

Roni Renko

**KOGNITIIVISEN SUORITUSKYVYN
TEHOSTAMINEN TEKNOLOGIAN AVULLA**



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
TIETOJENKÄSITTELYTIETEIDEN LAITOS
2014

TIIVISTELMÄ

Renko, Roni

Kognitiivisen suorituskyvyn tehostaminen teknologian avulla

Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2014, 25 s.

Tietojärjestelmätiede, Kandidaatin tutkielma

Ohjaaja: Moilanen, Panu

Ihmisen kognitiiviselta suorituskyvyltä vaaditaan yhä enemmän nykyaikaisessa tietoyhteiskunnassa ja kognitiivisen kuormituksen kasvu vaikuttaa jo ihmisen evoluutioon. Suorituskykyä on kuitenkin mahdollista tehostaa normaalien rajoitusten yli muun muassa lisäämällä teknologiaa esimerkiksi ympäristöön tai suoraan ihmiskehoon. Tässä tutkielmassa pyritään selvittämään, mitä teknologioita voidaan käyttää kognitiivisen suorituskyvyn tehostamiseen ja mitä haasteita niiden yleistymiseen liittyy. Tutkielmassa kognitiivisen suorituskyvyn tehostamisen teknologiat on jaoteltu ulkoisiin ja sisäisiin. Ulkoisista teknologioista tarkastellaan älykkäitä ympäristöjä, kollektiivista tietämystä sekä puettavaa teknologiaa. Sisäisistä teknologioista käsitellään kognitiivista suorituskykyä tehostavia lääkkeitä ja implantteja.

Teknologioita voidaan hyödyntää myös esimerkiksi sairauksien ja vammojen hoidossa, mutta tässä tutkielmassa niitä tarkastellaan pääasiassa perusterveen ihmisen näkökulmasta. Teknologioiden esittelyn yhteydessä tuodaan esille niiden avulla saavutettavia hyötyjä, mutta vastapainoksi käsitellään myös niihin liittyviä eettisiä ongelmia sekä teknisiä, sosiaalisia ja taloudellisia rajoitteita.

Tutkielman keskeisimpinä tuloksina ovat kognitiivisen suorituskyvyn tehostamisella saavutettavat hyödyt. Esimerkiksi ihmisen aisteja on mahdollista tehostaa yli niiden luonnollisten rajojen. Muun muassa implanteilla on jo nykyään mahdollista toteuttaa yli-inhimillisen tarkka kuulo- ja näköaisti. Toisaalta tutkielma tarjoaa mahdollisuuden myös teknologioihin liittyvien haasteiden tarkasteluun. Erityisesti ihmiskehon sisälle asennettaviin teknologioihin liittyy useita ratkaisemattomia eettisiä ongelmia, kuten lisääntyvä epätasa-arvo ja teknologioiden väärinkäyttö.

Asiasanat: etiikka, implantit, kognitiivisen suorituskyvyn tehostaminen, muisti, puettavat teknologiat, älykkäät ympäristöt, älylääkkeet

ABSTRACT

Renko, Roni

Technology-based cognitive enhancement

Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2014, 25 p.

Information Systems Science, Bachelor's Thesis

Supervisor: Moilanen, Panu

There is a constantly growing workload for cognitive functions in today's information society and the increase in cognitive load has already started to affect human evolution. However, it is possible to enhance cognition to push human abilities over their natural limits. This can be done, for instance, by augmenting environment with technology or adding components inside human body. The aim of this thesis is to examine, what technologies can be used in cognitive enhancement and what kind of challenges exist in their widespread adoption. In this thesis, cognitive enhancement technologies have been categorized into external and internal. The external technologies include smart environments, collective knowledge and wearable technologies. The internal technologies consist of cognitive enhancing drugs and implants.

Although technology can be utilized in curing illnesses and treating disabilities, this thesis focuses mainly on enhancing the healthy. In addition to introducing the technologies with their potential benefits, some ethical problems are discussed along with technical, social and economical limitations.

The main findings of this thesis include the possible benefits of cognitive enhancement. With implants, for example, human senses can be improved beyond their natural boundaries. Implants can already be used to create super-human hearing and sight. On the other hand, this thesis provides a basis for critical analysis of the challenges caused by cognitive enhancement technologies. There still remain several unsolved ethical questions especially with internal technologies, such as increasing inequality and technology abuse.

Keywords: cognitive enhancement, ethics, implants, memory, smart environments, smart drugs, wearables

KUVIOT

KUVIO 1 Muistin prosessoinnin tasot (mukaillen Atkinson & Shiffrin, 1971) .. 12

TAULUKOT

TAULUKKO 1 Kognitiivisen suorituskyvyn tehostamisen teknologioihin liittyviä hyötyjä ja haasteita..... 19

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
KUVIOT	4
TAULUKOT	4
SISÄLLYS.....	5
1 JOHDANTO.....	6
2 KOGNITIIVISEN SUORITUSKYVYN TEHOSTAMISEN TEKNOLOGIAT8	
2.1 Ulkoiset teknologiat.....	8
2.1.1 Älykkäät ympäristöt	9
2.1.2 Kollektiivinen tietämys	10
2.1.3 Puettava teknologia	10
2.2 Sisäiset teknologiat	11
2.2.1 Kognitiivista suorituskykyä tehostavat lääkkeet.....	12
2.2.2 Implantit, transhumanismi ja kyborgismi	14
3 TEKNOLOGIOIDEN YLEISTYMISEN HAASTEITA.....	15
3.1 Eettisiä ongelmia.....	15
3.2 Muita teknologioihin liittyviä ongelmia.....	16
4 YHTEENVETO JA POHDINTA	19
LÄHTEET	22

1 JOHDANTO

Ihmisen kognitiivisille kyvyille asetetaan nykymaailmassa yhä suurempia vaatimuksia, sillä esimerkiksi erilaisten teknologioiden käytön sujuva hallitseminen on tärkeää ja uutta informaatiota tulvii eri suunnista. Länsimaisen tietoyhteiskunnan synty on myös johtanut jatkuvan tavoitettavuuden paineeseen, jolloin yksilön tulee olla tavoitettavissa lähes missä ja milloin tahansa. Muun muassa näistä syistä johtuen yksilö voi kokea, etteivät hänen kykynsä riitä käsittelemään kasvavaa informaatiokuormaa, mikä on herättänyt tarpeen tehostaa kognitiivisia kykyjä. Monet kognitiivisen suorituskyvyn tehostamiseen kykenevät teknologiat ovat jo vakiinnuttaneet asemansa työpaikoilla ja vapaa-ajalla. Esimerkiksi sähköpostin voi mieltää eräänlaiseksi muistin jatkeeksi, jossa säilytetään informaatiota.

Tässä tutkielmassa kognitiivisella suorituskyvyllä viitataan ihmisen kykyyn suoriutua erilaisista aivotoimintaa vaativista tehtävistä. Kognitiivisen suorituskyvyn tehostaminen (*cognitive enhancement*) teknologian avulla puolestaan tarkoittaa aivotoiminnan tehostamista tai uusien kykyjen lisäämistä muun muassa muistin, älykkyyden, päätöksenteon ja aistihavaintojen suhteen (Sandberg & Bostrom, 2006a; Fitz, Nadler, Manogaran, Chong & Reiner, 2013). Lisäksi Prensky (2009) esittelee käsitteet digitaalinen viisaus (*digital wisdom*) ja viisauden tehostaminen (*wisdom enhancement*), joista jälkimmäinen tarkoittaa käytännössä samaa kuin kognitiivisen suorituskyvyn tehostaminen. Prenskyn mukaan digitaalisella teknologialla on mahdollista paikata ihmisen omissa kyvyissä ilmeneviä puutteita, joita ovat esimerkiksi seuraavat:

- päätösten tekeminen puutteellisen tiedon pohjalta
- väärrien oletuksien tekeminen
- kyvyttömyys ennustaa tulevaisuutta tarkasti
- rajallinen kyky käsitellä kompleksisuutta
- rajoitteet näkö-, kuulo-, tunto- ja hajuaisteissa
- kyvyttömyys erottaa tunneperäinen ajattelu rationaalisesta päättelystä
- muistikapasiteetin rajallisuus ja taipumus unohtaa asioita.

Näitä rajoitteita ja puutteita voidaan vähentää ja niistä voidaan jopa päästä eroon teknologiaa hyödyntämällä. Prenslyn mukaan onkin mahdollista saavuttaa digitaalisessa viisaudessa korkeampi taso, jolloin ihminen ja teknologia toimivat symbioosissa.

Tässä tutkielmassa pyritään selvittämään, minkälaisia teknologioita kognitiivisen suorituskyvyn tehostamiseen voidaan käyttää sekä mitä haasteita niiden yleistymiseen liittyy. Näihin tutkimuskysymyksiin vastataan teknologioiden tarkastelun ja tieteellisessä kirjallisuudessa tunnistettujen haasteiden pohjalta. Tehostamista käsitellään perusterveen ihmisen näkökulmasta.

Seuraavassa luvussa esitellään teknologioita, joilla kognitiivista suorituskykyä voidaan tehostaa. Teknologiat on jaoteltu ihmiskehon ulkoisiin ja sisäisiin niiden toimintaympäristön perusteella. Teknologiat esitellään aluksi niiden tarjoamien hyötyjen näkökulmasta, mutta kolmannessa luvussa otetaan myös kantaa niihin liittyviin negatiivisiin puoliin, kuten eettisiin ongelmiin ja teknisiin rajoituksiin. Lopuksi esitetään yhteenveto käsitellyistä asioista.

2 KOGNITIIVISEN SUORITUSKYVYN TEHOSTAMISEN TEKNOLOGIAT

Parin viime vuosikymmenen aikana saavutetut teknologiset kehitysaskleet ovat olleet niin valtavia, että käsityksemme ympäröivästä maailmasta on muuttunut radikaalisti. Digitaalisuudesta on tullut osa arkipäivää ja teknologia on läsnä kaikkialla. Kognitiivisten kykyjen merkitys työelämässä ja vapaa-ajalla on kasvanut niin merkittävästi, että niitä voidaan pitää jo ihmisen evoluutioon vaikuttavina tekijöinä (Dascal & Dror, 2005).

Tässä tutkielmassa teknologiat esitellään mukaillen Sandbergin ja Bostromin (2006a) tekemää jaottelua, jossa teknologiat lasketaan kuuluviksi joko sisäisiin tai ulkoisiin. Kumpikin osa-alue sisältää runsaasti erilaisia teknologioita, mutta tässä tutkielmassa pyritään käsittelemään vain sellaisia, jotka ovat jo yleisessä käytössä tai joilla on potentiaalia päätyä maailmanlaajuiseen käyttöön lähitulevaisuudessa. Tässä luvussa teknologioita tarkastellaan pääasiassa niiden tarjoamien hyötyjen näkökulmasta, mutta niihin liittyviä haasteita käsitellään tarkemmin luvussa kolme.

2.1 Ulkoiset teknologiat

Ulkoisilla teknologioilla tarkoitetaan Sandbergin ja Bostromin (2006a) mukaisessa jaottelussa kognitiivisen suorituskyvyn lisäämiseen kykeneviä ihmiskehon ulkopuolisia työkaluja. Ulkoisia apuvälineitä käytettiin esimerkiksi muistin tukena jo 10 000 vuotta sitten, jolloin ihminen oppi hyödyntämään savesta tehtyjä merkkejä laskutoimitusten apuna ja omaisuuden kirjaamisessa, mikä puolestaan johti kirjoitustaidon syntymiseen (Sandberg & Bostrom, 2006a). Nykyaikaisempi esimerkki ulkoisesta teknologiasta on taskulaskin, jolla voidaan ulkoistaa osa työmuistista laskutoimitusta tehdessä. Taskulaskimen avulla käyttäjä kykenee suoriutumaan huomattavasti monimutkaisemmista laskutoimituk-

sista kuin pelkkää päässä laskua käyttäen ja työmuistin rajoitukset eivät pääse yhtä helposti vääristämään tulosta.

Ulkoisiin teknologioihin sisältyy muun muassa Sandbergin ja Bostromin (2006a) mukaan valtava määrä erilaisia käytännön sovellutuksia, mutta tässä alaluvussa esitellään tarkemmin kolme teknologiaa, joilla on potentiaalia päätyä maailmanlaajuiseen käyttöön osaksi ihmisten päivittäistä elämää.

2.1.1 Älykkäät ympäristöt

Älykkäillä ympäristöillä (*smart environments*) tarkoitetaan esimerkiksi kaupunkialueita, toimistoja tai kulkuneuvojen ohjaamoja, joihin teknologia on upotettu olennaiseksi osaksi ympäristöä. Älykkäät ympäristöt kykenevät reagoimaan käyttäjiensä tarpeisiin ja parantavat heidän kokemustaan ympäristöstään. (Cook & Das, 2004.) Upottamisella viitataan siihen, että teknologia on riittävän pienikokoista, jotta se saadaan käyttäjiltä helposti piilotettua ja sen käyttö ei vaadi erityisiä ponnisteluja. Älykkäiden ympäristöjen kannalta eräs tärkeimmistä ominaisuuksista onkin juuri se, että teknologia toimii mahdollisimman luonnollisena ja intuitiivisena osana ympäristöä. Tästä voidaan käyttää nimitystä *calm technology*, jolla viitataan käyttäjältä kätkeytyyn teknologiaan. (Streitz & Nixon, 2005; Sandberg & Bostrom, 2006a.)

Esimerkiksi autovalmistajat ovat alkaneet hyödyntää älykkäitä ympäristöjä. Auton järjestelmät voivat avustaa kuljettajaa ympäristön havainnoinnissa tai tehdä jopa päätöksiä hänen puolestaan. (Nakashima, Aghajan & Augusto, 2009.) Yhä useamman nykyauton varustelistalta löytyy kaistavahdin ja pysäköintiavustimen kaltaisia apuvälineitä, jotka kykenevät tekemään ohjausliikkeitä kuljettajan puolesta, mikäli järjestelmä huomaa vaaratilanteen ennen kuljettajaa.

Älykkäitä ympäristöjä on hyödynnetty myös sairaaloissa. Esimerkiksi Shimanen yliopistollinen sairaala Japanissa hyödyntää koko sairaalan kattavaa ubiikkiympäristöä (*ubiquitous environment*) potilastietojen tarkasteluun ja siirtoon, mikä on puolestaan vähentänyt talon sisäisten puhelinsoittojen määrän lähes puoleen aiemmasta. Potilastietojen ollessa henkilökunnan käytettävissä ajasta ja paikasta riippumatta, voi muun muassa lääkäreiden muistin kuormittuminen vähentyä, parantaen siten työtehokkuutta. Käytännössä ubiikkiympäristö on toteutettu yksinkertaisesti koko sairaalan alueella toimivan langattoman verkon avulla, jolloin henkilökunta pystyy käyttämään potilastietokantaa omilla laitteillaan, kuten kannettavilla tietokoneilla sekä tableteilla. (Hanada, Tsumoto & Kobayashi, 2010.)

Crotty ym. (2009) esittävät tulevaisuudenvision, jossa teknologiaa voidaan hyödyntää yksilöiden päivittäisessä elämässä heidän henkilökohtaisissa älytiloissaan (*personal smart spaces, PSS*). Vision mukainen henkilökohtainen älytila on useiden laitteistojen muodostama dynaamisen interaktion mahdollistava ympäristö. Jokaisella ympäristöllä on omistaja, jota varten se toimii ja henkilökohtaiset älytilat voidaan myös saada kommunikoimaan keskenään. Crotty'n tutkimusryhmän mielestä yksi tärkeimmistä henkilökohtaisen älytilan ominai-

suuksista on itseoppivuus, jonka avulla järjestelmä osaisi toimia proaktiivisesti käyttäjän tottumuksien mukaan. Älytiloja voidaan hyödyntää esimerkiksi toimistotiloissa työtehokkuuden parantamiseen.

2.1.2 Kollektiivinen tietämys

Kollektiivisella tietämyksellä (*collective knowledge* tai *collective intelligence*) tarkoitetaan sosiaalista järjestelmää, johon ihmiset voivat tuottaa sisältöä ja josta kukin voi hakea haluaamaansa tietoa. Järjestelmästä voidaan hakea tietoa tehokkaan hakutoiminnon avulla, joka kykenee löytämään käyttäjän haun mukaisia kysymyksiä sekä vastauksia. (Gruber, 2008.) Kollektiivisen tietämyksen järjestelmiä voidaan hyödyntää erityisesti yritysmaailmassa keräämällä yrityksen omaan järjestelmään mahdollisimman kattavasti tietoa yrityksen aiemmista päätöksistä ja toiminnasta. Näin yritykseen tulevien uusien työntekijöiden on helpompi päästä sisälle organisaation toimintaan. (Haseman, 2005.)

Yksi mahdollinen tapa hallita kollektiivista tietämystä on transaktiivinen muistijärjestelmä (*transactive memory system, TMS*). Transaktiivisen muistijärjestelmän tarkoituksena on vähentää työntekijän kognitiivista kuormitusta jakamalla informaatiota siten, että työntekijä ymmärtää paremmin kollegoidensa osaamisalueita. TMS hyödyttää erityisesti sellaisia yrityksiä, joissa tehdään monimutkaisia ja vaikeasti koordinoitavia työtehtäviä, kuten konsultointia, tuotekehitystä tai ad hoc -projekteja. Muistijärjestelmän avulla työntekijöiden tietämys saadaan integroitua järjestelmään, jonka kautta sitä voidaan hallinnoida ja esittää eksplisiittisessä muodossa. (Lewis, Belliveau, Herndon & Keller, 2007.)

Kollektiivisen tietämyksen yksi ihanteellisimmista käyttötarkoituksista on sen hyödyntäminen yrityksen päätöksenteossa, mutta se vaatii huolellista suunnittelua. Apuna suunnittelussa voidaan käyttää esimerkiksi Bonabeaun (2009) esittelemää Decision 2.0 -viitekehystä. Viitekehysten avulla voidaan suunnitella miten ja mistä tietoa kerätään, miten sitä tallennetaan sekä miten tietoa ja järjestelmän käyttöoikeuksia hallinnoidaan.

2.1.3 Puettava teknologia

Puettavasta teknologiasta on tulossa yksi suurista kuluttajaelektroniiikan kategorioista esimerkiksi kodin elektroniikan rinnalle. Puettava teknologia voi tarkoittaa esimerkiksi ranteessa pidettäviä älykelloja, rannesensoreita, Google Glassin kaltaisia älylaseja ja älytekstiilejä. (Swan, 2012.)

Aina ei kuitenkaan tarvita erillisiä, vain yhteen tarkoitukseen kehitettyjä laitteita, sillä jo valmiiksi yleisessä käytössä olevat teknologiat voidaan valjastaa kognitiivisen suorituskyvyn parantamiseen. Esimerkiksi älypuhelimista löytyviä ominaisuuksia kuten kiihtyvyyssantureita, GPS-paikannusta ja mikrofonia voidaan hyödyntää käyttäjän stressitason mittaamiseen. Saatua mittaustietoa voidaan käyttää muun muassa rentoutusharjoitusten tukena. (Muaremi, Arnrich & Tröster, 2013.) Lähitulevaisuudessa eri laitteita saatetaan kehittää paremmin yhteensopiviksi, jolloin esimerkiksi kehoon kiinnitettävien antureiden

käyttö älypuhelimien lisävarusteina saattaa yleistyä. Antureilla voidaan saada tarkempaa tietoa yksilöstä, mikä mahdollistaisi muun muassa henkilökohtaisten, käyttäjälle yksilöllisesti räätälöityjen harjoitusohjelmien luomisen.

Tiedeuutissivusto NewScientist uutisoi vuoden 2013 lopulla kehitteillä olevasta laitteesta, joka käyttää infrapunaspektroskopiaa (*functional near-infrared spectroscopy, fNIRS*) käyttäjän aivotoiminnassa tapahtuvien muutosten mittaamiseen. Päähän puettava laite kykenee selvittämään käyttäjän keskittymisen tason lähettämällä infrapuna-aaltoja tämän aivojen etuotsalohkoon. Aivokuoressa kiertävän veren hemoglobiini heijastaa osan infrapuna-aalloista takaisin ja laite mittaa käyttäjän keskittymistä heijastuneiden aaltojen perusteella. Laitetta on testattu lennonjohtajilla, joilla on henkisesti erittäin haastava työ. Laitteen antamien tulosten perusteella on mahdollista määritellä kunkin lennonjohtajan kognitiivinen kapasiteetti ja antaa sen perusteella jokaiselle sopiva määrä vastuuta. Käytännössä tällä tarkoitetaan sitä, että yksilö kykenee seuraamaan rajoitettua määrää lentokoneita samanaikaisesti ilman virheitä. Tämän tiedon avulla lennonjohtajien työnjako on mahdollista optimoida virheiden minimoimiseksi ja työtehokkuuden kasvattamiseksi. fNIRS-laitteen kaltaisten teknologisten innovaatioiden ennustetaan helpottavan työssä kertyvää kognitiivista kuormaa. (Hodson, 2013.)

Infrapunaspektroskopia ei kuitenkaan ole täysin uusi teknologia, sillä fNIRS-teknologiaa ovat tutkineet muun muassa Hock ym. (1997), Gratton ja Fabiani (2001) sekä Schmorrow, Stanney, Wilson ja Young (2004). Teknologian lähes 20-vuotisen kehityshistorian varrella sen yksityiskohtia on paranneltu jatkuvasti ja esimerkiksi Hodsonin (2013) haastatteleman fNIRS-kehittäjä Evan Peckin visioissa sitä voidaan tulevaisuudessa käyttää arjen apuvälineenä esimerkiksi oppimisen tukena.

Kun ihminen ympäröi itsensä teknologialla, voidaan teknologiakokonaisuutta pitää ulkoisena minuutena (*exoself*). Tällä tarkoitetaan sitä, että ihminen toimii teknologian tarjoaman ”kuoren” sisällä, joka puolestaan toimii ihmisen luonnollisten kykyjen ulkoisena jatkeena. (Sandberg & Bostrom, 2006b.) Puettavien teknologioiden avulla on mahdollista saavuttaa korkeampi toimintakyvyn taso esimerkiksi muistin osalta, mikä ei olisi mahdollista ilman teknologiaa (Warwick, 2003).

2.2 Sisäiset teknologiat

Tässä tutkielmassa sisäisillä teknologioilla tarkoitetaan ihmiskehon sisälle asennettavia tai kehoa muokkaavia teknologioita, joilla voidaan aikaansaada kognitiivista suorituskykyä tehostavia vaikutuksia. Sisäisten teknologioiden yleistymisen suurimpiin esteisiin lukeutuvat niiden eettiset ongelmat, kuten yksityisyydensuojan puute, teknologioiden väärinkäyttö ja lisääntyvä epätasa-arvo (Bostrom & Sandberg, 2009). Näitä eettisiä ongelmia käsitellään tarkemmin luvussa 3.1.

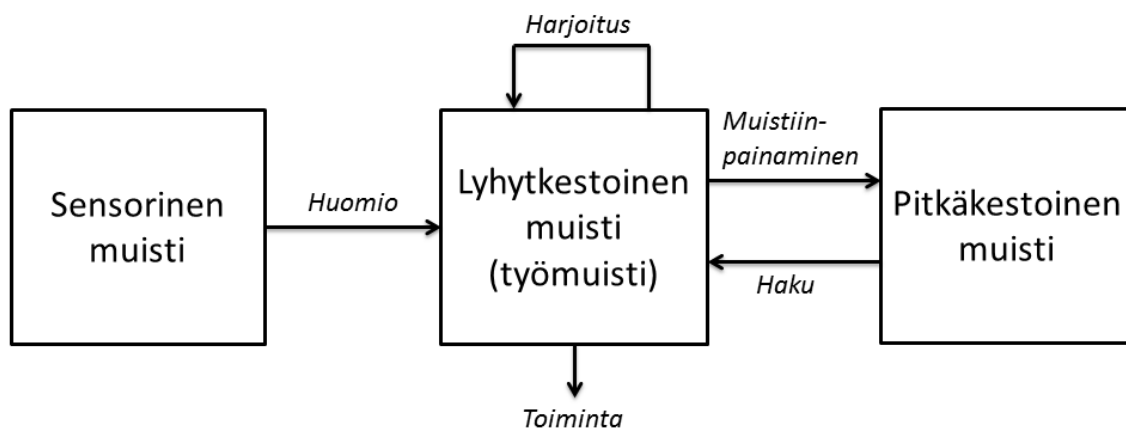
Tässä alaluvussa esitellään kaksi sisäistä teknologiaa, joilla on valtavasti potentiaalia kognitiivisen suorituskyvyn tehostamisen alueella, mutta joihin liittyy vielä toistaiseksi ratkaisemattomia eettisiä ongelmia. Sandbergin ja Bostromin (2006a) mukaan sisäisiin teknologioihin sisältyvät myös muun muassa geenimuuntelu ja ihmiskehon kirurginen muokkaaminen, joita ei kuitenkaan käsitellä tässä tutkielmassa tarkemmin.

2.2.1 Kognitiivista suorituskykyä tehostavat lääkkeet

Kognitiivista suorituskykyä on mahdollista tehostaa orgaanisilla, synteettisillä tai nanoteknologiaan pohjautuvilla lääkkeillä. Sententian (2006) mukaan lääkkeillä voidaan pyrkiä neurokognitiiviseen tehostamiseen, jossa ihmisen kykyjä parannellaan tai muunnellaan. Lopullisena tavoitteena on luoda kyvyllään ”parempi ihminen”.

Ihmisen työsuorituskykyä, muistia ja oppimista voidaan tehostaa esimerkiksi tarkkaavaisuus- ja ylivilkkaushäiriön (Attention Deficit Hyperactivity Disorder, ADHD), Alzheimerin taudin tai narkolepsian hoitoon tarkoitetuilla lääkkeillä, joita ovat muun muassa modafiniili ja metyyllifenidaatti (Sandberg & Bostrom, 2006b; Dresler ym., 2013) sekä pirasetaami (Cakic, 2009). Pirasetaamia ei kuitenkaan käsitellä tarkemmin tässä tutkielmassa. Cakicin (2009) mukaan nämä lääkeaineet kuuluvat nootropiineihin, joita voidaan kutsua myös älylääkkeiksi (*smart drugs*).

Esimerkiksi ADHD vaikuttaa heikentävästi työmuistiin liittyviin aivotoiminnan osa-alueisiin, kuten huomiokykyyn ja muistiinpainamiseen (Barkley, 1997). Tästä voidaan päätellä, että älylääkkeet vaikuttavat erityisesti työmuistiin ja siihen liittyviin aivotoiminnan alueisiin, jotka on esitelty allaolevassa kuviossa (kuvio 1). Sensorinen muisti on muistityypeistä lyhytkestoisin, sillä se perustuu aistihavaintoihin. Usein aistihavainnot jäävät tiedostamattomiksi, mutta ihmisen huomion kiinnittyessä ärsykkeisiin niistä siirtyy muisti-jälki työmuistiin, josta ne on mahdollista siirtää edelleen pitkäkestoiseen muistiin. Työmuistin kapasiteettia on myös mahdollista laajentaa harjoittelun avulla. (Craik & Lockhart, 1972.)



KUVIO 1 Muistin prosessoinnin tasot (mukaillen Atkinson & Shiffrin, 1971)

Modafiniili, jota myydään muun muassa kauppanimellä Provigil, vaikuttaa aivojen dopamiini- ja noradrenaliinitasoihin vireyttä ja huomiokykyä nostavasti. Lääkkeen tarkkaa toimintamekanismia ei kuitenkaan tunneta, mikä vaikeuttaa sen hyödyntämistä laajemmassa mittakaavassa. Virallisesti sitä käytetään yksinomaan narkolepsian eli liiallisen uneliaisuuden hoidossa sekä univajeesta johtuvan suorituskyvyn heikkenemisen hoidossa. (Bostrom & Sandberg, 2009; European Medicines Agency, 2011; Dresler ym., 2013.)

Modafiniiliä on mahdollista hyödyntää kognitiivisen suorituskyvyn tehostamisessa, sillä se kasvattaa tilapäisesti työmuistin kapasiteettia ja helpottaa päätöksentekoa erityisesti haastavissa, työmuistia voimakkaasti kuormittavissa tehtävissä (Müller, Steffenhagen, Regenthal & Bublak, 2004; Bostrom & Sandberg, 2009). Toisaalta lääkkeellä on myös joitakin harvinaisia sivuvaikutuksia, joiden vuoksi sen käyttöä terveillä ihmisillä voidaan pitää kyseenalaisena. Esimerkiksi Euroopan lääkevalmistekomitean mukaan modafiniili voi aiheuttaa vaikeita ihoreaktioita ja vakavia psykiatrisia häiriöitä, joiden esiintymisen riski on suurempi lapsilla (European Medicines Agency, 2011).

Metyylifenidaatti, joka tunnetaan paremmin kauppanimellä Ritalin, on erityisesti Yhdysvalloissa suosittu tarkkaavaisuus- ja ylivilkkaushäiriön (*ADHD*) hoitoon tarkoitettu valmiste, joka estää dopamiinin ja norefedriinin takaisinoton aivoissa (Volkow ym., 2001). Terveillä ihmisillä lääke parantaa keskittymis- ja organisointikykyä sekä muistia, minkä vuoksi sitä myydään ja käytetään laittomasti muun muassa opiskelijoiden ja toimistotyöntekijöiden keskuudessa (Greely ym., 2008; Partridge, Bell, Lucke, Yeates & Hall, 2011). Toisaalta Partridge ym. (2011) myös kritisoi sitä, että lääkkeiden käyttöä käsitteleviä tutkimuksia on raportoitu virheellisesti useissa alan julkaisuissa, mistä on aiheutunut väärän tiedon leviämistä ja ennakoasenteita.

Metyylifenidaatin yleisimmät sivuvaikutukset ovat varsin lieviä. Sen on havaittu aiheuttavan esimerkiksi ruokahalun puutetta, suun kuivumista, lievää masennusta, huimausta ja lihasten nykimistä. Nämä sivuvaikutukset ovat kuitenkin hyvin harvinaisia. (Outram, 2010.) Toisaalta Cakic (2009) huomauttaa, että metyylyfenidaatin haittavaikutuksia voidaan verrata anabolisten steroidien aiheuttamiin vaikutuksiin, joihin lukeutuvat muun muassa vakavat psyykkiset ongelmat, univaikeudet ja aivoverenkiertoon liittyvät häiriöt.

Modafiniilin ja metyylyfenidaatin kaltaisilla lääkkeillä on varsinaisen toimintamekanisminsa lisäksi useita positiivisia vaikutuksia, jotka parantavat epäsuorasti käyttäjänsä kognitiivista suorituskykyä. Esimerkiksi Vrecko (2013) haastatteli opiskelijoita, jotka kertoivat muun muassa tuntevansa itsensä positiivisemmaksi ja päättäväisemmäksi sekä kykenevänsä nauttimaan opiskelusta aiempaa enemmän.

Lääkkeitä voidaan valmistaa myös käyttäen hyödyksi nanomateriaaleja, joiden avulla lääke saadaan vapauttamaan vaikuttavat ainesosat täsmälleen halutussa paikassa, jolloin lääkkeen vaikutusta voidaan myös kontrolloida tarkemmin. Nanomateriaaleissa on toistaiseksi ilmennyt ongelmia muun muassa sopivan materiaalikon löytämisessä. Lisäksi osan lääkekäyttöön sopivista ma-

teriaaleista on havaittu olevan ihmiselle myrkyllisiä. (Sandberg & Bostrom, 2006b; Agyare ym., 2008; Yang ym., 2013.)

2.2.2 Implantit, transhumanismi ja kyborgismi

Kognitiivisen suorituskyvyn radikaali tehostaminen on mahdollista asentamalla ihmiskehoon implantteja. Osa niistä, kuten sisäkorvaimplantit ovat jo saavuttaneet arkipäiväisen ja hyväksytyt aseman, sillä niitä on asennettu jo yli 300 000 ihmiselle ympäri maailman (Marcus & Koch, 2014). Osa mahdollisista implanteista pidetään kuitenkin eettisesti arveluttavina tai liian kalliina valta-väestölle (Hays, Miller & Cobb, 2013).

Toisaalta ihmiskehon muokkaaminen implanteilla on synnyttänyt jopa transhumanismin ja kyborgismin kaltaisia ajattelusuuntauksia, joissa ihmiskeho ja sen eri osat nähdään käytännössä pelkkänä välineenä jonkin tavoitteen saavuttamiseksi (Heljakka, 2005). Transhumanistisen ajattelumallin mukaan ihminen on kyvyiltään keskeneräinen olento, jota voidaan muokata haluttuun suuntaan hyödyntämällä vastuullisesti tiedettä, teknologiaa ja muita rationaalisia keinoja (Bostrom, 2003).

Osa implanteista vaikuttaa ensisijaisesti käyttäjänsä fyysisiin ominaisuuksiin kuten liikuntakykyyn, ja esimerkiksi jalka- ja käsiproteeseilla voidaan korjata tuhoutuneita kykyjä. Toisaalta teknologia voidaan integroida yhä helpommin osaksi ihmisen kognitiivista järjestelmää muun muassa ihon alle, silmiin tai suoraan aivoihin asennettavien implanttien avulla. (Topol, 2012.) Yhdysvaltalainen yritys Second Sight valmisti vuonna 2013 ensimmäisen virallisesti hyväksytyt kaupallisen silmäimplantin, joten näköaistin tehostaminen maailmanlaajuisesti alkaa olla ajankohtainen aihe lähivuosina (Marcus & Koch, 2014).

Ihmisen ja teknologian fuusion myötä ihminen voidaan nähdä osittain synteettisenä olentona eli kyborgina. Topol (2012) esittelee käsitteen *homo digitus*, jolla tarkoitetaan digitalisoitua ihmistä. Topolin mukaan saatamme kohdata tulevaisuudessa tilanteen, jossa ihmistä ja teknologiaa ei enää kyetä selkeästi erottamaan toisistaan. On kuitenkin huomattava, että digitalisoitu ihminen on vain yksilön jatke, sillä inhimillisyyden, luonteen ja muiden monimutkaisten ominaisuuksien luominen digitaalisesti ei välttämättä ole mahdollista.

3 TEKNOLOGIOIDEN YLEISTYMISEN HAASTEITA

Edellisessä luvussa esiteltäisiin teknologioihin liittyvät hyödyllisten ominaisuuksien lisäksi myös lukuisia ongelmia. Tässä luvussa tarkastellaan teknologioihin liittyviä eettisiä ongelmakohtia sekä niissä ilmeneviä puutteita ja muita haasteita.

3.1 Eettisiä ongelmia

Ilmiselvistä hyödyistään huolimatta kognitiivisen suorituskyvyn tehostaminen teknologian avulla ei ole täysin ongelmatonta. Tällä hetkellä monet teknologioiden yleistymisen kannalta kriittiset ongelmat liittyvät niiden eettisyyteen. Näyttää siltä, että sisäisissä teknologioissa on toistaiseksi enemmän ratkaisemattomia eettisiä kysymyksiä kuin ulkoisissa teknologioissa.

Kykyjen tehostamista pidetään tyypillisesti eräänlaisena vastakohtana terapialle, jolla tarkoitetaan sairauksien ja vammojen hoitoa. Eettisiä ongelmia nähdään tilanteissa, joissa terveen ihmisen kykyjä tehostetaan tämän normaalin suorituskykyrajoitusten yli. Toisaalta terapia-tehostaminen -kahtiajako ei ole täysin kattava. Muun muassa ennaltaehkäisevää lääkintää, plastiikkakirurgiaa tai hedelmöityshoitoja ei voida luokitella kuuluviksi varsinaisesti kumpaankaan kategoriaan. Myös normaalin terveydentilan rajat on vaikea asettaa, kahtiajako terveiden ja sairaiden välillä on epäselvä, ja esimerkiksi lääkityksen todellista tarvetta ei voida määritellä yksiselitteisesti ja universaalisti. (Bostrom & Roache, 2008; Outram, 2012.) Lääketeollisuudelle on myös vaikeaa perustella terveiden ihmisten kykyjen tehostamista, sillä käytännössä kaikkien kaupallisten lääkevalmisteiden ensisijainen käyttötarkoitus liittyy jonkin sairauden tai rajoitteen hoitoon (Bostrom & Roache, 2008).

Kognitiivisen suorituskyvyn tehostamisen toteutuessa laajassa mittakaavassa on olemassa se riski, että tehostamista hyödyntäneet alkavat käyttää hyväksi sellaisia ihmisryhmiä, joilla ei ole siihen mahdollisuutta. Yksi tähän liittyvistä uhkakuvista on tilanne, jossa yhteiskunta jakautuu kahteen luokkaan, jois-

ta muodostuu lopulta kaksi kilpailevaa rotua. Toisaalta kuvailtu tilanne on suhteellisen epätodennäköinen, sillä kognitiivisen suorituskyvyn tehostaminen hyödyttää todennäköisimmin sellaisia yksilöitä, joiden kognitiivinen kapasiteetti on muutenkin valtaväestöä heikommalla tasolla. (Bostrom & Roache, 2008.) Epätasa-arvoista yhteiskuntaa ovat kritisoineet myös muun muassa Cakic (2009) ja Bostrom (2003). Cakic (2009) esittää tutkimuksessaan näkökulman, että kognitiivisen suorituskyvyn tehostaminen voidaan nähdä dopingin kaltaisena keinona saavuttaa epäreilu etulyöntiasema kilpailijoihin nähden. Bostrom (2003) huomauttaa, että esimerkiksi sikiöiden geenien muuntelulla saatettaisiin aiheuttaa epätasa-arvoa, sillä muokkaamattomista sikiöistä kehittyvillä ihmisillä ei ole mahdollisuutta vaikuttaa riittävästi omaan kehitykseensä, minkä vuoksi he saattaisivat olla altavastaajina myöhemmin elämässään.

Lukuisien tutkimusten perusteella näyttää siltä, että esimerkiksi metyyli-fenidaatilla ja modafiniilillä on mahdollisista yhteiskunnallisista ongelmistaan huolimatta valtavasti potentiaalia oppimisen tehostamisessa. Toisaalta mahdollonta täysin kontrolloida, kuinka suuri osa lääkkeistä todellisuudessa päätyy viihdekäyttöön oppimisen tehostamisen sijaan. (Outram, 2012.)

Racine ja Forlini (2010) huomauttavat reseptilääkkeiden väärinkäytön olevan yksi älylääkkeisiin liittyvistä ongelmakohdista. Reseptilääkkeiden ympärille on muodostunut laitonta kaupankäyntiä ja esimerkiksi terveet opiskelijat kertovat lääkärin vastaanotolla kärsivänsä ADHD-oireista saadakseen reseptin metyyli-fenidaattia varten.

Persson ja Savulescu (2008) pohtivat teknologian eksponentiaalisen kehityksen ongelmia myös yleisemmällä tasolla. Heidän mukaansa pieni osa ihmiskunnasta on pahantahtoisia ja nykyajan valtavat teknologiset kehitysaskeleet mahdollistavat pahantahtoisille yksilöille erilaisten ”joukkotuhoaseiden” käytön. Persson ja Savulescu (2008) mainitsevat geenimuuntelun yhtenä esimerkkinä potentiaalisesti vaarallisista teknologiasuuntauksista. Vääriin käsiin joutuessaan geenimuuntelulla voidaan aikaansaada muun muassa äärimmäisen tappavia tautiepidemioita.

Kyborgismin näkökulmasta on tärkeää huomioida, että teknologian avulla tehostettu ihmismieli ei todennäköisesti halua luovuttaa saavuttamaansa älylistä etulyöntiasemaa vapaaehtoisesti. On myös moraalisesti arveluttavaa, että kyborgi voidaan mieltää pieneksi osaksi suurempaa verkkoa, jolloin tämän yksilöllisyys saattaa vaarantua. (Warwick, 2003.)

3.2 Muita teknologioihin liittyviä ongelmia

Eettisten epäkohtien lisäksi teknologioihin liittyy muun muassa teknisiä, sosiaalisia ja taloudellisia rajoitteita, jotka voivat hidastaa teknologioiden kehitystä ja yleistymistä. Tässä luvussa näitä ongelmia käsitellään kunkin teknologian osalta käyttäen samaa järjestystä kuin luvussa kaksi.

Älykkäiden ympäristöjen tehokas hyödyntäminen edellyttää, että ympäristö kattaa riittävän suuren alueen. Esimerkiksi langatonta tiedonsiirtoa varten tarvitaan riittävä määrä tukiasemia, jotta verkon signaali pysyy riittävän voimakkaana ympäristössä. Verkon laajentaminen voi tulla kalliiksi, sillä esimerkiksi rakennusten materiaalit voivat vaikuttaa merkittävästi signaalin kantomatkaan lisäten ylimääräisten tukiasemien tarvetta. (Hanada ym., 2010.) Myös tietoturvan ja yksityisyydensuojan varmistaminen voi olla haasteellista älykkäissä ympäristöissä. Langattomat verkot ovat usein jaettuina, joten kunkin käyttäjän tiedot on salattava. (Cook & Das, 2004.)

Kollektiivisen tietämyksen laajamittainen hyödyntäminen vaatii huolellista suunnittelua, sillä ongelmia voi syntyä erityisesti heikon tietoturvan kautta tai kontrolloitavuuden kadotessa liian suuren käyttäjämäärän vuoksi. Arkaluontoista tietoa ja liikesalaisuuksia saattaa vuotaa kolmannelle osapuolelle, mikäli järjestelmän käyttöoikeuksien hallinnassa on puutteita tai oikeuksien myöntämisperusteita ei ole asetettu harkiten. Kollektiivisen tietämyksen järjestelmään liittyvät riskit kasvavat sitä suuremmiksi, mitä enemmän käyttäjiä siinä on. Ongelmia syntyy erityisesti tilanteissa, joissa päätöksenteko ulkoistetaan tai se annetaan liian suuren ryhmän tehtäväksi. (Bonabeau, 2009.)

Esimerkiksi suomalainen jalkapalloseura PK-35 teki 2000-luvun alussa kokeilun, jossa joukkueen johtaminen ulkoistettiin seuran kannattajille. Fanit saivat äänestää puhelimillaan joukkuetta koskevista päätöksistä ja äänestyksen voittanut vaihtoehto toteutettiin. Joukkueen kausi epäonnistui lopulta täysin ja sen päävalmentaja erotettiin tehtävästään. Ongelma ei välttämättä johtunut päättäjien suuresta määrästä, vaan heidän puutteellisesta tietämyksestään. (Wyllie, 2002; Bonabeau, 2009.)

Puettavan teknologian yleistymisen toistaiseksi merkittävimmät haasteet liittyvät laitteiden rajalliseen akkukapasiteettiin ja korkeaan hintaan. Akkuja kehitetään kuitenkin jatkuvasti ja parhaillaan tutkitaan mahdollisuutta tuottaa laitteisiin energiaa käyttäjän ruumiinlämmön, liikkeen tai ympäristön valon avulla. Myös laitteiden fyysinen koko ja niiden epäkäytännöllisyys saattavat vaikuttaa niiden laajamittaiseen omaksumiseen. (Swan, 2012.)

Suorituskykyä tehostavien lääkkeiden käytön yleistymisen saattaa aiheuttaa sosiaalista painetta sellaisille ihmisille, jotka eivät lääkkeitä vielä käytä, sillä niitä käyttävät saavat muun muassa akateemisessa ympäristössä etulyöntiaseman (Vrecko, 2013). On myös mahdollista, että lääkkeillä on vielä tuntemattomia haittavaikutuksia ja ne saattavat aiheuttaa riippuvuutta, sillä niitä ei ole tutkittu vielä riittävästi (Partridge ym., 2011). Toisaalta lääkkeiden tarkoin rajattu käyttötarkoitus ja niiden suositeltuihin käyttötarkoituksiin tehdyt viimeaikaiset muutokset saattavat luoda negatiivista painetta sellaisia ihmisiä kohtaan, jotka käyttävät lääkeaineita kognitiivisen suorituskyvyn tehostamiseen. Sosiaalista painetta voi kuitenkin ilmetä minkä tahansa teknologian yhteydessä ja paine saattaa kohdistua erityisesti sen varhaisiin omaksujiin. Esimerkiksi matkapuhelimien hands free -laitteiden käyttö herätti aluksi hämmennystä, sillä laitteeseen puhuva ihminen näytti puhuvan itsekseen. Teknologian yleistyttyä

asiaan ei enää juurikaan kiinnitetä huomiota ja ihmisen puhuessa kaupungilla itsekseen useimmat olettanevat hänen puhuvan hands free -laitteeseen.

Implantit ovat haasteellisia, sillä kaiken ihmiskehon sisälle asennettavan teknologian tulee olla myrkytöntä ja kudosten kanssa yhteensopivaa materiaalia. Epäsopivien materiaalien käyttö voi aiheuttaa kehon immuunijärjestelmässä hylkimisreaktion, jolloin implantti joudutaan poistamaan. Myös laitteiden koko on huomioitava erityisen tarkasti, sillä esimerkiksi kallonsisäisille implanteille on käytännössä erittäin vähän tilaa. Virransaanti on implanttien osalta haasteellisempaa kuin puettavassa teknologiassa, sillä implantteja ei voida irroittaa lataamista varten. (Swan, 2012; Marcus & Koch, 2014.)

Implanttien kaupallinen menestys terveiden ihmisten tehostamisessa voidaan nähdä rajallisena, sillä ajatus esimerkiksi neurokirurgisia toimenpiteitä vaativista tehostamisen muodoista ei välttämättä houkuttele terveitä asiakkaita. Implanteilla saavutettavan hyödyn on oltava merkittävästi esimerkiksi puettavaa teknologiaa suurempi, jotta potentiaaliset asiakkaat valitsisivat riskialttimman ja mahdollisesti huomattavasti kalliimman vaihtoehdon. (Sandberg & Bostrom, 2006b; Hays ym., 2013.)

4 YHTEENVETO JA POHDINTA

Kognitiivisen suorituskyvyn tehostaminen teknologian avulla on erittäin laaja tutkimusalue, sillä siihen sisältyy valtava määrä erilaisia teknologioita. Tästä syystä tutkielmassa on jouduttu jättämään tarkastelun ulkopuolelle esimerkiksi Sandbergin ja Bostromin (2006a) jaottelun mukaiset, sisäisiin teknologioihin luokituvat geenimuuntelu ja ihmiskehon kirurginen muokkaaminen. Siten näihin teknologioihin kohdistuvat asenteet voisivat olla luontevia jatkotutkimuskohteita. Yksi kognitiivisen suorituskyvyn tehostamisen suurimmista ongelmista näyttää olevan se, että aihealuetta on tutkittu suhteellisen vähän ja suuri osa tutkimuksista on puutteellisia esimerkiksi koehenkilöiden vähäisen määrän tai tutkijoiden ennakkoasenteiden vuoksi.

Oheisessa taulukossa (taulukko 1) on esitetty tiivistetyssä muodossa aiemmin käsiteltyihin teknologioihin liittyviä hyötyjä ja haasteita kognitiivisen suorituskyvyn tehostamisen kannalta. Taulukon pohjalta voidaan todeta, että joissakin teknologioissa on samanlaisia hyötyjä ja haasteita. Esimerkiksi sekä puettava teknologia että implantit mahdollistavat kykyjen tehostamisen yli luonnollisten rajojen, mutta molemmissa haasteena on korkea hinta. Toisaalta muun muassa älykkäisiin ympäristöihin ja kollektiiviseen tietämykseen liittyy haasteita tietoturvan osalta. Lisäksi Sandbergin ja Bostromin (2006a) mukaisessa jaottelussa sisäisiin teknologioihin kuuluviin lääkkeisiin ja implanteihin liittyy toistaiseksi ratkaisemattomia eettisiä ongelmia.

TAULUKKO 1 Kognitiivisen suorituskyvyn tehostamisen teknologioihin liittyviä hyötyjä ja haasteita

Teknologia	Hyödyt	Haasteet
Älykkäät ympäristöt	Käyttäjälleen huomaamaton (Streitz & Nixon, 2005; Sandberg & Bostrom, 2006a.) Reagoi käyttäjän tarpeisiin (Cook & Das, 2004) Itseoppiva järjestelmä (Crotty ym., 2009)	Laajentaminen kallista (Hanada ym., 2010) Tietoturva ja yksityisyydensuoja (Cook & Das, 2004)

(jatkuu)

Taulukko 1 (jatkuu)

Kollektiivinen tietämys	Potentiaalia yrityskäytössä (Haseman, 2005; Bonabeau, 2009) Implisiittisen tiedon muuntaminen eksplisiittiseksi (Lewis ym., 2007) Vähentää kognitiivista kuormitusta (Lewis ym., 2007)	Tietoturva (Bonabeau, 2009) Kontrollin katoaminen (Bonabeau, 2009)
Puettava teknologia	Ei vaadi välttämättä erillistä laitteistoa (Muaremi ym., 2013) Ylittää kykyjen luonnolliset rajat (Warwick, 2003)	Korkea hinta ja heikko akkujen kesto (Swan, 2012)
Kognitiivista suorituskykyä tehostavat lääkkeet	Oppimiskyvyn ja keskittymiskyvyn kasvu (Müller ym., 2004; Sandberg & Bostrom, 2006b; Bostrom & Sandberg, 2009) Tarkasti kohdennettu lääkitys nanomateriaalien avulla (Sandberg & Bostrom, 2006b)	Eettisesti arveluttavaa (Bostrom, 2003; Bostrom & Roache, 2008; Outram, 2012) Lainsäädäntö (European Medicines Agency, 2011) Nanomateriaalien myrkyllisyys (Agyare ym., 2008; Yang ym., 2013) Haitalliset sivuvaikutukset (Cakic, 2009; Outram, 2010; European Medicines Agency, 2011) Sosiaalinen paine (Vrecko, 2013)
Implantit	Mahdollista palauttaa tuhoutuneita aisteja ja kykyjä (Topol, 2012) Ylittää kykyjen luonnolliset rajat (Prensky, 2009)	Eettisesti arveluttavaa (Hays ym., 2013) Korkea hinta (Hays ym., 2013) Ihmiskehon hylkimisreaktio (Marcus & Koch, 2014) Implanttien virransaanti (Swan, 2012; Marcus & Koch, 2014)

Tutkielmassa saatuja tuloksia on mahdollista hyödyntää esimerkiksi teknologioiden kehitystyössä. Lisäksi se toimii yleiskatsauksena kognitiivisen suorituskyvyn tehostamisen teknologioihin ja niihin liittyviin haasteisiin.

Tutkielmaa rajoittivat muun muassa sisäisistä teknologioista saatavilla olevan tieteellisen materiaalin niukkuus ja teknologisen kehityksen nopeus, mikä tekee tulevaisuuden arvioimisesta haastavaa. On myös syytä huomioida, että tutkielma pohjautuu vahvasti Sandbergin ja Bostromin (2006a) tekemään jaotteluun sisäisistä ja ulkoisista teknologioista. Muut tutkijat eivät ole juurikaan jaottelleet kognitiivisen suorituskyvyn tehostamiseen soveltuvia teknologioita, joten koko tutkielman rakenteen pohjautuessa yhteen lähteeseen se on saattanut ohjata aihetta liikaa. Tämän rajoitteen olisi voinut mahdollisesti välttää jättämällä jaottelun kokonaan pois ja keskittymällä ainoastaan informaatioteknologian kannalta relevantteihin teknologioihin ja teknologiasuuntauksiin.

Jatkotutkimuksena olisi hyödyllistä selvittää esimerkiksi tietotyötä tekevien asenteita kognitiivisen suorituskyvyn tehostamisen teknologioita kohtaan. Tässä tutkielmassa käsiteltiin teknologioita perusterveen ihmisen näkökulmasta,

joten lisää tutkimusta voitaisiin tehdä muun muassa kognitiivisen suorituskyvyn heikkenemisen hidastamiseen tai estämiseen kykenevien teknologioiden osalta. Esimerkiksi muistin heikkenemistä on mahdollista hidastaa mobiilipelejä hyödyntämällä (McCallum, 2012). Lisää tutkimusta kaivattaisiin myös esimerkiksi eri teknologioiden tehokkuudesta.

LÄHTEET

- Agyare, E. K., Curran, G. L., Ramakrishnan, M., Caroline, C. Y., Poduslo, J. F. & Kandimalla, K. K. (2008). Development of a smart nano-vehicle to target cerebrovascular amyloid deposits and brain parenchymal plaques observed in Alzheimer's disease and cerebral amyloid angiopathy. *Pharmaceutical research*, 25(11), 2674–2684.
- Atkinson, R. C. & Shiffrin, R. M. (1971). The control of short-term memory. *Scientific American*, 225(2), 82–90.
- Barkley, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological bulletin*, 121(1), 65.
- Bonabeau, E. (2009). Decisions 2.0: The power of collective intelligence. *MIT Sloan management review*, 50(2), 45–52.
- Bostrom, N. (2003). Human genetic enhancements: a transhumanist perspective. *The Journal of Value Inquiry*, 37(4), 493–506.
- Bostrom, N. & Roache, R. (2008). Ethical Issues in Human Enhancement. Teoksessa Ryberg, J., Petersen, T. & Wolf, C. (toim.), *New Waves in Applied Ethics* (s. 120–152). Pelgrave Macmillan.
- Bostrom, N. & Sandberg, A. (2009). Cognitive enhancement: Methods, ethics, regulatory challenges, *Science and Engineering Ethics*, 15(3), 311–341.
- Cacic, V. (2009). Smart drugs for cognitive enhancement: ethical and pragmatic considerations in the era of cosmetic neurology. *Journal of Medical Ethics*, 35(10), 611–615.
- Cook, D. & Das, S. (2004). *Smart environments: Technology, protocols and applications* (Vol. 43). John Wiley & Sons.
- Craik, F. I. & Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 11(6), 671–684.
- Crotty, M., Taylor, N., Williams, H., Frank, K., Roussaki, I. & Roddy, M. (2009). A pervasive environment based on personal self-improving smart spaces. Teoksessa *Constructing Ambient Intelligence* (s. 58–62). Springer Berlin Heidelberg.
- Dascal, M. & Dror, I. E. (2005). The impact of cognitive technologies: Towards a pragmatic approach. *Pragmatics and Cognition*, 13(3), 451.
- Dresler, M., Sandberg, A., Ohla, K., Bublitz, C., Trenado, C., Mroczko-Wąsowicz, A., Kühn, S. & Repantis, D. (2013). Non-pharmacological cognitive enhancement. *Neuropharmacology*, 64, 529–543.
- European Medicines Agency. (2011, 27. tammikuuta). Kysymyksiä ja vastauksia modafiniliä sisältävien lääkevalmisteiden arvioinnista. Haettu 27.3.2014 osoitteesta http://www.ema.europa.eu/docs/fi_FI/document_library/Referrals_document/Modafinil_31/WC500099177.pdf
- Fitz, N. S., Nadler, R., Manogaran, P., Chong, E. W. J. & Reiner, P. B. (2013). Public Attitudes Toward Cognitive Enhancement, *Neuroethics*, 1–16. Haet-

- tu 20.11.2013 osoitteesta <http://neuroethics.med.ubc.ca/files/2013/05/Fitz-2013-Neuroethics.pdf>
- Gratton, G. & Fabiani, M. (2001). The event-related optical signal: a new tool for studying brain function. *International Journal of Psychophysiology*, 42(2), 109-121.
- Greely, H., Sahakian, B., Harris, J., Kessler, R. C., Gazzaniga, M., Campbell, P. & Farah, M. J. (2008). Towards responsible use of cognitive-enhancing drugs by the healthy. *Nature*, 456(7223), 702-705.
- Hanada, E., Tsumoto, S. & Kobayashi, S. (2010). A "Ubiquitous environment" through wireless voice/Data communication and a fully computerized hospital information system in a university hospital. *Teoksessa E-Health* (s. 160-168). Springer Berlin Heidelberg.
- Hansson, S. O. (2005). Implant ethics. *Journal of Medical Ethics*, 31(9), 519-525.
- Hays, S. A., Miller, C. A. & Cobb, M. D. (2013). Public attitudes towards nanotechnology-enabled cognitive enhancement in the United States. *Teoksessa Nanotechnology, the Brain, and the Future* (s. 43-65). Springer Netherlands.
- Heljakka, A. (2005). Ihmiskehon välineellistämisen etiikka. *Futura*, 24(1), 155-158.
- Hock, C., Villringer, K., Müller-Spahn, F., Wenzel, R., Heekeren, H., Schuh-Hofer, S. & Villringer, A. (1997). Decrease in parietal cerebral hemoglobin oxygenation during performance of a verbal fluency task in patients with Alzheimer's disease monitored by means of near-infrared spectroscopy (NIRS) – correlation with simultaneous rCBF-PET measurements. *Brain research*, 755(2), 293-303.
- Hodson, H. (2013, 20. joulukuuta). Brain-scanning headset monitors your mental workload. Haettu 26.3.2014 osoitteesta <http://www.newscientist.com/article/mg21729056.500-brain-scanning-headset-monitors-your-mental-workload.html>
- Lewis, K., Belliveau, M., Herndon, B. & Keller, J. (2007). Group cognition, membership change, and performance: Investigating the benefits and detriments of collective knowledge. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 103(2), 159-178.
- Marcus, G. & Koch, C. (2014, 14. maaliskuuta). The Future of Brain Implants. Haettu 16.5.2014 osoitteesta <http://online.wsj.com/news/articles/SB10001424052702304914904579435592981780528>
- McCallum, S. (2012). Gamification and Serious Games for Personalized Health. *Studies in Health Technology and Informatics*, 177, 85-96.
- Muaremi, A., Arnrich, B. & Tröster, G. (2013). Towards Measuring Stress with Smartphones and Wearable Devices During Workday and Sleep. *Bio-NanoScience*, 3(2), 172-183.
- Müller, U., Steffenhagen, N., Regenthal, R. & Bublak, P. (2004). Effects of modafinil on working memory processes in humans. *Psychopharmacology*, 177(1-2), 161-169.

- Nakashima, H., Aghajan, H. & Augusto, J. C. (2009). *Handbook of ambient intelligence and smart environments*. Springer.
- Outram, S. M. (2010). The use of methylphenidate among students: the future of enhancement?. *Journal of Medical Ethics*, 36(4), 198–202.
- Outram, S. M. (2012). Ethical considerations in the framing of the cognitive enhancement debate. *Neuroethics*, 5(2), 173–184.
- Partridge, B. J., Bell, S. K., Lucke, J. C., Yeates, S. & Hall, W. D. (2011). Smart drugs “as common as coffee”: media hype about neuroenhancement. *PLoS One*, 6(11), e28416.
- Persson, I. & Savulescu, J. (2008). The perils of cognitive enhancement and the urgent imperative to enhance the moral character of humanity. *Journal of Applied Philosophy*, 25(3), 162–177.
- Prensky, M. (2009). H. sapiens digital: From digital immigrants and digital natives to digital wisdom. *Journal of Online Education*, 5(3), 1–9.
- Racine, E. & Forlini, C. (2010). Cognitive enhancement, lifestyle choice or misuse of prescription drugs?. *Neuroethics*, 3(1), 1–4.
- Rose, S. P. (2002). 'Smart Drugs': do they work? Are they ethical? Will they be legal? *Nature reviews neuroscience*, 3(12), 975–979.
- Sandberg, A. & Bostrom, N. (2006a). *Cognitive enhancement: a review of technology*. EU ENHANCE Project.
- Sandberg, A. & Bostrom, N. (2006b). Converging Cognitive Enhancements, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1093(10), 201–227.
- Schmorrow, D., Stanney, K. M., Wilson, G. & Young, P. (2006). Augmented Cognition in Human-System Interaction. Teoksessa Salvendy, G. (toim.), *Handbook of Human Factors and Ergonomics*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA, kolmas painos.
- Streitz, N. & Nixon, P. (2005). The disappearing computer. *Communications of the ACM*, 48(3), 32–35.
- Swan, M. (2012). Sensor mania! the internet of things, wearable computing, objective metrics, and the quantified self 2.0. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 1(3), 217–253.
- Topol, E. J. (2012). *The Creative Destruction of Medicine: How the Digital Revolution Will Create Better Health Care*. Basic Books, Perseus Books Group, New York, NY.
- Volkow, N. D., Wang, G., Fowler, J. S., Logan, J., Gerasimov, M., Maynard, L., Ding, Y., Gatley, S. J., Gifford, A. & Franceschi, D. (2001). Therapeutic doses of oral methylphenidate significantly increase extracellular dopamine in the human brain. *The Journal of Neuroscience*, 21(2), 1–5.
- Vrecko, S. (2013). Just how cognitive is “cognitive enhancement”? On the significance of emotions in university students’ experiences with study drugs. *AJOB neuroscience*, 4(1), 4–12.
- Warwick, K. (2003). Cyborg morals, cyborg values, cyborg ethics. *Ethics and information technology*, 5(3), 131–137.
- Wylie, I. (2002, 31. maaliskuuta). Who runs this team, anyway? Haettu 14.5.2014 osoitteesta <http://fastcompany.com/44614/who-runs-team-anyway>

Yang, Z., Liu, Z.W., Allaker, R.P., Reip, P., Oxford, J., Ahmad, Z. & Reng, G. (2013). A Review of Nanoparticle Functionality and Toxicity on the Central Nervous System. Teoksessa *Nanotechnology, the Brain, and the Future* (s. 313–332). Springer Netherlands.