

**TAMPEREEN AVOIN YLIOPISTO**

**Jouni Vilkkä**

# **Kognitiivinen neurotiede**

**Luentopäiväkirja**

---

**67462**

**Laura Pönkänen: PSYP2 Kognitiivinen neurotiede I**

**Tampereen avoin yliopisto, lukuvuosi 2014–15**

**Luentopäiväkirja**

**Syyslukukausi 2015**

**2015-10-25**

## Sisällys

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Kognitiivinen neurotiede tutkimuskohteena, neuroanatomia .....    | 1  |
| 2. Hermoston kehitys ja toiminta, aivojen toiminnan tutkiminen ..... | 3  |
| 3. Aistimisen hermostollinen perusta, näköaisti .....                | 5  |
| 4. Kuuloaisti, havaitseminen ja tunnistaminen, motoriikka.....       | 7  |
| 5. Tarkkaavaisuus.....                                               | 9  |
| 6. Pohdinta .....                                                    | 10 |

# 1. Kognitiivinen neurotiede tutkimuskohteena, neuroanatomia

Kurssi alkoi kognitiivisen neurotieteen asemoimisella muihin erityistieteisiin ja filosofiaan nähden. Viimeksi mainitun kanssa alalla on yhteistä erityisesti siksi, että filosofiassa on pitkään keskusteltu tahdon vapaudesta ja erilaisista mieltä koskevista (mielenfilosofisista) kysymyksistä, joihin erityistieteet, kuten juuri kognitiivinen neurotiede, ovat alkaneet antaa relevanttia tietoa ja vastauksia. Kognitiivisen neurotieteen läheisimmät tieteet ovat neurologia ja neuropsykologia, jotka tutkivat hermotoimintaa ja esimerkiksi erilaisten aivovaurioiden vaikutuksia, sekä kognitiivinen psykologia ja kognitiotiede, jotka tutkivat tiedonkäsittelyä abstraktimmin. Mielenkiintoinen kysymys onkin, missä määrin tiedonkäsittelytoiminnot ovat hermoston toiminnan tuotetta; tai paremminkin, kuinka tiedonkäsittely tapahtuu hermostossa? Onko mieli suoraan aivot toiminnan ilmentymistä eri tasolla (reduktiivinen materialismi), vai synnyttävätkö aivot mielen emergentisti (emergentti materialismi)? Eli onko yksittäisten solujen toiminta jotain, mitä koemme mielen toimintoina, vai onko kokemuksellinen mieli jotain aivoista tavallaan erillistä, aivojen (tai jonkin muun hermoverkon) synnyttämää?

On joka tapauksessa ilmeistä, että ilman (jonkinlaisia) aivoja ei ole mieltäkään. Aineettomia sieluja ei liene olemassa, mikä tämän kurssinkin sisällön perusteella on ilmeistä. Kognitiivinen neurotiede on erityisen kiehtovaa juuri siksi, että se paljastaa kuinka väärässä arkiajattelumme (ihmis)mielestä on. Todellisuus on taas kerran kuvitelmia ihmeellisempää. Erityisen kiinnostavia ovat aivovaurioita koskevat tapaustutkimukset, jotka osoittavat aivojen ja mielen kiinteän suhteen erityisen selvästi ja dramaattisesti.

Ihmisen hermojärjestelmä on todella monimutkainen, eikä sitä opi helposti tuntemaan edes pinnallisesti. Ensinnäkin se jaetaan ääreishermostoon ja keskushermostoon. Itseäni vähemmän kiinnostava, ääreishermosto jaetaan edelleen somaattiseen ja autonomiseen hermostoon. Näistä edellinen kuljettaa aistitietoa ja lihasliikkeitä ohjaavia käskyjä, kun taas jälkimmäinen säätelee sisäelinten toimintaa (sympaattinen hermosto vallitsee aktiivisessa toiminnassa esimerkiksi

kiihdyttäen sydäntä, kun taas parasympaattinen hermosto vallitsee lepotilassa esimerkiksi hidastaen sydäntä). Keskushermostoon kuuluvat vain aivot ja selkäydin.

Suomenkielen erikoisuutena on sanan osuva monikkomuoto *aivot*; aivojahan on tavallaan useita saman kallon sisällä: Päälimmäisenä kallossa ovat (1) etuaivot, joihin kuuluvat kahteen puoliskoon jakautuneet isot aivot ja väliaivot. Näiden sisäpuolelta löytyvät (2) keskiaivot. Lopuksi vielä määritellään (3) taka-aivot, joista viimeiseen vielä tärkeimpinä kuuluvat pikkuaivot (cerebellum) ja ydinjatkos. (Ydinjatkoksesta on YLE:n hiljattain esittämän dokumenttiohjelman mukaan opittu yllättäviä asioita, jotka mahdollistavat joidenkin selkäydinvammaisten, halvaantuneiden ihmisten jonkinlaisen raajojen hallinnan sähköllä ydinjatkosta stimuloivan laitteen avulla.)

Isojen aivojen aivokuoren (cortex) jakautuminen erilaisia tehtäviä hoitaviin aivolohkoihin lienee suuren yleisön tiedossa paremmin kuin useimmat muut aivoja koskevat tutkimustulokset. Molemmilla aivopuoliskoilla on neljä lohkoa: ohimolohko, joka käsittelee kuuloinformaatiota; takaraivolohko, joka käsittelee näköhavaintoja; päälaenlohko, joka yhdistää aistihavaintoja; sekä otsalohko, joka ohjaa muiden lohkojen toimintaa ja saa tietoa niiltä ja muilta aivojen osilta.

Toimintamme kannalta tärkeää on myös se, miten eri aivojen osat ovat kiinnittyneet toisiinsa limbiseksi järjestelmäksi. Siihen kuuluu useita aivojen osia, joista tärkeimmät ovat hajukäämi (olfactory bulb), aivoturso eli hippokampus ja mantelitumake eli amygdala. Limbinen järjestelmä on tärkeä tunnetilojen, motivaation ja muistitoimintojen kannalta. Asiaan perehtymättömienkin keskuudessa on yleinen käsitys, että tunteet ja myös hajut ovat läheisessä yhteydessä muistiin. Omankin kokemuksen mukaan voimakkaita tunteita herättäneet tapahtumat muistaa yleensä paljon paremmin kuin sellaiset, jotka eivät juurikaan tunteita herättäneet. Samoin hajut voivat myös tuoda mieleen muistoja tai muistoja koetuista tunteista.

Kolmeen osaan jaetulla aivorungollakin (brain stem) on tehtäviä, jotka tunnetaan:

1. Väliaivojen talamus (joka on iojen aivojen tapaan jakautunut kahteen lohkoon) vastaanottaa informaatiota aistielimistä ja välittää sitä aivokuorelle, sekä säätelee motoriikkaa, tunne-elämää ja vireystilaa. Talamuksen alla sijaitseva hypothalamus huolehtii homeostaattisesta säätelystä, eli nälän, janon, ruumiinlämmön ja vuorokausirytmien säätelystä, sekä

tasapainottaa autonomisen hermoston toimintaa. Sen tehtäviin kuuluu myös hormonaalinen säätely yhteistyössä aivolisäkkeen (pituitary gland) kanssa.

2. Hypotalamuksen alta löytyvät keskiaivot, joiden ylemmät ja alemmat nelikukkulat (colliculi) kuljettavat näkö- ja kuuloaistien informaatiota, sekä mustatumake (substantia nigra) ja punatumake (nucleus ruber), jotka säätelevät motoriikkaa.
3. Taka-aivojen aivosilta yhdistää eri aivojen osia. Isoja aivoja ulkonäöltään muistuttavat pikkuaivot (cerebellum) hoitaa liikkeiden hienosäätöä ja oppimista. Ydinjatkos (medulla) säätelee elintärkeitä refleksejä, kuten hengitystä ja sydämen sykettä, mutta yllättäen myös kasvolihaksia.

Myöhemmällä luennolla kerrotaan sosiaalisen toimintamme kannalta tärkeistä peilisoluista. Seuraavaksi kuitenkin aivosoluista yleisemmin.

## 2. Hermoston kehitys ja toiminta, aivojen toiminnan tutkiminen

Aivotoiminnan kannalta tärkeimmät solut ovat neuroneja eli hermosoluja. Aistisolut (sensory neuron) tuovat informaatiota aisteista aivoihin ja liikesolut (motor neuron) vievät supistumiskäskyjä lihaksiin. Aivokuorella pyramidisolut toimivat kiihdyttävästi ja pikkuaivojen Purkinje-solut ehkäisevästi. Hermosoluja on erilaisia, mutta kaikilla on tavallisten solujen piirteiden lisäksi kaksi erikoisuutta: tietoa vastaanottavat, runsaasti haaroittueet dendriitit, sekä tietoa kuljettava aksoni, jonka ympärille kasvaa myeliinituppi signaalin kulkua nopeuttamaan.

Hermosolujen lisäksi aivoissa on tukisoluja (glial cells), jotka tukevat aivoja rakenteellisesti sitomalla hermosolut hermokudokseksi ja huolehtivat hermosolujen ravitsemuksesta. Ne myös eristävät hermosoluja ja siten nopeuttavat sähkönn kulkua hermosoluissa.

Sähkönkulku hermosolussa onkin sen toiminnallinen erityispiirre: kaikilla soluilla on sähkövaraus, mutta hermosolut voivat muuttaa sähkövarausta solun sisä- ja ulkopuolella. Toisten hermosolujen lähettämien signaalien takia vastaanottavan hermosolun jännite muuttuu asteittaisesti, joko yhdestä solusta tulevien signaalien vaikutusten ajallisesti summautumisena tai sitten useasta eri solusta paikallisesti summautumalla samaan soluun. Molemmissa tapauksissa voidaan saavuttaa aktiopotentiaali, jolloin signaaleja vastaanottanut hermosolu lähettää itsekin signaalin aksoniaan pitkin. Jos signaali syntyy, se etenee aina samalla nopeudella ja voimakkuudella.

Kurssin vaikeimmalta asialta kemiaa heikosti osaavalle vaikuttaa aivosolujen sähkökemiallisen toiminnan ymmärtäminen: Hermosolun ollessa lepojännitteessä sen natrium-kalium -pumppu kuljettaa natrium- ja kaliumioneja vastakkaisiin suuntiin solukalvolla ja auttaa näin lepojännitteen ylläpidossa. Myös ionipitoisuusveto ioneja suuremman pitoisuuden puolelta pienemmän puolelle solukalvon läpi. Kun aktiopotentiaalin kynnys ylittyy, ionikanavat aukeavat ja natriumionit tulvivat sisään samalla kun kaliumionit purkautuvat ulos.

Solujen liitoksia eli synapseja on sekä kiihottavia että ehkäiseviä. Kun toimintajännite (aktiopotentiaali) saavuttaa aksonin pääteosan, vapautuvat solun sisällä olevat välittäjäaineet, jotka pääsevät rakkuloistaan solukalvon läpi synapirakoon lähettävän ja vastaanottavan solun väliin. Sen kautta välittäjäaineet (tranmitterit) pääsevät vastaanottimiin (reseptorit) ja siellä joko lisäävät synapsinjalkeisen hermosolun jännitettä (eli kiihottavat) tai sitten vähentävät jännitettä (eli ehkäisevät sitä).

Kurssin yleisesti tunnetuimpia asioita lienevät seuraavaksi käsiteltävät aivotutkimusmenetelmät. Pönkänen jakoi menetelmät hyödyllisesti kahteen kategoriaan sen mukaan, mitä menetelmä mittaa:

1. suoraan neuraalista aktivaatiota mittaavat menetelmät (EEG, MEG ja yksittäissolurekisteröinnit) ja
2. neuraalista aktiviteettia välillisesti, metabolisen toiminnan perusteella mittaavat menetelmät (PET ja fMRI).

EEG (elektronkefalografia) mittaa ihon pinnalta aivojen sähköistä toimintaa. ERP (event-related potentials) tarkoittaa EEG:stä eristettyjä tapahtumasidonnaisia jännitevasteita. Ne kuvastavat

ärsykkeiden prosessointiin liittyvää aivotoimintaa ja ovat siten erityisen tärkeitä kognitiivisessa psykologiassa. MEG (magnetoenkefalografia) mittaa EEG:n tapaan aivotoimintaa, mutta sähkötoiminnan sijasta sen synnyttämiä magneettikenttiä. Sillä on paljon EEG:tä parempi paikkatarkkuus.

Funktionaalinen magneettiresonanssikuvaus (fMRI) on suuren yleisönkin tuntema tapa tutkia eri aivoalueiden aktivoitumisia. Se täytyy erottaa magneettiresonanssikuvauksesta (MRI), jolla kuvataan aivojen anatomista rakennetta, ei toimintaa. fMRI erottaa tarkasti aktivoituneet alueet, mutta hitaasti verrattuna edellä kuvattuihin menetelmiin.

Viimeaikoina uutisissa on ollut hauskojakin uutisia<sup>1</sup> erittäin mielenkiintoisesta tutkimusmenetelmästä nimeltä TMS (transkraniaalinen magneettistimulaatio), jossa magneettikentällä stimuloidaan haluttua aivoaluetta ja näin muutetaan sitä väliaikaisesti. Tällä menetelmällä voidaan esimerkiksi kartoittaa aivokuoren toimintoja. Tiedotusvälineissä on kerrottu, kuinka menetelmällä on pyritty esimerkiksi saamaan aikaan uskonnollisia tuntemuksia (tunnettu ateisti Richard Dawkins osallistui tällaiseen tutkimukseen).

### 3. Aistimisen hermostollinen perusta, näköaisti

Ihmisillä on kahdeksan erilaista aisti-informaatiota tuottavaa aistia, joiden avulla ihminen saa (osittain passiivisestikin) tietoa ympäristöstään: näköaisti havaitsee sähkömagneettista säteilyä niin sanotun näkyvän valon alueella, kuuloaisti havaitsee ilmanpaineen vaihtelua, maku- ja hajuaistit havaitsevat molekyyilejä, tuntoaisti aistii ihon liikettä, lämpöaisti ihon pintakerroksen lämpötilaa,

---

<sup>1</sup> Jotkut konservatiivit ilmeisesti pelkäävät, että transsukupuoliset (!) ihmiset voivat käyttää TMS-menetelmää uskonnollisia ihmisiä vastaan. Ks.

[http://www.rawstory.com/2015/10/conservative-radio-host-freaks-out-transgender-crowd-will-use-magnets-to-suck-god-from-your-brain/?utm\\_content=buffer89abc&utm\\_medium=social&utm\\_source=facebook.com&utm\\_campaign=buffer](http://www.rawstory.com/2015/10/conservative-radio-host-freaks-out-transgender-crowd-will-use-magnets-to-suck-god-from-your-brain/?utm_content=buffer89abc&utm_medium=social&utm_source=facebook.com&utm_campaign=buffer)  
(katsottu 2015-10-23).

kipuaisti iholla ja muissa kudoksissa kovaa painetta tai lämpötilaa, ja tasapainoaisesti pään asennon. Kamppailulajeja harrastavat tietävät, että viimeinen näistä aistinelimistä sijaitsee sisäkorvassa, sillä sopiva osuma korvaan voi puhkaista tärykalvon ja saada aikaan välittömän tasapainon menetyksen. Muut ovatkin ilmeisiä.

Aistinelimet lähettävät tietoa keskushermostoon hermoja (nerve) eli aksonikimppuja pitkin. Signaalit kulkevat talamuksen ja muiden ratojen kautta aivokuoren aistialueille (sensory cortex). Ensisijainen informaation käsittely tapahtuu projektioalueella, josta käsittely siirtyy muille alueille syvempään käsittelyyn, joissa aistimukseen liitetään merkityksiä, muistoja ja muuta sellaista. Aistien toiminnan tutkimuksen ansiosta on populaaritieteellisissä TV-ohjelmissa ja lehdissä jo pidemmän aikaa esitelty erilaisia näköproteeseja, joilla voidaan jossain määrin korvata potilaan menetetty näkökyky. Näistä toivoa herättävistä kehitysaskeleista on aina mukava kuulla, mutta jos aivojen aistitietoa käsitteleviin osiin tulee vaurioita, eivät edes sellaiset voi auttaa. Sitten tarvitaankin jo keinotekoisia aivosoluja tai muuta vastaavaa, paljon vaikeammin kehitettävää.

Sivumennen sanoen, on huvittavaa kuinka kreationistit käyttävät (ihmisen) silmää todisteena älyllisestä suunnittelusta, sillä (kuten luennon dioistakin hyvin näkyi), se on rakenteeltaan kaikkea muuta kuin älykkäästi suunnitellun näköinen (esimerkiksi mustekalan silmä olisi rakenteellisesti parempi): ihmisen silmässähän solut ovat tavallaan väärin päin ja tästä johtuen näköhermon sijoitus aiheuttaa sokean pisteen näkökenttäämme.

Näköhavainnon prosessointi aivoissa tunnetaan jo niin hyvin, että toisistaan erotetaan kaksi erilaista prosessointirataa:

1. “mikä -reitti” (ventral rata), johon kuuluu temporaalisia alueita ja jota käytetään muotojen ja kasvojen tunnistamiseen ja objektien representaatioon aivoissa, sekä
2. “missä/miten -reitti” (dorsal rata), johon kuuluu parietaalialueita ja jota käytetään liikkeen ja sijainnin havaitsemiseen sekä silmien ja raajojen liikkeiden kontrollointiin.

Kasvojen tunnistamista hoitaa FFA (fusiform face area). Sosiaaliselle eläimelle lieneekin välttämätöntä, että kasvojen ja ilmeiden tunnistamiseen on erikoistuneita alueita. Siitä aiheutunee pienehkö haitta, eli ilmiö nimeltä pareidolia: havaitsemme helposti erityisesti kasvoja sielläkin, missä on todellisuudessa vain satunnaisia muotoja (Jeesus-kasvot paahtoleivissä ja Marsin “kasvot”

vanhoissa NASAn kuvissa lienevät tunnetuimpia esimerkkejä tästä, jos ei lasketa kaikille omakohtaisesti tuttuja, vaikkakin vähemmän vakuuttavia kasvoja pilvissä).

Visuaalisen agnosia johtuu aivovauriosta ja ilmenee kuvanmuodostus- tai tunnistushäiriönä. Assosiatiiivinen agnosia tarkoittaa vaikeutta tunnistaa visuaalisesti objekteja, vaikka tunnistus onnistuukin esimerkiksi sanallisen kuvauksen tai muiden aistien avulla. Apperseptiivinen agnosia tarkoittaa vaikeutta erotella, tunnistaa ja kopioida visuaalisia muotoja. Sen merkittävä alalaji on prosopagnosia eli kyvyttömyys tunnistaa kasvoja. Se lienee erityisen haitallinen sosiaalisen toiminnan kannalta.

Tunto- ja kuuloaistien yhteys, jota on ilmeisesti tutkittu viime aikoina, kuulostaa intuitiivisesti järkevältä: vahvan basson aistii kuurokin ihollaan, joten kehitys tuntoaistista kuuloaistiksi ei kuulosta yllättävältä. Samoin kuulostaa uskottavalta, että konkreettisten esineiden käsittely kirjaimellisesti omin käsin ja muutenkin kehollisesti helpottaa abstraktienkin asioiden oppimista ja symbolisen ajattelun kehittymistä.

## 4. Kuuloaisti, havaitseminen ja tunnistaminen, motoriikka

Kuuloaistijärjestelmän alkupiste on Cortin elin (Cort's organ), jossa karvasolujen liike saa aikaan signaalin kuulohermojen signaalit. Informaatio etenee aksoneja pitkin, risteytyen ydinjatkeessa ja ylemmillä nelikukkuloilla, kunnes pääsee talamukseen ja sieltä edelleen kuuloaivokuorelle. Kuuloaivokuori on järjestynyt kuullun taajuuden mukaan. Erityisen mielenkiintoista on, ettei edelleenkään täysin tiedetä, miten äänen korkeus oikeastaan havaitaan, sillä eri teoriat selittävät havaintoja vain 4000 Hz:iin asti, mutta ihminen kuulee ääniä jopa 20 000 Hz:n taajuudella.

Näköhavainnon muodostamista ovat hyvän aikaa tutkineet Gestalt- eli hahmopsykologit. He ovat löytäneet hahmolakeja, joiden perusteella muodostamme havaintoja aistininformaatiosta. Erottelemme automaattisesti selkeitä, pysyviä ja yksinkertaisia muotoja, jotka eroavat taustasta. Tämä voi myös vaatia näkemämme täydentämistä, kun havaitsemamme (mahdollisesti vain kuviteltukin) muoto on osittain piilossa. Pyrimme erottelemaan toisiaan lähellä olevat kohteet tai samankaltaiset kokonaisuuksiksi. Hahmopsykologian mukaan havaintomme onkin enemmän kuin osiensa summa.

Havainnon muodostamisella voidaan tarkoittaa, että esine tuntuu tutulta, että osataan kuvata esineen käyttöä, tai että osataan nimetä esine. Mikä tahansa nämä mahdollistavista aivojen toiminnoista voi vaurioitua muista riippumatta. Aiemmin mainittiinkin tällaisesta kasvojen tunnistamisen käsittelyn yhteydessä. On erikoisen tuntuista, miten monilla, erikoisen spesifeillä tavoilla aivot voivat vaurioitua: esimerkiksi kyvyttömyys tunnistaa julkkisten kasvoja kuulostaa todella erikoiselta, jos samalla voi tunnistaa muita kasvoja. Kyvyttömyys tunnistaa tiettyä ilmettä on ymmärrettävämpää, koska perustunteiden ilmaisu ja tunnistaminen lienee niin tärkeää, että niitä varten lienee erilliset mekanismit, jotka siten voivat myös erillisesti vaurioitua. Peilisolut, jotka auttavat meitä muutenkin ymmärtämään toisten liikkeitä ikään kuin jäljittelemällä havaitsemaamme toimintaa, auttavat meitä myös tunnistamaan toisten tunteita ja vaikkapa kiputiloja.

Havaitsemisen lisäksi ihmisen täytyy myös ohjata kehoaan maailmassa. Tähän vaaditaan monimutkaista motorista järjestelmää: Prefrontaalinen aivokuori suunnittelee toimintaa ja ohjeistaa premotorista aivokuorta toiminnan suorittamisessa. Visuaalinen informaatio voi vaikuttaa aloitettuun liikkeeseen vielä sen aikana posteriorisen ja motorisen aivokuoren kautta. Pikkuaiivot ohjaavat ja hienosäätävät liikettä tarpeen mukaan, mutta ainakin kävelyn ja epäilemättä muidenkin perusliikkeiden “ohjelmointi” toimii jo selkäytimen tasolla. Kamppailulajien harrastajat puhuvatkin siitä, miten tärkeää on saada esimerkiksi turvallisen kaatumisen taito selkäyttimeen, jotta osaisi tositilanteessa automaattisesti kaatua oikein -- silloin tekniikkaa ei mitenkään ehdi ajatella ja tietoinen ajattelu muutenkin vain häiritsisi tekniikan toteuttamista.

## 5. Tarkkaavaisuus

Tietoinen tiedonkäsittely vaatii tarkkaavaisuutta, eli huomion keskittämistä tehtävään. Tiedostamatonta tiedonkäsittelyä tapahtuu paljon enemmän, automaattisesti. Tarkkaavaisuutta se ei tietenkään vaadi ja oikeastaan tarkkaavaisuuden kohdentaminen siihen tekisikin siitä tietoista ja todennäköisesti se myös heikentäisi toiminnan laatua (edellä käytin tästä esimerkkinä kaatumistaitoa), sillä tiedostamaton tiedonkäsittely on paljon nopeampaa kuin tietoinen. Tarkkaavaisuuden kapasiteetti on myös aika pieni, minkä takia meiltä jää tietoisesti huomaamatta todella paljon. (Kokeissa on huomattu, että jopa keskustelukumppani voi vaihtua kesken kaiken, eikä koehenkilö huomaa sitä. Taikurit tunnetusti käyttävät rajallisuuttamme hyväkseen, ohjattaen huomionamme tempun kannalta epäoleellisiin asioihin.) Tarkkaavaisuuden jakaminen useamman kohteen kesken häiritsee niiden suorittamista ja hidastaa ajallisesti toisena tulevaan ärsykkeeseen reagoimista. Toisaalta, tietoinen tiedonkäsittely on joustavampaa, eikä esimerkiksi laskeminen onnistu sitä ilman.

Tarkkaavaisuutta täytyy usein pitää yllä pitkiäkin jaksoja kerrallaan. Kognitiivisesti helppojen tehtävien suorittaminen heikkenee tällaisessa tilanteessa, kuten olen itsekin varastokeräilijänä ollessani hyvin huomannut: tarkkaavaisuus väkisinkin herpaantuu jossain vaiheessa ja silloin alkaa tulla virheitä. Sen sijaan monimutkaisemmat tehtävät eivät aiheuta tätä ongelmaa, vaan ovat paradoksaalisesti helpompia tässä mielessä (kunnes alkaa väsyttää liikaa). Autonomisen hermoston korkeampi virittyneisyys auttaa, kun tarve suoriutua vaikeammassa tehtävässä luo jännitystä. Voimakas stressi kuitenkin heikentää suoritusta, kuten fMRI-kokeissakin on todettu: kyky vaihtaa tarkkaavaisuuden kohdetta heikkenee. Krooninen stressi voi ilmeisesti vaikuttaa joihinkin aivoalueisiin jopa pysyvästi haitallisella tavalla, mutta onneksi interventiot yleensä parantavat aivojen toimintaa.

## 6. Pohdinta

Aivojen ja kognition tutkimus on paljastanut, kuinka erikoinen ja vaikeasti ymmärrettävä asia mieleemme oikeasti on. Arkiajattelun perusteella tuntuu käsittämättömältä, kuinka erilliset modulit aivoissamme voivat tuottaa tietoisuuteemme vaikkapa tuntemuksen ympäristöstämme ja kuinka erikoisilla tavoilla häiriöt tai vammat aivoissa voivat aiheuttaa tämän tuntemuksen hajoamisen. Uusien tutkimusmenetelmien kehittyminen on jo mahdollistanut ihmisen itsetuntemuksen nousun aivan uudelle tasolle. Toivottavasti kehitys jatkuu samalla linjalla. Taikauskoiset käsitykset ihmisen erityisyydestä joutuvat väistymään tieteellisen tiedon tieltä, mikä epäilemättä joitain ihmisiä harmittaa, mutta mielenfilosofian harrastajalle tämä on aivan mahtavaa aikaa.