

6.1 Kognitio ja emotio

LAURI NUMMENMAA

Arkipäivän kielenkäytöstä tutut toteamukset kuten ”Hän vetoaa väittelyssä aina tunteisiin” tai ”Nyt käyttäydyt aivan liian tunteellisesti” asettavat järjen ja tunteet – eli kognition ja emotion – tosilleen vastakkaisiin rooleihin toiminnanohjauksessa. Arkikokemus myös tuntee tukevan ajatusta, että emotiot saattavat monissa tilanteissa haitata toimintaamme – tiedämme, että esimerkiksi voimakkaan kiukunpuuskan vallassa auton rattiin istuminen ei varmasti paranna liikenneturvallisuutta. Myös monet filosofit kuten Platon ja René Descartes ovat erottaneet tunteet ja järjen erillisiksi toisistaan riippumattomiksi systeemeiksi. Täten on helppo ajatella, että kognition merkitys taitavassa ja tehokkaassa toiminnassa olisi merkityksellinen, kun taas emotiot usein haittaisivat rationaalista ja tarkoituksenmukaista päätöksentekoa. Tutkimustulosten perusteella emotion ja kognition vastakkain asettaminen toiminnanohjauksessa on kuitenkin keinotekoista. Emootioiden ja kognition suhdetta havainnollistaa hyvin Antonio Damasio [1] potilas, joka tunnetaan nimellä *Elliot*. Elliot oli liikemies, jonka frontaalilohko vaurioitui aivokasvaimen seurauksena. Psykologinen tutkimus osoitti, että hänen älykkyytensä, muistinsa ja tarkkaavaisuutensa olivat säilyneet entisellä tasolla. Tästä huolimatta Elliot alkoi käyttäytyä epäjohdonmukaisesti, suorastaan järjenvastaisesti. Tämä herätti luonnollisesti ihmetystä, koska järkeen tyypillisesti liitettyissä toiminnoissa hänellä ei oltu havaittu heikkenemistä. Tarkemmissa tutkimuksissa kuitenkin havaittiin, että frontaalivaurion johdosta

Elliot oli menettänyt kykynsä kokea emotioita. Tämän havaittiin aiheuttavan huomattavia vaikeuksia hänen aiemmin rutiininomaiseen päätöksentekoonsa: koska hän ei enää kyennyt huomioimaan emotioitaan päätöksentekoprosessissaan, muuttui pelkän kognition varassa toimiminen vaaralliseksi ja riskialttiiksi.

Emotionaaliset reaktiot valmistavat meidät reagoimaan tarkoituksenmukaisesti tilanteissa, jotka tarjoavat uhkia ja mahdollisuuksia. Tällainen reagointi on useissa tapauksissa automaattista. Emootiot tarjoavat yksinkertaisesti niin paljon merkityksellistä informaatiota yksilön suhteesta häntä ympäröivään maailmaan, että pelkän kognition varassa toimiminen on jopa hengenvaarallista. Pelkät emotiot eivät kuitenkaan takaa menestyksellistä selviytymistä ympäristössämme. Vastaavasti myös kognitiivisten prosessien kuten muistin ja tarkkaavaisuuden häiriintyminen vaikeuttaa ihmisen toimintaa huomattavasti, vaikka emotionaalisissa funktioissa ei havaittaisikaan heikkenemistä. Sekä kognitio että emotiot ovat siten merkityksellisiä tarkoituksenmukaisen toiminnan kannalta, eikä niitä edes välttämättä voida aina erottaa toisistaan.

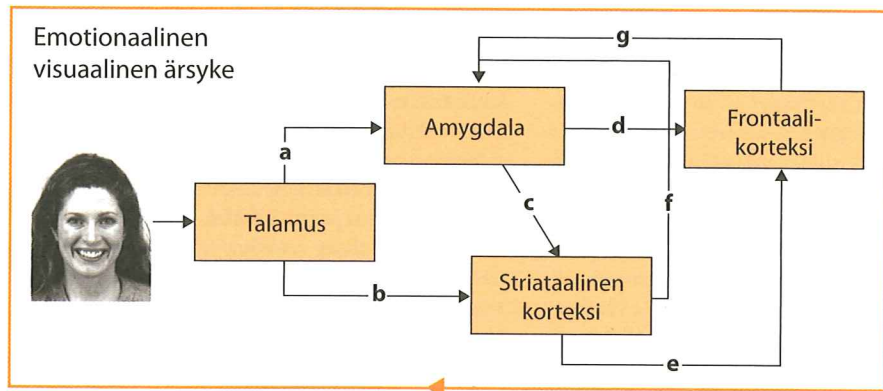
Kognition ja emotion suhde

Emotionaalisen informaation prosessointiin osallistuvien hermostollisten systeemien perusteella on luonnollista olettaa, että emotio ja kognitio ovat linkittyneet toisiinsa. Emotion ja kognition suhdetta on tarkasteltu perinteisesti

EMOTIONAALISEN INFORMAATION PROSESSOINTI AIVOISSA

Emotionaalisen informaation prosessointia aivoissa voidaan kuvata hyvin karkeasti seuraavalla tavalla käyttäen esimerkkinä visuaalista emotionin aiheuttavaa ärsykettä: Informaatio näköjärjestelmästä saapuu ensin talamukseen. Tästä eteenpäin informaatio välittyy rinnakkaisesti kahta reittiä pitkin. Toinen kulkee talamuksesta striataaliselle korteksille, toinen puolestaan amygdalaan. Amygdalassa tapahtuu todennäköisesti varhainen emotionaalisen sisällön karkea tunnistaminen alle 120 ms kuluessa ärsykkeen havaitsemisesta. Amygdalasta informaatio välittyy edelleen striataaliselle korteksille ja ylemmän temporaaliurteen läheisyyteen. Okkipitaaliset ja temporaaliset alueet osallistuvat sosiaalisen ja emotionaalisen informaation prosessointiin, erityisesti ylempi temporaaliuurre prosessoi kasvojen liikkuvia osia (silmät, suu) ja osallistuu siten todennäköi-

sesti ainakin kasvonilmeinformaation käsittelyyn. Nämä amygdalan afferentit yhteydet mahdollistavat siis sen, että amygdalassa tapahtunut varhainen ärsykkeen emotionaalisuuden luokittelu saattaa vaikuttaa ärsykkeen visuaaliseen prosessointiin korteksilla. Okkipitaali- ja temporaalikorteksilta informaatio välittyy orbitofrontaalikorteksille, ja yksityiskohtaista visuaalista informaatiota aletaan syöttää takaisin amygdalaan, missä kohteesta muodostunut visuaalinen edustus voidaan yhdistää emotionaaliseen reaktioon. Myös kehon fysiologinen tila muuttuu, ja muutoksista kertovan informaation saapuminen somatosensorisille korteksin alueille, sekä palautekytkennät orbitofrontaalikorteksilta amygdalaan aikaansaavat lopulta tietoisien kokemusten emotionaalisesta tilasta noin 300 ms kuluessa ärsykkeen havaitsemisesta.



Kuva 1. Skemaattinen esitys emotionaalisen informaation prosessoinnista aivoissa.

kolmesta näkökulmasta: i) edellyttääkö emotionio kognitiota, ii) voivatko kognitiiviset prosessit vaikuttaa emotionioihin ja iii) voivatko emotioniot vaikuttaa kognitiivisiin prosesseihin? Vaikka emotionaalinen reaktio voikin syntyä ilman *tietoista* kognitiivista ärsykkeen emotionaalisuuden arviointia, monet tutkijat ovat aiemmin esittäneet, että jonkinlainen automaattinen, tiedostamaton kognitiivinen arviointi on välttämätöntä, jotta tapahtuman tai ärsykkeen emotionaalinen merkitys voidaan määrittää. Nykyään kuitenkin ajatellaan, että kognitiivinen arviointi ei ole välttämätöntä emotionaalisen reaktion syntymiselle, mutta kognitio voi vaikuttaa emotionioon monella tavoin. Esimerkiksi karhun näkeminen metsässä kesken vaelluksen todennäköi-

sesti aiheuttaa pelkoreaktion. Kuitenkin vastaavan karhun näkeminen eläintarhassa häkissä aiheuttaa todennäköisesti ennemminkin mielenkiintoa ja uteliaisuutta kuin pelkoa. Tämä johtuu siitä, että *tiedämme* häkissä olevan karhun olevan meille täysin vaaraton. Vaikka emotionaalinen informaatio prosessoituu monissa tapauksissa automaattisesti, kognitiiviset prosessit voivat vaikuttaa emotionaalisen informaation käsittelyyn ja tulkintaan.

Tapa, jolla kognitio vaikuttaa emotionioihin, perustuu todennäköisesti amygdalaan tulevien subkortikaalisten ja kortikaalisten reittien merkitykseen (Kuva 1). Tiedetään, että amygdala on keskeinen ärsykkeiden emotionaalisten ominaisuuksien prosessointiin osallistuva

rakenne. Amygdalaan on laajat afferentit yhteydet kaikista aistimodalityeteista, minkä lisäksi siltä on efferentit yhteydet lukuisiin kortikaalisiin alueisiin. Amygdalaan tulee informaatiota sekä suoraan talamuksesta (subkortikaalinen reitti, a) että striataalisen korteksin näköinformaation käsittelyyn osallistuvilta alueilta ja esimerkiksi temporaalilohkon alueella sijaitsevilta kasvojen kasvoinformaation käsittelyyn erikoistuneilta aivokuoren alueilta (kortikaalinen reitti, f). Täten amygdalaan tuleva nopea subkortikaalinen reitti mahdollistaa emotionaalisen informaation prosessoinnin ilman kognitiota. Toisaalta hieman hitaampi kortikaalinen reitti tuo amygdalaan pidemmälle prosessoitua aisti-informaatiota. Tämä selittää sen, miksi esimerkiksi hämähäkkifobiasta kärsivä henkilö pelkää hämähäkkejä, vaikka hän tietää lähes kaikkien hämähäkkien olevan vaarattomia: nopeasti toimiva subkortikaalinen reitti reagoi automaattisesti hämähäkkeihin, mutta jostain syystä *tieto* hämähäkin vaarattomuudesta ei kykene vaikuttamaan pelkoreaktion syntyyn.

Kognition vaikutus emotionaalisiin prosesseihin

Kognitiivinen prosessointi voi muokata emotionaalisen informaation käsittelyä ja siitä aiheutuvia emotioita. Selvimmin tämä havaitaan emotioita säädeltäessä. Jos kognitio ei vaikuttaisi laisinkaan emotionaalisiin prosesseihin, ei omaan emotionaaliseen tilaan pitäisi voida tietoisesti vaikuttaa lainkaan. Vaikka emotiot ovat useimmiten adaptiivisia, ne voivat usein olla ristiriidassa tavoitteidemme kanssa – esimerkiksi jännityksen kokeminen ennen tärkeää tenttiä todennäköisesti heikentää toimintakykyämme suhteessa tavoitteisiimme eli tentissä menestymiseen. Arkikokemuksesta tiedämme, että voimme vaikuttaa esimerkiksi emotioiden kokemiseen ja ilmenemiseen ainakin jossain määrin tietoisesti. Voimme esimerkiksi pyrkiä olemaan näyttämättä vihaamme työpaikan esimiehelle, tai kohottaa mielialaamme koettamalla ajatella miellyttäviä asioita pitkäveteesessä kokouksessa. On myös esitetty, että ihmiset säätelisivät emotioitaan käytännössä jatkuvasti, mutta säätely ei kuitenkaan välttämättä olisi läheskään aina tietoisia.

Erityisesti prefrontaalikorteksi näyttäisi olevan merkityksellinen emotionaalisia reaktioita säädeltäessä. Varhaisin dokumentoitu todiste tästä on ratatyömies Phineas Gage, joka sai työtapaturman johdosta huomattavan suuren

vaurion frontaalilohkoonsa [2]. Hän johti ratatyöläisten ryhmää, jonka tehtävänä oli räjäyttää suuria kiviä ratalinjalta. Gage tiivistä metallipiikin avulla ruutia kiveen porattuun reikään, kun ruuti yhtäkkiä räjähti ja lennätti piikin hänen kallonsa sisään vasemman poskiluun alapuolelta ja ulos kallon frontaalipinnalta, minkä jälkeen piikki vielä lensi useita metrejä ilmassa. Yllättäen Gage kuitenkin toipui huomattavasta vauriostaan fyysisesti muutamassa kuukaudessa. Hänen persoonallisuutensa kuitenkin muuttui huomattavasti. Aiemmin rauhallisena ja johdonmukaisena tunnetusta miehestä tuli kiivas, itsepäinen ja impulsiivinen. Gagen aivovaurio paikannettiin frontaalilohkojen mediaalisiin osiin, minkä perusteella on päätelty, että nämä alueet osallistuisivat myös emotioiden säätelyyn sekä emotionaalisen informaation käyttämiseen päätöksenteossa.

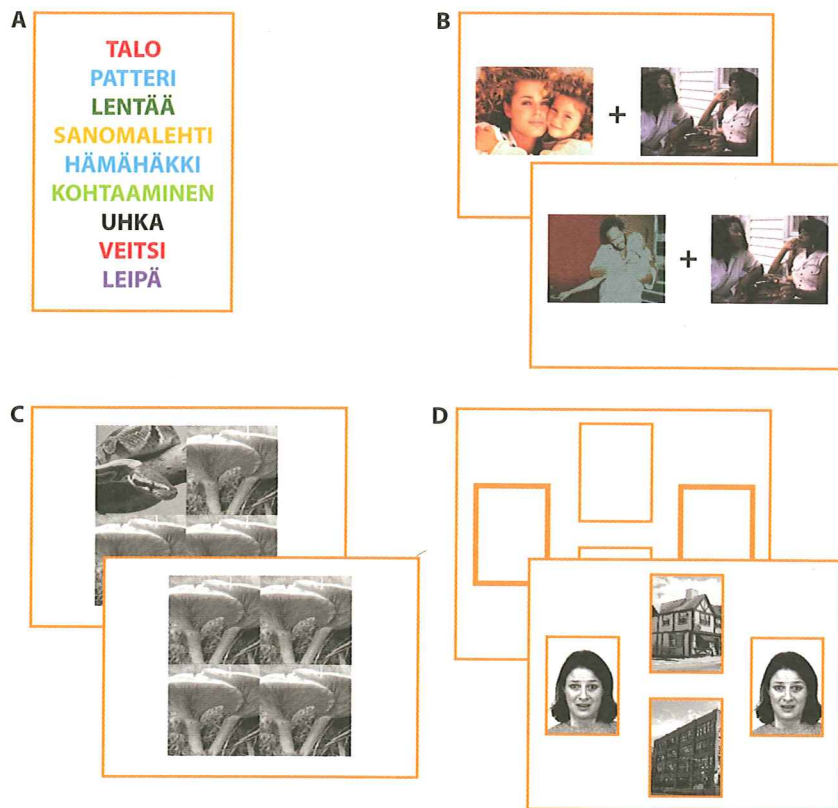
Amygdalalla on keskeinen rooli sekä ärsykkeiden emotionaalisen sisällön alustavassa prosessoinnissa, että muodostettaessa yhteyksiä ärsykkeiden ja niistä seuraavan palkkion tai rangaistuksen välille. Inhibitoriset yhteydet prefrontaalikorteksilta amygdalaan ovat puolestaan todennäköisesti tärkeitä emotionaalisten reaktioiden säätelyssä (Kuva 1 g). Tämä on osoitettu kokeissa, joissa rotat on ehdollistettu reagoimaan äänimerkkiin pelkoreaktiolla. Tämän jälkeen osille rotista on tehty prefrontaalikorteksin vaurio. Rotilla, joille vaurio on tehty, ehdollistunut pelkovaste häviää hitaasti. Tämä on tulkittu siten, että prefrontaalikorteksin projektiot takaisin amygdalaan muokkaavat emotionaalisen informaation opittua prosessointia.

Viimeaikaiset tutkimukset ovat osoittaneet, että frontaalikorteksi on erityisen tärkeä emotioiden säätelyssä myös ihmisillä. Prefrontaalikorteksilla on paljon tyypin kaksi serotoniinireseptoreita, ja prefrontaalikorteksin serotoniiniaineenvaihdunnan häiriöiden on osoitettu olevan yhteydessä aggressiiviseen ja väkivaltaiseen käyttäytymiseen. Myös toiminnallisissa kuvantamistutkimuksissa on osoitettu prefrontaalikorteksin merkitys kielteisten emotioiden säätelyssä. Ochsner kollegoineen [3] tarkasteli emotioiden kognitiivista säätelyä toiminnallisen magneettikuvauksen (fMRI) avulla. Tutkittaville esitettiin epämiellyttäviä kuvia ja tutkittavien tehtävänä oli joko pelkästään katsella kuvia tai yrittää säädellä emotioitaan suhtautumalla kuvien sisältöön mahdollisimman neutraalisti. Jokaisen kuvan jälkeen tutkittavat arvioivat myös subjektiivisesti, kuinka paljon he kokivat kielteisiä emotioita kuvan katselun aikana.

Kuvien katselemisen aikana tutkittaville suoritettiin toiminnallinen magneettikuvaus. Havaittiin, että emootioiden säätelyminen epämiellyttävien kuvien katselemisen aikana vähensi kielteisten emootioiden subjektiivista kokemusta verrattuna tilanteeseen, jossa kuvia ainoastaan katseltiin. Myös fMRI-aineistossa havaittiin samansuuntaisia tuloksia. Kielteisten emootioiden kokemisen väheneminen näkyi myös vähäisempänä aktivaationa amygdalassa. Tämän lisäksi emootioiden säätelyminen havaittiin lisäävän prefrontaalikortekstin aktivaatiota, joka oli käänteisesti yhteydessä amygdalan aktivoitumiseen: mitä suurempia aktivaatioita prefrontaalikorteksilla havaittiin, sitä matalampia aktivaatioita havaittiin amygdalassa. Koska ainoa ero katsele- ja säätelytilanteiden välillä oli koehenkilöiden aktiivinen emootioiden säätelyminen, Ochsner työtoverineen päätteli, että prefrontaalikorteksi on keskeinen kielteisten emootioiden aktiiviseen säätelymiseen osallistuva aivojen alue, joka kykenee to-

dennäköisesti vaikuttamaan emotionaalisten ärsykkeiden prosessoitumiseen amygdalassa.

Tietoisella säätelyllä ei voida kuitenkaan täydellisesti vaikuttaa emotionaalisten reaktioiden ja ilmausten syntyyn. Dimberg työryhmineen [4] teki sarjan kokeita, jossa tutkittaville esitettiin kuvia mielihyvää ja vihaa ilmaisevista kasvonilmeistä. Kuvien katselemisen aikana koehenkilöiltä mitattiin kasvolihasten EMG-vasteita kulmakarvaa kurtistavan corrugator supercilii- ja suupieltä kohottavan zygomaticus major-lihasten alueilta. Aikaisemmat tutkimukset ovat osoittaneet, että corrugator osallistuu erityisesti vihan ja zygomaticus mielihyvän ilmausten tuottamiseen kasvoilla. Koehenkilöiden tehtävänä oli katsella kuvia ja (i) reagoida vihan ilmauksiin kurtistamalla kulmia (corrugator) ja mielihyvän ilmauksiin hymyilemällä (zygomaticus), tai (ii) reagoida vihan ilmauksiin hymyilemällä ja mielihyvän ilmauksiin kurtistamalla kulmia. Tutkittavien tuli siis reagoida kuvaan joko



Kuva 2. Emootioiden ja visuaalisen tarkkaavaisuuden tutkimuksessa käytettyjä koeasetelmia: Emotionaalinen Stroop (a), kilpaillevien kuvien esittäminen (b), visuaalisen haun tehtävä (c) sekä valikoivan tarkkaavaisuuden tehtävä (d).

samalla kasvonilmeellä (i) tai toisella kasvonilmeellä (ii). Havaittiin, että vihaisten kasvojen havaitseminen aktivoi corrugator-lihasta ja iloisten kasvojen havaitseminen zygomaticus-lihasta, vaikka koehenkilöt pyrkivätkin liikuttaamaan zygomaticusta havaitessaan vihaisia ja corrugatoria havaitessaan iloisia kasvoja. Tulokset siis osoittivat, että emotionaalisen informaation havaitseminen muuttaa automaattisesti toimintavalmiutta ja vaikuttaa kasvolihasten toimintaan, vaikka koehenkilöt yrittäisivätkin tietoisesti reagoida toisella tavalla.

Yleistäen voidaan sanoa, että tietoisien kognitiivisten prosessien avulla voidaan vaikuttaa siihen, mitä emootiota koetaan ja miten siitä ilmaistaan. Tällä tavalla voimme hienosäätää emotionaalisia reaktioita vastaamaan paremmin tilannesidonnaisia tavoitteitamme. Vaikutusmahdollisuudet ovat kuitenkin rajalliset. Emotionaalisen sisällön havaitseminen amygdalan subkortikaalisen reitin avulla vaikuttaa todennäköisesti varhaisessa vaiheessa automaattisesti ärsykkeiden ja tapahtumien kortikaaliseen prosessointiin. Kognitiivinen säätely mahdollistuu siten vasta myöhäisemmässä vaiheessa, ja kaikkeen emotionaalisen informaation prosessointiin ei voida tietoisesti vaikuttaa.

Emootioiden vaikutukset kognitiivisiin prosesseihin

Yleisesti ottaen voidaan todeta, että emotionaalinen informaatio prosessoituu automaattisesti monella tasolla, vaikka emotionaalisen informaation prosessointiin voidaan jossain määrin vaikuttaa tietoisesti. Emootioilla on kuitenkin monenlaisia vaikutuksia myös kognitiiviseen prosessointiin. Tarkastellaan seuraavaksi tarkemmin, miten emootiot vaikuttavat kolmeen keskeiseen kognitiiviseen prosessiin: tarkkaavaisuuteen, muistiin, ja päätöksentekoon.

Emootiot ja tarkkaavaisuus

Ihmisen tiedonkäsittelyjärjestelmien kapasiteetti on rajallinen. Tämän vuoksi keskushermostossa on useita mekanismeja, joiden avulla voimme näistä rajoituksista huolimatta havaita ja käsitellä ympäristön merkityksellistä tietoa. Eräs tarkkaavaisuuden tärkeimmistä tehtävistä on poimia ympäristöstä kulloinkin tarkoituksenmukaisimmat ärsykkeet tarkemman prosessoinnin kohteeksi ja jättää vähemmän merkitykselliset huomioimatta. Tällainen *valikoiva tarkkaavaisuus* perustuu siihen, että ärsykkeeseen liittyvä hermostollinen aktivaatio joko tehostuu tai heik-

kenee riippuen siitä, onko jokin ärsyke tarkkaavaisuuden kohteena vai ei. Koska emootioita aiheuttavat ärsykkeet ovat todennäköisesti hyvinvoinnin kannalta merkityksellisiä, voidaan olettaa, että tarkkaavaisuus olisi vinoutunut poimimaan ympäristöstä emotionaalista informaatiota neutraalin informaation kustannuksella. Tällaisesta ilmiöstä on saatu vakuuttavaa näyttöä useantyyppisissä koeasetelmissä. Niin kutsutussa emotionaalisessa Stroop-tehtävässä (ks. kuva 2a) tutkittavan tehtävänä on nimetä väri, jolla ruudulla esitetyt epämiellyttävät, neutraalit ja miellyttävät sanat on kirjoitettu. Sanan merkitykseen ei tule kiinnittää huomiota, joten sen oletetaan olevan tarkkaavaisuuden ulkopuolella. Kokeissa on havaittu, että värien nimeäminen hidastuu emotionaalisten sanojen kohdalla. Tämä on tulkittu siten, että semanttinen emotionaalinen informaatio vetää tarkkaavaisuuden automaattisesti puoleensa, vaikka siihen ei kiinnitetäisiäkään huomiota, ja häiritsee värin nimeämisprosessia.

Visuaalisen haun tehtävissä (Kuva 2c) tutkittavalle esitetään kuvamatriisi, jossa esiintyvät kuvat voivat kuulua kahteen kategoriaan, esimerkiksi käärmeisiin ja sieniin. Kaikki kuvat kuuluvat joko samaan kategoriaan, tai sitten kuvista yksi kuuluu eri kategoriaan kuin muut. Koehenkilön tehtävänä on mahdollisimman nopeasti päättää, onko kohdekuva (esimerkiksi käärme) matriisissa ei-kohdekuvien (esimerkiksi sienet) joukossa. Tutkimuksissa on järjestelmällisesti havaittu, että emotionaaliset kohteet havaitaan neutraalien ärsykkeiden joukosta nopeammin kuin neutraalit ärsykkeet emotionaalisten joukosta. Tämän perusteella on päätelty, että kohteen emotionaalisuus tehostaa sen havaitsemista. Myös silmänliikerekisteröinnit (Kuva 2b) ovat tuottaneet tätä hypoteesia tukevia tuloksia. Kun kokeissa on näytetty tutkittaville samanlaisesti sekä neutraaleita että emotionaalisia kuvia, on heidän todettu suuntaavan katseensa (ts. myös tarkkaavaisuutensa) ensimmäiseksi emotionaaliin kuviin.

Millaiseen hermostolliseen mekanismiin tällainen emotionaaliin kohteisiin suuntautunut tarkkaavaisuusvinouma sitten perustuu? On hyvin todennäköistä, että amygdala voi efferenttien yhteyksiensä avulla priorisoida emotionaaliseksi arvioidun materiaalin kortikaaliseen prosessointia. Esimerkiksi visuaalinen informaatio välittyy talamuksesta suoraan striataaliselle korteksille (Kuva 1b), mutta jo hyvin pian sinne saapuu myös amygdalassa prosessoitua informaatiota ärsykkeen emotionaalisesta sisällöstä (Kuva

1c). Täten subkortikaalinen reitti amygdalaan (Kuva 1a) ja sieltä edelleen striataaliselle korteksille mahdollistaa sen, että amygdala voi jo hyvin varhaisessa vaiheessa vaikuttaa näköinformaation prosessointiin striataalisella korteksilla, mahdollisesti tehostaen esimerkiksi uhkaavien ärsykkeiden havaitsemista. Patrik Vuilleumier osoitti työtovereidensa kanssa [5], että kasvonilmeisiin liittyvää pelkoinformaatiota prosessoidaan myös silloin, kun se ei ole tarkkaavaisuuden kohteena. Kokeessa tutkittaville esitettiin aina kaksi kuvaa pelokkaista tai neutraaleista kasvoista ja kaksi kuvaa taloista. Kuvat esitettiin ristimuodostelmassa (ks. Kuva 2d) siten, että kasvokuva-pari oli vierekkäin ja talokuvapari päällekkäin, tai päinvastoin. Sekä kasvokuvat että talokuvat saattoivat olla samanlaisia tai erilaisia siten, että erilaiset kasvokuvat esittivät eri henkilöitä, joilla oli kuitenkin sama kasvonilme. Ennen kuvien esittämistä koehenkilölle ilmoitettiin, tuliko hänen arvioida vaaka- vai pystyakselilla olevien kuvien samankaltaisuutta. Toinen kuvapari, vaaka- tai pystyakselilla sijaitseva, oli näin ollen aina tarkkaavaisuuden kohteena ja toinen tarkkaavaisuuden ulkopuolella. Kuvien samankaltaisuuden arviointi oli siis keino siirtää tutkittavien tarkkaavaisuus joko talo- tai kasvokuvuihin. Tutkimuksessa haluttiin varsinaisesti selvittää, miten pelkoa esittävät kasvot prosessoituvat silloin, kun tutkittava on kiinnittänyt tarkkaavaisuutensa talokuvuihin. Tutkimuksessa havaittiin,

että kasvojen prosessointiin erikoistuneen fusiformis-aivopojun aktivaatio väheni silloin, kun tutkittavat tarkkailivat taloja. Kun analyysissä oli mukana vain ne kerrat, joissa tutkittavalle oli esitetty kuvia pelokkaista kasvoista, havaittiin yllättävä tulos: vasemmanpuoleisessa amygdalassa havaittiin aktivaatiota, mutta sen voimakkuus ei ollut riippuvaista siitä, oliko tutkittava tarkkaillut pelokkaita kasvoja vai talojen kuvia. Tulokset siis osoittivat, että kasvojen identiteetin prosessointi riippuu tarkkaavaisuuden kohteesta, mutta pelkoa sisältävän informaation prosessointi ei. Täten amygdala todennäköisesti tunnistaa ja prosessoi pelkoinformaatiota automaattisesti, ja voi näin vaikuttaa ärsykkeiden myöhäisempään kognitiiviseen prosessointiin efferenttien yhteyksiensä avulla.

Emootiot ja muisti

Muistilla viitataan yleensä kykyyn tarkastella tietoisesti aikaisempia tapahtumia ja kokemuksia. Koska tarkkaavaisuusmekanismit priorisoivat emotionaalisen informaation käsittelyä, on perusteltua olettaa että emotionaalinen informaatio voisi koodautua muistiin eri tavoin kuin neutraali informaatio. Emootioiden ja muistin suhdetta on tarkasteltu perinteisesti kahden asettelman avulla: tarkastelemalla i) kuinka emotionaalinen tila vaikuttaa neutraalin informaation mieleenpainamiseen ja palaukseen sekä ii) kuinka emotionaalisen tilan ja mieleenpainettavan in-

A	Emotionaalinen tila koodausvaiheessa	Emotionaalinen tila palautusvaiheessa	Muistipalautus
	Mielihyvä	Mielihyvä	Korkea
	Mielihyvä	Suru	Matala
	Suru	Mielihyvä	Matala
	Suru	Suru	Korkea

B	Emotionaalinen tila koodausvaiheessa	Materiaalin emotionaalinen sisältö	Muistipalautus
	Mielihyvä	Mielihyvä	Korkea
	Mielihyvä	Suru	Matala
	Suru	Mielihyvä	Matala
	Suru	Suru	Korkea

Kuva 3. Koodaus- ja palautusvaiheen emotionaalisen tilan kongruenssieffektin (a) ja emotionaalisen tilan ja koodattavan materiaalin emotionaalisuuden kongruenssieffektin (b) tutkimuksissa tyypillisesti havaitut tulokset.

formaation emotionaalisen sisällön vastaavuus eli kongruenssi vaikuttaa muistisuoritukseen (Kuva 3). Emotionaalisesta tilasta riippuvaa koodausta ja palautusta tutkittaessa tutkittavat jaetaan tyypillisesti kahteen ryhmään, joille molemmille indusoidaan (ks. luku 2.5 Emootiotutkimuksen menetelmät) sama emotionaalinen tila, esimerkiksi suru. Tämän jälkeen tutkittavat opettelevat listan neutraaleita sanoja. Seuraavana päivänä puolelle tutkittavista indusoidaan sama (suru) ja puolille eri (mielihyvä) emotionaalinen tila kuin koodausvaiheessa ja tutkittavia kehoitetaan palauttamaan mieleen kaikki edellisenä päivänä opetteliansa sanat. Useimmissa tutkimuksissa on havaittu, että tutkittavat muistavat opettelemansa sanalistan paremmin silloin, kun heidän emotionaalinen tilansa on sama kuin opettelutilanteessa ja huonommin silloin, kun emotionaalinen tila on päinvastainen. Efekti on voimakas, jos muistisuoritus mitataan vapaata palauttamista käyttäen (ts. tutkittavat luettelevat kaikki muistamansa sanat) mutta ei yhtä systemaattinen, jos käytetään esimerkiksi vihjepalautustehtävää (ts. tutkittavat merkitsevät opetelluista ja muista sanoista koostuvasta listasta ne, jotka he muistavat opetteleensa). Tulos on tulkittu siten, että emotionaalinen tila saattaa toimia palautusvihjeenä, silloin, kun muita palautusvihjeitä ei ole saatavilla. Kyseessä on siis eräänlainen tilannesidonainen muistin erikoistapa.

Tutkittaessa emotionaalisen tilan ja mieleenpainettavan informaation emotionaalisuuden kongruenssia, tutkittavat jaetaan tyypillisesti kahteen ryhmään, joille indusoidaan erilaiset emotionaaliset tilat, vaikkapa mielihyvä ja suru. Tämän jälkeen tutkittavat saavat luettavakseen tekstin, joka sisältää yhtä paljon mielihyvään ja suruun liittyvää informaatiota. Kun tutkittavien emotionaalinen tila on palautunut neutraaliksi, mitataan kuinka paljon he muistavat tekstissä olutta mielihyvään ja suruun liittyvää informaatiota. Tutkimukset ovat systemaattisesti osoittaneet, että tutkittavat muistavat enemmän koodausvaiheessa koetun emotionaalisen tilan kanssa kongruenttia informaatiota: mielihyvää kokeneina tekstin lukeneet siis muistavat miellyttävät yksityiskohdat ja surullisina tekstin lukeneet surulliset yksityiskohdat paremmin. Ilmiö on havaittu monentyyppisellä muistettavalla materiaalilla sekä suorilla että epäsuorilla muistitehtävillä, joskaan kaikkien tutkimusten tulokset eivät tue kongruenssiefektiä. Ilmiön selitys on todennäköisesti siinä, että emotionaalinen tila tehostaa sen kanssa kongruenttia informaation prosessointia.

Mihin tällainen emootioiden vaikutus muistiin sitten perustuu? Eräs mahdollinen hypoteesi on, että työmuisti priorisoi jollain tavalla emotionaalisen informaation ylläpitoa neutraalin informaation kustannuksella. Kensinger ja Corkin [6] testasivat tätä hypoteesia käyttämällä useita erilaisia visuaalisia ja fonologisia työmuistitehtäviä, joissa muistettava materiaali oli joko neutraalia tai emotionaalista. Tutkimuksen keskeinen tulos oli, että palautus ei ollut riippuvaisista muistissa ylläpidettävän materiaalin emotionaalisesta sisällöstä, ts. tutkittavien työmuistikapasiteetin arvoksi saatiin sama luku riippumatta siitä, pitikö tutkittavien ylläpitää työmuistissa emotionaalisia vai neutraaleita sanoja. Lisäksi tulos oli samanlainen riippumatta siitä, esitettiinkö emotionaaliset ja neutraalit ärsykkeet omina sarjoinaan (veitsi, murha, kuolema ja auto, kasvi, kaiutin) vai sekoitettuna samaan sarjaan (veitsi, auto, murha, kasvi, kuolema, kaiutin). Mielenkiintoista kyllä, ärsykkeiden emotionaalinen sisältö vaikutti siihen kuinka hyvin koehenkilöt kykenivät seuraavana päivänä muistamaan kokeessa käytetyt ärsykkeet. Vapaassa palautuksessa havaittiin, että tutkittavat muistivat epämiellyttäviä ärsykejä huomattavasti paremmin kuin neutraaleita. Työmuisti ei siis priorisoi emotionaalisen informaation ylläpitoa, mutta emotionaalinen informaatio saattaa joko prosessoitua automaattisemmin, olla helpommin palautettavissa mieleen tai se voi koodautua helpommin pitkäkestoiseen muistiin.

Amygdalan merkitys erityisesti pelon prosessoinnissa tunnetaan hyvin, mutta lisäksi on osoitettu, että amygdala on merkityksellinen muistamisen kannalta. Siinä missä hippokampuksen tiedetään olevan keskeinen yleisesti deklaratiivisen muistin toimintaan osallistuva rakenne, amygdalalla näyttäisi olevan keskeinen merkitys emotionaalisten muistijälkien synnysssä. Joseph LeDoux on tutkinut amygdalan merkitystä emotionaalisen muistijäljen syntymiseen käyttämällä ehdollistamisparadigmaa. Kokeissa on tarkasteltu rottia, joiden amygdalan keskittämä (nucleus centralis) on ollut joko vaurioitettu tai intakti. Sähköiskun saaminen aiheuttaa rotassa pelkoreaktion. Ehdollistamisvaiheessa rotat on asetettu yksitellen metallihäkkiin, jonka pohjaan on ollut mahdollista johtaa sähkövirta. Sähköiskun antamisen yhteydessä on toistuvasti soitettu äänisignaalia ja tarkasteltu, kuinka nopeasti aivovaurioiset ja intaktit rotat kykenevät oppimaan yhteyden sähköiskun ja äänisignaalin välillä, ts. ehdollistumaan ääneen. Kokeessa havaittiin, että pelkoreaktio ei ehdollistunut rotill-

la, joilla on amygdalavaurio. Tutkimusten kannalta kriittinen havainto on se, että myös rotat joilla on amygdalavaurio, ehdollistuvat kuitenkin esimerkiksi ääntä seuraavaan epäemotionaaliseen ärsykkeeseen. Lisäksi, jos intakti rotta on muodostanut yhteyden kovan äänen ja sähköiskun välille, ehdollistunut yhteys häviää amygdalavaurion myötä. Tämän perusteella on päätelty, että amygdalan merkitys muistiprosessille on siinä, että se liittää emotionaalisen komponentin muistijälkeen.

Vastaavia tuloksia on saatu myös ihmisillä. Adolphsin tutkimusryhmä [7] testasi emotionaalisen informaation muistamista potilaalla SM046, jolla oli harvinainen molemminpuolinen amygdalavaurio. Lisäksi tutkimukseen osallistui vertailun vuoksi potilaita, joilla oli toispuolinen amygdalavaurio, potilaita joiden hippokampus oli vaurioitunut mutta amygdala oli intakti, sekä terveitä verrokkeja, joilla ei ollut neurologisia vaurioita. Tutkittaville esitettiin yksi kuva kerrallaan epämiellyttäviä sekä neutraaleita kuvia, joiden katselun aikana tutkittava kuuli kustakin kuvasta lyhyen tarinan. Tarinan tarkoituksena oli, että kaikki tutkittavat tulkitsisivat kuvien sisällön samalla tavalla. Seuraavana päivänä tutkittavat suorittivat muistipalautustehtävän, jossa mitattiin kuvien i) keskeisen sisällön ja ii) yksityiskohtien muistaminen. Havaittiin, että SM046:ta lukuun ottamatta kaikki tutkittavat muistivat paremmin epämiellyttävien kuin neutraalien kuvien keskeisen sisällön, ja parem-

min neutraalien kuin emotionaalisten kuvien yksityiskohdat. Toisin kuin verrokeilla, SM046:lla muistitehtävien tulokset olivat täysin päinvastaiset. Hän muisti huonommin emotionaalisten kuin neutraalien kuvien keskeisen sisällön. Emotionaalisten kuvien yksityiskohdat hän puolestaan muisti kontrolleita paremmin. Tämä tulokittiin siten, että amygdala vahvistaa epämiellyttävän emotionaalisen informaation tallentamista deklaratiiviseen muistiin siten, että epämiellyttävän informaation keskeisen sisällön koodaamista priorisoidaan yksityiskohtaisemman informaation kustannuksella.

Emootiot ja päätöksenteko

Emotionaalinen tila vaikuttaa siihen, mikä tyyppistä informaatiota ihminen prosessoi. Kuten kappaleen alussa todettiin, emotionaalisten prosessien häiriintyminen saattaa vaikeuttaa huomattavasti päätöksentekoa – pelkkä rationaalinen päätely ei kaikissa tilanteissa riitäkään hyödyllisten päätöksen tekemiseen. On osoitettu, että terveet ihmiset käyttävät emotionaalisia tilojaan päätöksenteon ohjaamiseen suhteellisen automaattisesti. Emootioiden merkitystä päätöksentekoprosessissa on kuvattu ns. somaattisten merkitsijöiden (somatic marker) hypoteesin [8,9] avulla. Tämän hypoteesin mukaan ihmiset muodostavat käsityksen erilaisten tapahtumien hyödyistä ja haitoista sen perusteella, millaisia kehollisia tuntemuksia erilaiset tapahtumat herättävät. Kokemuksen perusteella emotionaali-

	Tappiota tuottavat pakat		Voittoa tuottavat pakat	
	A	B	C	D
Voittoa per kortti	\$100	\$100	\$50	\$50
Tappiota per 10 korttia	\$1250	\$1250	\$250	\$250
Saldo per 10 korttia	-\$250	-\$250	+\$250	+\$250

Kuva 4. Iowan uhkapelitehtävä. Pakkojen A ja B yksittäiset kortit tuottavat suurempia voittoja kuin pakkojen C ja D kortit. Pakkojen A ja B suurempia tappioita aiheuttavat kortit kuitenkin johtavat siihen, että pitkällä aikavälillä korttien nostaminen pakoista C ja D on kannattavampaa.

set reaktiot saattavat yhdistyä monenlaisiin tapahtumiin. Kokemukset koodataan kehoon somaattisina merkitsijöinä. Kun ihmiset kohtaavat samankaltaisia tilanteita uudestaan, emotionaaliset reaktiot viriävät, ja ihmiset käyttävät tiedostamattaan tapahtumien automaattisesti viritämiä kehollisia reaktioitaan toiminnanohjauksessa ja päätöksenteossa.

Antoine Bechara työtovereineen [8] on tutkinut somaattisten merkitsijöiden hypoteesia ja päätöksentekoa ns. Iowan uhkapelitehtävän (Iowa Gambling Task, ks. kuva 4) avulla. Tehtävässä koehenkilölle esitetään neljä korttipakkaa (A, B, C, ja D) ja hänen tehtävänään on kääntää valitsemastaan pakasta kortti kerrallaan. Tutkittavalle annetaan \$2000:n suuruisen alkupääoma ja tehtävä tienata mahdollisimman paljon rahaa kääntämällä kortteja pakoista. Tutkittavalle ei kuitenkaan anneta muuta tietoa pelin säännöistä. Kortin kääntäminen kasvattaa koehenkilön ”palkkiota” riippuen pakasta, josta kortti käännetään: pakoista A ja B \$100 ja C ja D \$50 verran. Osa pakkojen korteista on kuitenkin sellaisia, että niiden kääntäminen tietää koehenkilölle tappiota. Tappio on suurin pakoissa A ja B ja pienempi pakoissa C ja D. Kääntämällä systemaattisesti kortteja pakoista A ja B koehenkilö häviää, ja kääntämällä pakoista C ja D voittaa. Koehenkilö ei kuitenkaan tiedä tätä sääntöä eikä sitä, kuinka monta korttia hän saa kääntää kokeen aikana (todellisuudessa kokeessa käännetään sata korttia). Tehtävän tarkoituksena on simuloida arkielämässä usein kohdattavia tilanteita, joissa epämääräisen informaation perusteella joudutaan tekemään päätöksiä, joista saattaa seurata hyötyjä tai haittoja.

Bechara työtovereineen tutki Iowan uhkapelitehtävässä toimimista terveillä koehenkilöillä sekä potilaita, joilla on frontaalikorteksivaurio. Uhkapelitehtävän aikana koehenkilöiltä mitattiin ihon sähkönjohtokykyä, jonka avulla voitiin rekisteröidä muutoksia koehenkilöiden fysiologisesta tilasta. Lisäksi koehenkilöiltä kysyttiin säännöllisin väliajoin, olivatko he ymmärtäneet miten pelissä tuli toimia saavuttaakseen suurimman mahdollisen voiton. Jo muutaman suuria menetyksiä tuottavan kortin nostamisen jälkeen terveillä koehenkilöillä havaittiin muutoksia ihon sähkönjohtavuudessa aina ennen kuin he ovat nostamassa korttia tappiota tuottavista pinoista (A ja B). Reaktio havaittiin, vaikka koehenkilöt eivät vielä tietoisesti olisikaan ymmärtäneet pelin sääntöjä, eli eivät tienneet pakkojen C ja D tuottavan suurempia voittoja pitkällä aikavälillä. Lisäksi koehenkilöt nostivat syste-

maattisesti enemmän kortteja voittoja tuottavista pakoista (C ja D) jo ennen kuin he kykenivät eksplisiittisesti määrittelemään ne tuottavammiksi. Melko pian terveet koehenkilöt kuitenkin oppivat pelin säännöt ja alkoivat nostaa kortteja pelkästään voittoja tuottavista pakoista (C ja D). Tulos tulkittiin siten, että jo ennen pelin sääntöjen oppimista terveet koehenkilöt olivat yhdistäneet epäsuotuisiin pakkoihin somaattiset merkitsijät joiden esiintyminen siis havaittiin ihon sähkönjohtavuudesta. Somaattisten merkitsijöiden ansiosta koehenkilöt siis kykenivät pelaamaan itselleen edullisesti jo ennen kuin he kykenivät tietoisesti ymmärtämään pelin säännöt.

Olivatko somaattiset merkitsijät kuitenkin välttämättömiä tehtävässä menestymiselle? Hyvin todennäköisesti, sillä potilailla, joilla oli prefrontaalikorteksin vaurio, ei havaittu ihon sähkönjohtokyvyn muutosta ennen kortin nostamista tappiota tuottavista pakoista. Lisäksi, potilailla havaittiin vaikeuksia oppia pelin sääntöjä ja vielä sääntöjen oppimisenkin jälkeen he nostivat systemaattisesti enemmän kortteja tappiota tuottavista pinoista. Pelkkä looginen päättely ja tieto pelitehtävän mekaniikasta ei siis auttanut heitä menestymään tehtävässä. Täten Bechara työtovereineen päätteli, että somaattiset merkitsijät ovat oleellisia päätöksenteossa myös sen jälkeen, kun päätöksentekoprosessiin liittyvä tieto ja säännöt on omaksuttu.

Yhteenveto

Sekä kognitio että emotio ovat merkityksellisiä hengissä säilymisen ja jokapäiväisten toimien suorittamisen kannalta. Ne osallistuvat yhdessä ja synkronoidusti käyttäytymisen ja toiminnan ohjaukseen. Emootiot vaikuttavat useisiin kognitiivisiin prosesseihin, kuten tarkkaavaisuuteen, muistiin ja päätöksentekoon. Toisaalta ihmiset voivat myös vaikuttaa omaan emotionaaliseen tilaansa tietoisesti. Täysin automaattiset emotionaaliset reaktiot ovat mahdollisia amygdalaan tulevien subkortikaalisten reittien johdosta, ja emotionaalisten reaktioiden kognitiivinen modulointi taas tapahtuu kortikaalisten reittien avulla. Toisaalta subkortikaalista reittiä pitkin saapuvan informaation perusteella amygdala voi vaikuttaa ärsykkeiden kognitiiviseen prosessointiin. Täten emootiot mahdollistavat nopean ja automaattisen valmistautumisen uhkia tai mahdollisuuksia sisältäviin tilanteisiin, ja kognitiivisten prosessien avulla reagoimista voidaan hienosäätää vastaamaan paremmin tilannetta ja henkilökohtaisia tavoitteita.

Lähteet

- [1] Damasio, A. R. (1994). *Descartes' Error: Emotion, Reason, and the Human Brain*. New York: Grosset/ Putnam.
- [2] Damasio, H., Grabowski T., Frank R., Galaburda, A. M., & Damasio A. R. (1994). The return of Phineas Gage: Clues about the brain from the skull of a famous patient. *Science*, 264, 1102–1105.
- [3] Ochsner, K. N., Bunge, S.A., Gross, J. J., & Gabrieli, J. D. E. (2002) Rethinking feelings: An fMRI study of the cognitive regulation of emotion. *Journal of Cognitive Neuroscience* 14, 1215–1229.
- [4] Dimberg, U., Thunberg, M., & Grunedal, S. (2002). Facial reactions to emotional stimuli: Automatically controlled emotional responses. *Cognition and Emotion*, 16, 449–471.
- [5] Vuilleumier, P., Armony, J. L., Driver, J., & Dolan, R. (2001). Effects of attention and emotion on face processing in the human brain. An event-related fMRI study. *Neuron*, 30, 829–841.
- [6] Kensinger, E. A., & Corkin, S. (2003). Effect of negative emotional content on working memory and long-term memory. *Emotion*, 4, 378–393.
- [7] Adolphs, R., Denburg, N. L., & Tranel, D. (2001). The amygdala's role in long-term declarative memory for gist and detail. *Behavioral Neuroscience*, 115, 983–992.
- [8] Bechara, A., Damasio, H., Tranel, D., & Damasio, A. R. (1997). Deciding advantageously before knowing the advantageous strategy. *Science*, 275, 1293–1295.
- [9] Bechara, A., & Damasio, A. (2005). The somatic marker hypothesis: A neural theory of economic decision making. *Games and Economic Behavior*, 52, 336–372.