tieteellinen yhdistys
FFT	Fast Fourier Transform; signaalin muuntaminen spektritiedoksi eli fourier'n muunnos
FFTW	Fastest Fourier Transform in the West; kirjasto suorittamaan fourier'n muunnoksen
FFR	Frequency Following Response; ilmiö, kun aivojen sähköinen toiminta alkaa toistamaan tai seuraamaan haluttua taajuutta
BDNF	Brain-Derived Neurotrophic Factor; proteiini, joka liittyy hermoston kasvuun
FMRI	Functional Magnetic Resonance Imaging; menetelmä kuvantaa aivoja
EEG	Electroencephalography, Aivosähkökäyrä
PTSD	Post-Traumatic Stress Disorder, traumaperäinen stressihäiriö
PMS	Premenstrual syndrome, kuukautisia edeltävä oireyhtymä

Sisällysluettelo

1 Johdanto.....	1
2 Meditaation perusteet.....	2
2.1 Meditaation syntyperä.....	2
2.2 Mitä meditaatio on?.....	4
2.3 Meditaation käytäntöä.....	6
2.4 Vipassana.....	7
2.5 Meditaation terveysvaikutuksia.....	11
3 Meditaation vaikutukset aivoihin.....	12
3.1 Meditaation vaikutus mieleen.....	12
3.2 Meditaation näkyminen aivoissa.....	13
3.3 Mitä EEG:stä ja meditaatiosta on löydetty.....	18
3.3.1 Delta-aallot.....	22
3.3.2 Theta-aallot.....	22
3.3.3 Alfa-aallot.....	24
3.3.4 Beta-aallot.....	25
3.3.5 Gamma-aallot.....	25
4 Teknologisia apukeinoja tajunnan tilan muuntamiseen.....	27
4.1 Meditaatiota ohjeistavat työkalut.....	28
4.2 Brainwave entrainment.....	28
4.2.1 Visuaalinen stimulaatio.....	29
4.2.2 Ääneen perustuva stimulaatio.....	30
4.2.3 Yhdistelmät.....	32
4.3 Transkraniaalinen magneettistimulaatio.....	33
4.4 Biopalaute.....	34
4.4.1 Aivojen kuvanta syötteenä.....	35
4.4.2 Hengitys syötteenä.....	40
5 Meditaatiota avustavan järjestelmän rakentaminen.....	43
5.1 EEG:tä lukevan laitteen valinta.....	43
5.2 Järjestelmän kuvaus.....	47
5.2.1 Järjestelmän toimintaperiaate.....	47
5.2.2 EEG-laitteen käyttöönotto ja datan keruu.....	49
5.2.3 Järjestelmän toiminnan algoritmeja.....	52
5.2.4 Järjestelmän äänien suunnittelu.....	55
5.2.5 Ohjelman käyttöönotto.....	57
5.3 Järjestelmän testaaminen kokeellisesti.....	58
5.3.1 Materiaalit ja koehenkilöt.....	59
5.3.2 Kokeen suorittaminen.....	60
5.3.3 Tulokset.....	61
5.3.4 Tarkastelu ja kommentit.....	65
5.4 Järjestelmän jatkokehitys.....	69
6 Yhteenveto.....	71

Viitteet.....	74
---------------	----

Liitteet

Liite 1: Tuloksien liite (1 sivu)

1 Johdanto

Tässä tutkielmassa luomme katsauksen meditaatioon yleisesti sekä joihinkin menetelmiin sen avustamiseksi teknologisin keinoin. Tutkielman alussa meditaation perusteet -luvussa käymme lävitse meditaation historiaa ja sen erilaisia yleisesti tunnettuja muotoja, joiden varaan meditaation apuvälineiden kehitystä on mahdollista lähteä rakentamaan. Lisäksi luomme katsauksen myös yleisesti meditaation tuomiin terveysvaikutuksiin.

Meditaation vaikutukset aivoihin -luvussa tarkastelemme, miten meditaatio vaikuttaa mieleen sekä aivojen rakenteisiin. Lisäksi tarkastelemme, miten meditaatiotila näkyy aivoissa ja millä keinoin sitä voidaan mitata tarkoituksenamme kartoittaa rajapintaa meditaatiotilan havaitsemiseen.

Teknologisia apukeinoja tajunnan tilan muuntamiseksi -luvussa tarkastelemme erilaisia keinoja pyrkiä muuntamaan tajunnan tilaa tai vaikuttamaan aivojen sähköiseen toimintaa ulkoisilla apukeinoilla.

Meditaatiota avustavan järjestelmän rakentaminen -luvussa yhdistämme aiempien lukujen asioista järjestelmän, joka käyttää hyödyksi meditaatiota määritteleviä parametreja ja ulkoisia keinoja ohjaamaan meditoijaa. Siten kokoamme järjestelmän avustamaan meditaatiota aivotietokonekäyttöliittymän avulla ja tarkastelemme tämän toimivuutta koehenkilöille tehdyillä istunnoilla.

2 Meditaation perusteet

Jotta meditaation työkaluja voisi kehittää, on syytä yrittää tutkia, mistä meditaatio tulee ja mitä eri meditaation yleisillä perusmuodoilla tarkoitetaan. Tässä luvussa kuvataan meditaation historian kulkua sekä meditaation periaatteita tiivistetysti. Tarkemmin kohdassa 2.1 kuvaillaan meditaation syntyperää, kohdassa 2.2 kuvaillaan, mitä meditaatiolla tarkoitetaan yleisesti, kohdassa 2.3 kuvaillaan meditaation käytäntöä lyhyesti, kohdassa 2.4 kuvaillaan Vipassana-meditaatiota ja kohdassa 2.5 kuvaillaan hieman meditaation tuomia terveysvaikutuksia.

2.1 Meditaation syntyperä

Nykypäivänä meditaatiosta on tullut arkikielinen asia siten, että ihmisillä on yleisesti jonkinlainen käsitys siitä, mitä meditaatio on. Tutkiessani tätä aihetta huomasin, että monet nykymeditaation muodot juontavat juurensa samasta lähteestä. Meditaation syntyperän selvittäminen on tärkeää, että pystyy ymmärtämään meditaation oleellisen ytimen. Sillä uudet meditaation metodit voivat olla niin kauas muokattuja alkuperäisestä kontekstista ettei niiden perustavaa luonnetta ole välttämättä helppo ymmärtää. Kuvailen tässä mahdollista syntyperää meditaatiolle.

Prisco (2013) mukaan meditaatiota on harjoitettu eri kulttuureissa ja sen syntyperää voi jäljittää vuosituhansien taakse. Meditaatio liittyy hyvin vahvasti joogaan ja šamanismiin. Sillä varhaisimpia meditaation muotoja uskotaan harjoitettaneen šamanismissa ja joogassa. Jooga-sanaa tiedetään myös käytetyn yli 3000 vuotta sitten šamaanien keskuudessa kaiken tyyppiseen parantamiseen liittyen. Joogan muodoista Egyptin alueelta olevan kemeettisen joogan on arvioitu olevan jopa 10 000 vuotta vanha. Sitä harjoittivat Nubianit ja egyptiläiset. Kemet-nimi Ankh (2011) mukaan tarkoittaa mustaa maata. Musta maa tarkoittaa tulvivaa Niilin liejuista rannikkoa. Silloiset harjoittelijat kutsuivat itseään nimellä ”kemet” ja nimi egyptiläiset tuli vasta myöhemmin.

Rauhalan (1992) mukaan Intian rājajooga olisi syntynyt Indusvirran laaksossa, missä oli korkea kulttuurin taso vesijohtoineen ja kylpylöineen. Täältä ovat kotoisin myös Vedat, jotka ovat uskonnollis-maailmankatsomuksellisia hymnejä. Vanhin niistä on Rig-Veda, mikä on ainakin 3500 vuotta tai jopa 4000 vuotta vanha. Sitä pidetään indo-eurooppalaisen kulttuurin vanhimpana kirjallisena tuotteena. Vedoissa on myös filosofista pohdiskelua, kuten vaihtoehtojen etsiskelyä metafysisille ongelmille, kriteeritöntä ja epäilyä. Toisin sanoen niissä on puhtaasti uskonnollisille asennoitumiselle vierasta aitoa filosofista ajattelua. Vedojen pohjalta kehittyivät sitten Upanisadit. Näiden tarkkoja kirjoitushetkiä on erittäin vaikea arvioida. Upanisadit ovat vielä enemmän selkeästi filosofisia pohdiskeluita, kun taas Vedat ovat runoilijoiden luomuksia kuten meidän Kalevalamme.

Rājajoogan harjoittamisen ohjeet kuten jooga-sutrat, keräsi ja järjesti kirjalliseen muotoon Patanjali, joka eli n. 200-150 eKr. Tästäkin on tosin hieman epäselvyyttä, koska legendoihin pohjautuvien lähteiden mukaan Patanjali olisi elänyt jo noin 2000 eKr. Näistä Patanjalin teoksista nimenomaan ensimmäinen, Samadhi-pada (*Samadhi-pada*), keskittyy meditaation opetukseen. Samadhi-padassa opetetaan systemaattisesti tajunnan ja koko ihmisen muuntumista. Myös psyykkisistä häiriöistä kärsiviä länsimaissa auttaessa keskeisenä tavoitteena on juuri kokemustavan kehittäminen, mikä on olennaisesti sama kuin Patanjalin rājajoogassa.

On myös toisaalta huomattava Counter (2010) mukaan, että Patanjali oli kiinnostunut ainoastaan joogan meditatiivisesta näkökannasta ja vain kolme hänen 195 sutrasta käsittelee asanaharjoitusta (fyysinen joogan harjoitus). Siten monilla nykyaikaisilla joogan muodoilla, jotka sisältävät runsaasti asanaharjoittelua, ei välttämättä ole yhteyttä alkuperäisen Patanjalin kuvaileman järjestelmän kanssa.

Vaikka rājajoogan meditaation suhteesta kristilliseen ja islamilaiseen meditaatioperinteeseen ei ole päästy vakuuttavaan tieteelliseen yksimielisyyteen, on mahdollista, että ne ovat saaneet virikkeitä ja vaikutteita intialaisesta rājajooga meditaatiosta. Kuitenkin Rauhala (1992) mukaan valta-osa länsimaille kotiutuneista profaaneista meditaation metodeista periytyy eri vaiheiden kautta intialaisesta rājajoogasta. Intiasta jooga-meditaatio on kulkeutunut myös muualle Kauko-Itään, muun muassa Tiibetiin, Koreaan, Thaimaahan, Kiinaan ja Japaniin, jossa sitä harjoitetaan varsinkin zenbud-

dhismin vaikutuspiirissä. Tosin on huomattavaa, että zenin meditaation muodot poikkeavat jonkin verran alkuperäisestä intialaisesta rājajoogasta.

2.2 Mitä meditaatio on?

Tässä kohdassa kuvailen tarkemmin, miten Patanjalin mukaan meditaation ydintä voi lähestyä harjoittelun alussa sekä karkeasti sitä, mitä on myös meditaation hurmostilaan yhdistettävä samadhi.

Prisco (2013) mukaan Kemetin kansaksi itseään kutsuvien ihmisten mukaan joogan tarkoitus oli itsensä yhdistäminen universaaliin tietoisuuteen. Lisäksi Ankh (2011) kuvailee asiaa siten, että ihminen koostuisi alemmasta ja ylemmästä luonnosta ja nämä tulisi saattaa yhteen. Siten siis sana ”yoga”, yhdistää, liittyy tähän. Tätä tavoitetta kuvataan myös kemeettisessä joogassa nimikkeellä ”Nehast” eli herännyt tila. Tämä tarkoittaa Mystic World Fellowship (2000) tekstissä Ledgerwood (1989) mukaan, että joogi on henkilö, joka tietoisesti yhdistää kehon, mielen, tunteet ja hengen siten, että ne toimivat yhdessä hyvin. Mystic World Fellowship (2000) mukaan joogi pyrkii avaamaan elämän antaman lahjan ja etsii täydentämään sen tarjoamat mahdollisuudet. Joogi pyrkii löytämään korkeamman tietoisuuden ja sen miten keho, mieli ja tuntemuksien luonne voidaan täydentää yhdistämällä niiden tarkoitus.

Tähän tavoitteeseen pääsyyn on kuvailtu tarkemmat ohjeet, jotka löytyvät esimerkiksi rājajoogasta, mistä moni nykyinen meditaation muoto juontaa juurensa. Rauhalan (1992) mukaan Patanjali sanoo toisessa sutrassa, että rājajooga on tajunnan operaatioiden, lähinnä kokemisen moninaisuuden rajoittamista tai estämistä. Patanjali opettaa oikean asennon ja hengityksen tärkeyttä. Lisäksi edellytetään sisäänpäin kääntyneisyyttä, keskittymistä, tyyneyttä, mantran käyttöä ynnä muuta syventymistä.

Kishen (2002) mukaan Patanjalin sutrassa kuvaillaan paljon eri käsityksiä kuten käsitys oikeasta tiedosta, väärästä tiedosta, mielikuvituksesta, unista sekä muistista. Harhakuvitelmien katsotaan vääristävän asioiden todellisen luonteen. Prosessi, mikä tiivistää joogan kuvataan sanskriitin kielellä: ”*Yogas citta-vrtti-nirodhah*” - Tämä tarkoittaa, että jooga (ylemmän ja alemman luonteen yhdistäminen) on cittan vrttien (mentaalisten mallien tai mielen muunteluiden) asteittaista pysäyttämistä (nirodhah).

Rauhala (1992) mukaan meditaatio Patanjalin rājajoogan mielessä on tässä alkuvaiheessa juuri tajunnan tapahtumiselle luontaisen moninaisuuden ehkäisyä eli sen 'tyhjentämistä' kaikesta reaalisesta. Tässä on hyvä huomata, että joissakin uskonnollisissa meditaation muodoissa sen sijaan saatetaan alusta alkaen keskittyä johonkin ajatukseen tai ideaan eli sisällön pohdiskeluun.

Rauhala (1992) mukaan ensimmäisessä rājajoogan meditaation vaiheessa tavoitellaan siten tajunnan tilaa, jossa mikään spesifinen kokemussisältö ei ole läsnä. Tämä erillisistä kokemuksista vaputunut tila ei kuitenkaan ole lopullinen tavoite, vaan metodinen välivaihe, joka on tarpeen, jotta jotakin muuta tapahtuisi. Tämän tilan jälkeistä vaihetta seuraa toisen sutran Samadhi-padan opetus, missä pyritään samadhi-tilan saavuttamiseen. Patanjali erottaa siinä kaksi vaihetta: Ensimmäinen vaihe, missä maailman kappaleet ovat erillisiä ja toinen vaihe, mistä samadhissa puhutaan, kun ajan ja paikan kategorioiden erillisyyttä ylläpitävä kaksinaisuus häviää.

Toisessa näistä vaihteista ajattelusta ja kognitiosta voidaan puhua vain etäisesti analogisessa mielessä. Siten mitään erillisyyttä koetun ja kokijan välillä ei tällöin enää ole. Ei voida sanoa onko kyseessä oleva sisältö kokijan tajunnassa vai onko hänen tajuntansa tuo sisältö. Tätä tilaa, missä ego haihtuu Patanjali kutsuu purusaksi. Tälle tajunnan ekstaattiselle tilalle on ominaista rajaton onnellisuus, hurmio ja auttaisuus. Samadhi-tilaa kuvaa myös Roman (2014) suomennos Hatha Yoga Pradipika, IV, 5:stä: ”Niin kuin suola sekoittuessaan veteen tulee yhdeksi sen kanssa, samoin atma (Korkein Itse) ja mieli yhdistyvät. Tätä kutsutaan samadhiksi.”

Roman (2014) mukaan iätön viisauden perinne opettaa, että päästäkseen meditaation tilaan on seurattava näitä tiettyjä askeleita:

Dharana - mentaalinen keskittyminen

Dhyana - meditaatio

Samadhi - autuudellinen identifikaatio (blissful identification)

On myös huomattava, että vaikka monissa uskonnollisissa meditaation muodoissa on paljon eroavaisuuksia, joissakin koulukunnissa käytetään näitä samoja askeleita. Roman (2014) mukaan länsimaaisessa perinteessä kuten esimerkiksi Ortodoksisessa kris-

tillisyydessä näitä kolmea porrasta kutsutaan nimillä *consideratio* (tarkasteleminen), *contemplatio* (kontemplaatio) ja *raptus* (hurmio). Jokainen askel, joka hallitaan, johtaa luonnollisesti seuraavaan askeleeseen.

Vaikka Patanjalin määrittelemä teos kuvailee filosofista systeemiä ja meditatiivisiin harjoituksiin kiinnitetään erityistä huomiota, on myös huomattava, että Kishen (2002) mukaan Patanjalikin määrittelee vaihtoehtoisen keinon samadhin saavuttamiseen: ”*Īśvara-Prāṇidhāna vā*”. Mikä tarkoittaa hartautta tai antautumista (*Prāṇidhāna*) jumalalle (*Īśvara*), jolloin henkilön ei tarvitse välttämättä ymmärtää filosofista puolta saavuttaakseen samadhin.

Monet meditaation muodot tähtäävät Patanjalin osoittamaan keskittymisen harjoittamis-meditaatioon, mutta monet muodot meditaatiosta Dunn & al. (1999) mukaan muun muassa zenbuddhismissa ja theravadin buddhismissa (Vipassana) erittelevät lisäksi niin sanotun tietoisien läsnäolon (*mindfulness*) harjoittamisen. Tietoisien läsnäolon harjoittaminen katsotaan oleelliseksi ja tärkeäksi osaksi kokonaisvaltaisen meditaation kehittymiselle, mitä kuvailen kohdassa 2.4.

2.3 Meditaation käytäntöä

Eri meditaation muodoille on monesti kuitenkin erilaisista teorioista ja filosofioista riippumatta yhteistä tapa olla paikallaan varsinaisessa harjoituksessa aluksi. Lisäksi yhtäläisyyksiä on monissa apuvälineissä. Kuvailen tässä kohdassa suppeasti perinteisiä menettelyjä meditaatioharjoitukseen. Moderneista apuvälineistä kuvailen tarkemmin luvussa 4, mikä on tämän tutkielman yksi päätavoite.

Rauhalan (1992) mukaan meditoidessa yleensä istutaan joko lattialla matolla ns. lotusasennossa jalat ristissä tai tuolilla jalat maassa. Oleellisinta on, että selkä on suorana ja pää luonnollisessa asennossa vartalon jatkeena katse suoraan eteen suunnattu. Oikea hengitystapa on hyvin tärkeä. Sen opetukseen kiinnitetään kaikissa järjestelmissä suurta huomiota. Silmät on syytä sulkea varsinkin, jos on runsaasti valoa, jota ei voi poistaa. Hyviinkin tuloksiin voi Rauhalan (1992) mukaan päästä myös makuuasennossa, mikä voi olla tarpeen johtuen esimerkiksi sairaudesta. Suositeltavaa olisi alkuun hankkia ohjausta, mutta se ei ole aina mahdollista, kun joka paikassa ei ole opetusta.

Monissa meditaation muodoissa käytetään keskittymistä ja tajunnan virran rauhoittamista helpottavia apuvälineitä. Sellaisia ovat esimerkiksi aistittavat havaintokohteet, joihin katse suunnataan, kuten mandalat. Mandala on tavallisesti ympyränmuotoinen kuvio, joka erilaisten eläin- ja ihmishahmojen keskinäisen sommittelun avulla esittää symbolisesti universumin kokonaisuutta. Myös kynttilä, erilaiset symbolit, kuten ris-ti, pallo, geometriset kuviot ym. voivat palvella tätä tarkoitusta. Samoin toistuva ääni, musiikki, oman hengityksen tai sydämenlyönnin tarkkailu ja vibraatioina eli värähtelyinä tarjoutuva kosketusärsytys ovat osoittautuneet hyödyllisiksi pyrittäessä katkaisemaan tajunnan virta. Mantrat ovat myös eräs tällainen väline. Mantra on yleensä sana tai äänne esimerkiksi ”om”. Tämä voidaan toistaa mielessä, lausua hiljaa tai kovaa siten, että tunnetaan värähtely jossain osaa kehoa.

Mantraa käytetään meditaation yhteydessä kaikkialla idässä, kuten Kiinassa, Japanissa, Tiibetissä ja Intiassa. Joskus mantroiin liitetään maagisia vaikutuksia ja intialaisen meditaatiofilosofian mukaan sillä katsotaan olevan yhteyttä kosmiseen energiaan. Mantrojen toiminnot tosin jäävät osittain salatuksi ja epäselväksi eivätkä edes Tiibetin lamat ole osanneet selittää niitä täysin.

2.4 Vipassana

Kuvailen tässä kohdassa Vipassana meditaatiosta. Se sisältää meditaation kannalta oleelliset yleisesti hyvin tunnetut muodot eli keskittymisen ja tietoisien läsnäolon meditaatiot, joita kuvailen tarkemmin. Näiden perusteiden ymmärtäminen voi olla hyödyksi laajennettaessa ymmärrystä meditaatiosta sekä sen apuvälineiden kehityksestä.

Thatcher (2008) mukaan Vipassana voidaan ilmaista sanoilla ”tiedä itsesi”. Buddha huomasi aikoinaan, että kärsimys voidaan poistaa, kun ymmärrämme oman todellisen luonteemme. Siten onnellisuus löytyy pikemminkin sisältämme, kuin ulkoisia asioita muokkaamalla. Olemme muuttuvia olentoja kuitenkin kaiken kaikkiaan. Vipassana tarjoaa keinon puhdistaa mieli ahdistuksesta ja kärsimyksestä. Kärsimyksen syynä on usein tottumuksemme. Siten ideana on poistaa kiintymyksemme ja tottumuksemme asioihin. Kun nämä ovat poistettu, katoaa himo ja harhat. Meditaation perimmäinen idea on olla tässä hetkessä.

Miller (1993) ja Thatcher (2008) kertoo, että Vipassana jakaantuu tarkemmin kahteen pääluokkaan, joita on tutkittu paljon. Näistä ensimmäinen on keskittymismeditaatio (*samatha-bhavana*), missä henkilö kehittää keskittymistään johonkin kohteeseen. Toinen luokka on sisään suuntautunut meditaatio eli tietoinen läsnäolo (*vipassana-bhavana*), missä henkilö kehittää tietoisuuttaan sisäisistä asioistaan. Miller (1993) mukaan monesti meditoija käyttää näiden yhdistelmää yhden meditaatiosession aikana tai harjoituksen myötä. Vipassana Fellowship Ltd (2014) selittää asiaa siten, että vipassana-meditaatio on kuin tandempyörä, joka toimii näiden molempien keskittymis- ja läsnäolo -meditaatioiden avulla tasapainoisesti.

Vipassana Fellowship Ltd (2014) mukaan keskittymismeditaatio voidaan määritellä meditaatioksi, missä mieli keskitetään yhteen objektiin ilman katkoksia. Tilan on tarkoitus olla vapaa ahneudesta, vihasta ja harhasta. Tässä ei ole kyse siitä esimerkiksi, että keskitytään vihan tunteeseen, joka voi vahingoittaa muita. Tässä yhteydessä käsitetty keskittyminen on vapaa vastaavista kontaminaatioista. Tätä tilaa voisi kuvata suurennuslasi-analogilla. Auringon valo ei sinällään polta paperia, mutta kun tuodaan suurennuslasi, valonsäteiden polttopiste toimii tehokkaammin tähän tarkoitukseen. Sama käy mielelle keskittymisharjoituksessa.

Miller (1993) mukaan keskittymismeditaatiossa mieli viedään yhteen kohteeseen kuten esimerkiksi hengitykseen, mantraan, rukoukseen, kynttilän valoon tai visualisoituun väriin. Kun mieli alkaa vaeltaa, mieli tuodaan takaisin tarkoitettuun kohteeseen. Kun lopulta mielen taustamelu häviää, yleinen kokemus siitä on, että menneisyyden muistot ja niihin liittyvät tuskat nousevat. Joskus tunne voi olla niin voimakas, että on vaikea palata takaisin keskittymisen kohteeseen.

Miller (1993) mukaan Goldstein & al. (1993) ovat huomanneet, että joskus tukahdettu trauma voi olla ylivoimainen aloittelevalle meditoijalle. Miller (1993) mukaan harjoitusta jatkaessa mieli vahvistuu ja sitä seuraa yleensä rauhan tila, rentoutuneisuus ja tyyneys. Vipassana Fellowship Ltd (2014) mukaan keskittymisharjoitusta harjoitetaan yleensä mahdollisimman vähähäiriöisessä paikassa. Tästä syystä sitä harjoitetaan monesti esimerkiksi luostareissa.

Vipassana Fellowship Ltd (2014) mukaan keskittymisharjoitus ei sinällään ole vielä yksinomaan riittävän tehokas keino mielen hoitamisessa. Sillä suuri keskittymiskyky

on kuin tehokas työkalu, esimerkiksi veitsi. Henkilöstä riippuen veitsee voi käyttää eri tavoin: vahingoittaakseen muita tai palvellakseen egoaan muuten tai sitä voi myös käyttää vapautumisen työkaluna. Jotta mielen syvällä havaitut asiat, joita keskittymismeditaatio tuo esiin, toisivat viisautta, tarvitsee meditoijan harjoittaa tietoista läsnäoloa.

Bærentsen et al. (2010) mainitsee Kabat-Zinn (1994) kuvailevan tietoisien läsnäolon siten, että se on erityinen orientoituminen henkilön omia kokemuksiaan kohtaan tässä hetkessä piirteinään uteliaisuus, avoimuus ja hyväksyntä. Vipassana Fellowship Ltd (2014) mukaan tietoisien läsnäolon harjoittamista ei voi suorittaa pakottamalla tai voimalla. Väkisin harjoitettaessa se häiritsee kehitystä. Sen taito kasvaa ymmärryksellä ja oivalluksella vain rauhoittua tuntemaan olonsa mukavaksi, mitä ikinä kokee-kaan. Tämä ei tietenkään tarkoita sitä, että tietoinen läsnäolo tapahtuisi itsestään. Tietoisien läsnäolon tietoisuustaito kehittyy lempeällä ponnistelulla ja vaivattomalla vaivannäöllä. Sitä kehitetään yksinkertaisesti muistuttamalla lempeästi itseään pitämään tietoisuutensa siinä, mitä juuri tapahtuu. Sinnikkyys ja kevyt kosketus ovat avainsanoja tai salaisuuksia. Tietoisien läsnäolon taitoa kehitetään viemällä itsensä uudestaan ja uudestaan takaisin tiedostamaan hellästi, mitä kokee.

Vipassana Fellowship Ltd (2014) mukaan tietoinen läsnäolo ei ole mitenkään itsestä. Se antaa mentaalisen askeleen takaisin omista himoista ja vastenmielisyyksistä jolloin huomaa todellisen perspektiivin itsestään: ”Ahaa olen tuollainen!”. Tietoisien läsnäolon -tilassa näkee itsensä sellaisena kuin on. Näkee oman itsekkään luonteensa, oman kärsimyksensä ja näkee, miten satuttaa muita. Tässä tilassa henkilö näkee mielen harhojen lävitse ja tämä johtaa viisauteen. Tietoinen läsnäolo ei ole minkään saavuttamista. Se on vain katsomista. Siksi himoa tai vastenmielisyyttä ei ole mukana. Miller (1993) mukaan Kabat-Zinn (1994) ja Levine (1979) kuvailevat tietoisien läsnäolon harjoituksen olevan ei-tuomitsevaa materiaalin tiedostamista. Enemmänkin mielen prosessien tarkkailemista sen sisällön sijaan.

Kilpailulle ja kamppailulle ei ole tilaa prosessissa eikä siinä tähdätä mihinkään. Siinä vain nähdään mikä jo on. Tietoisien läsnäolon aikana näemme ahneutemme, itsekeskeisyytemme, himomme, leukailumme ja ahneutemme ja hyväksymme itsemme sellaisena. Sillä normaalisti emme halua hyväksyä, haluamme muuttaa, kieltää tai perustella. Tietoinen läsnäolo on kärsivällistä hyväksymistä. Miller (1993) mukaan

Krishnamurti (1973) kuvailee tietoisien läsnäolon tiedostamista valinnan tekemättömäksi tiedostamiseksi. Miller (1993) mukaan Thera (1962) kuvailee, että tämä aspekti on hyvin kattavasti kuvailtu buddhalaisessa kirjallisuudessa.

Miller (1993) mukaan meditoijan tietoisien läsnäolon syventyessä hän vapautuu refleksiinomaisista ja tavanomaisista ajatuksista sekä käytöksestä, mitkä yleensä sumen-tavat hetken kokemista. Tämä lisääntynyt suora kontakti nykyhetken kanssa yleensä vähentää stressiä, pelkoa, ahdistusta ja epämiellyttävää oloa, koska nämä mielen tilat ovat yleensä yhteydessä menneisiin kokemuksiin, jotka vääristävät nykyhetken todellisuutta. Thatcher (2008) mukaan on myös tärkeää päästää irti nimistä ja muistoista. Tästä ei tarvitse olla pelästynyt, että mitään katoaisi, ne tulevat kyllä takaisin. Menneisyyteen takertuminen aiheuttaa nykyhetken kärsimystä oli muisto sitten hyvä tai paha.

Tietoista läsnäoloa ei voi tietenkään hallita ja harjoittaa täysin joka hetkessä. Meidän täytyy tehdä arkisia asioita, suunnitelmia, käyttää kieltä ja ajatella abstrakteja asioita. Mutta voimme varata aina tietyn ajan tai tunnin päivästä jolloin kehitämme tietoisien läsnäolon taitoa ja päästämme irti käsitteistä, ajatuksista ja mentaalisista malleista. Kun asioita alkaa nähdä systemaattisesti eri tavalla, ilmiö on kuin katsoisi peilikuvaa siitä, mitä näki ennen. Vanhat uskomukset saattavat kääntyä olemaan vain hetkellisiä. Minkä luulimme olevamme itsemme onkin vain persoonaton komponentti. Tästä eteenpäin alamme nähdä asioita enemmän sellaisina kuin ne ovat (*ultimate reality*). Tämä tapahtuu asioiden selkeällä hahmottamisella ja siten voimme päästää irti kiintymyksistämme ja tulla kärsimyksestä vapaiksi. Miller (1993) mukaan, kun tietoisien läsnäolon taito kehittyy, meditoija on paremmin valmis käsittelemään yhä vaikeampia materiaaleja rauhallisesti ja tyynesti. Samankaltaisesti, kuin psykoterapian aikana tukahdetut materiaalit jatkavat nousemista tietoisuuteen.

Vipassana koostuu siis kahdesta eri meditaation muodosta: keskittymismeditaatiosta sekä tietoisien läsnäolon meditaatiosta. Keskittyminen pitää kohteen voimakkaasti paikallaan ja tietoinen läsnäolo tuo viisautta siihen, mitä katsotaan. Näin ollen Vipassana Fellowship Ltd (2014) mukaan keskittyminen on kuin laaseri, mikä vie syvälle, mutta se ei ymmärrä, mitä näkee. Läsnäoleva tiedostaminen huomaa itsekeskeiset toiminnot ja ymmärtää, mitä näkee. Tietoinen läsnäolo ratkoo kärsimyksen mysteerin ja epämurkavuuden. Siten tietoinen läsnäolo vapauttaa. Näistä aluksi henki-

lön olisi hyvä harjoittaa keskittymismeditaatiota enemmän. Kuitenkin myöhemmin tietoista läsnäoloa olisi hyvä harjoittaa enemmän kuin keskittymismeditaatiota. Mutta liika tietoisien läsnäolon harjoittaminen tuo esille liian herkän tilan, mitä Vipassana Fellowship Ltd (2014) kuvailee LSD:n vaikutuksen omaiseksi. Toisaalta taas liika keskittymismeditaation harjoittaminen tekee henkilöstä rauhallisen kuin kiven.

2.5 Meditaation terveysvaikutuksia

Kuvailen tässä kohdassa lyhyesti fyysisiä terveysvaikutuksia, mitä meditaation myötä on sanottu tulevan. Tarkemmin terveysvaikutuksista mieleen olen varannut oman kohdan 3.1.

Miller (1993) mukaan Murphy ja Donovan (1988) on esittänyt, että keskittymismeditaatio tuo mukanaan fysiologisia muutoksia kuten alentuneen sydämen lyöntitiheyden, verenpaineen, hengityksen tahdin sekä lihasjännityksen. Davidson & al. (2003) on myös huomannut, että kahdeksan viikon meditoimisen tuloksena on voitu havaita influenssan vasta-aineiden konsentraation kasvaneen huomattavasti ei meditoiviin verrattuna.

Koska meditointi vaikuttaa mieleen, on sillä epäsuorasti vaikutus kehon terveyteen. Esimerkiksi Moss & al. (2012) on huomannut, että muistisairailta vanhuksilla kahdeksan viikon aikana 12 minuutin päivittäisellä meditoinnilla on saatu positiivisia tuloksia mielialaan, ahdistuneisuuteen ja muihin neuropsykologisiin muuttujiin. Ahdistuneisuudella on myös huomattu olevan yhteys sydänsairauksiin Kubzansky ja Kawachi (2000). Siten on hyvä huomata, että meditaatio voi epäsuorasti ehkäistä sydänsairauksien syntyä lieventämällä ahdistuneisuutta, minkä on huomannut Tacon et al. (2002) sekä Davidson et al. (2003). Myös yleisesti ottaen elämänlaatu voi parantua meditaation myötä. Kavita et al. (2011) tekemä tutkimus osoitti, että 15 minuuttia kerran tai kahdesti päivittäin on toteuttamiskelpoinen aika meditaatiolle. Tämä neljän viikon tutkimus osoitti parannusta stressiin, ahdistuneisuuteen ja elämän laatuun. Myös kehon eri hormonien tasot voivat muuttua suotuisammiksi. Esimerkiksi Cahn ja Polich (2006) huomasivat melatoniinin lisääntymisen meditaation seurauksena.

3 Meditaation vaikutukset aivoihin

Tämä luku on varattu kuvaamaan meditaation ilmenemistä aivoissa. Kohta 3.1 kuvaa meditaation vaikutusta mieleen yleisesti, kohta 3.2 kertoo, miten meditaatio näkyy aivoissa funktionaalisella magneettikuvauksella sekä kohta 3.3 kertoo, miten aivosähkökäyrä ja meditaatio liittyvät toisiinsa.

3.1 Meditaation vaikutus mieleen

Eräs motivoiva tekijä meditoimisen aloittamiselle ja jatkamiselle on sen tuomat mielenterveydelliset hyödyt. Esittelen tässä kohdassa meditaation harjoituksen aiheuttamia vaikutuksia mieleen.

Josefsson (2011) mukaan tietoisien läsnäolon meditaatiolla on myös lukuisien fysiologisten terveysvaikutuksien ohella myös psykologista hyvinvointia edistävä vaikutus. Cahn ja Polich (2006) mukaan meditaation psykologisia vaikutuksia voi jakaa kahteen luokkaan: meditaatiotilan aiheuttamiin (*state*) sekä pitkäaikaisiin vaikutuksiin (*traits*).

Cahn ja Polich (2006) mukaan meditatiivisten tilojen ja uskonnollisten traditioiden on raportoitu sisältävän syvää rauhan tunnetta, mielen sisäisen dialogin hiljentymistä tai pysähtymistä, aistien selkeytymistä, tietoisien havainnoinnin sulautumista meditaation kohteeseen huolimatta siitä oliko meditaation kohde mantra, kuva tai itse kokemuksen ilmentymä.

Pitkäaikaisempiin meditaation harjoituksen tuomiin vaikutuksiin voidaan katsoa kuuluvan kokonaisvaltainen syventynyt rauhallisuuden tunne, lisääntynyt hyvinvointi, voimistunut aistimuksien tuntemus ja muuttunut suhde ajatuksiin, tunteisiin ja itsen (*self*) kokemiseen.

Koska meditointi vaikuttaa vahvasti mieleen, on myös hyvin luontevaa, että sillä on paljon potentiaalia mielensairauksien hoidossa. Ivanovski & Malhi (2007) mukaan tietoista läsnäoloa harjoittavat terapeuttiset menetelmät näyttäisivät olevan tehokkaita masennuksen hoitoon, ahdistuneisuuteen, psykoosiin, epävakaiseen persoonallisuuteen ja itsemurhaiseen käyttäytymiseen. Barnhofer & al. (2007) tekemässä tutkimuk-

sessä on huomattu, että kahdeksan viikon aikana tietoisien läsnäolon meditaatiota harjoittavilla oli huomattavasti tasapainoisempi tunteisiin liittyvä aivojen toiminnallisuus. Siten se auttaa yksilöitä joilla on iso riski itsemurhaan masennuksen aikana. Lisäksi Ivanovski ja Malhi (2007) mainitsee, että tietoisien läsnäolon meditaation on myös todettu olevan tehokas työkalu vähentämään päihteiden väärinkäyttöä.

Myös muut kokeet vahvistavat samankaltaisia tuloksia. Esimerkiksi Zeidan & al. (2013) ovat huomanneet tietoisien läsnäolon meditaation lisäävän mielen positiivisuutta. Samoin myös Jain & al. (2007) huomasivat, että kun rentoutusta harjoittavia koehenkilöitä vertailtiin tietoisien läsnäolon meditaatiota harjoittaviin, meditoivilla henkilöillä oli enemmän positiivisia mielentiloja kuin vain rentoutusta harjoittavilla. Kokeessa huomattiin myös lisäksi, että häiritsevien ajatusten määrä ja alakuloisiin ajatuksiin takertuminen vähenivät meditoivilla enemmän.

Paitsi, että meditaatio vaikuttaa mielialaa kohottavasti, on sillä myös Wisner (2013) mukaan kognitiota muuten parantavia vaikutuksia kuten keskittymisen ja muistin paraneminen. Wisner (2013) oli järjestänyt kokeen lukion oppilaille (N=35, poikia 19, tyttöjä 15), missä tietoisien läsnäolon meditaatiota harjoittavilla oppilailla havaittiin parantunutta stressin hallintakykyä, lisääntynyttä itsetietoisuutta, lisääntynyttä tunteiden käsittelyä, lisääntynyttä kykyä keskittyä ja parempaa mielialaa.

Tietoisien läsnäolon meditaatiolla on myös muita vaikutuksia, joista muun muassa Zeidan & al (2010) ovat huomanneet, että ennestään kokemattomilla meditoijilla tietoisien läsnäolon harjoittaminen neljän päivän ajan on aiheuttanut vähentynyttä väsymyisyyttä, vähentynyttä ahdistuneisuutta sekä lisääntynyttä tietoisuutta. Lisäksi tietoisien läsnäolon meditaation oli huomattu lisäävän merkittävästi visuaalista hahmotuskykyä, työmuistia ja otsalohkoon liittyviä toimintoja (*executive function*).

3.2 Meditaation näkyminen aivoissa

Meditaatiotilan aikana voidaan aivojen tilassa huomata eroavaisuuksia normaalitietoisuuden tilaan. Samoin meditaatio jättää myös jälkensä aivoihin pitkän harjoittelun seurauksena. Näitä muutoksia aivojen rakenteissa kuvailen tässä kohdassa tarkemmin.

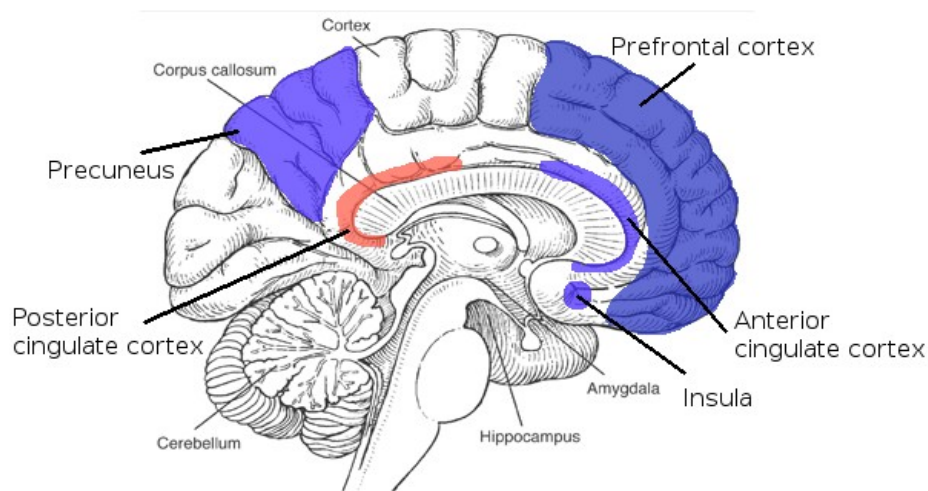
Cahn ja Polich (2006) mukaan meditaation neurofysiologisuuden laaja ja kattava selonteko on vielä epärealistinen, sillä aivoissa tapahtuvia mitattavia ilmiöitä ja mekanismeja monien eri meditaation muotojen seurauksena ei ole vielä selvitetty. Barentsen et al. (2010) mukaan kuitenkin klassiset tekstit meditaatiosta ovat jokseenkin so- vussa modernin käsityksen kanssa yrittäessämme ymmärtää aivojen prosesseja ja tie- toisuutta. Nämä teoriat pitävät tietoisuutta ja korkeampia mentaalisia prosesseja mo- nien eri aivoalueiden yhteistoiminnan tuotoksena. Tässä kappaleessa käyn läpi miten meditoiminen vaikuttaa aivoihin epäsuorasti kehon toimintojen kautta. Lisäksi myös kuvailen tarkemmin, mitä ollaan saatu selville tutkimalla aivojen aktivoitumista me- ditaation aikana sekä myös, miten pidempi kestoinen meditaation harjoittaminen nä- kyy aivojen rakenteessa.

Xiong ja Doraiswamy (2009) mukaan meditaation aivoihin vaikuttavaa mekanismia voi myös tarkastella kehon toimintojen kautta. Meditaation yksi moninaisista vaiku- tuksista on kognitiivisten toimintojen säilyttäminen ja dementian ehkäisy. Vaikka tämä mekanismi ei ole vielä täysin selvillä, on mahdollista, että meditaatio voi vai- kuttaa monen muun tekijän kautta aivojen ikääntymiseen ja mentaaliseen vireyteen. Esimerkiksi meditointi voi vähentää stressin luomaa kortisolin eritystä ja siten sillä voi olla neuroneja suojaava vaikutus lisäämällä aivojen hermostoa suojaavan ja kas- vua kiihdyttävän proteiinin (*BDNF*) määrää. Toisaalta meditaatiolla voi myös olla mahdollisesti suotuisa vaikutus rasvaproteiineihin, mikä vähentää oksidatiivista stres- siä. Tämä taas voi toisaalta vähentää aivojen verenkiertoon liittyviä sairauksia kuten myös aivojen hermoston rappeutumista.

Epäsuoran vaikutuksen lisäksi voidaan nykyään tarkastella meditaatiotilan tuomia vaikutuksia sekä myös pidempikestoisia vaikutuksia tarkemmin muun muassa funk- tionaalisella magneettikuvauksella (*fMRI*). Ilves-Deliperi (2010) on havainnut, funk- tionaalisella magneettikuvauksella tarkastellessa meditoivilla henkilöillä aivojen ve- renkierto vähenee monilla aivojen alueilla meditoidessa. Tarkemmin näitä alueita ovat olleet keskilinjan aivokuoren rakenteet. Northoff ja Bermpohl (2004) mukaan nämä alueet assosioidaan henkilön kehittämään minäkuvaan tai itsensä kokemiseen (*self*). Ilves-Deliperi (2010) huomasi vielä tarkemmin, että keskilinjan aivokuorella vähentynyttä aktiivisuutta ilmeni seuraavilla alueilla:

- *Aivosaaari, sisempi osa otsalohkosta (Bilateral anterior insula)*
- *Vasempi vatsan puoleinen etummainen sisempi osa aivoista (Left ventral anterior cingulate cortex)*
- *Oikea keskipuolen otsalohko (Right medial prefrontal cortex)*
- *Päälaen ja takaraivon välinen alue aivoissa (Bilateral precuneus)*

Poikkeuksellisesti oikean puolen jälkimmäisellä sisemmällä osalla aivoista (*Right posterior cingulate cortex*) ilmeni aktiivisuuden kasvua. Näitä alueita kuvastaa kuva 1.



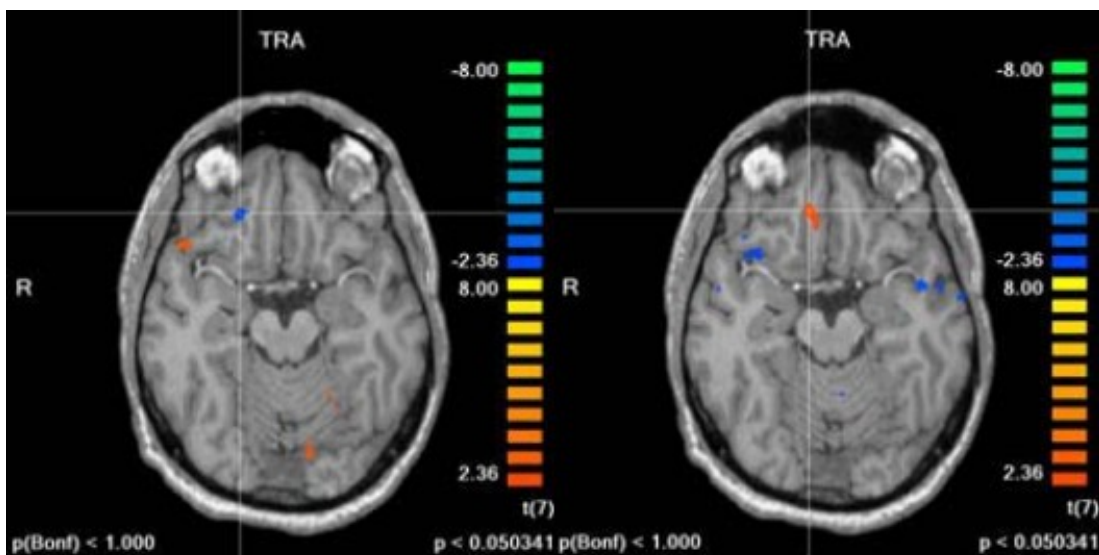
Kuva 1. Kuva meditaation aikana aivoalueiden aktivoitumisesta(punainen) sekä aktiivisuuden vähentymisestä(sininen). (Tapert et al., 2004/2005 mukaillen Sanio, 2014).

Ilves-Deliperi (2010) mukaan nämä aivojen alueet ovat tiivisti yhteydessä henkilön itseään koskeviin ajatuksiin ja on todellakin mahdollista, että tietoisien läsnäolon meditaatiosta seuraa vähemmän subjektiivinen kokemus hetkestä eli paljas tarkkaavaisuus. Tässä kokeessa oli kuitenkin huomattavaa, että se ei sisältänyt kontrolliryhmää, joka olisi esimerkiksi ollut levossa määritellyn ajan.

Farb & al. (2012) mukaan tärkeä komponentti tietoisien läsnäolon meditaation tuomissa vaikutuksissa on kehon sisäisten toimintojen kehittynyt tarkkailukyky. Henkilöt pystyvät tarkastelemaan kehon sisäisiä toimintoja herkemmin tietoisien läsnäolon meditaation harjoituksen myötä. Farb & al. (2012) tekemässä kokeessa oli mukana kontrolliryhmä sekä toinen ryhmä, joka oli juuri valmistunut tietoisien läsnäolon stressin vähennys -kurssilta. Heidän tilaansa tutkittiin funktionaalisen magneettiku-

vauksen avulla. Kokeen tuloksista voitiin huomata, että tietoisien läsnäolon meditaatiota harjoittaneilla oli vähemmän aktiivisuutta etulohkon kuorella (DMPFC, *dorso-medial prefrontal cortex*). Waytz et al. (2012) mukaan tämä aivojen alue on havaittu myös olevan yhteydessä epäitsekääseen käyttäytymiseen ja sosiaalisiin kognitiivisiin toimintoihin.

Lisäksi Farb & al. (2012) tekemässä kokeessa huomattiin, että aivojen etulohkon kuori muodosti muuntuneen yhteyden aivosarekkeen takaosaan (*posterior insula*) sekä oletettuun ensisijaiseen keskeyttävään aivokuoreen (*putative primary interceptive cortex*). Juuri tällä muuntuneella toiminnalla ja yhteydellä arvellaan olevan ratkaiseva rooli tietoisien läsnäolon meditaation aikana kehon sisäisten tuntemuksien nousemisessa aistittaviksi. Tätä löytöä tukee myös Raffone et al. (2007) tekemä tutkimus buddhalaismunkeilla, missä huomattiin tietoisien läsnäolon meditaation aikana aktivoitumisen vähentymistä aivojen etuosan takaosassa, mutta aktiivisuuden kasvua kuitenkin erityisesti vasemmalla aivojen etuosan alueella. Kuva 2 esittää tätä asiaa. Tämä aivojen etuosan vasemman puoleinen alue on kytköksissä aistimiseen nykyhetkestä nousevalle mentaali- ja aistisisällölle.



Kuva 2. Kuva aivojen aktivoitumisesta eri meditaatiomuotojen aikana. Keskittymismeditaatio vasemmalla sekä tietoisien läsnäolon meditaatio oikealla. (Raffone et al., 2007).

Erilaisissa meditaation harjoitusmuodoissa voidaan havaita eroavaisuuksia aivojen aktiivisuudessa. Raffone et al. (2007) tekemässä tutkimuksessa huomattiin, että keskittymismeditaation harjoittavan voi eritellä tietoisien läsnäolon meditaatiota harjoittavasta meditaation aikana havainnoimalla funktionaalisella magneettikuvauksella.

Tätä esittää myös kuva 2. Pelkästään vasemman etulohkon aivopuoliskon kuoren aktivoituminen voi viitata positiivisiin tunteisiin, ei tuomitsevaan hyväksymiseen, jota voi hyvin kuvatakin tietoisien läsnäolon tilana. Sen sijaan aktivaation väheneminen, mikä löytyy aivojen etuosan sisemmältä puolen poikittaisessa linjassa tietoisien läsnäolon meditaation aikana ehdottaisi, että se liittyy ei valikoivaan avoimeen hyväksymiseen nousevalle mentaalisellölle. Tämä johtuu ehkä siitä, että alue liittyy valintojen tekemiseen, palkintoihin ja arvoihin.

Aivoissa tapahtuvia mekanismeja meditaation aikana voi siis tarkkailla eri alueiden aktivoitumisen perusteella. Yksi hyvä metodi tämän lisäksi on myös tutkia aivojen rakenteellisia muutoksia, millä viitataan yleensä aivojen plastisuuteen: niiden kykyyn muovautua alati. Fletcher et al. (2010) mukaan aivojen plastisuus on vasta viime vuosikymmeninä hyväksytty ilmiö ja viime aikaiset tutkimukset osoittavat, että muun muassa meditoinnin seuraksensa aivojen rakenteessa tapahtuu muutoksia. Tästä tarkemmin kertoo Fayed et al. (2013), jonka mukaan meditoivilla ihmisillä aivojen joissakin osissa ilmenee enemmän harmaata tai valkeaa ainesta, kuin ei meditointia harrastavilla. Näistä alueista yksi on muun muassa hippokampus, jonka muutos on havaittu jopa kahdeksan viikon pituisella meditaatioharjoituksella. Tätä tukee myös hyvin Fletcher et al. (2010) havainto siitä, että hippokampus aktivoituu varsinaisen meditaation aikana.

Fayed et al. (2013) mukaan meditaatioharjoitteluun käytettyjen tuntien määrä korreloi yleensä esimerkiksi aivojen etuosan (tarkemmin *ventromedial prefrontal cortex*) tunteita, päätöksen tekoa ja riskiä sekä pelkoa käsittelevän alueen harmaan aineen määrään. Samoin lisääntyntä harmaata ainetta on löytynyt meditaatiota harjoittavilta hiljattain etummaisen aivosaareskeksen alueelta sekä oikean puoleisesta mantelitusmakkeesta. Tämän saman havainnon näistä kahdesta alueesta oli tehnyt myös Murakami et al. (2012).

Murakami et al. (2012) mukaan Craig AD (2009) kertoo, että oikea etummainen aivosaareske käsittelee ihmisen sisäisiä tuntemuksia kehosta ja tuntemuksien havainnoinnista. Murakami et al. (2012) mukaan Larsen et al. (2003) mainitsee, että tämä aivoalueen toiminta kuvastaa hyvin tietoista läsnäoloa. Kuten Farb & al. (2012) toteaa myöskin, että tietoisien läsnäolon meditaatioissa oleellista harjoittelun myötä on lisääntynyt kehon sisäisten tuntemuksien ja tapahtumien havainnointi. Lisäksi Mura-

kami et al. (2012) mukaan oikean puolen etummaisen aivosarekkeen kasvanut tilavuus voi viitata lisääntyneeseen tietoisuuteen henkilön omista tunne- ja stressitiloista ja antaa heille kognitiivisen kontrollin tunteista.

Tietoisien läsnäolon meditaatiota harjoittavilla henkilöillä etummaisen aivosarekkeen muutoksen lisäksi merkitsevä kasvu tapahtuu mantelitumakkeessa. Murakami et al. (2012) mukaan Gianaros et al. (2008) mainitsee mantelitumakkeen tilavuuden olevan negatiivisesti yhteydessä sen aktiivisuuteen ja henkilön verenpaineeseen stressikokeessa. Toisinsanoen isompi mantelitumakkeen koko yksilöllä voi tarkoittaa vähempää mantelitumakkeen aktivoitumista ja siten pienempää verenpainetta. Murakami et al. (2012) mukaan Hariri et al. (2003) sekä Thayer et al. (2007) löydökset viittaavat siihen, että mantelitumaketta hillitsee kemiallisesti gamma-aminovoihappo (*gamma-aminobutyric acid-ergic*). Tämä gamma-aminovoihappo erittyy etummaisesta aivokuoresta (*prefrontal cortex*). Tästä Murakami et al. (2012) mainitsee Rosenkranz (2001) löytäneen eläinkokeissa, että mantelitumake saa siten hillitsevää ohjausta etummaiselta aivokuorelta. Mantelitumakkeen ja oikean puolen etummaisen aivosarekkeen arvellaan siten olevan somaattinen piiri. Murakami et al. (2012) mukaan Naqvi et al. (2006) kuvaa mantelitumakkeen olevan laukaisija tunnetiloille sekä kehon tuntemuksille, joka reagoi ympäristön vaikutukseen. Toisaalta taas oikean puolen etummainen aivosareke tarjoaa kartan koko kehon ja tuntemuksien tilalle ja antaa tuntuman intuitiosta.

3.3 Mitä EEG:stä ja meditaatiosta on löydetty

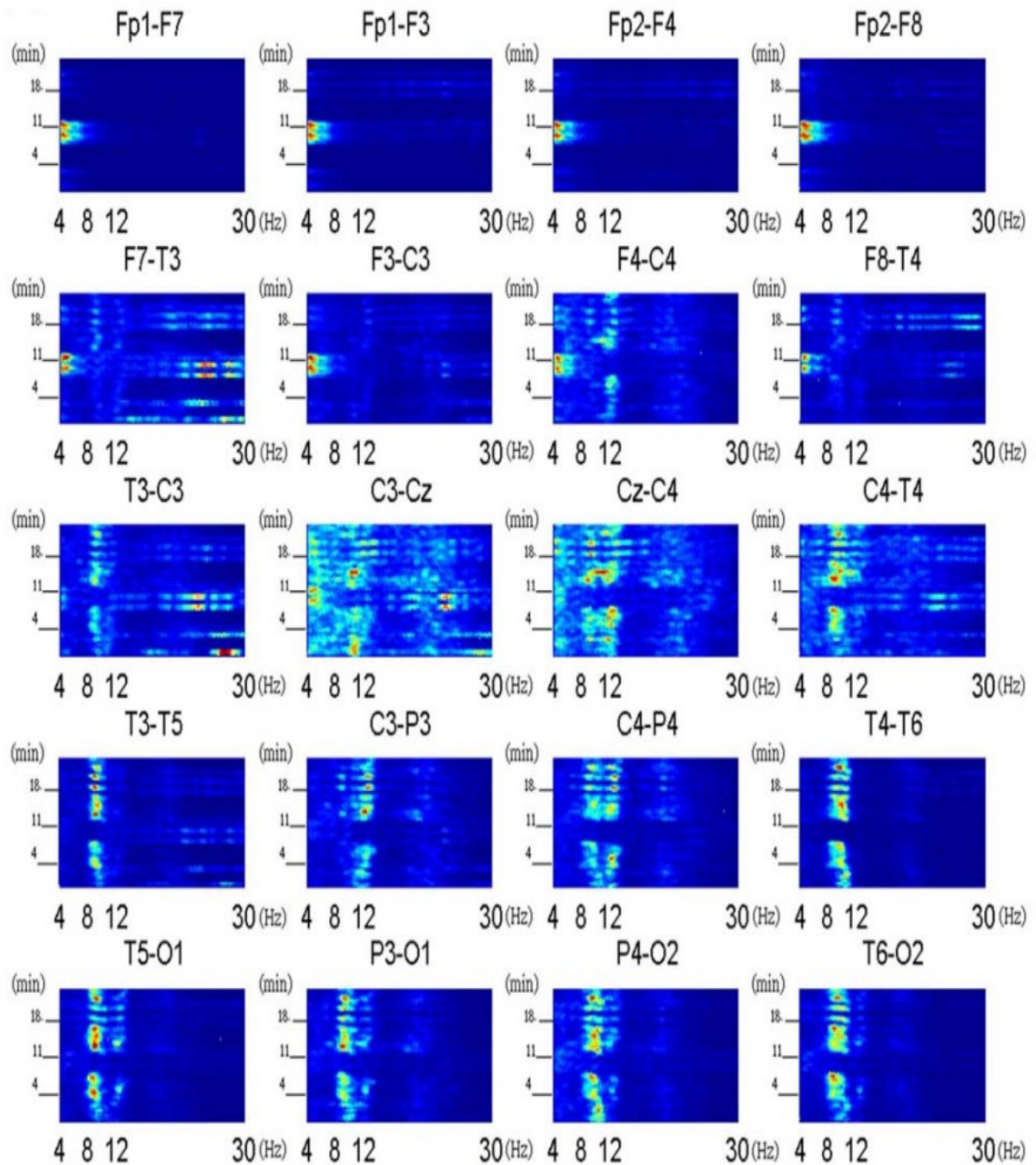
Wikipedia (2013a) mukaan EEG (*electroencephalography*) on menetelmä aivojen sähköisten ilmiöiden mittaamiseen.

Miksi EEG on hyvä keino havainnoida meditointia johtuu siitä, että aivojen sähköinen toiminta kertoo ihmisen mielen tilasta paljon. Raaka-datasta voidaan eritellä eri taajuuksien voimakkuudet eli taajuusjakauma esimerkiksi nopealla Fourier'n muunnoksella (*FFT*). Nämä eri taajuuksien voimakkuudet kuvastavat muun muassa eri mielen tilojen esiintymistä, mitä esittää taulukko 1.

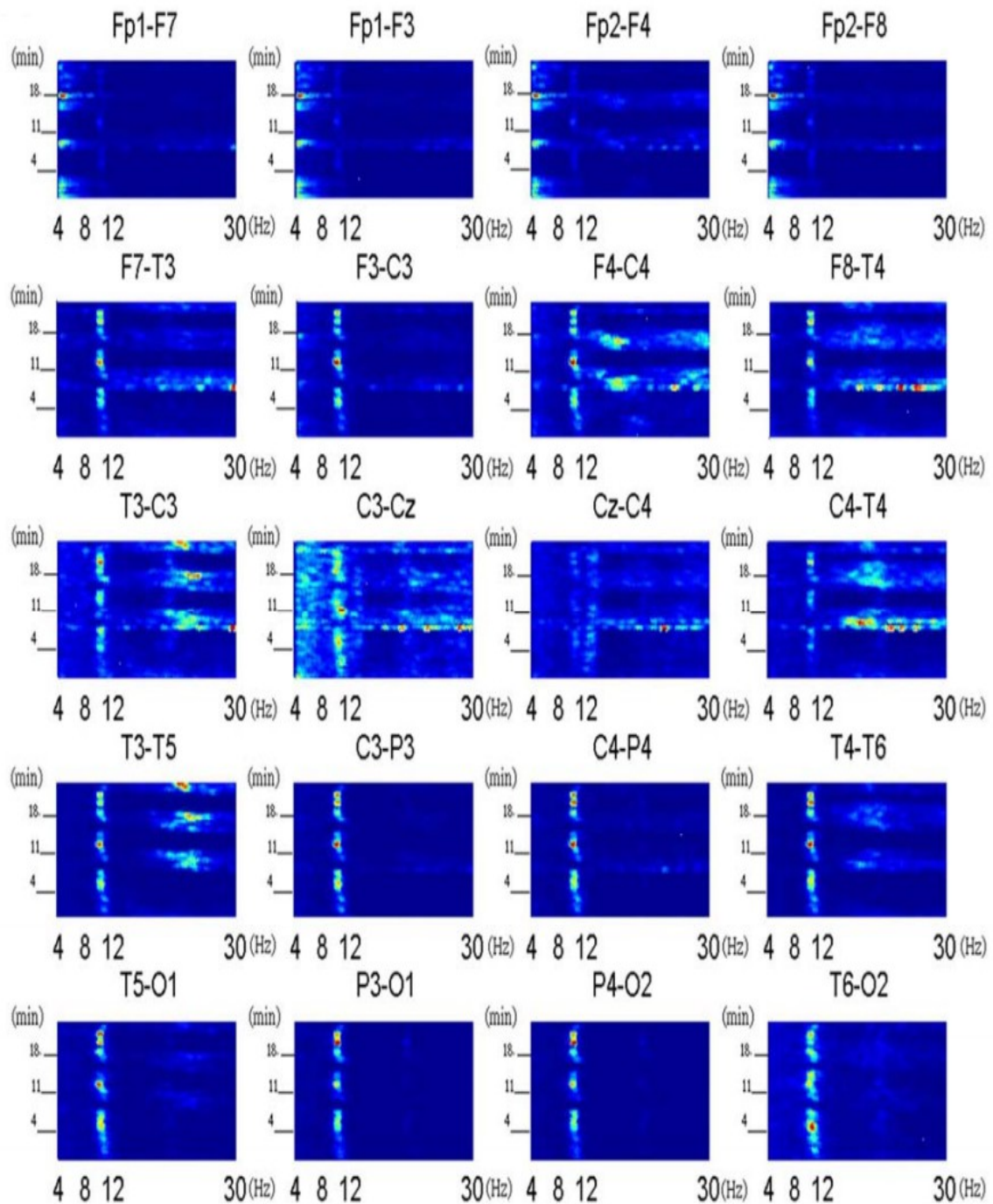
Aivoaaltojen taajuusalue	Yhdistettävä tila
Delta-alue (1-4 Hz)	Syvä uni
Theta-alue (4-8 Hz)	Kevyt uni, luovuus, oivaltaminen
Alfa-alue (8-12 Hz)	Rauhallinen, mutta hereillä oleva tila
Beta-alue (13-21 Hz)	Ajattelu, keskittynyt tila
High beta frequencies (20-32 Hz)	Kiihko tai levottomuus

Taulukko 1. Kuvaus aivojen eri taajuusalueista ja niihin yleensä yhdistettävistä mielen tiloista tai toiminnoista. (Zaini et al., 2011 mukaillen Sanio, 2014)

Raffone Antonino ja Srinivasan Narayanan (2010) huomasivat, että monet kokeet, missä EEG:tä on mitattu meditaation aikana, ovat antaneet hyvin samankaltaisia tuloksia. Wang et al. (2011) mukaan theta- ja alfa-taajuusalueiden kasvun lisäksi yleensä huomataan kokonaisvaltainen muiden taajuuksien väheneminen. Ohessa on kuvat 3 ja 4, jotka kuvastavat miltä aivosähkökäyrän taajuusalueiden voimakkuuden kuvanta voi näyttää meditaation ajalta ei kokeneilla ja kokeneilla meditoijilla.



Kuva 3. Kuva kokemattomien meditoijien aivosähkökäyrän spektristä eri pisteistä päänahalta (Wang et al., 2011)



Kuva 4. Kuva kokeneiden meditoijien aivosähkökäyrän spektristä eri pisteistä päänahalta (Wang et al., 2011)

Zaini et al. (2011) kertoo, että Lutz et al. (2006) mukaan meditaation tehokkuuden arvellaan myös olevan tekemisissä aivopuolien synkronisaation kanssa. Toisaalta meditaation aikana havaitaan myös toisen puoliskon suurempaa aktiivisuutta. Kuten jo aikaisemmin totesimme Raffone et al. (2007) huomanneen, että myös funktionaalisella magneettikuvauksella on huomattu vasemman puolen aktivoitumista enemmän

ja samaa tukee myös EEG:n avulla saadut tulokset. Vasemman aivopuoliskon suurempi aktivoituminen, mikä yhdistetään Keith ja Cimino (2008) mukaan positiivisten tunteuksien käsittelyyn voi myös viitata positiiviseen mielentilaan meditaation aikana.

Samoin kuten huomasimme aikaisemmin, että funktionaalisella magneettikuvauksella voi olla mahdollista eritellä kahden eri meditaatiota harjoittavien aivoista saatujen kuvien perusteella harjoitettu meditaation muoto, voidaan myös EEG:n avulla havainnoida eri meditaation muotojen välisiä eroavaisuuksia. Tästä esimerkiksi Dunn et al. (1999) ovat huomanneet, että tietoisien läsnäolon meditaatio tuottaa enemmän delta-, theta-, alfa- sekä beta1-aktiivisuutta kuin keskittymismeditaatio.

Otan tässä kohdassa esille, mitä havaintoja on tehty tarkemmin liittyen eri taajuuksialueiden voimakkuuksiin ja meditoimiseen. Tarkemmin alakohdat tarkastelevat seuraavaa. Alakohta 3.3.1 tarkastelee delta-aaltoja, alakohta 3.3.2 tarkastelee theta-aaltoja, alakohta 3.3.3 tarkastelee alfa-aaltoja, alakohta 3.3.4 tarkastelee beta-aaltoja sekä alakohta 3.3.5 tarkastelee gamma-aaltoja.

3.3.1 Delta-aallot

Delta-aaltoja esiintyy syvässä unessa yleensä enemmän kuin valveilla ollessa. Meditaatioon liittyen muun muassa Cahn et al. (2010) ovat huomanneet, että delta-aallot (1-4Hz) ovat vähentyneet meditaation aikana aivojen etupuolella. Tämä ilmiö tapahtui etenkin niillä henkilöillä, jotka eivät raportoineet väsymystä. Samoin Dunn et al. (1999) ovat löytäneet laskeneen delta-aaltojen voimakkuuden meditaation aikana.

3.3.2 Theta-aallot

Theta-aaltojen voimistuminen on hyvin yleinen löydös meditaation aikana mitattusta aivosähkökäyrän spektristä. Tämän ovat löytäneet tutkimuksissaan muun muassa Lagopoulos et al. (2009), Rael ja Polich (2006), Cahn et al. (2010), Raffone ja Srinivasan (2010) sekä Cahn ja Polich (2006) mainitsevat lukuisia lähteitä, missä theta-aaltojen kasvua meditoinnin aikana ollaan havaittu.

Theta-aaltojen voimakkuus näyttäisi myös toisaalta vaihtelevan ja keskittyvän tiettyihin pisteisiin. Lagopoulos et al. (2009) mukaan theta-aallot olivat mitattavissa joka

puolelta päänahalta, mutta voimakkaimmin aivojen keskiosasta (*temporal-central regions*) sekä pään etupuolelta (*frontal regions*). Aivojen etupuolelta mitatun theta-aaltojen voimakkuuden kasvun ovat myös maininneet Cahn et al. (2010) ja Raffone ja Srinivasan (2010) mukaan Baijal ja Srinivasan (2010) ja Cahn et al. (2006) mainitsivat myös lukuisia lähteitä aivojen keskilinjaa etupuolelta mitattuun theta-aaltojen voimakkuuden kasvuun. Esimerkiksi näistä Raffone ja Srinivasan (2010) mukaan Baijal ja Srinivasan (2010) olivat huomanneet tämän voimakkuuden kasvun tapahtuvan keskittymismeditaation keskivaiheen aikana. Sen sijaan poikkeuksellisesti he olivat mitanneet pääläen alueelta laskeneen theta-aaltojen voimakkuuden.

Cahn ja Polich (2006) mukaan theta-aaltojen voimistuminen riippuu meditaation muodosta sekä harjoittelijan taidoista. Etenkin Cahn ja Polich (2006) mainitsee Kasamatsu ja Hirai (1966) huomanneen, että zen-meditaation tapauksessa vasta pitemmälle edistyneillä meditoijilla näkyi theta-aaltojen voimistuminen. Samoin valittu meditaatiotekniikka vaikuttaa mitattuihin arvoihin. Cahn ja Polich (2006) mukaan Dunn et al. (1999) oli löytänyt, että tietoisien läsnäolon meditaatio tuottaa enemmän theta-aaltoja, kuin keskittymismeditaatio. Tässä tosin huomattiin, että leporhythmiällä oli suurin theta-aaltojen voimakkuus, minkä arveltiin johtuvan tokkuraisuudesta.

Cahn ja Polich (2006) mainitsee myös, että Gevins et al. (1997) ja Mizuki et al. (1980) kuvailevat theta-aaltojen aktivoitumisen liittyvän keskittymistä vaativiin tehtäviin. Lisäksi Cahn ja Polich (2006) mukaan Inanaga (1998) olisi löytänyt theta-aaltoja enemmän omaavilla yksilöillä vähemmän hetkellistä ja pidempi aikaista ahdistuneisuutta. Lisäksi Hebert et al. (2005) mukaan Aftanas ja Golocheikine (2001) ovat löytäneet theta-aaltojen olevan yhteydessä positiivisiin tuntemuksiin.

Theta-aaltojen voimistumisen yhdeksi selitykseksi Cahn ja Polich (2006) kertoo Elson et al. (1977) mukaan olevan meditaatiotilan sijoittuminen valvetilan ja unitilan väliin. Tästä syystä meditaatio muistuttaa univaihetta I, missä theta-aaltojen voimakkuus on suuri kuten myös harjaantuneilla meditoijilla meditoidessa. Kuitenkin on havaittu eriäviä piirteitä meditaatiotilan ja varsinaisen univaiheen I välille, joista esimerkiksi Cahn ja Polich (2006) mukaan Lou et al. (1999) olivat löytäneet, että meditaatiossa theta-aaltojen voimistumisen lisäksi alfa-aaltojen voimakkuus kasvaa noin 50 %. Kun taas vastaavasti univaiheen I aikana Cahn ja Polich (2006) kertoo

Rechtschaffen ja Kales (1968) löytäneen alfa-aaltojen voimakkuudessa 50 % vähene-
misen.

3.3.3 Alfa-aallot

Theta-aaltojen lisääntymisen lisäksi yleistä on myös Cahn ja Polich (2006) sekä Wang et al. (2011) mukaan alfa-aaltojen voimistuminen, mikä myös erottaa meditaatiotilan univaihe I:stä, kuten edellisen kappaleen lopussa totesimme. Tässä tulee tosin huomata, että alfa-aaltojen voimistuminen riippuu meditaation muodosta sekä harjoittelijan taidoista. Kaikki meditaation muodot eivät aiheuta alfa-aaltojen voimistumista. Esimerkiksi Cahn ja Polich (2006) mukaan Corby et al. (1978), Hebert ja Lehmann (1977), Jacobs ja Lubar (1989), Lehrer et al. (1980), Lehrer et al. (1983), Lou et al. (1999), Pagano ja Warrenburg (1983), Tebecis (1975) sekä Travis ja Wallace (1999) ovat löytäneet, että TM- (*Transcendental Meditation*) ja jooga-meditaatioissa alfa-aaltojen lisääntyminen puuttuu tai ne jopa vähenee. Tästäkin on tosin erilaisia tuloksia. Esimerkiksi Raffone ja Srinivasan (2010) mukaan TM on hyvin keskittymismeditaation kaltainen, missä annetaan mantra mihin keskitytään. Lisäksi tässä heidän mukaansa on Travis et al. (2010) löytänyt alfa-aaltojen voimistumisen aivojen etulohkosta. Erityisen suuria alfa-aaltojen voimakkuuksia on havaittu kundalinijoo-
gan harjoittajilla, mistä Cahn ja Polich (2006) mukaan Arambula et al. (2001) olisivat löytäneet jopa viisinkertaisen voimakkuuden nousun lähtötasoon verrattuna.

Lagopoulos & al. (2009) oli havainnut kokeessaan meditoivilla alfa-aaltojen olevan voimakkaampia aivojen takaosissa (*posterior regions*) kuin etuosissa (*prefrontal and frontal lobes*). Samoin myös Wang et al. (2011) mukaan alfa-aaltoja esiintyi meditoivilla henkilöillä vain pään takaosassa eikä etuosassa. Myös session pituus voi vaikuttaa siihen, miten alfa-aaltoja esiintyy. Tsai et al. (2013) ovat huomanneet lisäksi, että alfa1-aallot ovat positiivisesti assosioituneet keskittymiseen sekä aivojen aineenvaihdunnan nopeuteen. Sen sijaan he huomasivat, että takaraivon alfa2-aaltojen voimakkuus on negatiivisesti assosioitunut edellä mainittuihin ilmiöihin. Alfa1 taajuusalue on 8–10 Hz sekä tarkemmin alfa2 taajuusalue on 10–12 Hz.

Tsai et al. (2013) huomasivat meditaatioon liittyen myös, että alfa-aallot voimistuvat enemmän vasta silloin, kun meditaatio syvenee. Heidän mukaansa esimerkiksi theta-aaltojen voimakkuus kasvaa jatkuvasti, mutta alfa-aaltojen voimakkuus vasta sitten,

kun henkilö on rentoutunut ja meditaatio saavuttaa niin sanotun syvemmän vaiheen. Cahn et al. (2006) mukaan Aftanas ja Golocheikine (2001), Benson et al. (1990), Drennen ja O'Reilly (1986), Hebert ja Lehmann (1977), Jacobs et al. (1996), Kwon et al. (1996), Pagano ja Warrenburg (1983), Schuman (1980) sekä Travis ja Wallace (1999) ovat huomanneet, että meditaation harjoittamisen seurauksena alfa-aaltojen voimistuminen näkyy myös sessioiden ulkopuolella, mikä on meditaation pitkäaikaisen harjoituksen tuoma vaikutus (*trait effect*). Tosin tässä on huomattava, että tämä vaikutus havaitaan vain, jos harjoitusta on jatkettu ohjeiden mukaan.

3.3.4 Beta-aallot

Cahn ja Polich (2006) mukaan Jacobs et al. (1996) olivat löytäneet mantra-pohjaista harjoitusta tekeviltä vähentyneen beta-aaltojen voimakkuuden etupuolelta aivoja. Tarkemmin Cahn ja Polich (2006) mukaan Anand et al. (1961), Banquet (1973), Das ja Gastaut (1955), Elson (1979), Elson et al. (1977) sekä Lo et al. (2003) ovat löytäneet, että alfa-aallot desynkronoituvat ja korkeat beta-aallot (beta2) lisääntyivät. Toisaalta taas Raffone ja Srinivasan (2010) mukaan Baijal ja Srinivasan (2010) olivat löytäneet vähentyneet beta1-alueen voimakkuudet aivojen etulohkon alueella meditoijilla. Wikipedia (2014a) mukaan beta1-alue on 12.5-16 Hz, beta-alue on 16.5-20 Hz ja beta2-alue on 20.5-28 Hz.

3.3.5 Gamma-aallot

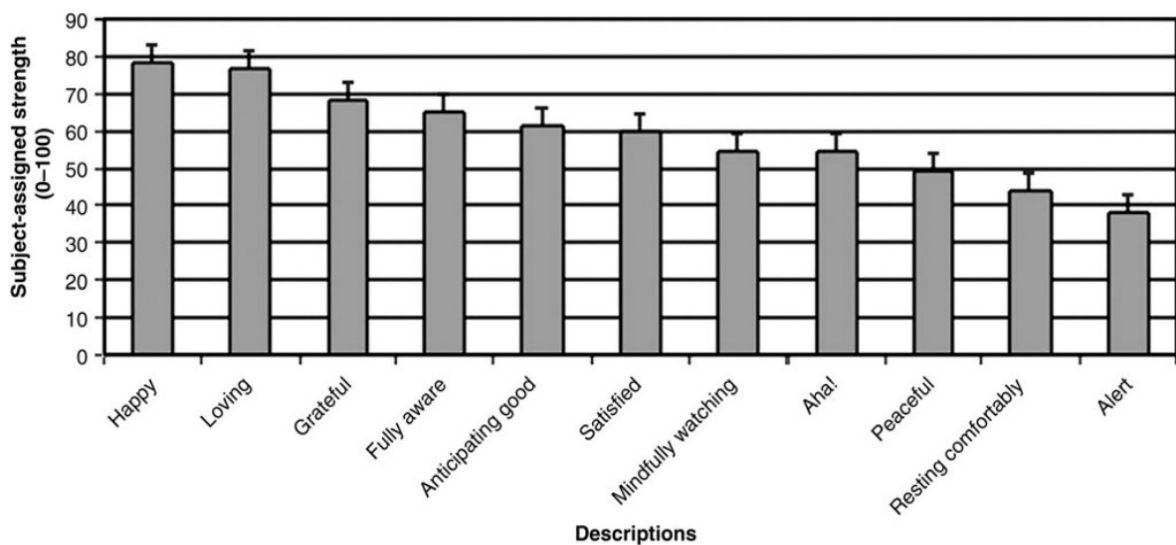
Raffone ja Srinivasan (2010) mukaan Baijal ja Srinivasan (2010) olivat löytäneet vähentyneen gamma-aaltojen voimakkuuden aivojen etulohkon alueella meditoinnin yhteydessä. Sen sijaan Cahn et al. (2010) olivan huomanneet meditaation aikana myös päälakilohkon sekä takaraivolohkon lisääntyneet gamma-aallot. Tämä gamma-aaltojen (35–45 Hz) lisääntyminen näkyi tässä tapauksessa selkeimmin yli kymmenen vuotta meditoineilla.

Cahn ja Polich (2006) mukaan Lutz et al. (2004) sekä Lutz et al. (2003) toteavat, että gamma-aaltoja (40Hz) on löydetty suuriakin määriä verrattuna meditaatioon ja normaaliin lepotilaan. Tämä havainto on tehty niin Tiibetin buddhalaisilla meditoijilla kuin noviiseilla, jotka ovat harjoitelleet meditointia vain viikon.

Cahn ja Polich (2006) mukaan lisääntyneet gamma-aallot ovat tarkemmin havaittu liittyvän niin sanotun ”itsen liukenemis”-meditaation aikana tiettyyn alueeseen aivoista. Tämä alue on otsalohkon oikea aivokuori (*right superior frontal gyrus*), joka liittyy muuntuneeseen tilaan itsestä. Tähän alueeseen yhdistetään myös depersonalisaatio, kognitiivinen irtaantuminen sairauden luomasta kärsimyksestä sekä muun muassa kannabinoidien vaikutus.

Rubik (2011) on myös tehnyt kokeen, missä huomattiin henkilöiden yhdistävän gamma-aaltojen (40Hz) voimistumisen otsalohkon aivokuorella spirituaalisiin kokemuksiin sekä erilaisiin positiivisiin tuntemuksiin kuten iloon, rakkauteen ja kiitollisuuteen. Näitä löydöksiä esittää kuva 5.

EXPERIENCES ASSOCIATED WITH GAMMA BAND EEG IN PREFRONTAL LOBE



Kuva 5. Erilaisten kuvauksien yhdistäminen gamma-aaltojen voimistumiseen (Rubik, 2011)

4 Teknologisia apukeinoja tajunnan tilan muuntamiseen

Pickert (2014), joka oli osallistunut Kabat-Zinnin mindfulness-stressinhallintaohjelmaan (MBSR) kertoo, että teknologia on tehnyt helpoksi nykyihmiselle hajottaa keskittyminen pienempiin ja yhä pienempiin paloihin. Näin ihminen kuvittelee lisääväänsä tehokkuutta jakamalla keskittymisen moneen asiaan samaan aikaan. Esimerkiksi ihminen voi maksaa laskuja ja katsoa TV:tä samaan aikaan tai tilata ruokaostoksia liikennöidessä. Pickertin (2014) mukaan tällainen käytös voi johtaa kokonaisvaltaiseen vähempään tuottavuuteen.

Pickert (2014) mukaan Steve Jobs olisi sanonut, että hänen meditoimisharjoituksensa auttoi häntä keskittymään työhönsä ja työntämään pois häiriötekijät. Steve Jobs onkin yksi vastuullisista henkilöistä iPadin appmarket:in menestymiseen. Vaikka monet tietokoneohjelmat voivat olla häiriötä aiheuttavia, Pickert (2014) mukaan on myös ohjelmia jotka ovatkin varsinaisesti tarkoitettu meditaatiota avustamaan. On olemassa satoja tietoisien läsnäolon ja muiden meditaation muotojen harjoitusohjelmia, joista yksi esimerkki on Headspace. Headspace:n kehittäjä on ollut Pickert (2014) mukaan entinen Buddhisti munkki, Andy Puddicombe. Andy Puddicombe tarjoaa ohjelman ilmaiseksi, mutta tarjoaa maksullisia videosarjoja, joita myydään "kuntosalikorttina mielelle".

Näistä kaikista erilaisista ohjelmista ja tietokoneeseen liitettävistä apuvälineistä meditaatioharjoitukseen on vaikea tehdä kattavaa reportaasia, sillä monet työkalut ovat aluetta, jota ei olla myöskään tutkittu. Toisaalta alue on myös hyvin laaja. On monia ohjelmia jotka toimivat esimerkiksi meditaation ajastimina, kalentereina, ääniympäristöinä tai vaikkapa puhutulla äänitteellä tai yrittävät muuntaa aivojen sähköistä toimintaa jollakin menetelmällä. Näissä kaikissa on joku periaate, miten niiden kuuluisi tukea meditaatiota. Olen kategorisoinut tähän lukuun erilaisia tekniikoita ja tuonut niistä tarkemmin tietoa.

Kohta 4.1 kuvailee meditaation ohjeistavista työkaluista hyvin suppeasti, kohta 4.2 kuvailee brainwave entrainment:ista ja sen alakohdat tarkemmin sen eri muodoista, kohta 4.3 kuvailee transkraniaalisesta magneettistimulaatiosta sekä kohta 4.4 kuvai-

lee biopalauteesta sekä 4.4 kohdan alakohdat kuvailevat biopalauteen kahdesta tarkailtavasta elimestä, keuhkot ja aivot.

4.1 Meditaatiota ohjeistavat työkalut

Meditaatiota ohjeistavia työkaluja ovat esimerkiksi meditaatiota ajastavat kalenterit, jotka myös tallentavat meditaatiosessioiden pituuden. Ohjelmat voivat myös toimia ajastimina ja tehdä herätysäänen, kun sessio on loppunut. Ohjelmat voivat myös sisältää eri tilanteisiin sopivia ohjattuja meditaatioita nauhoitetulla äänellä. Buddhify (2014) mukaan yksi tällainen ohjelma on esimerkiksi Buddhify.

Toisaalta joskus taas ohjelma voi olla tarkoitettu ohjeistamaan jotain tekniikkaa, kuten hengityksen hallintaa. Tällainen ohjelma on esimerkiksi Pranayama (2014) mukaan Pranayama Free, mitä esittää kuva 6.



Kuva 6. Hengitystä tarkoin harjoittava Pranayama Free -ohjelman kuvakaappaus (Pranayama, 2014)

Tähän kategoriaan sopisi paljon ohjelmia, mutta koska tämä ei ole tämän tutkielman pääaihe, niin niiden tarkastelua en jatka tässä sen enempää.

4.2 Brainwave entrainment

Huang ja Charyton (2008) määrittelee, että brainwave entrainment:illa tarkoitetaan rytmistä stimulaatiota, jonka tarkoituksena on saada aivot toistamaan tai seuraamaan

ärsykkeeksi valittua taajuutta (FFR). Ärsykkeenä on yleensä joko visuaalinen lähde, äänilähde tai jopa molemmat (AVS eli audiovisuaalinen, mikä kulkee myös nimellä mindmachine). toimialalla käytetään myös nimityksiä "brain entrainment", "audiovisual entrainment (AVE)", "audiovisual stimulation (AVS)", "auditory entrainment" tai "photic stimulation".

Huang ja Charyton (2008) ovat tehneet kattavan reportaasin erilaisista brainwave entrainmentin muodoista ja niihin liittyvistä kokeista. Ratkaisuna he huomasivat, että brainwave entrainment on toimiva terapiatyökalu. Ihmiset, joilla on kognitiivisten toimintojen vajavuutta, kipuja, päänsärkyä, migreeniä, PMS:sää tai käyttäytymisongelmia ovat saaneet helpotusta oireisiinsa brainwave entrainment:ista. Kuitenkin lisää kontrolloituja tutkimuksia tarvittaisiin. Kuvailen tässä kohdassa brainwave entrainment:in eri muotoja ja niistä tehtyjen tutkimuksien tuloksia. Alakohta 4.2.1 kertoo visuaalisesta stimulaatiosta, alakohta 4.2.2 kertoo ääneen perustuvasta stimulaatiosta ja alakohta 4.2.3 kertoo näiden yhdistelmistä.

4.2.1 Visuaalinen stimulaatio

Huang ja Charyton (2008) mukaan visuaalinen stimulointi (*photic stimulation*) on ensimmäisiä brainwave entrainment:in muotoja, mitä on löydetty. Tämän löydön teki Pierre Janet, ranskalainen psykologi 1800-luvun loppupuolella. Janet huomasi, että hänen potilaansa olivat rauhallisempia, kun heidät altistettiin välkkyvän öljylampusta tehdyn laitteen lähelle. Hän käytti tätä menetelmää terapiamuotona aina tarvittaessa.

Huang ja Charyton (2008) mukaan nykyään visuaalista stimulaatiota luodaan monesti esimerkiksi laseilla, missä on välkkyvä valo. Laseja pitävän henkilön tulisi pitää silmät suljettuina samalla, kun välkkyvät valot esitetään esimerkiksi erilaisina aaltomuotoina tai väreinä. Valo voidaan myös tuoda vain toiselle silmälle, jos halutaan luoda vaikutus vain toiseen aivopuoliskoon.

Kun Berger huomasi 1929, että aivosähköistä toimintaa voi nauhoittaa, Huang ja Charyton (2008) mukaan Adrian ja Mathews (1934) osoittivat, että Bergerin aaltoja (alfa-aallot) voitiin voimistaa visuaalisesti stimuloimalla samaa taajuutta. Cahn ja Polich (2006) kertoo myös, että tällä menetelmällä on saatu selviä mitattavia muutoksia aivosähköisessä toiminnassa. Huang ja Charyton (2008) mainitsee, että

Williams ja West (1975) ovat huomanneet, että visuaalisella ärsykkeellä on voitu auttaa myös meditaatiota.

4.2.2 Ääneen perustuva stimulaatio

Ääneen perustuva stimulaatio pyrkii myös vaikuttamaan aivojen sähköiseen toimintaan kuten visuaalinen stimulaatio tarjoamalla tarkan taajuuden, mikä toistuu aivoissa. Äänellinen stimulaatio brainwave entrainment:issa jakaantuu kolmeen eri kategoriaan: binaural beat, monaural beat ja isochronic tone. Huang ja Charyton (2008) mukaan binaural beat koostuu kahdesta ääniaallosta, jotka luovat eri korviin tullessaan halutun taajuuden. monaural beat ei tarvitse kahta äänilähdettä, mutta sen luoma ääni on hyvin samankaltainen kuin binaural beat:in. Isochronic tone on enemmänkin kuin lyhyt ääni, mikä menee pois päältä ja päälle. Puhun tässä kappaleessa binaural beat:ista enemmän.

Oster (1973) mukaan binaural beat:in keksi saksalainen (kokeilija) tutkija Dove H. W. Vuonna 1839. Puzi et al. (2013) mukaan binaural beat:in idea on siinä, että eri korvien luokse tuodaan kaksi eri taajuutta omaavaa äänen lähdettä samasta äänestä. Esimerkiksi vasemmalle korvalle äänen taajuus 400 Hz ja oikealle korvalle 410 Hz. Erotus näiden kahden taajuuden välillä on 10 Hz ja tämän rytmit kuulija pystyy myös kuulemaan. Kuulijan aivot tuottavat tämän äänen erotuksesta johtuvan rytmisen äänen. Tämän rytmin taajuus on siten olennainen, että aivojen oletetaan seuraavan tätä taajuutta jossain määrin. Tämän ilmiön englannin kielinen nimi on Frequency Following Response (FFR). Oster (1973) mukaan näitä ei esiinny luonnossa kovin paljoa, mutta esimerkiksi soittimien virittämiseen tätä käytetään kuten pianon virittämiseen. Jotta äänet olisivat samalla taajuudella, tämän rytmisen äänen tempo hiljenee kunnes se katoaa.

Zaini et al. (2011) kertoo, että monet tutkimukset ovat osoittaneet binaural beat:ien toimivuuden siten, että EEG:tä tarkkailemalla on huomattu aivojen seuraavan binaural beat:in antamaa taajuutta. Löysin monia tutkimuksia puoltamaan näiden toimivuutta, mutta suurinta osaa näistä en saanut haltuuni johtuen niiden maksullisuudesta. Otan tähän esimerkkejä kuitenkin joistakin tutkimuksista. Yhden vastaavan tutkimuksen on tehnyt muun muassa On et al. (2013), missä he huomasivat, että binaural beat:eillä voi vaikuttaa theta- ja delta-aaltoihin. Heidän kokeessaan 33 koehenkilöä

meni lävitse saman menettelyn. EEG:tä nauhoitettiin siten, että henkilöt olivat viisi minuuttia ilman stimulaatiota, yhden minuutin tauolla, sitten 20 minuuttia binaural beat:ia kuunnellen, yksi minuutti taas taukoa ja sitten lopuksi viisi minuuttia lisää EEG:n nauhoitusta. On huomattava, että tässä kokeessa ei ollut kontrolliryhmää, joka olisi voinut myös vahvistaa sen, ettei jo pelkästään lepääminen paikallaan tuota theta- ja delta-aaltoja vastaavia määriä.

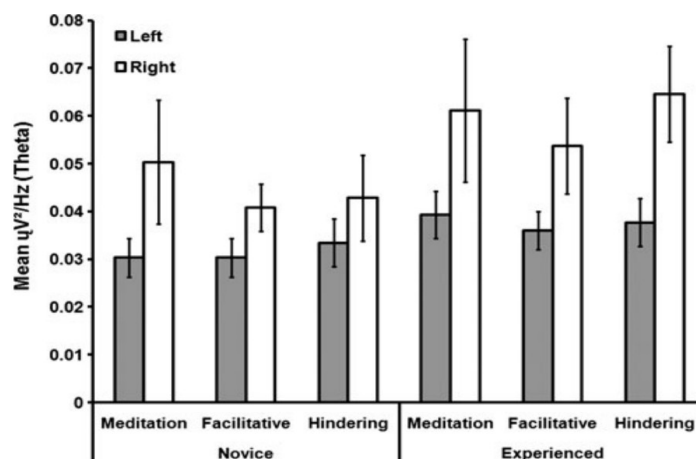
Puzi et al. (2013) olivat luoneet suomalaisen tekemällä BrainWave Generator -ohjelmalla 10Hz binaural beat -äänitteen ja varmistaneet laboratoriossa, että ääni todellakin oli 10Hz. Heidän kokeessaan oli 33 henkilöä, joista monet olivat stressaantuneita. Binaural beati:n kuunteleminen 20 minuutin ajan rentoutti henkilöitä ja lisäsi alfa-aaltojen voimakkuutta molemmilla aivopuoliskoilla. Toisaalta taas huomattiin beta-aaltojen voimakkuuden väheneminen molemmilla aivopuoliskoilla, mikä viittaa stressaantuneen mielentilan vähenemiseen. Koehenkilöiden keskiarvosta alfa-aaltojen voimakkuus kasvoi ja beta-aaltojen voimakkuus laski. Mutta 39% koehenkilöistä ei tullut alfa-aaltojen voimakkuuden kasvua kuitenkaan. Tähän Puzi et al. (2013) otaksuvat olleen syynä se, että binaural beat:tiä pitäisi kuunnella useita kertoja, että vaikutus olisi toimiva. Heidän tutkimuksessaan ei myöskään ollut kontrolliryhmää, mutta normaalia aivotoimintaa nauhoitettiin viiden minuutin ajan ennen binaural beat:in kuuntelemista.

Jotkut tutkimukset ovat EEG:n sijaan myös etsineet tuloksia vaihtoehtoisilla menetelmillä. Karino et al. (2006) ovat tehneet hyvin valottavan tutkimuksen liittyen binaural beat:teihin. He tallensivat neuromagneettista toimintaa aivoista binaural beat:tien kuuntelun aikana ja huomasivat, että aivojen pääläen ja etupuolen aivokuoret sekä tarkemmin myös ohimolohkon alue mukaanlukien äänen käsittelyyn liittyvät alueet aivokuorella reagoivat binaural beat:tiin ja toistivat sen. He tekivät kokeen 4.00 Hz:llä ja 6.66 Hz:llä ja siten totesivat, että hidas binaural beat synkronisoi ihmisen aivokuorta.

On myös tutkimuksia, jotka ovat tuottaneet negatiivisen tuloksen binaural beat:tien toimivuudesta. Esimerkiksi Goodin et al. (2012) järjestivät kokeen, missä 31 koehenkilöä kuunteli binaural beat:tejä Theta (7Hz) sekä Beta (16Hz) kahden minuutin ajan. Kokeesta voitiin todeta, että kahden minuutin pituinen Binaural Beat theta-taajuudel-

la tai beta-taajuudella ei ole tarpeeksi tuottamaan näkyvää vaikutusta EEG-spektriin. Tässä on hyvä huomata, että kaksi minuuttia on lyhyt aika.

Zaini et al. (2011) kertoo, että monet ihmiset etsivät vaikeasti opeteltavalle meditaatiolle vastaavan vaikutuksen antavaa työkalua ja binaural beat:ien kuunteleminen on monilla sellainen valinta. On myös tehty erityisesti meditaation harjoitukseen ja binaural beat:eihin liittyviä kokeita. Lavallee et al. (2009) johtamassa tutkimuksessa oli neljä noviisia, joilla oli kahdeksan kuukautta meditaatioharjoituksen kokemusta ja neljä eksperttiä, joilla oli 18 vuotta meditaatioharjoitusta takanaan. Kokeessa oli kolme erilaista vaihetta: Pelkästään meditointia ilman stimulaatiota, häiritsevää binaural beat:ia (15 Hz) sekä meditaatiota tukevaa binaural beat:ia (7 Hz). Aivokuvauksesta selvisi, että noviisien theta-aaltojen voimakkuus oli pienempi, kun meditaatioon lisättiin häiritsevä binaural beat. Eksperteillä taas theta-voimakkuus nousi sen sijaan. Näin ollen voitiin olettaa, että eksperteille oli kehittynyt vastus häiritseviä ulkoisia tekijöitä vastaan. Tätä esittää kuva 7. Meditaatioharjoitusta tukevia binaural beat:ejä kuunnelleet ekspertit kuvasivat kokemuksiaan myös erilaisiksi kuin normaalissa meditaatiosessiossa. Näitä kuvauksia olivat muun muassa tuntemukset energian aalloista, hurmiollisesta kokemuksesta tai yhteydestä universumiin.



Kuva 7. Häiritsevän(hinderling) binaural beat:in aikana kokeneiden meditoijien theta-aaltojen voimakkuus ei laskenut kuten noviiseilla. (Lavallee et al., 2009)

4.2.3 Yhdistelmät

Eri brainwave entrainment:in muotoja yhdistelemällä saadaan audiovisuaalinen stimulaatio (AVS), joka koostuu ääni ja visuaalstimulaatiosta. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että soitetaan esimerkiksi binaural beat:ia 7 Hz ja samalla taajuudella

henkilölle annetaan valon välkettä tai muuta vastaavaa stimulaatiota näön välityksellä. Näitä laitteita kutsutaan myös mindmachine -nimellä.

Teplan et al. (2006) tekivät kokeen, missä kahden kuukauden aikana (25 sessiota toistettuna per henkilö) 20 minuuttinen audiovisuaalinen stimulointi 2-18 Hz tehtiin kuudelle koehenkilölle. Tuloksia mitattiin kuudesta kohtaa päätä. Heidän tulokset vahvistivat, että toistuva AVS aiheuttaa merkittäviä muutoksia aivokuoren sähköisessä toiminnassa. Pitkäaikainen AVS merkittävästi lisäsi muun muassa voimakkuutta theta-1-, theta-2- sekä alpha-1-taajuusalueilla otsan ja keskiaivokuoren alueilla. Suuri voimakkuuden nousu löytyi oikealla päälaenpuolella. Heidän tuloksensa osoittavat, että säännöllinen AVS tuottaa aivokuoren funktioihin muutoksia, jotka vastaavat yleisesti tarkalleen ottaen raportoituja piirteitä rentoutuneisuudesta tai muuntuneista tietoisuuden tiloista. Tässä kokeessa on myös merkittävää huomata, että tuloksia verrattiin kahteen koehenkilöön, jotka kuuntelivat vain musiikkia. Musiikin kuuntelulla ei ollut samoja vaikutuksia. Näyttäisi siis siltä, että pitkäaikainen 20 minuutin AVS toimii paremmin kuin yksittäinen 20 minuutin musiikin kuunteleminen. Lisäksi Teplan et al. (2011) ovat huomanneet, että audiovisuaalinen stimulointi on aiheuttanut myös selkeää aivopuoliskojen synkronisaatiota näiden kahden kuukauden ja 25 session aikana.

4.3 Transkraniaalinen magneettistimulaatio

Aivojen toimintaan voi myös pyrkiä vaikuttamaan joko johtamalla sinne sähköä suoraan tai magneettikenttien avulla. Kuvailen tässä kohdassa näitä menetelmiä suppeasti.

Wikipedia (2013b) mukaan transkraniaalinen magneettistimulaatio (TMS) (engl. Transcranial Magnetic Stimulation) on aivojen hermosolujen aktivointia kallon ulkopuolelta magneettikentän avulla. Potilaan pään päälle asetetaan kuparikela, johon johdetaan sykäyksittäin sähkövirtaa. Syntynyt magneettikenttä vaikuttaa ihon, pääkallon ja aivonesteen läpi aivokuoren hermosoluihin. Solun pinnan sähkövarauksen muutos vaikuttaa naapurisoluihin ja seurausvaikutus ulottuu lopulta aivosolujen aktiivisuuteen sekä niiden keskinäiseen viestintään. Näin tuottamalla hermoimpulsseja

eri alueille aivoissa ja seuraamalla niiden etenemistä voidaan kartoittaa eri aivoalueiden tehtäviä ja esimerkiksi mahdollisten vaurioiden laajuutta.

Leong et al. (2013) mukaan toistuva transkraniaalinen magneettistimulaatio on turvallinen ja tehokas hoitokeino masennukseen. He ovat tehneet tutkimuksen masentuneilla henkilöillä. Kokeessa 32 potilasta saivat 10 Hz stimulointia neljän sekunnin ajan 26 sekunnin intervallilla *motor cortex*:iin. Session pituudeksi jäi 37,5 minuuttia. Heidän oletus oli, että toistuva transkraniaalinen magneettistimulaatio asetettuna otsan alueelle (Dorsolateral prefrontal cortex, DLPFC), minkä alueen muutokset ovat yhteydessä mindfulness:iin, voisi vaikuttaa samalla tavalla, kuin mindfulness-meditaatio. Tulokset viittasivat siihen, että toistuva transkraniaalinen magneettistimulaatio voisi olla yhteydessä joihinkin mindfulness:in parantuneisiin muuttujiin.

Toinen transkraniaalinen menetelmä nimeltään transcranial direct-current stimulation (TDCS) ei käytä hyväkseen magnetismia niinkään vaan Wikipedia (2014c) mukaan tämä menetelmä pohjautuu heikkoon tasavirtaan, mikä asetetaan halutulle alueelle elektrodeilla. Tämä menetelmä on myös saanut huomiota paljon esimerkiksi Cohen et al. (2008) mukaan se on turvallinen ja lupaava hoitokeino aivotoiminnan häiriöille. Esimerkiksi Ferrucci et al. (2014) ovat huomanneet myös, että pikkuaivojen (*cerebellum*) alueelle sijoitettuna TDCS nopeuttaa oppimista.

4.4 Biopalaute

Psychotherapy.com (2014) mukaan biopalaute on hoitotekniikka, missä ihminen harjoitetaan parantamaan terveyttä käyttämällä omasta kehosta saatua signaalia. Esimerkiksi psykologit käyttävät sitä jännittyneiden ja ahdistuneiden henkilöiden opettamiseksi rentoutumaan. Jotkut erikoistuneet tapaukset käyttävät biopalautetta jopa kipujen kanssa olemisen helpottamiseksi. Biopalaute-laite voi olla esimerkiksi kuumemittari tai vaaka. Siten henkilö voi oppia esimerkiksi omaa painoa seuraamalla syömään sopivasti. Kuvaan alakohdassa 4.4.1 tarkemmin, miten aivojen kuvantaa voi käyttää biopalautete-järjestelmän syötteenä ja alakohdassa 4.4.2 tarkemmin, miten hengitystä voi käyttää syötteenä meditaatioon liittyen. Puhun syötteestä tässä yhteydessä vaikkakin monesti biopalaute-systeemiin annettu syöte tulee myös palautteena. Tämä sii-

tä syystä, että esimerkiksi hengityksen tai aivoaaltojen data on kuitenkin ensisijainen lähde, mihin systeemi reagoi näennäisesti.

4.4.1 Aivojen kuvanta syötteenä

Brandmeyer ja Delorme (2013) kuvailee neuroplastisuusterapian (*neurofeedback*) metodia reaaliaikaiseksi palautteeksi EEG:stä, joka opettaa itsehallintaan. Näin se voi myös olla potentiaalinen apuväline meditoimisen tueksi. Brandmeyer ja Delorme (2013) sanoo, että Lazar et al. (2005) ja Pagnoni ja Cekic (2007) ovat löytäneet, että monet muut harjoitteet ja taidot, jotka aiheuttavat plastisia muutoksia aivoissa eivät perusluonteeltaan eroa meditaatiosta. Brandmeyer ja Delorme (2013) selittää myös yhtenä hypoteesina meditaation ja neuroplastisuusterapian toimivuuteen sen, että molemmat tekniikat kehittävät keskittymistä ja tunteiden hallintaa. Tunteiden hallintaan on tarpeellista kognitiivinen hallinta. Henkilön aikoessaan muuttaa keskittymisen hallintaa, täytyy oppia manipuloimaan keskittymisen määrää, mikä on luonnollisesti varattu tunteiden käsittelyyn liittyviin ärsykkeisiin.

Brandmeyer ja Delorme (2013) kertoo, että Zoefel et al. (2011) ovat huomanneet, että alpha- ja theta-taajuuudet joita harjoitetaan monissa kognitiota parantavissa neuroplastisuusterapia -protokollissa jakavat Brandmeyer ja Delorme (2013) tekstissä Braboszcz ja Delorme (2011) sekä Cahn et al. (2013) mukaan samoja piirteitä kuin EEG-taajuuudet, mitkä näyttävät merkittäviä muutoksia meditaatioharjoituksen alkuvaiheessa.

Brandmeyer ja Delorme (2013) mukaan neuroplastisuus terapia on markkinoilla jo populaarikulttuurissa. Monet yritykset myyvät "valaistumis"-ohjelmia. Nämä ohjelmat eivät kuitenkaan perustu tieteellisille tutkimuksille meditaatiosta ja neuroplastisuusterapiasta ja siten niiden signaalien tarkkuus ja havainto jää arvelun varaan.

Brandmeyer ja Delorme (2013) kuvaa, että Thornton ja Carmody (2009) ovat löytäneet, että jotkut kliiniset neuroplastisuusterapia -protokollat tähtäävät siihen, että potilaan EEG:tä verrataan isoon otantaan keskiverron terveen ihmisen EEG:stä ja potilaan EEG pyritään saamaan mahdollisimman samanlaiseksi. Samalla menetelmällä voisi olla mahdollista harjoittaa ihmisiä meditoimaan siten, että näyteotanta otettaisiin meditoivista ihmisistä. Brandmeyer ja Delorme (2013) kuitenkin huomauttaa,

että Cahn ja Polich (2006) mukaan tässä on ongelmana se, että eri meditaatiotekniikat aiheuttavat hyvin erilaista neurofysiologista aktiivisuutta.

Brandmeyer ja Delorme (2013) mukaan yksi keino auttaa meditoimisessa olisi esimerkiksi Braboszcz ja Delorme (2011) tutkimuksen pohjalta tehdystä löydöstä, että alpha- ja theta-aalloissa voidaan huomata keskittymisen herpaantuminen. Siten ohjelma voisi antaa palautteen keskittymisen herpaantumisesta esimerkiksi hälytysäänien. Tätä voisi käyttää meditaation apuvälineenä myös siten, että taustalla oleva kohinaääni esimerkiksi voimistetaan mielen harhailun seurauksena.

Mind and Life Institute (2004) on maininnut Dalai Laman olleen kiinnostuneena ensimmäisten joukossa hyödyntämään tällaista tekniikkaa, mikä auttaisi buddhismisessa harjoituksessa. Mind and Life Institute (2004) mukaan Szu et al. (2013) näkee tällaisissa sovelluksissa potentiaalia jopa älypuhelinten markkinoille. Jotkut EEG-pohjaiset systeemit ovat jo nyt yhteensopivia siirrettävien ja älypuhelimeteknologioiden kanssa ja ei tule olemaan pitkä aika kun näemme neurofeedback-pohjaisia ohjelmia älypuhelimille. Yhteisöt jotka olisivat rakennettu sosiaalisen median päälle käyttäen pilvipalveluissa tapahtuvaa laskentaa (*cloud computing*) tukisi toinen toistaan ja heidän meditaatioharjoitettaan. Samoin ohjelmat voisivat myös huomata viikkojen tai vuosien ajan tapahtuvat muutokset joista henkilö ei ole tietoinenkaan ja siten kannustaa ja auttaa harjoituksessa.

Jeremy (2014) mukaan neuroplastisuus järjestelmä on tutkittu ja todettu toimivaksi. Hänen kuvailemassaan systeemissä henkilö tuijottaa aivoista mitattua alfa-aaltojen voimakkuuden palautetta näytöltä. Ros et al. (2013) olivat teettäneet vastaavanlaisella systeemillä kokeen henkilöillä ja huomanneet, että systeemin käytöstä seurasi mielen harhailun väheneminen. Systeemissä henkilöt saivat palkinnon, kun heidän alfaaajuutensa voimakkuus väheni. Tässä kokeessa kontrolliryhmä sai valedataa näytölle oikeiden EEG:stä saadun palautteen sijaan. Lopuksi keskittymiskykyä mitattiin testillä ja huomattiin, että neuroplastisuusterapian saaneet suoriutuivat paremmin.

Jeremy (2014) kuvaa tämän kaltaisilla systeemeillä olevan monia muitakin käyttökohteita. Jeremy (2014) mukaan Papageorgiou et al. (2013) olivat löytäneet, että tällaisella systeemillä harjoittaminen puhdisti aivoaaltoja siten, että ne tuottivat puhtaampaa signaalia ja vähemmän häiriöitä. Ros et al. (2009) testasi myös kirurgeilla

tätä systeemiä ja huomasi, että kirurgit pystyivät tarkempaan ja 26% nopeampaan työskentelyyn. Lisäksi Jeremy (2014) mukaan neuroplastisuusterapian havaittiin muuttavan traumaperäisen stressihäiriön (PTSD) pohjalla olevia tuntemuksia. Jeremy (2014) mukaan Kleutsch et al. (2013) ovat huomanneet, että neuroplastisuusterapiasta on löydetty apua esimerkiksi lapsuuden aikaisesta raiskauksessa hyväksikäytetyille. Jeremy (2014) mukaan NASA on myös kouluttanut tällä systeemillä astronautteja. Lisäksi hän kertoo, että Raymond et al. (2005) ovat myös huomanneet, että tanssijoille ennen tanssimista annettu neuroplastisuusterapia auttoi huomattavasti. Tässä oli myös kontrolliryhmä mukana ja tuomarit eivät tienneet kumpi oli kumpi. Jeremy (2014) mukaan vastaavaa systeemiä voisi pitää myös meditaation muotona.

Rubik (2011) oli tehnyt tutkimuksen, missä koehenkilöt yrittivät lisätä gamma-aaltojen voimakkuutta neuroplastisuusterapian avulla. Kokeessa huomattiin, että meditointia harrastavat henkilöt sekä henkilöt, jotka eivät harrastaneet meditointia, pystyivät tuottamaan otsalohkon alueelta gamma-aaltoja neuroplastisuusterapialla. Rubik (2011) järjestämässä kokeessa oli 12 koehenkilöä, joista puolet oli edistyneitä transendenttisen meditaation harjoittajia ja toinen puoli toimi kontrolliryhmänä ilman edistynyttä meditaatioharjoittelun taustaa. Kokeessa käytettiin Neureka! -ohjelmaa, mikä osasi suodattaa gamma-aalloista pois lihasten kuten silmien ja kasvojen lihasten tekemät häiriötekijät. Tämä on monesti ollut ongelmana gamma-aaltojen nauhoittamisessa, että häiriötekijöinä ovat lihasten tuomat häiriösignaalit, jotka sijoittuvat myös gamma-aaltojen taajuudelle.

Rubik (2011) kokeessa koehenkilöt saivat gamma-aaltojen voimakkuuden palautteen erilaisina graafisina tai äänellisinä esityksinä kuten vaihtelevan äänen taajuuden tai nousevan graafisen palkin muodossa, mikä reagoi gamma-aaltojen voimakkuuteen. Koehenkilöitä pyydettiin nostamaan palautteen avulla gamma-aaltojen voimakkuutta. Koehenkilöiltä kysyttiin myös minkälaisiin kokemuksiin lisääntyneet gamma-aallot olivat yhdistettävissä ja kaikki vastaukset olivat positiivisia tuntemuksia ja osa myös kuvasi kokemusta spirituaaliseksi. Tätä esittää myös tarkemmin kuva 6 alakohdassa 3.3.5. Kokeessa huomattiin myös, että meditoinnissa edistyneet pystyivät lisäämään gamma-aaltoja viisi kertaa enemmän kuin meditointia harjoittamattomat koehenkilöt. Koska gamma-aaltojen voimakkuuden kasvu voi liittyä meditaatiotilaan kuten Cahn

ja Polich (2006) mukaan Lutz et al. (2004) sekä Lutz et al. (2003) olivat maininneet, on tämä varsin hyödyllinen löydös.

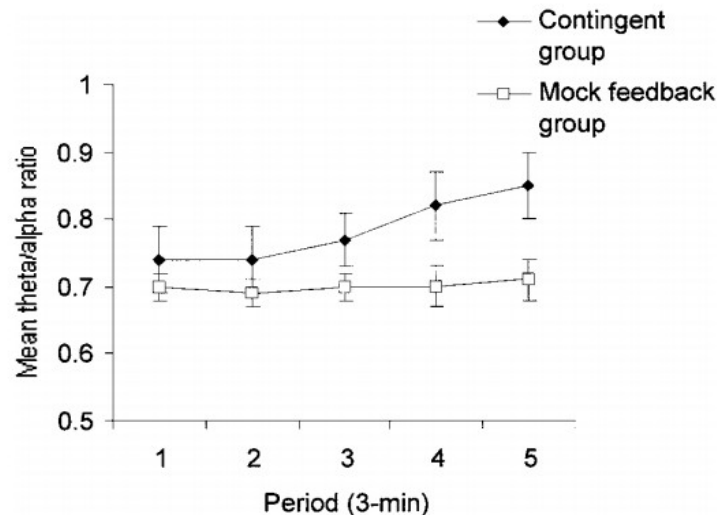
Egner et al. (2002) oli tehnyt kokeen a/t -neuroplastisuusterapia menetelmän testaamiseksi. A/t -menetelmä tulee sanoista alfa/theta- neuroplastisuusterapian menetelmä. Tätä menetelmää kuvataan rentoutumisterapiaksi, millä pyritään voimistamaan alfa- ja theta-taajuuksalueiden voimakkuutta. Egner et al. (2002) mukaan Peniston ja Kulkosky (1989, 1990) sekä Saxby ja Peniston (1998) ovat saaneet kyseisestä menetelmästä kliinisesti hyötyä alkoholismin hoitamisessa. Lisäksi Egner et al. (2002) mukaan myös Peniston ja Kulkosky (1991) sekä Peniston et al. (1993) ovat myös löytäneet siitä apua trauman jälkeisen stressihäiriön hoitamiseen.

Egner et al. (2002) mukaan tekniikan idea juontaa juurensa alfa-aaltojen yhdistämisestä muun muassa rentoutumiseen, alkoholin nauttimisen jälkeiseen alfa-aaltojen voimistumiseen sekä theta-aaltojen yhdistämisestä meditaativiin tiloihin. Koska tekniikan nimi on a/t, tulee siitä mieleen väistämättä, että alfa-aaltoja lisätään enemmän kuin theta-aaltoja, mutta tässä kokeessa pyrittiin nimenomaan lisäämään thetan suhdannetta alfaan ja siten kokeessa puhutaan t/a-suhdeluvusta. Tämän harjoituksen tarkempi tarkoitus on harjoittaa henkilöä lisäämään theta-aaltojen voimakkuutta enemmän kuin alfa-aaltojen voimakkuutta henkilön kuitenkaan nukahtamatta. Tähtöteenä on tuottaa meditaatiota tai näennäisesti hypnagogiaa muistuttava tila. Wikipedia (2014b) mukaan hypnagogia on tila, missä mielentila on siirtymässä valvetilasta unitilaan. Tähän tilaan myös yhdistetään hallusinaatiot, selkounet sekä uni halvaukset. Egner et al. (2002) mukaan tähän tilaan a/t-menetelmää käyttäen pyrkiessä henkilö sulkee silmänsä istunnon alussa ja aivot näyttävät kuvannassa korkea taajuisia alfa-aaltoja. Myöhemmin, kun henkilö alkaa nukahtamaan alfa-aaltojen toiminta vähenee ja theta-aaltojen (ja delta-aaltojen) aktiivisuus tulee enemmän merkitseväksi. Tämä piste, missä theta-aallot kasvavat alfa-aaltojen voimakkuutta suuremmaksi yhdistetään yleensä tietoisuuden häviämiseen ja univaihe I alkamiseen. Siten tämä kyseinen a/t -feedback harjoitus pyrki harjoittamaan henkilöä tietoisesti astumaan sisään mielentilaan, mikä olisi normaalisti tiedostomaton tila. Näin ollen onnistunut harjoitus kyseisessä a/t -sessiossa tarkoittaa todellista lisääntymistä theta/alfa (t/a) suhdeluvussa. Samoin toistetun harjoittelun oletetaan lisäävän tätä t/a -suhdelukua harjoittelun ulkopuolella sekä myös helpottavan harjoittelun sujumista.

Koska monesti henkilöillä, jotka ovat nukahtamassa voidaan kuvata vastaavia EEG-tiloja ja siten leporiippu ei ollut hyvä vertailukohde. Siten tässä Egner et al. (2002) ottivat ratkaisuksi vertailuryhmän, joka sai oikean palautteen sijasta aikaisemmin nauhoitetun session EEG-dataa eikä siten varsinaista leporiippua käytetty vertailuun. Kokeessa oli 18 koehenkilöä, joista kuusi oli naisia ja 12 miehiä. Näiden ikä oli keskimäärin 23,1 vuotta. Mitattava alue EEG:lle oli päälaen ja takaraivon välinen alue (PZ). Vertailukohdaksi (*baseline*) EEG-datalle nauhoitettiin aluksi koehenkilöiden pitäessä silmiä kiinni kahden minuutin ajan nauhoite ilman neuroplastisuusterapia-palautetta.

Itse neuroplastisuusterapian palaute koostui alfa- ja theta-taajuuden voimakkuuksiin liitetystä taustäänistä sekä palkintoäänistä. Tarkemmin alfa-kanavan suhteellinen kasvu tuotti solisevan puron ääntä ja kun se meni yli palkintoa merkitsevän kynnyksarvon, soitettiin korkea gongi-ääni. Theta-kanavan suhteellinen kasvu esitettiin meren aaltojen äänenä taustalla ja sen mennessä yli palkintoa merkitsevän kynnyksarvon soitettiin matala gongi-ääni. Egner (2014) mukaan tässä suhteellisen kanavan voimakkuuden kasvu tarkoittaa sitä, että vain toinen kanava voi olla soimassa kerralla eikä molemmat yhtä aikaa. Aina suuremman suhteellisen voimakkuuden omaava kanava on äänessä. Tämä siis tulee t/a -suhdeluvusta. Lisäksi jokaisen session aikana kokeen valvoja pyrki asettamaan identtiset kynnyksarvot palkinnoille siten, että kanavien arvot olisivat minimissään 30% ja maksimissaan 65% ajasta yli kynnyksarvon. Kuulokkeiden voimakkuus säädettiin henkilöiden mieltymyksen mukaan. Kokeessa koehenkilöitä pyydettiin rentoutumaan syvästi, mutta välttämään nukahtamista. Koetta toistettiin viiden session verran ja kahdesta kolmeen kertaan per viikko. Koe oli lähes samana aikana samalle koehenkilölle ja session kesto oli 15 minuuttia.

Kokeesta kerättiin kysymyksiä ennen ja jälkeen esimerkiksi liittyen rentoutuneisuuteen tai jännitykseen. Analysoinnissa verrattiin valedatan ja oikean datan saaneiden theta/alfa-aaltojen voimakkuuden suhdannetta. Tuloksista voitiin huomata, että oikeaa dataa saaneiden t/a-suhdeluku oli korkeampi, kuin valedataa saaneilla. Tätä esittää kuva 8. Lisäksi jokaisen session jälkeen tämä luku parani edelliseen sessioon nähden.



Kuva 8.

Theta/alfa-taajuuden voimakkuutta kuvaavan suhdeluvun selkeä kasvu verrattuna valedataa saaneille neuroplastisuus terapian kokeessa (Egner et al., 2002)

Neuroplastisuus terapiaa voi myös yhdistää muihin tekniikoihin kuten esimerkiksi brainwave entrainment:iin. Tällaisen toteutuksen on tehnyt muun muassa Transparent Corporation (2014) Neuro Programmer 3 -ohjelmassa. Ohjelma soittaa kuulijalle esimerkiksi binaural beat:ia ja samalla luetusta EEG:stä havainnoidaan taajuudet, joihin henkilö reagoi tehokkaimmin. Transparent Corporation (2014) kuvaa tätä bio-optimoinniksi (*BioOptimization*). Tämä tukee monia laitteita.

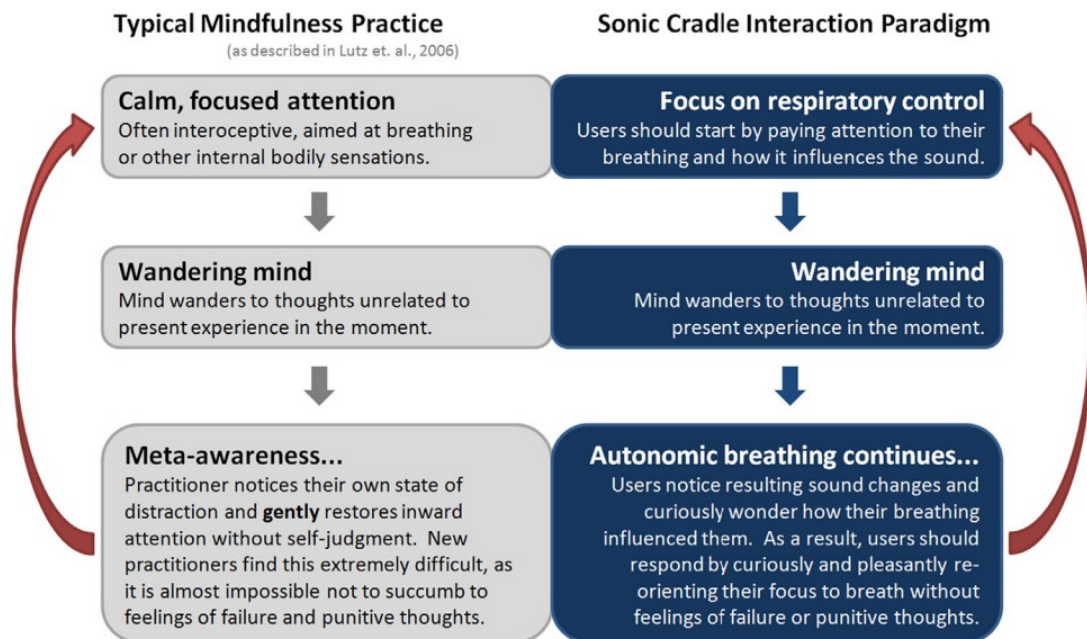
4.4.2 Hengitys syötteenä

Hengitys on hyvin oleellinen meditaation kannalta kuten totesimme jo ensimmäisessä luvussa, että varhaiset tekstit liittyen meditaatioon opettavat myös tietynlaista hengitystä. Kuvailen tässä alakohdassa, miten hengitystä mittaava laite on yhdistetty äänipalautteeseen ja tällä tavoin on luotu systeemi, mikä pyrkii tuomaan ensikertalaiselle mindfulness-tilaa muistuttavan kokemuksen.

Vidyarthi ja Riecke (2014) olivat tehneet laitteen nimeltä Sonic Cradle. Laitteeseen oli yhdistetty biopalaute-sensorit, mitkä antoivat palautetta henkilölle siitä, miten hänen hengitys muokkaa kaiuttimista tulevaa ääntä.

Kehittyneillä mindfulness-meditoijilla on kyky palauttaa karannut keskittyminen tuomitsematta. Tätä samaa pyrittiin tuomaan ensikertalaiselle tämän laitteen avulla. Vaikka henkilön keskittyminen harhailisi, laite luo äänimaiseman autonomisen hen-

gityksen mukaan ja henkilön keskittyminen palautuu siten yhä uudestaan ympäristön palautteesta. Näin henkilön mielenkiinto palautuu siihen, miten hengitys muokkaa äänimaisemaa. Systeemin tarkoituksena on myös opettaa näin, kuinka palauttaa keskittyminen arkipäivän elämässä. Tätä sykliä havainnollistaa kuva 9.



Kuva 9. Normaalin mindfulness-harjoituksen mielen vaeltamisen syklin vertaaminen Sonic Cradle -systeemin oletettuun sykliin (Vidyarthi ja Riecke, 2014)

Systeemin äänet vaihtelivat ihmisen äänestä soittimien ja luonnon ääniin. Binaural beat:tia tai muuta brainwave entrainment:in muotoa ei käytetty. Systeemi pyrki mallintamaan, mitä on kehittynyt mindfulness. Tässä kokeessa ei edes pyydetty varsinaisesti keskittymään pois harhailevista ajatuksista, vaan luonnollisesti keskittyminen on äänessä. Systeemissä oli aktivoitumisaika palkintoäänelle. Uloshengityksen aikana kuuluu kumuavaa ääntä ja kun tietty aikaraja on saavutettu, soitetaan soittokellon ääni ja soitetaan seuraava ääni seuraavasta kaiuttimesta (4.1 äänijärjestelmä). Jokainen onnistunut kynnyksen saavuttaminen kasvattaa seuraavaa palkintokynnykseen vaadittavaa hengityksen aikaa. Systeemissä oli myös erikoissääntöjä. Jos hengittää 2.5 sekunnin hengityksiä neljä kertaa, ääni hiljennetään ja palataan edelliseen kohtaan. Tämä on miinus piste. Jokainen kolme edistysaskelta lyhentää miinus pisteen tuloa yhdellä toistolla esim. seuraavaksi kolme kertaa 2.5 sekuntia riittäisi. Maksimipitkä sisäänhengitys muuttaa viimeksi valitun äänen noin 50 Hz taajuudelle ja maksimipitkä uloshengitys muuttaa tämän äänen noin 1950 Hz taajuudelle. Pitempi kokonais-

hengitys eli sisään ja uloshengityksen yhteenlaskettu aika muuttaa äänen tuntumaa laajemmaksi. Huone tuntuu siten isommalta. Vatsahengitys luo suuremman äänen voimakkuuden. Koe loppuu ja tulee hiljaisuus 15 minuutin kohdalla.

Tämän kokeilun tuloksina Vidyarthi ja Riecke (2014) huomasivat, että systeemi oli erittäin rentouttava ja samalla energisoiva. Ihmiset vertasivat kokemusta esimerkiksi tähtien katseluun, pyöräilyyn, hallusinogeeneihin, aistineutraloivaan tankkiin ja hierontaan. Yksi henkilö kertoi kokemuksistaan, että tuntui kuin olisi äänialtaassa, missä voi kontrolloida ympäröivää vesimassaa. Monet kokivat egotonta tilaa, missä ei ollut tarvetta ajatella tai pyrkiä mihinkään. Jotkut näkivät hallusinaatioita ja melkein synestesiaa. Ihmiset kiintyivät laitteeseen ja halusivat kotiinkin sellaisen. Monilla myös kehon tuntemukset muuttuivat. He tunsivat kellumista, keinumista jne. Monet kokivat sisäisen narraattorin hiljenemisen tai katoamisen myös. Monet myös kuvailivat muuntunutta ajantajua, unen omaista tilaa ja positiivisia tuntemuksia. Ennestään meditoineet kuvasivat kokemusta meditoimiseksi. Jotkut ei ennestään meditoineet kuvasivat kokemusta kuin šamaaniseksi matkaksi, missä tulivat menneeksi lävitse ei-miellyttävistä asioista ja jälkeenpäin tuli rauhallinen seesteinen tila. Vidyarthi ja Riecke (2014) toteaa, että äänissä olisi ehkä pitänyt olla aggressiivisempia ääniä muistuttamaan buddhista traditiota, missä myös pyritään kamppailemaan liikarentoutumista (*dullnes*) vastaan.

5 Meditaatiota avustavan järjestelmän rakentaminen

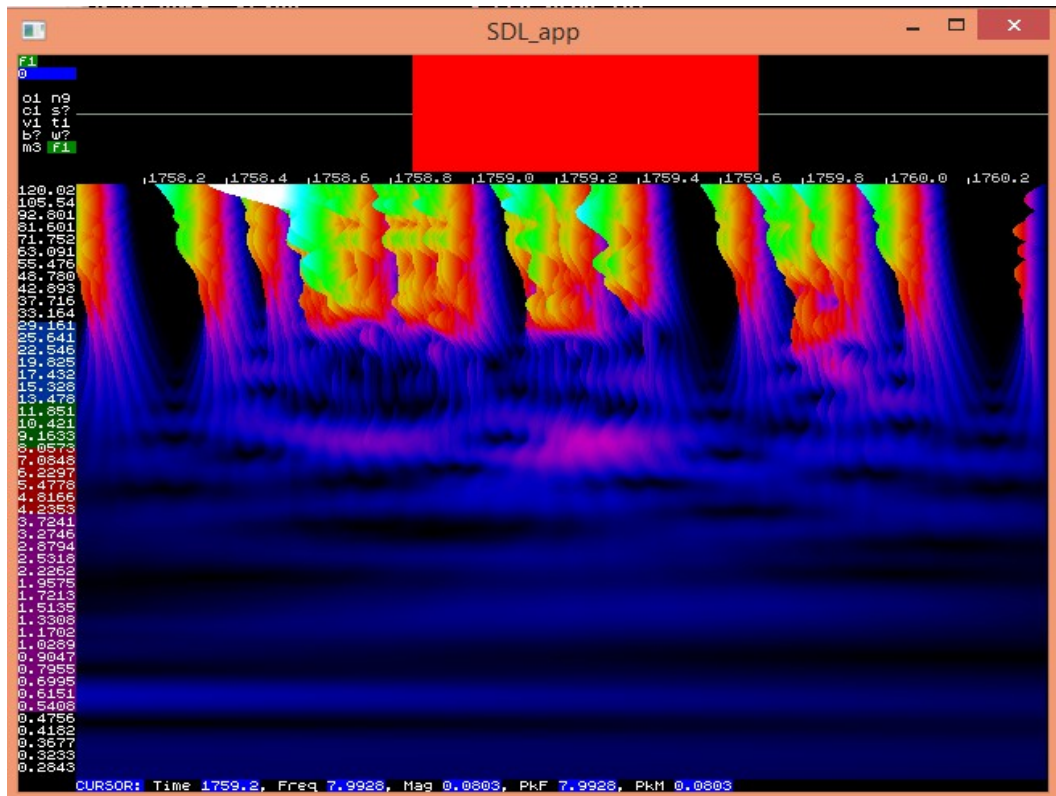
Tässä luvussa kuvailen erästä mahdollista järjestelmää, millä meditaatiota voidaan avustaa. Valitsin teknologiaksi neuroplastisuusterapian. Siten systeemi reagoi henkilön EEG:hen ja ohjaa istuntoa hyvin pienen viiveen omaavalla äänipalautteella. Pyrin tällä kokeellisella järjestelmällä testaamaan pystyykö harrastelijatason laitteesta rakentamaan toimivan neuroplastisuusterapia -järjestelmän. Lisäksi pyrin selvittämään kokeellisesti syntyykö istunnon aikana myös meditaatioon yhdistettäviin parametreihin kuten sisäisen dialogin hiljenemiseen jai rauhallisuuden tunteeseen muutoksia. Kohta 5.1 kuvailee tarkemmin laitevalintaa, kohta 5.2 kuvailee järjestelmän toimintaperiaatteita sekä kohta 5.3 sisältää tietoa kokeesta, jonka tein järjestelmälle.

5.1 EEG:tä lukevan laitteen valinta

EEG-datan tietokoneelle saatavaksi on olemassa monia ratkaisuja. Tarkimmat ja erittäin kalliit laitteet olivat tässä tapauksessa suljettu pois, mutta valikoimaani on kertynyt tästä huolimatta joukko potentiaalisia laitteita saataville. Kuvaan tässä kohdassa näitä erilaisia laitteita joihin olen tutustunut. Lisäksi kuvaan miksi valintani on kohdistunut tiettyyn laitteeseen tätä käyttökohdetta varten. Tämä ei ole varsinaisesti laitevertailu vaan enemmänkin kuvaus projektin laitevalinnasta.

Olimex EEG-SMT pohjautuu OpenEEG-vapaanlähdekoodin projektiin, joka on tarkoitettu vaihtoehdoksi harrastelijamieliseen EEG-datan hyödyntämiseen. Olimexin laitteeseen tulee kiinni viisi johtoa. Näistä neljä muodostavat kaksi kanavaa aktiivisilla elektrodeilla ja viimeinen johdin on tarkoitettu passiiviselle elektrodille. Passiivinen elektrodi sijoitetaan korvaan referenssiksi ja muut elektrodit tulevat vapaasti sijoitettavaksi tarkasteltaville kohteille. OpenEEG-projektin sivuilta on valittavissa jonkun verran jo valmiita ohjelmia jotka tukevat laitetta. Näitä ohjelmia ovat erilaiset neuroplastisuusterapia- ja datan tallennus -ohjelmat. Osa näistä on maksullisia ja osa ilmaisia.

Olimex:in EEG-SMT:n asentaminen ja toimimaan laittaminen onnistui Olimexin ohjeita seuraamalla. Laite ei kuitenkaan toimi kaikilla tietokoneilla. Yksi ongelma myös EEG-SMT:ssä on joskus korkeiden taajuuksien häiriösignaalit. Tämän voi havaita esimerkiksi, kun data tuotiin catEEG-ohjelmalla EEG-SMT -laitteesta ja siirrettiin BWView-ohjelmaan näkyväksi. Tätä tilannetta esittää kuva 10.



Kuva 10. BWView-ohjelman tuloste EEG-SMT -laitteesta (Sanio, 2014)

EEG-SMT -laitteen signaalista saatua dataa voi kuitenkin hyödyntää, koska meditaation kannalta tarkasteltavat taajuuudet jäävät alle 50 Hz. Valitsin tähän projektiin tämän laitteen. Kuvailen tarkemmin algoritmeja ja ohjelmallisia ratkaisuja datan erittämiseksi ja hyödyntämiseksi myöhemmin alakohdassa 5.2.2.

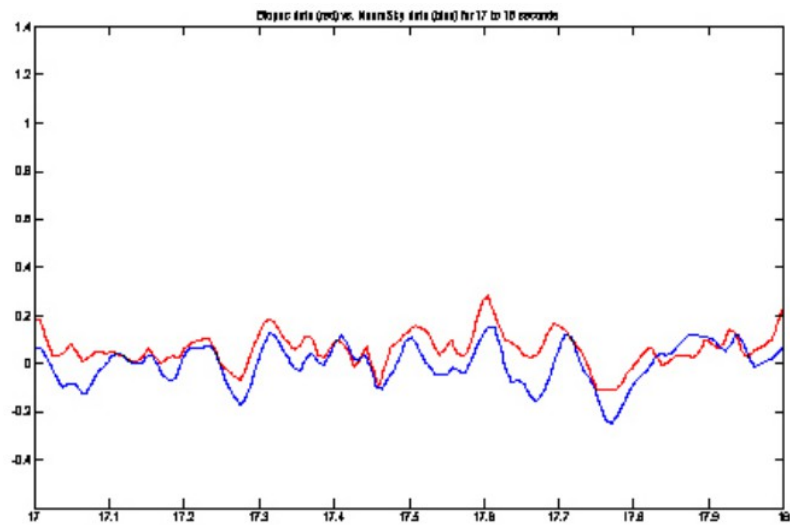
Toinen laite, mitä tarkastelin tämän projektin tarkoitukseen on Emotiv Epoc. Tätä esittää kuva 11. Emotiv Epoc on langattomasti toimiva kokonaisuus. Emotiv.com (2014) mukaan se käyttää sarjaa sensoreita jotka tulkitsevat sähköisiä signaaleja käyttäjän aivoista joita taas käytetään esimerkiksi tulkitsemaan henkilön ajatuksia, tunteita ja ilmauksia. Duvinage et al. (2013) olivat vertailleet Emotiv Epoc:ia P300 järjestelmässä ja huomanneet sen olevan tyydyttävä toiminnaltaan esimerkiksi pelaamiseen ja vähemmän kriittisiin käyttökohteisiin. Sen sijaan esimerkiksi proteesien kontrolloimiseen tai kuntouttamiseen sen tarkkuus ei Duvinage et al. (2013) mu-

kaan riitä. Tarkastellessani Emotiv Epoc:in kehitykseen tarkoitettua manuaalia huomasin, että kehittäjä voi saada rajapinnasta suhteellisen helposti teoriassa taltioitua kaikkien kanavien raakadatan. Mutta laitteen asettaminen on hieman työlästä. Sensorit eivät ole niin sanottuja kuivasensoreita vaan sen sijaan jokaiseen sensoriin tulee asettaa saliniliuosta. Myöskään sensorien paikkaa ei voi kontrolloida vapaasti vaikkakin ne kattavat hyvin laajalti alueita päästä.

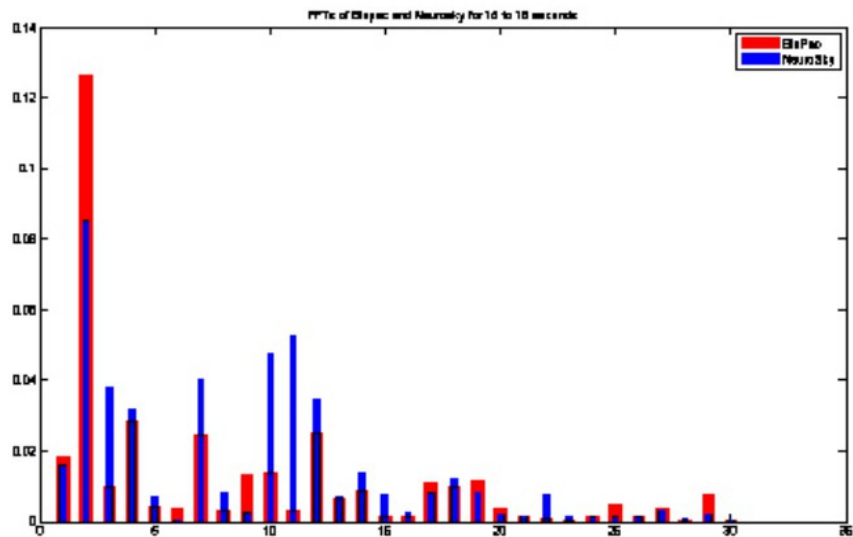


Kuva 11. Emotiv Epoc (Emotiv.com, 2014)

Neuro Sky MindWave on myös yksi laitteista, mitä tarkastelen tässä nyt. MindWave-laitetta olen käyttänyt jo muutamassa edellisessä projektissa joten laite on tuttu minulle. Samoin sen kehitykseen käyttöönotto. Laitteessa on vain yksi sensori, minkä on tarkoitus vastaanottaa dataa otsalohkon alueelta (*FPI*) sekä korvaan asetettava referenssiinnike. MindWave:n kehitystyökaluista löytyy rajapinta suodatetun ja käsitellyn datan haltuunottamiseksi. Rajapinnasta löytyy muun muassa raakadata sekä eri taajuusalueiden voimakkuudet valmiina. Neuro Sky Inc (2009) mukaan heidän laitteensa tarkkuus on hyvin lähellä lääketieteellisten laitteiden tarkkuutta, mitä esittää kuva 12 ja 13.



Kuva 12. Biopac -systeemin antaman signaalin vertailu NeuroSky:n laitteen signaaliin (NeuroSky, 2009)



Kuva 13. Biopac -systeemin antaman signaalin spektrin voimakkuuksien vertailu NeuroSky:n laitteen vastaavaan (NeuroSky, 2009)

MindWaven hyviin puoliin kuuluu sen edullisuus ja helppo käyttöönotto. Siten tämän työkalun varaan rakennettu toimiva systeemi olisi myös toteutuskelpoinen suuremmalle joukolle meditoinnista kiinnostuneita ihmisiä. Valitsin jättää tämän laitteen rajapinnan myös käyttöön tähän ohjelmaan, mutta en varsinaisesti käytä tätä laitetta systeemin kokeilussa tällä kertaa.

5.2 Järjestelmän kuvaus

Tämä kohta kuvailee tarkemmin, minkälaisen järjestelmän rakensin meditaatiota avustamaan sekä työkalut ja lähteet joita siihen hyödynsin. alakohta 5.2.1 kuvailee järjestelmän toimintaperiaatteista, alakohta 5.2.2 kuvailee EEG-laitteen käyttöön-otosta ja datankeruusta, alakohta 5.2.3 kuvailee järjestelmän käyttämistä algoritmeista, alakohta 5.2.4 kuvailee järjestelmän äänien suunnittelusta sekä alakohta 5.2.5 kuvailee systeemin käyttöönotosta lyhyesti.

5.2.1 Järjestelmän toimintaperiaate

Tarkoitukseni oli rakentaa systeemi pohjautuen tämän tutkielman aiheeseen. Systeemin tarkoitus on siten avustaa meditaatiota pääsääntöisesti aivosähkökäyrän perusteella. Järjestelmä antaa siis reaaliaikaista palautetta henkilön EEG:stä ja reagoi tähän äänipalautteella. Tämä on siten neuroplastisuusterapia -systeemi.

Pääsääntöinen ohjelmointikieli järjestelmän kehittämiseen oli C++. Varsinainen ohjelma antaa mahdollisuuden valita session tyypin, keston ja paljon muita lisäasetuksia käyttäjän niin halutessaan. Käynnistämisen jälkeen se mukautuu henkilön EEG-laitteesta saatuun dataan ja ohjaa sessiota äänipalautteella sekä tallentaa tulokset.

Järjestelmän peruseriaate on sama kuin monissa muissa neuroplastisuusterapian periaatteita hyödyntävissä järjestelmissä, missä toivotun kaltainen aivotoiminta antaa käyttäjälle positiivista palautetta ja ohjaa siten oikeaan suuntaan. Näitä ovat esimerkiksi Rubik (2011) järjestämä kokeellinen asetelma, missä koehenkilöt lisäävät gamma-aaltojen voimakkuutta voimistuvan tai äänen korkeutta muuttavan äänipalautteen avulla tai Egner et al. (2002) a/t neuroplastisuus terapia -järjestelmän toiminta, missä henkilölle soitetaan voimistuvaa taustaääntä aivoista saadun alfa- tai theta-taajuuden voimakkuuden suhteen. Siten palaute, mitä henkilö saa aivosähkökäyrästä tulee olla suhteellisen reaaliaikaista palautetta aivosähkökäyrän spektrin tietyistä taajuuksalueista.

Päätin ottaa käyttöön tähän järjestelmään kaksi toimintaperiaatetta, joista toinen on samankaltainen kuin Rubik (2011) kuvaamassa koeasettelussa. Tämä toimintaperiaate voimistaa äänipalautetta, kun henkilön gamma-aaltojen voimakkuus kasvaa suh-

teellisesti. Tämä on siten gamma-aaltoja voimistavaa neuroplastisuusterapiaa. Tätä päätöstä tukivat Rubik (2011) hyvät tulokset sekä gamma-aaltojen voimistumisen yhdistäminen meditaation tilaan sekä myös se, että gamma-aaltojen voimistuminen tapahtuu nimenomaan Cahn ja Polich (2006) mukaan otsalohkon oikeanpuoleisella alueella meditoidessa. Siten sensoreiden paikan voi sijoittaa otsalle, missä hiukset eivät ole tiellä. Toisaalta tässä toteutetussa järjestelmässä on erilaista Rubik (2011) asetelmaan se, että tästä järjestelmästä puuttuu vastaava lihasten häiriösignaalien aiheuttama suodatus. Tämän uskon olevan vähäistä tässä asetelmassa, missä henkilöt meditoivat silmät suljettuina paikallaan ja siten lihasten aiheuttamat häiriötekijät ovat oletetusti vähäisiä. Varsinainen äänipalaute koostuu luonnollisista äänistä kuten meren aalloista, vesilähteestä ja muista, mitä kuvaan tarkemmin alakohdassa 5.2.4. Lisäsin myös tähän toimintaperiaatteeseen gamma-taajuudella olevan monaural beat'in, mikä reagoi taustäänen tavoin vaihtaen äänen voimakkuuden tasoa henkilön gamma-aaltojen voimakkuuden mukaan, mistä myös tarkemmin alakohdassa 5.2.4. Lisäksi henkilö saa myös äänipalkintoja suotuisasta aivotoiminnasta ja äänimaiseman vaihtelua, mitä kuvaan tarkemmin alakohdassa 5.2.3 järjestelmän algoritmien kuvauksen yhtedessä.

Toinen toimintaperiaate, minkä päätin ottaa käyttöön järjestelmään on a/t- tai tarkemmin t/a- neuroplastisuusterapian toimintaperiaate, mitä on käyttänyt muun muassa Egner et al. (2002). Tämä tekniikka toimii siten, että henkilölle soitetaan yhtä ääntä kerrallaan. Esimerkiksi joko meren aaltoja tai puron kohinaa. Näistä toinen ääni yhdistetään theta-aaltojen voimistumiseen ja toinen alfa-aaltojen voimistumiseen. Suhteellisesti voimakkaamman arvon omaavan kanavan ääni voimistetaan henkilön kuultavaksi. Tällä periaatteella pyritään luomaan hypnagoginen tila, millä on lukuisia suotuisia vaikutuksia Egner et al. (2002) mukaan. Lisäksi menetelmässä keskitytään antamaan henkilölle palautetta alfa1-taajuusalueesta, mikä yhdistetään tarkemmin keskittymiseen. Samoin henkilölle annetaan palautetta ja mahdollisuutta tiedostaa alfa-aaltojen toimintaa, mikä yhdistetään yleisesti meditaation tilaan monesti Wang et al. (2011) ja Cahn ja Polich (2006) mukaan. Samoin theta-aaltojen voimistuminen on liitettävissä meditaation tilaan muun muassa Cahn ja Polich (2006) ja Lagopoulos et al. (2009) mukaan. Tässä toimintaperiaatteessa on suotuisaa theta-aaltojen voimistuminen alfa-aaltoihin nähden. Etenkin istunnon loppuvaiheessa theta-aaltojen tulisi voimistua henkilön lähestyessä nukahtamista tai syvempää meditaation tilaa. Lisäsin

myös tähän toimintaperiaatteeseen vaihtuvat äänimaisemat, äänipalkinnot sekä theta-taajuden (7 Hz) binaural beat:in, joista tarkemmin alakohdassa 5.2.3 ja 5.2.4. Äänipalkinnot kuuluivat myös Egner et al. (2002) käyttämään vastaavaan asetelmaan.

Järjestelmä paitsi ohjaa henkilöä meditaation tilaa tukevaan aivosähköiseen toimintaan, se myös toisaalta pyrkii palauttamaan henkilön mielen harhailulta antamalla palautetta epäsuotuisasta aivotoiminnasta. Tämä on siten myös hieman rinnastettavissa Vidyarthi ja Riecke (2014) tekemään Sonic Cradle -systeemiin, missä henkilön mielenharhailu aiheuttaa kehossa muutoksia eli hengityksessä ja tästä henkilö saa äänipalautetta, mikä palauttaa keskittymisen tilanteeseen. Samoin aivojen sähköisestä toiminnasta saatu palaute voi palauttaa henkilön keskittymistä ja herättää mielenkiintoa. Siten tällä henkilön mielenkiinnon herättävällä palautteella pyritään väistämään tuomitsevaa asennoitumista mielenharhailuun ja siten lisäämään mindfulness:ia.

Järjestelmään on lisätty myös palkintoäänet ja vaihtuvat äänimaisemat, mitkä pyrkivät toisaalta kamppailemaan Vidyarthi ja Riecke (2014) mainitsemaa liikarentoutumista tai kyllästymistä (*dullness*) vastaan. Varsinaisesti aggressiivisia ääniä tähän järjestelmään ei ole lisätty.

5.2.2 EEG-laitteen käyttöönottoaminen ja datan keruu

Laitteesta tullut data täytyy eritellä virtuaalisesta sarjaportista tulleista paketeista. Lisäksi data on käsiteltävä, että siitä saadaan reaaliaikainen taajuusalueiden voimakkuuden ilmaiseva taulukko ohjelman käyttöön. Jotta laite voisi antaa jotain lukemia, täytyi se myös saada asetettua henkilön päähän hyvin ja siten sille oli tehtävä jokin päähine. Kuvailen tässä alakohdassa tarkemmin näitä toimenpiteitä.

Laitteesta tullut data kerätään talteen kahteen kokonaisluku-tilaan, mitkä kuvaavat kahden eri kanavan raakadatan tallennetta. Tämä raakadata tulee noin 256 pakettia per sekunti, mutta tästä jää yleensä puuttumaan muutamia paketteja. Pakettin rakenne on seuraava:

```
uint8_t sync0; // Synkronisaatiotavu
uint8_t sync1; // Aina 90
uint8_t version;
uint8_t count; // Paketin numero
```

```
uint16_t data[6]; // Kanavien data.
uint8_t switches;
```

Itse data-taulu sisältää vain kahden kanavan datan vaikkakin siihen on varattu enemmän. Kanavan kokonaisluku on lisäksi jaettu ala- ja ylätavuun siten, että varsinainen hyötytieto saadaan kaavalla, missä yhdistetään ala- ja ylätavut:

```
int chanval = chanhigh * 256 + chanlow;
```

Lisäksi jokaisen sekunnin jälkeen lasketaan edellisen sekunnin aikana tulleiden pakettien muodostama fourier'n muunnos spektri-datan saamiseksi. Tätä varten käytin olemassa olevaa FFTW -kirjastoa seuraavasti:

```
fftw_plan p; // Suunnitelman alustus
p = fftw_plan_r2r_1d(rawSampleSize, in, out,
    FFTW_R2HC, FFTW_ESTIMATE);
..
fftw_execute(p); // Tämä toteutetaan joka sekuntti
```

In -taulu sisältää raaka-datasta luodun taulun sekä out-taulu on aina FFTW:n luoma tulos spektristä. `rawSampleSize` on tässä tapauksessa luku 256, mikä kuvaa jokaisen sekunnin aikana tullutta näytteen kokoa. Sama kuvaa myös näytteenottotaajuutta (*samplerate*). Jotta spektristä saisi vielä tarkemmin yksittäisen kysytyn EEG:n spektrin taajuusalueen voimakkuuden, lasketaan taajuusalueen sisään jäävien voimakkuuksien keskiarvo kyseiselle taajuusalueelle. Koska indeksit eivät yleensä suoraan vastaa hertsilukemaa taulussa, ne täytyy laskea erityisellä kaavalla tätä varten:

```
Int index = (int) (freq / (sampleRate / n));
```

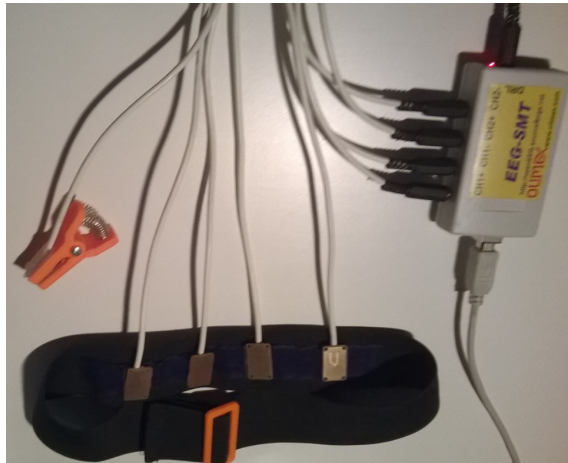
Esimerkiksi alfa-taajuusalueelle etsittäessä indeksien lukemia syötetään funktiolle taajuudeksi (*freq*) 8.0 – 15.0 Hz. Käyttäen näytteenoton kokoa (*sampleRate*) 256 ja taulun kokoa (*n*) 256. Tässä tapauksessa kysytty taajuus on kuitenkin aina sama kuin taulun indeksi kokonaislukuna. Sillä funktio palauttaa takaisin taajuuden arvon (*freq*) näytteenoton koon ja taulun koon ollessa 256, koska $freq/(256/256)=freq/1$ ja $freq/1 = freq$. Siten taulun indeksit esimerkiksi alfa-taajuusalueelle ovat 8 - 15. Näin ollen esimerkiksi alfa-taajuuden keskiarvoiseksi voimakkuudeksi tallennetaan indek-

sien 7 - 16 väliin jäävien out-taulun alkioden keskiarvo. Lopuksi saatu voimakkuus jaetaan oletetulla maksimiampplitudilla 2000 ja otetaan siitä itseisarvo. Siten lopputulokseksi saadaan kanavan voimakkuudelle liukulukuarvo väliltä 0-1, mitä voi käyttää myöhemmin ohjelman toiminnassa sujuvasti. Lisäksi koska näistä kanavista muodostuu kaksi spektriä kahdesta erillisestä kanavasta, ne yhdistetään myöhemmin ohjelman käytössä yhdeksi spektriksi. Tästä tarkemmin alakohdassa 5.2.3.

Laskennan toimivuudeksi tein myös testaamisen siniaalloilla siten, että syötin *in*-tauluun siniaaltoja eri taajuuksilla tai monia eri siniaaltoja, jotka näkyivät spektrin arvoissa toivotulla tavalla. Itse laitteesta tullut spektri kuitenkin sisältää monesti 50 Hz alueelle jäävän häiriösignaalin, mikä todennäköisesti johtuu verkkovirran luomasta vaihtosähköstä. Tämä kuitenkin ei ole haittana tässä järjestelmässä oleellisesti, sillä gamma-aaltojen taajuusalue, mikä on korkein luettu taajuusalue, on 32 - 44 Hz.

Laitteesta saadun datan tallentaminen tapahtuu siten, että raakadata tallennetaan vektoreihin, jotka tallennetaan muiden tietojen mukana tallennettuun tiedostoon. Lisäksi laitteen datasta lasketut spektrit jokaista sekuntia kohden tallennetaan muiden tietojen mukana myös siten, että niitä voi selata tai käsitellä myöhemmin.

Jotta laitteesta tullut data esittäisi luotettavasti henkilön päänahalta mitattavia arvoja, täytyy laite saada asetettua henkilön päähän pitävästi. Tätä varten EEG-SMT -laitteelle valmistettiin päähine, mikä antaa sijoittaa neljä elektrodia otsan alueelle suhteellisen vapaasti sekä korvaan tulevan kiinnikkeen referenssielektrodille. Elektrodien sijoitus täytyy tapahtua symmetrisesti tämän laitteen kohdalla siten, että - ja +- elektrodit tulevat vasemmalle ja oikealle puolen päätä symmetrisesti. Itse päähine on paksu joustava kuminauha, missä on sisäpuolella alue, mihin elektrodit kiinnitetään tarroilla. Elektrodeissa on tarrakankaan vastinosat, jotta ne voidaan sijoittaa toivotuille pakoille. Referenssielektrodi ja kuminauhan tiukkuutta säätelevä osa ovat valmistettu kolmiulotteisesti tulostamalla. Tätä kokonaisuutta esittää kuva 14.



Kuva 14. Kuva EEG-SMT -laitteelle tehdystä pannasta ja referenssielektrodin korvalle asetettavasta pidikkeestä. Suunnitellut ja tehnyt Harri Karhu (Karhu ja Sanio, 2014)

5.2.3 Järjestelmän toiminnan algoritmeja

Jotta järjestelmä osaisi soittaa palauteäänien oikealla voimakkuudella sekä määrittää palkintoäänien kynnyksen, täytyy sen mukautua henkilön yksilölliseen aivosähkökäyrän voimakkuuteen. Samoin itse kanavien voimakkuuden esittäminen täytyy tehdä hitaasti muutoksiin reagoivasti, sillä niiden arvot vaihtelevat ja hyppivät paljon. Jos tätä ei tehtäisi, olisi mahdoton soittaa ääniä pehmeästi tai saada tähän tarkoitukseen sopivaa arvoa jokaisen kanavan keskiarvoisesta voimakkuudesta.

Systeemiin tuodaan EEG:tä lukevan laitteen antamien taajuusalueiden voimakkuudet muunnettuina arvoiksi 0 - 1. Lisäksi Open-EEG eli tarkemmin EEG-SMT -laitteen tapauksessa yhdistetään kahden kanavan lukemat ja otetaan niiden keskiarvo, mihin systeemi reagoi. Tämä datan tuominen tapahtuu joka sekunti. Tästä on tarkemmin mainintaa alakohdassa 5.2.2. Tämän jälkeen jokainen kanava muutetaan liukulukuarvon omaaviksi palkeiksi 0 - 100, jotka reagoivat hitaasti tuotuihin arvoihin. Tämä on toteutettu siten, että jokaisella palkilla on oma tämän hetkinen arvo, mitä liikutetaan kohti haluttua arvoa näiden arvojen etäisyyden määrittäessä nopeutta.

$$\text{nykArvo} += (\text{haluttuArvo} - \text{nykArvo}) * 0.1d * \text{deltaAika}$$

NykArvo kuvastaa tämän hetkistä arvoa. HaluttuArvo on tässä se arvo, mikä on uusien kanavalta tuotu arvo väliltä 0 - 100. DeltaAika kuvastaa päivitysnopeutta ja

siten sitoo tämän muutoksen aikaan ja yhtä nopeaksi riippumatta tietokoneen päivitysnopeudesta. Vakiokerroin $\Theta \cdot 1$ oli havaittu sopivaksi.

Jokainen sessio alkaa kalibraatiolla, minkä keston voi määrittää asetuksista. Ennen varsinaista EEG:n kalibraatiota on kuitenkin äänen kalibraatio, mikä soittaa äänen, minkä mukaan henkilölle voidaan asettaa sopiva äänen voimakkuus. Tämän jälkeen alkaa EEG:hen keskittyvä kalibraatio, mikä etsii jokaiselle kanavalle sopivan keskiarvon aloitusarvoksi (*baseline*). Kalibraation keskiarvo on kaikkien luettujen liukulukuarvojen 0 – 100 keskiarvo kalibraation ajalta. Keskiarvo liikutetaan myös samaa kaavaa käyttäen kuin palkin nykyinen arvo siten, että se liikkuu hitaasti asetetulle paikalle. Keskiarvon pohjalta systeemi määrittää minimin ja maksimin. Minimi ja maksimi kuvastavat sitä, miten voimakas henkilön kyseisen taajuusalueen minimaalinen ja maksimaalinen arvo voi olla oletetusti. Minimi ja maksimi ovat palkkien maksimaaliseen kokonaispituuteen (100) nähden oletusarvoisesti 10% vähemmän ja 10% enemmän, kuin keskiarvo. Tämäkin on muutettavissa asetuksista. Tätä kalibraation antamaa keskiarvoa, minimejä ja maksimeja kuvastaa kuva 15.

Minimin ja maksimin välille sijoittuva arvo kuvataan systeemissä liukuluvulla 0 – 1, missä pieni arvo kuvastaa istunnon aikana pientä suhteellista voimakkuutta kyseisellä taajuusalueella esimerkiksi theta- tai alfa-taajuusalueella. Siten taas isompi lähellä 1:ä oleva luku kuvastaa voimakasta taajuusalueen amplitudia. Tätä lukua kutsun taajuusalueen palkin suhteelliseksi luvuksi. Koska meditaation aikana havaitaan monien taajuusalueiden voimakkuuksien kasvua tai laskua muun muassa Wang et al. (2011) mukaan, täytyy systeemin myös pystyä sopeutumaan tähän etenkin istunnon ollessa piempikestoinen. Siten systeemi jatkaa kalibraatiota taustalla ja reagoi tilanteeseen, missä tarkkailtavan kanavan keskiarvo on mennyt alle minimin tai yli maksimin. Tässä tilanteessa keskiarvo liikutetaan hitaasti uuden keskiarvon ja edellisen keskiarvon välille. Minimi ja maksimi siirtyvät myös näin suotuisampaan kohtaan. Keskiarvon hidaskäyttö on oleellinen siksi, että soitettavien äänien voimakkuus määräytyy näiden lukemien mukaan. Siten nopea liike aiheuttaisi voimakkaan muutoksen äänen voimakkuuden tasossa ja häiritsisi mahdollisesti istuntoa. Taustalla olevan kalibraation aika on sama kuin alkutilanteen kalibraation aika. Lisäksi kalibraation aikaa, minimiä ja maksimia on mahdollista muuttaa session aikana, mutta tämän tarve on hyvin epätodennäköinen.



Kuva 15. Kuva kanavan suhteellisen arvon määrittämisestä. Minimi, keskiarvo ja maksimi. (Sanio, 2014)

Järjestelmän sessiotyyppi, mikä harjoittaa gamma-taajuusalueiden (32 – 44 Hz) voimakkuutta, reagoi hitaan gamma-taajuusaluetta mallintavan palkin suhteelliseen lukemaan. Se pyrkii säätämään taustäänien voimakkuutta henkilön gamma-taajuusalueen voimakkuuden mukaan. Lisäksi järjestelmässä on säädettävä kynnysarvo palkinnolle, mikä on esimerkiksi vakiona 75% suhteellisesta taajuusalueen palkin arvosta. Siten ohjelma soittaa palkintoäänä henkilölle, kun tämä arvo on ylitetty ja lisäksi ehtona soitetulle palkinnolle on, että viimeiseksi kuluneesta palkinnosta on sopiva aika kulunut. Sopivan palkintojen välisen intervallin voi myös säätää asetuksista. Se on vakiona 25 sekuntia. Tämä session tyyppi pyrkii siten ohjaamaan käyttäjää voimistamaan gamma-aaltoja. Sessio reagoi myös tilanteeseen, kun palkintoja on tullut tietty määrä ja on aika vaihtaa äänimaisemaa. Tämä palkintojen määrä jokaista äänimaisemaa kohtaan on vaihdettavissa myös asetuksista. Se on vakiona seitsemän. Käytän tästä gamma-aaltoja voimistavasta harjoituksesta nimeä Gamma-sessio myöhemmin.

Toinen sessiotyyppi, mikä harjoittaa t/a-suhdelukua eli theta- ja alfa-taajuusalueiden (tarkemmin theta 4.5 – 8 Hz ja alfa1 8 – 11 Hz) voimakkuuksia toimii Egner et. al (2002) ja Egner (2014) mukaan siten, että vain toinen kanava on kerrallaan äänessä. Näistä se kanava on äänessä, kummalla on suurempi suhteellinen arvo. Siten olen laskenut kanaville omat äänen voimakkuudet seuraavasti:

```
alphaVol = 0.0d; // Alfakanavan äänen voimakkuus
thetaVol = 0.0d; // Thetakanavan äänen voimakkuus
if (thetaValue>alphaValue)
    thetaVol = thetaValue-alphaValue;
if (alphaValue>thetaValue)
    alphaVol = alphaValue-thetaValue;
```

Tässä alphaVol ja thetaVol tarkoittavat kanavien äänien voimakkuuksia. ThetaValue ja alphaValue tarkoittavat theta- ja alfa-taajuusalueita mallintavien suhteellisten palkkien arvoja 0 – 1. Näin ollen äänessä on se kanava, millä on voimakkaampi suhteellinen arvo ja samoin tämä arvo lasketaan näiden arvojen erotuksesta. Äänen voimakkuudet tuodaan siten liukulukuarvoina 0 – 1 äänisysteemin käytettäväksi. Tämäkin sessiotyyppi käyttää palkintoääniä, mitkä ovat alfa- ja theta-kanaville erilliset. Näistä äänistä tarkemmin alakohdassa 5.2.4. Samoin tämä sessiotyyppi vaihtaa äänimaisen, kun palkintoja on kertynyt tietty määrä. Käytän tästä sessiotyypistä nimeä Theta/Alfa-istunto myöhemmin.

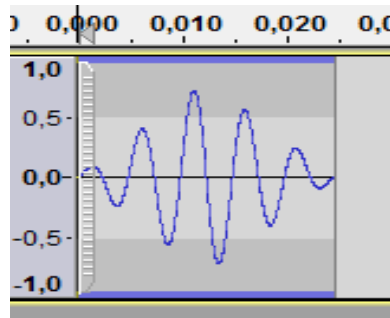
Session loputtua ohjelma on tallentanut session tiedot talteen alkuasetelmasta (*baseline*) sekä varsinaisesta sessiosta. Tallenteista voi nähdä kaikkien taajuusalueiden voimakkuuksien muutokset ajan funktiona. Tallenteista voi myös ottaa myöhemmin esille kanavien keskiarvot ja esimerkiksi raakadatan. Lisäksi sessio tekee tallenteesta tekstitiedoston, mistä voi nähdä kanavien arvojen muutoksen kuin myös t/a-suhdeluvun muutoksen ositettuna. Tällä hetkellä osia on oletetusti kolme: alku, keskivaihe ja loppu.

5.2.4 Järjestelmän äänien suunnittelu

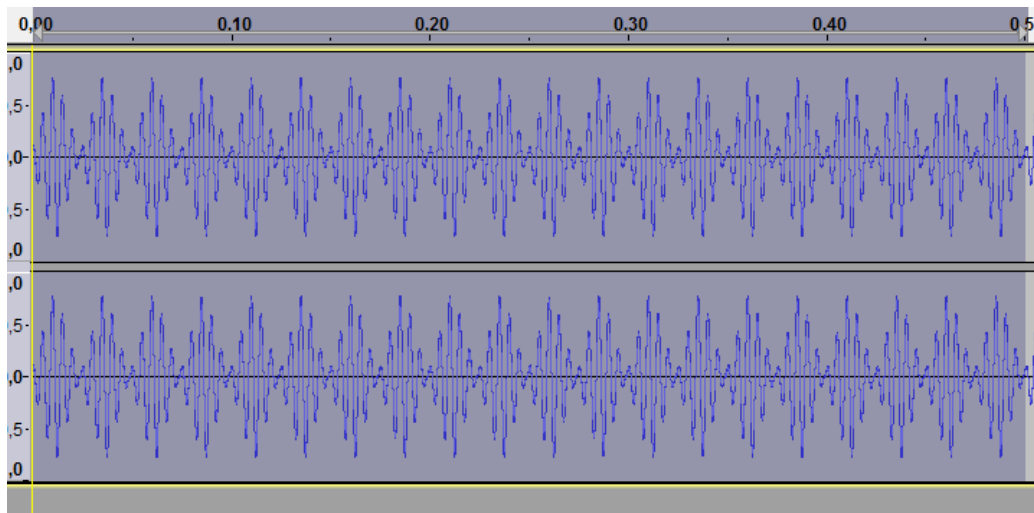
Järjestelmään tuli valita ääniä taustalle mukautumaan eri taajuusalueiden voimakkuuksiin. Ääniä valitessa tuli niitä kuunnella ja sovitella ne siten, että ne ovat miellyttäviä ja rauhallisia. Äänitiedostot etsin kaikki freesample.org:ista. Äänimaisemaa tekivät muun muassa joen ääni, meren ääni, tiibetiläisten laulavien kellojen ääni, satteen ääni, tuulikellot, vesilähde, kurkkulaulanta, lintujen äänet. Suurin osa äänistä jäi mp3-muotoon, mutta osan äänistä jouduin jättämään wav-muotoon johtuen äänen raakeisuudesta. Tarkempi listaus taustaäänien lähteistä on liitetty ohjelman mukaan.

Koska valitsin järjestelmään brainwave entrainment:ia sisältäviä ääniä, täytyi niidenkin valinnassa ja tekemisessä kiinnittää erityistä huomiota. Tämä johtui esimerkiksi siitä, että gamma-taajuuden ollessa 40 Hz binaural beat:ia ei voi tehdä yli 30Hz:n jolloin tulee cocktail party efekti ja aivot erittelevät äänet kahdeksi eri lähteeksi. Ratkaisu oli siten käyttää isokronista ääntä tai monaural beat:ia, mistä valitsin monaural beat:in. Monaural beat:in tein siniaaltona Audacity:ssä, mitä kuvaa kuva 16 ja toden-

sin tämän toimivuuden nauhoittamalla ohjelman toistaessa tätä ääntä, mitä esittää kuva 17.

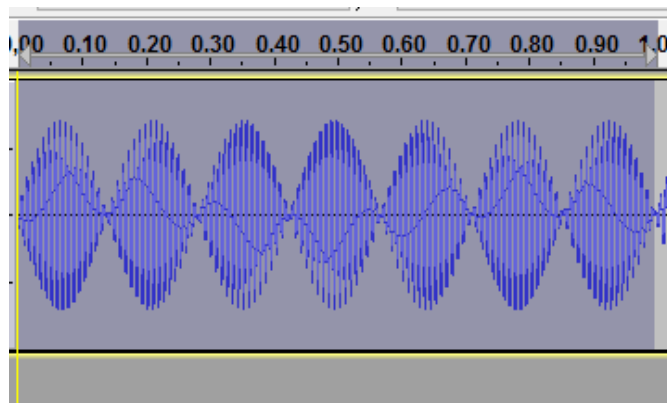


Kuva 16. Monaural beat:in luominen Audacity:ssä. Kuvakaappaus ohjelmasta (Sanio, 2014)



Kuva 17. Monaural beat:in todentaminen (Sanio, 2014)

Binaural beat:in tein ohjelman sisällä siten, että kanavalle voi määrittää binaural beat:in kantavan taajuuden sekä binaural beat:in taajuuden. Tässä tapauksessa binaural beat:in taajuudeksi jäi seitsemän hertsiä. Tämän toimivuuden todensin tallentamalla Audacity:ssä ohjelman soittamaa ääntä ja miksaamalla sen yhdeksi raidaksi. Tätä esittää kuva 18.



Kuva 18. Binaural beat:in todentaminen (Sanio, 2014)

5.2.5 Ohjelman käyttöönotto

Ohjelman käyttöönotossa tulee ottaa huomioon erilaisia asioita. Tärkein on itse tietokone ja alusta. Ohjelma toimii Windows-alustoilla, mutta kaikkien kirjastojen tulisi myös olla mahdollista toimia Linux-alustalla. Systeemi on testattu vain Windows-alustalla. Toinen tarkistettava asia on laite, sen asentaminen henkilölle ja toiminnan tarkistaminen. Lisäksi tulee valita asetuksia ja aloittaa istunto.

Ohjelman käyttöön ottamisessa isoin kynnys on EEG-SMT tai muun EEG-laitteen toimivuuden varmistaminen. EEG-SMT laite toimii vain harvoissa tietokoneissa. Ohjelman käynnistymisen jälkeen tulee tarkistaa onko EEG-SMT:n portti asetettu oikein. Jos ei, niin se tulee asettaa oikeaksi ja sen jälkeen voi kokeilla yhdistää uudelleen EEG-laitteeseen. Tämän jälkeen kuuluisi oikeassa yläreunassa näkyä noin kerran sekunnissa päivittyvä EEG-kuvanta. Tämä näkyy ohjelman kuvakaappauksessa, mitä esittää kuva 19.

Kun EEG-laite on saatu toimimaan, valitaan sessiotyyppi. Tällä hetkellä ohjelma on viritetty tukemaan kahta sessiota, minkä voi valita F2 tai F3 näppäimillä. Tai vaihtoehtoisesti voi säätää erityisen tarkasti asetuksia. Ohjelma tallentaa edelliset asetukset sulkeutuessaan ja lataa ne käynnistyessään.

Asetuksien valinnan jälkeen istunto aloitetaan painalla ikonia, mikä muistuttaa soittimen play-nappia. Samaisen painikkeen tilalle ilmestyy istunnon pysäyttävä painike. Jos istunto jää kesken esimerkiksi laitevian tai muun vastaavan vuoksi, ohjelma tekee

automaattisia tallennuksia, joiden avulla samaa istuntoa voi jatkaa heti vian korjattua. Istunnon tulokset ja väliaikaiset tulokset löytyvät tiedostosta session.dat sekä brainwaves/-hakemistosta. Tarkemmat ohjeistukset ja dokumentaatio löytyvät ohjelman mukana.



Kuva 19. Kuvakaappaus ohjelmasta (Sanio, 2014)

5.3 Järjestelmän testaaminen kokeellisesti

Järjestelmässä on kaksi erilaista sessiotyyppiä joiden tulisi olla toimivia peruseriaatteiltaan kuten huomasimme Rubik (2011) tehdyssä kokeessa gamma-aaltojen voimistamisesta sekä Egner et al. (2002) t/a-session kokeellisesta testaamisesta. Tässä järjestelmässä on kuitenkin uutta edellä mainittuihin harrastelijatason EEG:tä lukeva laite, suodatuksen uupuminen jokseenkin sekä brainwave entrainmentin yhdistäminen tekniikoihin. Samoin tässä tapauksessa on erilaista se, että järjestelmän tulisi avustaa meditaatiota. Siten on siis mielenkiintoista selvittää, voiko tällä järjestelmällä tehty theta- ja alfa- sekä gamma-aaltoja voimistava istunto todella näkyä myös EEG:n spektrissä ja voiko se myös näkyä subjektiivisissa kokemuksissa. Tästä syystä henkilöt ovat myös asetettu istumaan sen sijaan, että he esimerkiksi lepäisivät terapiatuolissa. Samoin session kesto on asetettu kohtuullisen pitkäksi 30 minuuttiin yhteensä, mikä kuvastaa meditaatioistunnon kestoa.

Kokeessa ei myöskään ole valedata-ryhmää vaan yritämme suoraan eritellä kaksi ryhmää, jotka tekevät erilaista istuntotyyppiä. Näin on myös mahdollista vertailla eri istuntotyyppien toimivuutta.

5.3.1 Materiaalit ja koehenkilöt

Koehenkilöinä toimivat 16 henkilöä, joista seitsemän oli naisia ja yhdeksän miehiä. Ikä oli keskimäärin 26.75 vuotta keskiarvolla 4,5 vuotta. Viidellä heistä katsottiin olevan selkeästi meditaatio- tai jooga-harrastustaustaa.

Koetta varten ohjelma asetettiin tallentamaan tulokset ja tekemään niistä keskiarvoiset laskelmat lähtötason nauhoitukselle sekä istunnon ajalle. Istunnon tulos jaettiin lisäksi kolmeen osaan ajan funktiona. Ohjelma teki myös varmuustallennuksia tiheästi. Ohjelmaan asetettiin varsinaiset valmiit asetukset eri sessiotyyppejä varten ja näitä esittää taulukko 1.

Taulukko 1. Sessioiden oletusarvoiset asetukset.

Sessiotyyppi	Seuraavan pal- kinnon mini- miaika	EEG:n kalib- raatioaika	Session pituus	Palkintojen määrä per ää- nimaus	Palkintokynnys
Gamma	25s	2min	28min	10kpl	40%
Theta/Alfa	25s	2min	28min	15kpl	25%

Istunto koostuu kalibraatiosta ja varsinaisesta neuroplastisuusterapia -osiosta. Molempien osioiden EEG-nauhoite tallennetaan. Tarkkailtavia muuttujia ovat theta- ja alfa-alueiden suhteellinen voimakkuus muihin kanaviin nähden sekä gamma-alueen suhteellinen voimakkuus muihin nähden. Näiden avulla voi arvioida, kuinka paljon yksittäinen tarkkailtava kanava on mahdollisesti voimistunut istunnon aikana ja onko eroavaisuuksia ryhmien välillä.

Ennen istuntoa kysymyksinä ovat meditaatiotaustan luonne ja kesto sekä lisäksi henkilön sen hetkinen rauhallisuus desimaaliasteikolla 0-10 sekä ahdistuneisuus 0-10. Samoin istunnon jälkeen kysytään henkilön rauhallisuutta sekä ahdistuneisuutta. Lisäksi kysytään istunnon jälkeen, miten miellyttäväksi henkilö koki istunnon, kokiko

hän sisäisen dialogin hiljenemistä, tuntiko ajatuksen muuttuvan istunnon aikana erityisesti, liittikö palkintoäänet joihinkin tiettyihin tuntemuksiin tai oloihin, kokiko hypnagogiaa ja voisiko kuvitella käyttävänsä kyseistä systeemiä uudestaan.

5.3.2 Kokeen suorittaminen

Kokeen alussa koehenkilöt ohjeistettiin ja orientoitiin täyttämään ensimmäiset kysymykset. Kysymykset koostuivat kysymyksistä aikaisemmasta meditaatiotaustasta sekä sen hetkisestä olotilasta kuten rauhallisuudesta tai ahdistuneisuudesta. Tämän jälkeen henkilöitä ohjeistettiin meditaatiota avustavan järjestelmän käyttöön sekä mahdollisuuteen keskeyttää koe niin halutessaan. Nukahtamisen ei oletettu olevan tässä ongelmana, sillä koehenkilöt istuivat eivätkä maanneet selällään. Koehenkilöt istuivat lattialla joko risti-istunnassa, polvi-istunnassa, lotuksessa tai muuten miellyttävästi. Tätä kuvastaa kuva 20.

Toinen puoli koehenkilöistä harjoitti gamma-aaltojen voimakkuutta vahvistavaa istuntoa ja toinen puoli t/a-tekniikkaa. Kokeen alettua valot hämärrettiin, henkilölle määritettiin sopiva äänen voimakkuus ja lähtötason EEG-tallenne. Lopuksi session data tallennettiin myöhempää käsittelyä varten. Viimeiseksi koehenkilöt täyttivät kokeen jälkeen kyselyn, missä kysyttiin meditaatioon liittyviä parametreja kuten ajatusten muuttumisesta tai sisäisen dialogin hiljenemisestä.



Kuva 20. Istunnossa henkilöt istuivat lattialla valitsemassaan asennossa. (Sanio ja Tsypchenko, 2014)

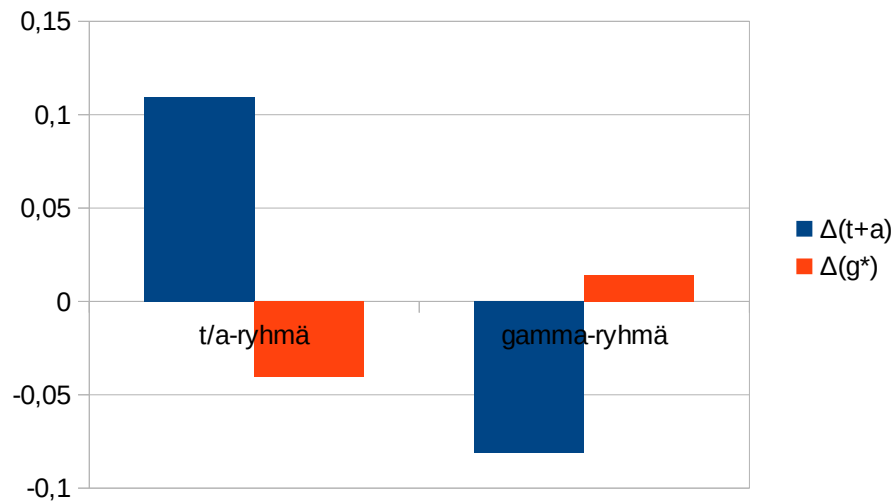
5.3.3 Tulokset

Sessioiden aika jaettiin kolmeen osaan, joista otettiin eri EEG-spektrin kanavien voimakkuuksien keskiarvot. Samoin sessioiden keskiarvoa verrattiin kalibroinnin lähtöarvoihin. Tuloksista otettiin kahden riippumattoman otoksen t-testi sekä yksisuuntainen ANOVA -testi. Tuloksista huomattiin, että Theta/Alfa-harjoitusta tekevien theta- ja alfa-amplitudien keskiarvo oli istunnon viimeisessä vaiheessa melkein tilastollisesti merkittävästi suurempi verrattuna Gamma-harjoitusta tekevään ryhmään $p = 0.067$ ja $p = 0.030$ (ANOVA). Samoin Gamma-harjoitusta tekevien ryhmällä oli theta/alfa-harjoitusta tekeviin nähden suurempi gamma-amplitudi istunnon viimeisessä vaiheessa melkein tilastollisesti merkitsevästi $p = 0.030$ sekä 0.049 (ANOVA). Tätä esittää taulukko 2. Tarkemmin tuloksien vertailusta löytyy myös liitteestä 1.

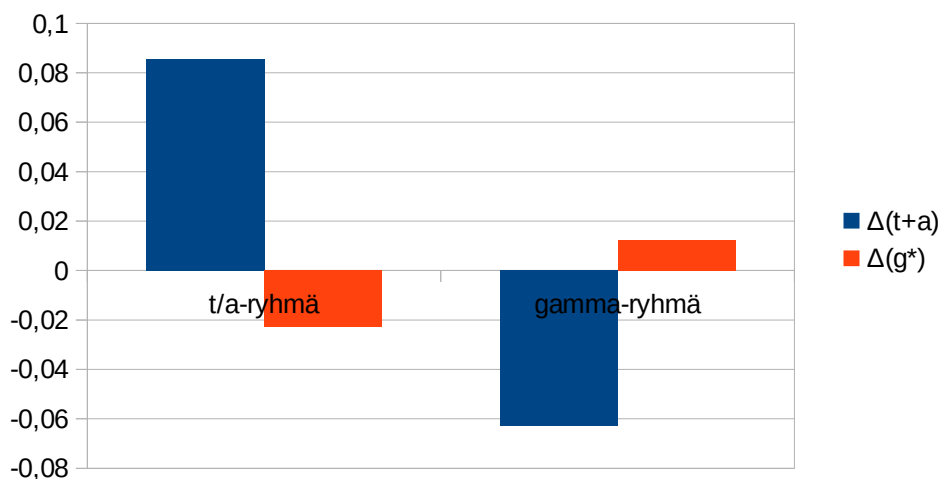
Taulukko 2. ANOVA – Istunnon viimeisen vaiheen theta ja alfa -voimakkuuksien vertaaminen gamma-ryhmän theta ja alfa -voimakkuuksiin.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,401	1	,401	5,844	,030
Within Groups	,961	14	,069		
Total	1,362	15			

Tuloksista eriteltiin myös istunnon keskiarvon sekä lähtötason välinen amplitudi kuin myös istunnon ensimmäisen ja kolmannen vaiheen amplitudien erotus. Näistä löydettiin myös lähelle tilastollisesti merkittäviä p-arvoja testien tuloksena. Istunnon kalibraation keskiarvon ja varsinaisen istunnon keskiarvoja sekä istunnon ensimmäisen ja kolmannen vaiheen keskiarvoja esittää kuvat 21 ja 22.



Kuva 21. Lähtötason keskiarvon vertaaminen istunnon keskiarvoon ryhmien välillä (Sanio, 2014)



Kuva 22. Istunnon ensimmäisen ja kolmannen vaiheen keskiarvojen vertaaminen (Sanio, 2014)

Erottelua aiemmin joogaa tai meditaatiota harrastavien sekä ei meditaatio- tai jooga-harrastetaustaa omaavien välillä oli vaikea tehdä pienen otannan vuoksi. Keskiarvoisesti aiemmin meditoineilla tai joogaa harrastaneilla oli kuitenkin suurempi theta- ja alfa-amplitudi molemmissa sessiotyypeissä. Sen sijaan gamma-amplitudi oli ei-meditoivilla suurempi molemmissa sessiotyypeissä verrattuna meditaatiota tai joogaa harrastaneisiin. Tätä esittää taulukko 3.

Taulukko 3. Meditaatio- ja joogaharrastajien istunnon viimeisen vaiheen vertaaminen ei-meditoivien vastaaviin arvoihin.

Sessiotyyppi	Meditaatiotausta	Theta+Alfa-amplitudi	Gamma-amplitudi
Gamma	Kyllä	1.56	0,67
Gamma	Ei	1.38	0,73
Theta/Alfa	Kyllä	1.83	0,60
Theta/Alfa	Ei	1.74	0,61

Henkilöiden rauhallisuuden tunne lisääntyi lähtökohtaiseen vastaukseen kyselyiden perusteella molemmissa istuntotyypeissä. Samoin henkilöt kokivat ahdistuneisuuden vähentyneen istunnon jälkeen. Tätä esittää kuva 23.

Gamma-istunto						
Ennen istuntoa		Jälkeen istunnon		Muutos		
Rauhallisuus	Ahdistuneisuus	Rauhallisuus	Ahdistuneisuus	Δ rauhallisuus	Δ ahdistuneisuus	
8	1	9	1	1	0	
5	3	6	3	1	0	
6	3	8	1	2	-2	
6	4	8	0	2	-4	
7	1	10	0	3	-1	
8	0	9	0	1	0	
3	7	5	5	2	-2	
2	8	7	4	5	-4	
ka	5,625	3,375	7,75	1,75	2,125	-1,625

Theta/Alfa-istunto						
Ennen istuntoa		Jälkeen istunnon		Muutos		
Rauhallisuus	Ahdistuneisuus	Rauhallisuus	Ahdistuneisuus	Δ rauhallisuus	Δ ahdistuneisuus	
6	4	5	5	-1	1	
4	7	6	6	2	-1	
7	2	9	1	2	-1	
3,5	5	8,5	1,5	5	-3,5	
4	5	8	5	4	0	
4	3	10	0	6	-3	
4	2	4	5	0	3	
8	4	9	3	1	-1	
ka	5,0625	4	7,4375	3,3125	2,375	-0,6875

Kuva 23. Rauhallisuus ja ahdistuneisuus kyselyiden perusteella. Ennen ja jälkeen istunnon sekä muutos istunnon aikana (Sanio, 2014)

Hypnagogiaa kokivat molempien sessioiden koehenkilöt, mutta enemmän Gamma-istunnon koehenkilöt. Tämä oli lähes kuvattu kaksinkertaisesti suuremmaksi keskiarvoltaan theta/alfa-istunnon suorittajiin nähden. Koehenkilöt kokivat myös ajatuksien muuntuneen erityisellä tavalla istunnon aikana. Tätä tapahtui enemmän Theta/Alfa-istunnon koehenkilöillä kuin Gamma-ryhmällä joskin myös Gamma-ryhmässäkin tätä oli tapahtunut. Meditaation kannalta oleellinen parametri, sisäisen dialogin hiljeneminen oli tyypillinen havainto molempien istuntojen koehenkilöille, mutta enemmän tätä olivat kuvanneet kokevansa Theta/Alfa-ryhmän koehenkilöt. Molemmat ryhmät myös kuvasivat yhdistävänsä palkintoäännet tiettyihin tuntemuksiin tai tiloihin, mutta tätä kuvattiin tapahtuneen enemmän Theta/Alfa-ryhmässä. Koehenkilöt kuvasivat myös kokemuksen mielekkyyttä molemmissa istunnoissa noin 7 arvosanaasteikolla 0-10. Näitä arvoja esittää kuva 24.

Gamma-istunto

Kokemuksen mielekkyyys	Sisäisen dialogin hiljeneminen	Ajatuksien muuntuminen	Palkintoäänien yhdistäminen tiettyihin asioihin	Hypnagogia
7	7	4	8	8
5	6	0	0	10
5	8	9	2	8
9	4,5	0	5	3
6	6	8	7	7
9	5	2	0	7
6	3	1	1	4
9	4	5	7	2
ka	7	5,4375	3,625	6,125

Theta/Alfa-istunto

Kokemuksen mielekkyyys	Sisäisen dialogin hiljeneminen	Ajatuksien muuntuminen	Palkintoäänien yhdistäminen tiettyihin asioihin	Hypnagogia
8	6	7	8	7
7	6	7	0	3
8	7	6	4	0
5,5	8	6	9	1
8	7	7	2	1
9	10	10	10	8
8	8	4	3	3
3	7	5	9	3
ka	7,0625	7,375	6,5	5,625

Kuva 24. Eri parametreja kyselyiden tuloksena eri istuntotyypeistä (Sanio, 2014)

Koehenkilöt saavuttivat maksimissaan Gamma-istunnossa äänimaiseman neljä ja Theta/Alfa-istunnossa äänimaiseman kolme. Yksikään koehenkilö ei keskeyttänyt istuntoa.

5.3.4 Tarkastelu ja kommentit

Vaikka amplitudien välillä ei huomattu tilastollisesti merkitseviä eroja, huomattiin siellä kuitenkin tilastollisesti melkein merkitseviä eroja. Tämä viittaisi siihen, että eri sessiotyyppien harjoittajat pystyivät voimistamaan kyseistä taajuuden aluetta: theta sekä alfa tai pelkästään gamma -aluetta riippuen istunnon tyypistä. Tätä tukee myös keskiarvoista tehty vertailu, missä näkyy erityisesti istunnon aikana tietyn taajuusalueen voimistuminen. Näissä keskiarvoissa nimenomaan Theta/Alfa-ryhmän theta- ja alfa-taajuusalueiden voimakkuus oli noussut lähtötasoon nähden, kun taas gamma-taajuusalueen voimakkuus laskenut. Sen sijaan Gamma-ryhmän gamma-taajuusalueen voimakkuus oli noussut lähtötasoon nähden ja theta- ja alfa-taajuusalueiden voimakkuus oli laskenut lähtötasoon nähden.

Kokeessa yksittäisten istuntokertojen onnistumiseen vaikutti moni asia. Jotkut henkilöt olivat niin väsyneitä, että nukahtivat kesken istunnon pieneksi hetkeksi, mitä olisi kuitenkin vältettävä tämänkaltaisessa istunnossa Egner (2014) mukaan. Joidenkin koehenkilöiden kohdalla myös ohjeistamisessa epäonnistuttiin ja koehenkilöt olivat ymmärtäneet tehtävän hieman väärin. Esimerkiksi Theta/Alfa-istunnon ohjeistuksessa oli epäselvyyttä tuliko pelkästään pystyä keskittymään toiseen äänen kanavaan vai molempiin ja tämä huomattiin vasta istunnon jälkeen. Yksi istunto ohjeisettiin myös Theta/Alfa-harjoitukseen, mutta istuntotyyppin virheellinen valinta huomattiin noin 10 minuutin kohdalla istuntoa ja tästä ilmoitettiin koehenkilölle ja istunto jatkui Gamma-istuntona.

Monet koehenkilöt kokivat myös jaloissa tai selässä kipua. Samoin panta oli jätetty liian kireälle tai siitä loppui vara löysätä sitä ja se aiheutti siten kipua istunnon aikana. Nämä ovat myös voineet näkyä tuloksissa. Nämä ovat muutettavissa ja tässä poikkeuksellisesti pyrittiin istumaan makaamisen sijaan. Kommentteja koehenkilöiltä:

-”Istuma-asento ei ollut niin miellyttävä. Jouduin vaihtamaan sitä kahdesti. Loppuajasta keskityin vain särkeviin jalkoihini.”

-”Panta kiristi kuin verottaja duunarin lompakkoa.”

Yksi asia, mikä selittää hieman epätarkkoja tuloksia on se, että ei ole valedataa saavaa kontrolliryhmää mihin voisi verrata. Toinen asia koskee meditaation tilaa siten, että meditaation tilassa Wang et al. (2011) mukaan havaitaan yleensä theta- ja alfa-taajuusalueiden kasvua sekä lisäksi yleensä huomataan kokonaisvaltainen muiden taajuuksien väheneminen. Tämä jo sinällään voi lisätä theta- ja alfa-taajuuksien voimistumista myös gamma-istunnon aikana, kun henkilö on meditatiivisessa tilassa. Samoin kokonaisvaltainen taajuusalueiden väheneminen voi olla yksi syy, miksi tiettyä aluetta on vaikea voimistaa pitkän ajan kuluessa meditaatiossa. Tämä pyrittiin kuitenkin ottamaan huomioon jokseenkin ja vertailemaan vain suhteellisia lukemia kullakin ajan jaksolla. Samoin itse systeemi pyrki jatkuvasti kalibroittamaan henkilöiden EEG:n amplitudeihin.

Olisi ollut myös mahdollista tarkastella tuloksista t/a-suhdelukua, mutta katsoin tässä riittäväksi tarkastella molempien kanavien theta- ja alfa-taajuuksien voimistumista verrattuna toisen ryhmän vastaavien kanavien voimistumiseen, koska tässä kokeessa oli tarkoituksena todentaa laitteen ja systeemin toimivuus. Tässä on huomattavaa myös se, että esimerkiksi Egner et al. (2002) mukaan t/a -menetelmän toimivuus näkyy selkeämmin toistettavissa istunnoissa siten, että henkilön aivot suoriutuvat joka kerta paremmin ja tuottavat suuremman t/a -suhdeluvun. Tässä kokeilussa istuntoja oli vain yksi, mutta saimme silti suuntaa antavia tuloksia.

Kyselyjen tuloksista voitiin huomata, että molemmat istuntotyypit rauhoittivat ja vähensivät ahdistuneisuutta. Meditaation kannalta oleellisia ilmiöitä tapahtui myös kuten sisäisen dialogin hiljenemistä ja ajatuksien muuntumista erityisesti. Myös hypnagogiaa kokivat molemmat istuntotyyppien koehenkilöt.

Gamma-sessio oli kuitenkin tuloksista päätellen tehokkaampi vähentämään ahdistuneisuutta ja ilmentämään hypnagogiaa. Tämä on sinällään uusi merkittävä löydös, sillä Theta/Alfa-istuntotyyppi on alunperin kehitetty hypnagogia-tilan harjoittamiseen. Ohessa esimerkkejä koehenkilöiden palautteesta Gamma-istunnosta:

-”Äänet ovat rauhoittavia. Kyky tuntea kuin olisi viety jonnekin muualle mielen sisällä.”

-”Näin jänniä kuvioita :) Mielenkiintoista.”

-”Aika meni nopeasti.”

-”Systeemi voisi olla hyvä auttamaan nukahtamaan.”

Sen sijaan Theta/Alfa-istuntoa kuvattiin enemmän rentouttavaksi ja myös meditaation kannalta oleelliset parametrit kuten sisäisen dialogin hiljeneminen ja ajatuksien muuntuminen ilmoitettiin koetuksi tässä istuntotyypissä voimakkaammin. Myös hypnagogiaa ilmoitettiin tässä istuntotyypissä jossakin määrin tapahtuneen istuntojen aikana joskin ei niin paljon kuin gamma-istunnoissa. Kommentteja koehenkilöiltä Theta/Alfa-istunnoista:

-”Tuntui kuin olisin ollut puoliksi unessa, mutta tunsin itseni olevan jossain muualla kuin tässä huoneessa enää.”

-”Se oli mukava kokemus. Rentouttava!”

-”Oli kivaa. Auttoi ymmärtämään jotain tilojen eroja.”

-”Korkeaa äänialaa tuotti vasempaan aivolohkoon, hengitykseen ja äänen keskittyminen. Matalaa äänialaa sen sijaan oikeaan aivolohkoon ja kehoon sekä mantroihiin keskittyminen.”

Theta/Alfa-istunon palautteeksi jotkut koehenkilöt kertoivat muistojen esiin nousemista. Tämä on hyvin tyypillinen ilmiö meditaatiossa. Miller (1993) mukaan, kun lopulta mielen taustamelu hälvenee, yleinen kokemus siitä on, että menneisyyden muistot ja niihin liittyvät tuskat nousevat. Joskus tunne voi olla niin voimakas, että on vaikea palata takaisin keskittymisen kohteeseen. Tämänkaltaisia kommentteja olivat:

-”Niin paljon muistoja mielessä..”

-”Tuo mieleeni muistoja kotimaastani. Muistoja, jotka liittyvät perheeseeni.”

Systeemin äänisuunnittelu koettiin yleensä miellyttäväksi. Molempien sessioiden äänimaisema oli hyvin samankaltainen: Toisesta vain uupui toinen kanava ja erilainen brainwave entrainment taustalla. Kuitenkin tuloksia analysoidessa oli huomattavaa, että koehenkilöt pystyivät maksimissaan saavuttamaan äänimaiseman kolme Theta/Alfa-istunnossa, mikä viittaisi siihen, että äänimaisema on voinut jäädä tylsäksi. Siten palkintojen määrää olisi ollut hyvä vähentää Theta/Alfa-istunnossa äänimaiseman vaihtoa kohden.

Koehenkilöt kokivat myös palkintoäänien liittyvän johonkin olotilaan tai tuntemukseen joskus. Tämä oli keskiarvoisesti enemmän huomattavissa Theta/Alfa-istunnossa. Jotkut koehenkilöt eivät kuitenkaan yhdistäneet palkintoääniä mihinkään olotilaan. Toisaalta myös joskus koehenkilön oli vaikea hahmottaa täytyykö keskittyä ääneen vai meditoida, kun ohjeistus ei ollut niin selkeä. Joitakin kommentteja äänimaisemasta ja palkintoäänistä:

-”On vaikea tietää pitääkö rentoutua vai kuunnella ääniä.”

-”Kongi-ääni tipautti välillä toiseen tilaan.”

-”Äänet ovat rauhoittavia.”

-”Veden ääni oli rauhoittavaa. Linnut ei niin.”

Brainwave entrainment:in tehokkuutta on vaikea arvioida istuntojen ajalta, mutta niistä voidaan ainakin huomata, että ne eivät ehkäisseet täysin neuroplastisuus-terapia:n toimintaa eikä kukaan koehenkilöistä kommentoinut niiden olevan häiritseviä.

Kokonaisuudessaan järjestelmä koettiin miellyttäväksi. Kaikki vastasivat myöntävästi haluavansa käyttää vastaavanlaista järjestelmää jatkossakin kahta koehenkilöä lukuunottamatta, joista toinen lisäsi kyselypaperiin Kyllä- ja Ei-vaihtoehtojen lisäksi Ehkä-vaihtoehtoon ja valitsi sen. Toisen koehenkilön kohdalla ohjeistus oli jäänyt epäselväksi ja tämä saattoi näkyä tuloksissa ja myös palautteessa.

5.4 Järjestelmän jatkokehitys

Järjestelmässä on paljon paranneltavaa ja kehiteltävää jatkoon kannalta. Järjestelmässä ensimmäinen kynnys on laite, mitä voi aina pyrkiä tuomaan käyttäjäystävällisemmäksi. Tällä hetkellä tuloksien perusteella osa koehenkilöistä koki laitteen vaikeaksi pitää päässä pitkän aikaa. Tämä oli suureksi osaksi pannan tiukkuudesta, joten tämänkin voi korvata varaamalla tarpeeksi pitkän tiukennettavan pannan EEG-laitteeseen. Samoin mielenkiintoiseksi jää myös kokeilla järjestelmää jollakin toisella laitteella.

Järjestelmässä kokeiltiin vain kahta erilaista istuntotyyppiä, mutta tämä jättää vielä paljon meditaation työkalujen kehittämisen kannalta mahdollisia keinoja auki. Näitä ovat muun muassa Wang et al. (2011) mukaan kaikkien kanavien keskiarvoisen voimakkuuden laskeminen tai esimerkiksi beta-taajuusalueiden voimakkuuden laskeminen, mikä yleensä havaitaan meditaatiossa Cahn ja Polich (2006) mukaan Jacobs et al. (1996).

Yksi asia myös, mitä meditaation aikana voidaan havaita esimerkiksi Raffone et al. (2007) mukaan on vasemman aivopuoliskon suurempi aktivaatio, mikä liittyy Cimini (2008) mukaan positiviin mielialoihin. Tämä voisi olla hyvä liittää järjestelmän palautteeksi tai istuntotyyppiä. Tämän testaaminen täytyisi kuitenkin tehdä huolella etenkin, jos laitetta ei vaihdeta. Sillä EEG-SMT -laitteen ohjeistuksessa mainitaan sensorien symmetrinen sijoitus siten, että niiden tulee olla pään eri puolilla – ja + siten, että ne mittaavat pään lävitse EEG:tä. Tämä lähes tulkoon poissulkee mahdollisuuden asettaa sensorit samalle puolelle päätä, jolloin olisi mahdollista lukea eri aivopuolien aktivaatiota. Tämä voisi olla silti potentiaalinen kokeilu. Lisäksi tässä kokeilussa tarkkailimme vain otsalohkon alueella tapahtuvia muutoksia johtuen sen helpposta asettamisesta sensoreille. Tämä jättää mahdollisuuden jatkossa tarkastella monia mitattavia muutoksia meditaation aikana, mitkä tapahtuvat myös esimerkiksi pään laen alueella.

Tässä kokeilussa järjestelmän raaka-dataa ei varsinaisesti suodatettu. Raaka-datan tuomisen jälkeen myös erilaisia suodattimia voisi olla hyvä kokeilla, mikä voisi parantaa signaalista saadun datan tarkkuutta ja poistaa esimerkiksi lihasliikkeiden aiheuttamaa häiriötä.

Järjestelmän testaaminen myös toistuvilla istunnoilla voi olla hyvin mielenkiintoinen tarkastelun kohde, koska neuroplastisuus-terapian vaikutus alkaa silloin näkymään selkeämmin. Järjestelmään pitäisi siten luoda vain profiilien tallennus, mikä mahdollistaisi useiden toistuvien sessioiden tallentamisen useille henkilöille. Siten myös henkilön meditaation tai tavoitellun terapiamuodon pitkäaikaisia muuttujia voisi tarkkailla.

Järjestelmä on nyt tehty antamaan vain äänipalautetta. Itse äänipalautetta voi muokata ja etsiä sopivia ääniä taustääniksi kuin myös brainwave entrainment:in erilaisia vaihtoehtoja tai istunnon aikana muuttuvia taajuuksia voi yrittää kokeilla vaihtaa eri istuntoihin sopiviksi. Toisaalta myös äänipalautteen voi korvata tai lisätä siihen esimerkiksi transkraniaalisen magneettisen stimulaation tai valostimulaation.

6 Yhteenveto

Meditaation perusteita ja sen historiaa tarkastelemalla huomasimme, että meditaation alkuaskeleet liittyvät mielen toimintojen asteittaiseen pysäyttämiseen, keskittymisen harjoittamiseen sekä mindfulness-tilan kehittämiseen. Lisäksi huomasimme, että muinaisista ajoista asti meditaation apuna on käytetty apuvälineitä kuten mantroja tai mandaloita auttamaan keskittymisessä tai muuten tehostamaan meditaatiota. Meditaation apuvälineen kehityksessä oleelliseksi ilmeni ymmärtää meditaation perusteita. Tämän valottamiseksi katsahdimme Vipassana-tyylishuuntauksen keskittymis- ja mindfulness-tekniikoihin, jotka ovat oleellinen osa meditaatiota. Näistä etenkin mindfulnessin kehittämiseksi on oleellista kyky pystyä palauttamaan keskittyminen lempeästi tuomitsematta mielen harhailua. Lisäksi tarkastelimme meditaation tuomia terveysvaikutuksia niin fysiologiselta kuin mielenterveydelliseltä kannalta.

Koska tarkoituksenamme oli lähestyä meditaation apuvälineiden kehitystä aivojen sähköistä toimintaa silmällä pitäen, siksi katsahdimme myös meditaation vaikutuksiin aivoissa yleisesti. Tästä tarkemmin vielä siihen, miten meditaation tila sekä pitkäaikaisvaikutukset näkyvät aivojen rakenteen muutoksina sekä sähköisessä toiminnassa. Huomasimme, että pitkäaikaisen meditaation seurauksena muun muassa aivojen etuosan tunteita, päätöksen tekoa ja riskiä sekä pelkoa käsittelevän alueen harmaan aineen määrä korreloi meditaation tuntien määrän kanssa. Samoin huomasimme, että etummainen aivosaareke sekä oikean puoleinen mantelitulake voivat kasvaa meditaation seurauksena. Aivojen sähköisestä toiminnasta huomasimme, että meditaation pitkäaikaisissa vaikutuksissa ja itse meditaatiotilan aikana voidaan mitata theta-, alfa-, sekä gamma-taajuusalueiden voimakkaampia amplitudeja ei-meditoiviin verrattuna yleensä otsalohkon tai pääläen alueelta. Huomasimme myös, että eri meditaatiotekniikat aiheuttavat erilaisia mitattuja tuloksia sekä sen, että yleisesti kaikkien taajuusalueiden amplitudi voi heikentyä hieman meditaation aikana.

Tarkastelimme erilaisia teknologioita apukeinoja tajunnan tilan muuntamiseksi tarkoituksena kartoittaa ja löytää yhdistelmiä ja toimivaa työkalua meditaation tueksi. Näitä olivat muun muassa hengitystä ohjaavat ohjelmat, brainwave entrainment, transraniaalinen stimulaatio sekä biopalaute. Näistä huomasimme, että muun muassa Sonic Cradle -järjestelmällä oli pyritty helpottamaan ensikertalaiselle kokea mindfull-

ness-tilaa. Tämä oli toteutettu biopalauteena, missä henkilö saa palautetta hengityksestä. Hengityksen muuttuessa keskittymisen harhailun vuoksi, systeemi antaa palautteen henkilölle äänen avulla ja keskittyminen palautuu eikä näin ollen henkilö jää niin herkästi itseään tuomitsevaan tilaan vaan keskittyminen palautuu ympäristön ääniin.

Näistä erilaisista tekniikoista ja tiedoista yhdistimme järjestelmän, mikä ohjaa henkilöä meditatiiviseen tilaan lukemalla aivosähköistä toimintaa ja vastaamalla siihen äänipalauteella. Äänipalaute voimistui ja antoi palkintoääniä silloin, kun henkilön aivosähköinen toiminta oli kohti suotuisaa toimintaa. Suotuisaksi aivojen sähköiseksi toiminnaksi valitsimme gamma-taajuusalueen voimistuneen amplitudin sekä theta/alfa-neuroplastisuusterapia menetelmän, missä pyrittiin voimistamaan theta- tai alfa-aaltojen amplitudeja. Näiden oli tarkoitus toimia suunnan antajina meditatiiviseen tilaan. Järjestelmässä pyrittiin myös huomioimaan asioita kuten tylsistyminen vaihtamalla äänimaisemaa.

Meditaatiota avustavan järjestelmän testaaminen suoritettiin 16 henkilöllä ja istunnon pituus oli 30 minuuttia. Tuloksista huomattiin, että joissakin istunnoissa laitteen panta oli jätetty liian kireälle ja istuminen lattialla huomattiin myös olleen joillekin kivuliasta. Kivun kokeminen istunnon aikana saattoi viedä keskitymistä monelta koehenkilöltä. Samoin huomasimme, että on erityisen tärkeää ohjeistaa henkilöitä tarkasti, koska väärin ymmärretty ohjeistus aiheuttaa epämiellyttävän istunnon ja eriävät tulokset. Kokeen tuloksista yhteenvetona voitiin todeta, että henkilöt olivat onnistuneet lisäämään istunnoille tyypillisiä amplitudeja ja tämä ero voitiin todeta kahden istuntotyyppin välillä joskin tilastollinen merkitsevyys jäi lähes tilastolliseksi merkitsevydeksi. Henkilöt olivat myös lisäksi mieltyneet istuntoon ja kiinnostuneet jatkossakin käyttämään samankaltaista menetelmää.

Järjestelmän tuloksista voitiin tehdä katsaus meditaatioon liittyviin parametreihin joita selvitimme kyselyillä. Huomasimme, että molemmat istuntotyypit vähensivät ahdistuneisuutta, rauhoittivat, hiljensivät sisäistä dialogia, muuntivat ajatuksia sekä toivat esille hypnagogisia kokemuksia. Istuntotyypeistä Theta/Alfa-harjoitus näytti tuovan koehenkilöille enemmän rauhallisuuden tunnetta, sisäisen dialogin hiljenemistä ja ajatuksien muuntumista. Gamma-istunnon yhteydessä taas huomasimme, että se lievensi ahdistuneisuutta runsaasti. Yllättävänä havaintona teimme myös sen, että

Gamma-aaltoja voimistavan istuntotyyppin aikana koehenkilöt ilmoittivat kokevansa suuremman määrän hypnagogiaa. Tämä oli siten uutta, sillä Alfa/Theta-harjoitus on alunperin suunniteltu hypnagogia-tilan lähestymiseen.

Koska neuroplastisuus terapian harjoittelu tuottaa tulosta toistuvien istuntojen aikana ja moni koehenkilöistä ei ollut meditointia edes harjoitellut aiemmin, oli siten järjestelmän testaaminen yhdellä istunnolla per henkilö tuottanut hyvin lupaavat tulokset. Samoin ensisijainen tarkoitus testaamisella oli todentaa harrastelijatason EEG-laitteen, EEG-SMT:n, toimivuus. Ja kuten huomasimme tämä tavoite jokseenkin saavutettiin. Nämä löydökset ja ohjelmointityö, minkä tein avaa myös uusia ovia jatkon kannalta ja laajentaa mahdollisesti neuroplastisuusterapian kokeellisia mahdollisuuksia paikkoihin, missä ei ole varaa hankkia kalliita järjestelmiä.

Totesimme myös, että järjestelmässä on kehitettäviä kohtia joista ensimmäiset liittyvät henkilön istuma-asennon hiomiseen sekä itse laitteen käytettävyyteen. Lisäksi huomasimme, että kokeiltavaksi jää vielä paljon erilaisia istuntotyyppjä sekä elektrodien asetuspaikkoja pään alueelta, millä voi olla potentiaalia meditaation tukemisessa. Lisäksi huomasimme myös, että äänipalautteen lisäksi järjestelmä voisi antaa muunlaista palautetta kuten transkraniaalista stimulaatiota tai valostimulaatiota.

Kaikenkaikkiaan näin kartoitimme yhden reitin meditaation avustamiseen aivotietokonekäyttöliittymällä ja rakensimme järjestelmän, joka sisältää kaksi istuntotyyppiä hyödyntäen harrastelijatason EEG-laitetta. Järjestelmän avulla suurin osa koehenkilöistä koki miellyttävän istunnon ja jotkut heistä kokivat sen tukevan meditaation harjoitusta. Kukaan koehenkilöistä ei saanut hurmiollisia kokemuksia, mutta hypnagogiaa osa ihmisistä koki. Lisäksi tyypillinen havainto oli ahdistuneisuuden lieventyminen, rauhallisuuden lisääntyminen, eri mielentilojen ymmärtäminen ja muistojen esiin nouseminen.

Viitteet

Aftanas L.I., Golocheikine S.A. (2002), Non-linear dynamic complexity of the human EEG during meditation, *Neuroscience Letters*, **Vol. 330 Iss. 2**, 143-146.

Alfano Keith M., Cimino Cynthia R. (2008), Alteration of expected hemispheric asymmetries: Valence and arousal effects in neuropsychological models of emotion, *Brain and Cognition*, **Iss. 3 No. 66**, 213–220.

Ankh Sehu Kheper (2011), The Kemetic Yoga Association - Living and Revealing the Egyptian Mysteries of Ancient Times, <http://kemeticyoga.org/> (18.3.2014).

Barnhofer Thorsten, Duggan Danielle, Crane Catherine, Hepburn Silvia, Fennel Melanie J.V., Williams J. Mark G. (2007), Effects of meditation on frontal (alpha-symbol)-asymmetry in previously suicidal individuals, *NeuroReport*, **Vol. 18 No. 7**, 709-712.

Buddhify (2014), *Buddhify*, <http://buddhify.com/> (9.5.2014)

Brandmeyer Tracy ja Delorme Arnaud (2013), Meditation and neurofeedback, *Frontiers In Psychology*, **Vol. 4**. 1-3.

Bærentsen Klaus B., Stødkilde-Jørgensen Hans, Sommerlund Bo, Hartmann Tue, Damsgaard-Madsen Johannes, Fosnæs Mark, Green Anders C. (2010), An investigation of brain processes supporting meditation, *Cognitive Processing*, **Vol. 11 Iss. 1**, 57-84.

Cahn B. Rael, Delorme Arnaud, Polich John (2010), Occipital gamma activation during Vipassana meditation, *Cognitive Processing*, **Vol. 11 Iss. 1**, 39-56.

Cahn B. Rael ja Polich John (2006), Meditation States and Traits: EEG, ERP, and Neuroimaging Studies, *Psychological Bulletin*, **Vol. 132 No. 2**, 180-211.

Cohen Leonardo G., Wassermann Eric M., Priori Alberto, Lang Nicolas, Antal Andrea, Paulus Walter, Hummel Friedhelm, Boggio Paulo S., Fregni Felipe, Pascual-Leone Alvaro, ELSEVIER SCIENCE INC, Nitsche Michael A., Antal Andrea, Paulus Walter, Cohen Leonardo G., Cohen Leonardo G., Wassermann Eric M., Priori Alberto, Lang Nicolas, Hummel Friedhelm, Boggio Paulo S., Boggio Paulo S., Fregni Felipe, Pascual-Leone Alvaro, Fregni Felipe, Pascual-Leone Alvaro, Nitsche Michael A., Lang Nicolas Paulus Walter, Nitsche Michael, Boggio Paulo (2008), Transcranial direct current stimulation: State of the art 2008, *Brain Stimulation*, **Vol. 1 Iss. 3**, 206-223.

Counter Bill (2010), Absoluteashtanga.com: Ashtanga Yoga FAQs, <http://www.absolutelyashtanga.com/samadhi.html> (24.7.2014)

Davidson Richard J., Kabat-Zinn Jon, Schumaner Jessica, Rosenkranz Melissa, Muller Daniel. Santorelli Saki F., Urbanowski Ferris, Harrington Anne, Bonus Katherine, Sheridan John F. (2003), Alterations in Brain and Immune Function Produced by Mindfulness Meditation, *Psychosomatic Medicine*, **65**, 564-570.

Dean Jeremy (2014), *Neurofeedback: 6 Fascinating Effects of Watching and Shaping Your Own Brainwaves*, <http://www.spring.org.uk/2014/01/neurofeedback-6-fascinating-effects-of-watching-and-shaping-your-own-brainwaves.php> (31.3.2014)

Dinu Roman (2014), NATHA Jooga- ja tantrakoulu, <http://www.natha.fi/fi/jooga/artikkeleita/item/meditaation-mysteeri> (8.4.2014)

Dunn Bruce R., Hartigan Judith A., Mikulas William L. (1999), Concentration and Mindfulness Meditations: Unique Forms of Consciousness?(2014), *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, **Vol. 24 No. 3** 147-165.

Duvinage Matthieu, Castermans, Thierry Petieau, Mathieu Hoellinger Thomas, Cheron Guy Dutoit Thierry (2013), Performance of the Emotiv Epoc headset for P300-based applications, *BioMedical Engineering OnLine*, **Vol. 12 Iss. 1**, 1-15 .

Egner Tobias, Strawson Emilie, Gruzelier John H. (2002), EEG Signature and Phenomenology of Alpha/theta Neurofeedback Training Versus Mock Feedback, *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, **Vol. 27 No. 4**, 261 – 270.

Egner Tobias (Protokollan tarkempi selvitys), *Sähköposti*, 20.5.2014.

Emotiv.com (2014), *Brain-Computer interface technology. Emotiv EEG system* www.emotiv.com (8.5.2014)

Farb Norman A. S., Segal Zindel V., Anderson Adam K. (2012), Mindfulness meditation training alters cortical representations of interoceptive attention, *Social Cognitive & Affective Neuroscience*, **Vol. 9 Iss. 3**, 15-26.

Fayed Nicola's, Lopez del Hoyo Yolanda, Andres Eva, Serrano-Blanco Antoni, Bello 'n Juan, Aguilar Keyla, Cebolla Ausias, Garcia-Campayo Javier (2013), Brain Changes in Long-Term Zen Meditators Using Proton Magnetic Resonance Spectroscopy and Diffusion Tensor Imaging: A Controlled Study, *PLoS ONE*, **Vol. 8 Iss. 3**, 1-14.

Ferrucci Roberta, Brunoni Andre R., Parazzini Marta, Vergari Maurizio, Rossi Elena, Fumagalli Manuela, Mameli Francesca, Rosa Manuela, Giannicola Gaia, Zago Stefano, Priori Alberto (2013), Modulating Human Procedural Learning by Cerebellar Transcranial Direct Current Stimulation, *Cerebellum*, **Vol. 12 Iss. 4**, 485-492.

Fletcher Lindsay B., Schoendorff Benjamin, Hayes Steven C. (2010), Searching for Mindfulness in the Brain: A Process-Oriented Approach to Examining the Neural Correlates of Mindfulness.

Goodin Peter, Ciorciari Joseph, Baker Kate, Carrey Anne-Marie, Harper Michelle, Kaufman Jordy (2012), A High-Density EEG Investigation into Steady State Binaural Beat Stimulation, *PLoS ONE*, **Vol. 7 Iss. 4**, 1-8.

Hebert Russell, Lehmann Dietrich, Tan Gabriel, Travis Fred, Arenander Alarik (2005), Enhanced EEG alpha time-domain phase synchrony during Transcendental Meditation: Implications for cortical integration theory, *Signal Processing*, **Vol. 85 Iss. 11**, 2213-2232.

Huang Tina L., Charyton Christine (2008), A comprehensive review of the psychological effects of brainwave entrainment, *Alternative therapies in health and medicine*, **Vol. 14 No. 5**, 38-49.

Ilves-Deliperi Victoria L., Solms Mark, Meintjes Ernesta M. (2010), The neural substrates of mindfulness: An fMRI investigation, *Social Neuroscience*, **6:3**, 231-242.

Ivanovski B, Malhi GS. (2007), The psychological and neurophysiological concomitants of mindfulness forms of meditation., *ACTA NEUROPSYCHIATRICA*, **Vol. 19 Iss. 2**, 76-91.

Jain Shamini, Shapiro Shauna L., Swanick Summer, Roesch Scott C., Mills Paul J., Bell Iris, Schwartz Gary E.R. (2007), A Randomized Controlled Trial of Mindfulness Meditation Versus Relaxation Training: Effects on Distress, Positive states of mind, Rumination, and Distraction., *The Society of Behavioral Medicine*, **Vol. 33 Iss. 1**, 11-21.

Josefsson Torbjörn, Larsman Pernilla, Broberg Anders G., Lundh Lars-Gunnar (2011), Self-Reported Mindfulness Mediates the Relation Between Meditation Experience and Psychological Well-Being, Springer Science+Business Media.

Karino Shotaro, Yumoto Masato, Itoh Kenji, Uno Akira, Yamakawa Keiko Sekimoto Sotaro, Kaga Kimitaka (2006), Neuromagnetic Responses to Binaural Beat in Human Cerebral Cortex, *Journal of Neurophysiology*, **Vol. 95 Iss. 6**, 1-60.

Kavita Prasad, Wagner-Roedler Dietlind L., Cha Stephed S., Sood Amit (2011), Effect of a Single-session Meditation Training to Reduce Stress and Improve Quality of Life Among Health Care Professionals: A "Dose-ranging" Feasibility Study, *Alternative therapies in health and medicine*, **Vol. 17 Iss. 3** 46-49.

Kishen Iqbal Taimni (2002), *Joogan Tiede*, Teosofinen Seura ry, Gummerus Kirjapaino Oy (2002).

Knoch Daria, Brugger Peter, Regard Marianne (2005), Suppressing versus Releasing a Habit: Frequency-dependent Effects of Prefrontal Transcranial Magnetic Stimulation, *Cerebral Cortex*, **Vol. 15 No. 7**, 885-887.

Kubzansky Laura D., Kawachi Ichiro (2000), Going to the heart of the matter: do negative emotions cause coronary heart disease?, *Journal of Psychosomatic Research*, **48**, 323–337.

Lagopoulos Jim, F.A.I.N.M., Xu Jian, Rasmussen Inge, Vik Alexandra, Malhi Gin S., Eliassen Carl F., Arntsen Ingrid E., Sæther Jardar G., Hollup Stig, Holen Are, Davanger Svend, Ellingsen Øyvind (2009), Increased Theta and Alpha EEG Activity During Nondirective Meditation, *The Journal Of Alternative And Complementary Medicine*, **Vol. 15 No. 11**, 1187-1192.

Lavallee Christina F., Koren Stanley A., Persinger Michael A. (2009), A Quantitative Electroencephalographic Study of Meditation and Binaural Beat Entrainment, *The Journal Of Alternative And Complementary Medicine*, **Vol. 17 No. 4**, 351-355.

Leong Ka Wai, Chan Peter, Grabovac Andrea, Wilkins Michael, Perri Maria (2013), Changes in Mindfulness Following Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation of Mood Disorders, *Canadian Journal of Psychiatry*, **Vol. 58 No. 12**, 687-691.

Liston Conor, Chen Ashley C., Zebley Benjamin D., Drysdale Andrew T., Gordon Rebecca, Leuchter Bruce, Voss Henning U., Casey B.J., Etkin Amit, Dubin Marc J. (2014), Default Mode Network Mechanisms of Transcranial Magnetic Stimulation in Depression, *Biological Psychiatry*, (7.2.2014)

Manocha Ramesh (2009), Researching Meditation,
<http://www.researchingmeditation.org/blog/sahaja-yoga-meditation-vs-mindfulness-meditation.html> (25.3.2014)

Miller John J. (1993), The Unveiling of Traumatic Memories And Emotions Through Mindfulness And Concentration Meditation: Clinical Implications And Three Case Reports, *The Journal of Transpersonal Psychology*, **Vol. 25 No. 2**, 169-180.

Moss Aleeze S., Wintering Nancy, Roggenkamp Hannah, Khalsa Dharma S., Waldman Mark R., Monti Daniel, Newberg Andrew B. (2012), Effects of an 8-Week Meditation Program on Mood, *The Journal of alternative and complementary medicine*, **Volume 18, Number 1**, 48–53.

Murakami Hiroki, Nakao Takashi, Matsunaga Masahiro, Kasuya Yukinori, Shinoda Jun, Yamada Jitsuhiro, Ohira Hideki (2012), The Structure of Mindful Brain, *PLoS ONE*, **Vol. 7 Iss. 9**, 1-4.

Mystic World Fellowship (2000), Mystic World Fellowship - Yoga as a Spiritual Path,
<http://www.spiritualworld.org/yoga/print.htm> (8.4.2014)

Neuro Sky Inc (2009), *Brain Wave Signal(EEG) of NeuroSky Inc*, 2009. http://company.neurosky.com/files/neurosky_overview_12.07.pdf (8.5.2014)

Northoff Georg ja Bermpohl Felix (2004), Cortical midline structures and the self, *Trends in Cognitive Sciences*, **Vol.8 No.3**.

On F. R., Jailani R., Norhazman H., Zaini N. Mohamad (2013), Binaural Beat Effect on Brainwaves based on EEG, *IEEE 9th International Colloquium on Signal Processing and its Applications* (IEEE), IEEE, Malaysia, 339-343.

Oster Gerald (1973), Auditory Beats in the Brain. *Scientific American*, **Vol. 229 No. 4**. 94-102.

Raffone Antonino, Manna Antonietta, Perrucci Gianni Mauro, Ferretti Antonio, Gratta Cosmio Del, Belardinelli Marta Olivetti, Romani Gian Luca (2007), Neural Correlates of Mindfulness and Concentration in Buddhist Monks: A fMRI study, Joint meeting of the 6th international symposium on noninvasive functional source imaging of the brain and heart and the international conference on functional biomedical imaging.

Raffone Antonino ja Srinivasan Narayanan (2010), The exploration of meditation in the neuroscience of attention and consciousness, *Cognitive Processing*, **Vol. 11 Iss. 1**, 1-7.

Rauhala Lauri (1992), *Mitä meditaatio on?* Esoterica Publishing, Karisto Oy Hämeenlinna.

Ros Tomas, Théberge Jean, Frewen Paul A., Kluetsch Rosemarie, Densmore Maria, Calhoun Vince D., Lanius Ruth A. (2013), Mind over chatter: Plastic up-regulation of the fMRI salience network directly after EEG neurofeedback, *NeuroImage*, **Vol 65.**, 324-335.

Rubik Beverly (2011), Neurofeedback-Enhanced Gamma Brainwaves from the Prefrontal Cortical Region of Meditators and Non-Meditators and Associated Subjective Experiences, *The Journal Of Alternative And Complementary Medicine*, **Vol. 17 No. 2**, 109–115.

Pickert Kate (2014), The Art of Being Mindful, *Time* **2014** (4), 40.

Pranayama (2014), *Pranayama Free*, <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.saagara.universalpranayamafree> (9.5.2014)

Prisco Dev (2013), *Yoga For Beginners: Essential Beginners Guide For Yoga*, Createspace.

Psychotherapy.com (2014), What is Biofeedback?, <http://psychotherapy.com/bio.html> (15.5.2014)

Puzi N. S. Mohd, Jailani R., Norhazman H. Zaini N. Mohamad (2013), Alpha and Beta Brainwave Characteristics to Binaural Beat Treatment, *IEEE 9th International Colloquium on Signal Processing and its Applications*, (IEEE), 344-348.

Tacon Anna M., McComb Jacalyn, Caldera Yvonne, Randolph Patrick (2002), Mindfulness Meditation, Anxiety Reduction, and Heart Disease, *Family Community Health*, **26**, 25–33.

Tapert Susan F., Caldwell Lisa, Burke Christina (2004/2005), Alcohol and the Adolescent Brain—Human Studies, *Focus on Young Adult Drinking*, **Vol. 28, No. 4**.

Teplan M., Krakovská A., Stolic S. (2006), EEG responses to long-term audio–visual stimulation, *International Journal of Psychophysiology*, **Vol 59. Iss. 2**, 81-90.

Teplan M., Krakovská A., Stolic S. (2011), Direct effects of audio-visual stimulation on EEG, *Computer methods and programs in biomedicine*, **Vol. 102**, 17-24.

Thatcher Cynthia (2008), Vipassana Dhura Meditation Society - What is Vipassana?, <http://www.vipassanadhura.com/whatis.htm> (19.3.2014).

Transparent Corporation (2014), Neuro Programmer 3 features, <http://www.transparentcorp.com/products/np/features.php> (1.4.2014).

Tsai Jui-Feng, Jou Shaw-Hwa, Cho WenChun (2013), Electroencephalography when meditation advances a case-based time-series analysis, *Cognitive Processing*, **Vol. 14 Iss. 4**, 371-376.

Vidhyarthi Jay ja Riecke Bernhard E. (2014), Interactively mediating experiences of mindfulness meditation, *International Journal of Human-Computer Studies*, **Vol. 69 Iss. 1**, 1-15.

Vipassana Fellowship Ltd (2014), Vipassana Fellowship, http://www.vipassana.com/meditation/mindfulness_in_plain_english_16.php (19.3.2014)

Waytz Adam, Zaki Jamil & Mitchell Jason P. (2012), Response of Dorsomedial Prefrontal Cortex Predicts Altruistic Behavior, *The Journal of Neuroscience*, **32**, 7646–7650.

Wang Shih-Feng, Lee Yu-Hao, Shiah Yung-Jong, Young Ming-Shing (2011), Time-Frequency Analysis of EEGs Recorded during Meditation, *First International Conference on Robot, Vision and Signal Processing* (IEEE), IEEE Computer Society, 73-76.

Wikipedia (2013a). Aivosähkökäyrä, <http://fi.wikipedia.org/wiki/Aivosähkökäyrä> (2.4.2014)

Wikipedia (2013b). Transkraniaalinen magneettistimulaatio, http://fi.wikipedia.org/wiki/Transkraniaalinen_magneettistimulaatio (2.4.2014)

Wikipedia (2014a). Beta wave, http://en.wikipedia.org/wiki/Beta_wave (12.4.2014)

Wikipedia (2014b). Hypnagogia, <http://en.wikipedia.org/wiki/Hypnagogia> (7.9.2014)

Wikipedia (2014c), Transcranial direct-current stimulation,
http://en.wikipedia.org/wiki/Transcranial_direct-current_stimulation (15.5.2014)

Wisner Betsy L. (2013), An Exploratory Study of Mindfulness Meditation for Alternative School Students: Perceived Benefits for Improving School Climate and Student Functioning, Springer Science+Business Media New York. DOI 10.1007/s12671-013-0215-9 Print ISSN 1868-8527 Online ISSN 1868-8535 Publisher Springer US

Xiong Glen L. ja Doraiswamy Murali P. (2009), Does Meditation Enhance Cognition and Brain Plasticity? *Longevity, Regeneration, And Optimal Health: Integrating Eastern And Western Perspectives*, **Vol. 1172**, 63-69.

Zaini Norliza, Omar Hasmila, Latip Mohd. Fuad Abdul (2011), Semantic-based Bayesian Network to Determine Correlation Between Binaural-beats Features and Entrainment Effects, *International Conference on Computer Applications and Industrial Electronics (IEEE)*, 574-579.

Zeidan Fadel, Johnson Susan K., Diamond Bruce J., David Zhanna, Goolkasian Paula (2010), Mindfulness meditation improves cognition: Evidence of brief mental training, *Consciousness And Cognition*, **Vol 19. Iss. 2**, 597-605.

Liite 1: Tuloksien liite

Session baseline to session avg

#Theta/alfa-Group

baselineAvg(t-	baselineAVg(t	sessionAvg(t+	sessionAvg(g'	$\Delta(t+a)$	$\Delta(g^*)$
1,977	0,505	2,088	0,474	0,111	-0,031
1,562	0,649	1,514	0,668	-0,048	0,019
1,676	0,609	1,684	0,612	0,008	0,003
1,963	0,488	2,048	0,493	0,085	0,005
1,241	0,811	1,506	0,684	0,265	-0,127
1,682	0,598	1,511	0,648	-0,171	0,05
1,52	0,687	2,005	0,508	0,485	-0,179
1,345	0,813	1,487	0,748	0,142	-0,065
avg->				0,109625	-0,040625

#Gamma-Group

baselineAvg(t-	baselineAVg(t	sessionAvg(t+	sessionAvg(g',	$\Delta(t+a)$	$\Delta(g^*)$
1,618	0,616	1,824	0,547	0,206	-0,069
1,721	0,623	1,526	0,708	-0,195	0,085
1,311	0,734	1,315	0,741	0,004	0,007
1,838	0,579	1,755	0,602	-0,083	0,023
1,582	0,608	1,153	0,791	-0,429	0,183
0,864	1,054	1,134	0,833	0,27	-0,221
1,673	0,629	1,525	0,664	-0,148	0,035
1,852	0,619	1,576	0,689	-0,276	0,07
avg->				-0,081375	0,014125

Session 1. to 3. phase

#Theta/alfa-Group

1. (t+a)	1. (g*)	3. (t+a)	3. (g*)	$\Delta(t+a)$	$\Delta(g^*)$
2,001	0,494	2,084	0,475	0,083	-0,019
1,446	0,72	1,616	0,603	0,17	-0,117
1,671	0,615	1,726	0,603	0,055	-0,012
2,006	0,517	2,08	0,476	0,074	-0,041
1,456	0,689	1,461	0,72	0,005	0,031
1,489	0,634	1,571	0,643	0,082	0,009
1,798	0,563	2,111	0,486	0,313	-0,077
1,54	0,727	1,442	0,771	-0,098	0,044
avg->				0,0855	-0,02275

#Gamma-Group

1. (t+a)	1. (g*)	3. (t+a)	3. (g*)	$\Delta(t+a)$	$\Delta(g^*)$
1,915	0,521	1,598	0,635	-0,317	0,114
1,498	0,724	1,584	0,673	0,086	-0,051
1,279	0,765	1,376	0,701	0,097	-0,064
1,751	0,604	1,788	0,593	0,037	-0,011
1,345	0,703	1,096	0,822	-0,249	0,119
1,018	0,902	1,145	0,83	0,127	-0,072
1,542	0,673	1,456	0,668	-0,086	-0,005
1,712	0,646	1,515	0,714	-0,197	0,068
avg->				-0,06275	0,01225