



OULUN YLIOPISTO
UNIVERSITY of OULU

OULUN YLIOPISTON KAUPPAKORKEAKOULU

Harri Laitakari

**NEUROTALOUSTIEDE – NEUROTIETEIDEN HYÖDYNTÄMINEN
VALINTATEORIOISSA**

Pro Gradu -tutkielma

Taloustiede

Toukokuu 2018

Yksikkö Taloustiede			
Tekijä Laitakari Harri		Työn valvoja Simonen, J., professori (ma)	
Työn nimi Neurotaloustiede – neurotieteiden hyödyntäminen valintateorioissa			
Oppiaine Taloustiede	Työn laji Pro gradu	Aika Toukokuu 2018	Sivumäärä 56
Tiivistelmä			
<p>Tämän tutkielman tarkoituksena on selvittää, miten neurotieteitä voidaan hyödyntää taloudellisen päätöksenteon tutkimisessa. Tutkielmassa perehdytään neurotieteellisiin tutkimuksiin, joissa taloustieteellisiä valintateorioita hyödynnetään eri tavoin. Joidenkin tutkimusten tarkoituksena on selvittää sitä, kuinka hyvin taloustieteelliset valintateoriat pystyvät antamaan teoreettisen viitekehysten sille, miten päätöksentekoon liittyvät prosessit toteutuvat aivoissa. Tämä on toteutettu siten, että valintateorioiden funktioiden muuttujille asetetaan niiden toimintatapa mukailevat aivojen alueet. Tähän toimintatapaan perustuen voidaan siten esittää, kuinka hyvin valintateorioiden oletukset vastaavat todellisuutta.</p> <p>Riskikäyttäytymistä selittävän prospektiteorian ja siihen liittyvän tappiokammon tutkiminen ovat esimerkkejä siitä, miten neurotieteiden avulla voidaan kuvata sitä, kuinka hyvin jokin taloustieteellinen teoria vastaa todellisuutta. Tappiokammon mukaan ihminen kokee tietynsuuruisen tappion voimakkaammin kuin samansuuruisen voiton. Eräässä tutkimuksessa havaittiin, että kun tietynsuuruinen voitto lisäsi aivojen aktiivisuutta tietyllä aivojen alueella, niin tappioiden kohdalla saman aivoalueen aktiivisuus väheni noin kaksinkertaisesti verrattuna voiton aiheuttamaan reaktioon. Eli tässä tapauksessa käyttäytymistaloustieteessä kehitetylle tappiokammon käsitteelle kyettiin löytämään myös hermostollinen vastine.</p> <p>Neurotieteissä voidaan myös hyödyntää taloustieteellisiä valintateorioita silloin, kun halutaan selittää tietyn tyyppistä käyttäytymistä. Eräässä tutkimuksessa tutkittiin testosteronin vaikutusta eri ajassa tehtäviin taloudellisiin valintoihin. Testosteronin määrän on yleisesti havaittu korreloivan positiivisesti impulsiivisen käyttäytymisen kanssa. Tästä huolimatta kyseisessä tutkimuksessa havaittiin intertemporaaliseen valintaan liittyvää diskonttausfunktiota hyödyntämällä, että testosteronin määrä korreloi positiivisesti kärsivällisyyden kanssa.</p> <p>Neurotaloustiede on vielä nuori poikkitieteellinen tieteenala (ensimmäiset aiheeseen liittyvät oppikirjat julkaistiin 2000-luvulla). Tästä huolimatta sen avulla on jo nyt pystytty kehittämään neurotieteiden tapaa tehdä taloudelliseen päätöksentekoon liittyvää tutkimustyötä. Tässä tutkielmassa esitetyt tutkimustavat tarjoavat lähtökohdan sille, miten neurotaloustieteellistä tutkimusta tulisi jatkossa toteuttaa.</p>			
Asiasanat Prospektiteoria, ultimatum-peli, intertemporaalinen valinta			
Muita tietoja			

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
1.1	Lähtökohta ja neurotieteiden vaikutus taloustieteeseen	5
1.2	Rationaalisuusoletuksen suhde neurotietesiin ja evoluutiobiologiaan.	8
2	PROSPEKTITEORIA JA NEUROTIETEET	12
2.1	Arvofunktio, tappiokammo ja hallussapitovaikutus	12
2.2	Tappiokammo aivoissa	15
2.3	Vaihtoehtoiset teorit.....	18
2.4	Hallussapitovaikutus ja aivoalueiden aktiivisuus	19
3	ULTIMATUM-PELI JA HYÖDYN MAKSIMOINTI	22
3.1	Neurotieteellinen selitys tarjousten hylkäämiselle	23
3.2	Aivojen eri osien roolit.....	27
3.3	Ultimatum-peli ja evoluutioteoria	29
4	INTERTEMPORAALINEN VALINTA	32
4.1	Intertemporaalisen valinnan neurotieteelliset tulkinnat	37
4.2	Duaalijärjestelmä ja sen kritiikki.....	38
4.3	Muita intertemporaalista valintaa käsitteleviä tutkimuksia.....	42
4.3.1	Voitot ja tappiot intertemporaalisessa päätöksenteossa.....	42
4.3.2	Hormonien vaikutus intertemporaaliseen päätöksentekoon	44
5	YHTEENVETO	49
	LÄHTEET	52

KUVIOT

Kuvio 1. Arvofunktio (mukaillen Tversky & Kahneman 1992: 256)	13
Kuvio 2. Ultimatum-peli ekstensiivisessä muodossa (mukaillen Osborne 2009: 182)	22
Kuvio 3. Eksponentiaalinen ja hyperbolinen diskonttausfunktio (mukaillen Kable 2014: 176)	35
Kuvio 4. Eksponentiaalinen ja kvasihyperbolinen diskonttausfunktio (mukaillen Kable 2014: 176).....	36
Kuvio 5. Testosteronitason ja diskonttausmuuttujan välinen korrelaatio (Takahashi ym. 2008: 12).....	46

1 JOHDANTO

1.1 Lähtökohta ja neurotieteiden vaikutus taloustieteeseen

Tässä tutkielmassa esitetään keinoja, joilla neurotieteet ja psykologia voivat kehittää päätöksentekoa selittäviä taloustieteellisiä valintateorioita. Neurotaloustiede on vielä melko nuori poikkitieteellinen tieteenala, joten on selvää, että yksiselitteisiä teorioita ei ole vielä olemassa. Tutkielmassani käytettävät tutkimusaineistot ovat suurimmaksi osaksi melko uusia neuro- ja taloustieteellisiä julkaisuja, ja varsinkin neurotieteellisissä julkaisuissa käytettävä käsitteistö voi olla taloustieteeseen perehtyneelle hankalaa. Ensimmäiset neurotaloustieteen alaan liittyvät oppikirjat julkaistiin 2000-luvulla (Glimcher & Fehr 2014: xxv).

Neurotaloustieteen lähtökohtana on tutkia ihmisen päätöksentekoa neurotieteitä ja behavioristisen taloustieteen teorioita hyödyntäen (Glimcher & Fehr 2014: xxiii). Halko (2006) on esittänyt, että neurotaloustieteen avulla valintateoria tulee pitkällä aikavälillä kokemaan radikaalin muutoksen. Tämän muutoksen myötä neurotieteet voivat auttaa tarkemmin määrittelemään ja ymmärtämään ihmisten käyttäytymistä päätöksentekotilanteissa, vaikka ihmisen saaman hyödyn ja mieltymysten kokemista ei pystyttäisikään mittaamaan.

Termiä ”neurotaloustiede” alettiin käyttää siinä vaiheessa, kun taloudellista käyttäytymistä pystyttiin selittämään hyödyntämällä neurotieteissä saatuja tutkimustuloksia. Vaikka neurotieteissä on pystytty tekemään päätöksentekoon liittyviä kokeita ja tutkittu aivotoimintaa eri päätöksentekotilanteissa, niin vasta taloustiede pystyi antamaan neurotieteiden käyttöön teoreettisen viitekehyksen, jonka avulla päätöksentekoon vaikuttavia tekijöitä pystyttiin selittämään. Yleisimpiä neurotieteissä käytettyjä tutkimusmenetelmiä ovat positroniemissiotopografia (PET-kuvaus) ja funktionaalinen magneettikuvaus (fMRI). Yleisesti ottaen fMRI-tekniikkaa käytetään enemmän, sillä sen avulla pystytään reaaliajassa tutkimaan, mitkä aivojen osat aktivoituvat päätöksiä tehdessä. (Glimcher & Fehr 2014: xxii–xxiii.)

Tämän lisäksi viime aikoina on myös alettu tutkia sitä, millaisia vaikutuksia aivokemian keinotekoisella muokkauksella on ihmisen taloudelliseen päätöksentekoon kuten riskinottoon (Kosfeld, Heinrichs, Zak, Fischbacher & Fehr 2005: 674–675). Kun tiedetään aivokemiaan vaikuttavien aineiden vaikutus päätöksenteossa, niin voidaan esimerkiksi verrata sitä, miten päätöksentekojärjestelmä poikkeaa neurologisesti verrattaessa tupakoitsijaa tupakoimattomaan henkilöön. Eräässä tutkimuksessa verrattiin sitä, miten nikotiiniriippuvaisten intertemporaalinen päätöksenteko poikkesi siinä tapauksessa, kun valittavana oli raha verrattuna siihen, kun kyseessä oli tupakka (MacKillop, Amlung, Wier, David, Ray, Bickel & Sweet 2012: 20).

Neurotaloustieteen yhteys psykologiaan liittyy duaaliprosessimalliin. Duaaliprosessimallin kahdelle osalle käytetään tieteenalasta riippuen eri termejä, mutta yleisesti ottaen prosessin kaksi osaa voidaan jakaa tiedostettuun ja tiedostamattomaan (tai hitaasti ja nopeasti ajattelevaan) osaan (Evans 2008: 256–257). Mikäli käytetään taloustieteellistä termistöä, niin voidaan sanoa, että päätöksiä tehdessä toiminnassa on rationaalinen ja hitaasti ajatteleva puoli, mutta päätöksentekoon vaikuttaa myös impulsiivisesti ja tunteella ajatteleva osa. Eli sen sijaan, että yksi ihminen olisi ainoastaan hyötyään maksimoiva agentti, niin yhdessä ihmisessä on kaksi eri toimijaa (rationaalinen ja irrationaalinen), jotka yhdessä toimien muodostavat valinnan, johon ihminen lopulta päätyy. Duaaliprosessimallin olemassaoloa on pyritty todistamaan sellaisissa tilanteissa, joissa ihmisten päätökset eivät ole olleet rationaalisia ja saavutetut ratkaisut ovat olleet tehottomia. (Glimcher & Fehr 2014: xxii.)

Taloustieteessä kehitetyillä teorioilla on myös pyritty selittämään käyttäytymistä, jolla ei ole suoraa yhteyttä taloudelliseen käyttäytymiseen. Hasler (2011) on käyttänyt esimerkiksi rajasubstituutioasteen käsitettä selittäessään psykiatrisia häiriöitä. Rajasubstituutioasteella tarkoitetaan tilannetta, jossa kuluttaja on valmis vaihtamaan hyödykkeitä keskenään voidakseen ylläpitää samaa hyvinvoinnin tasoa (Varian 2010: 48). Tätä ajattelutapaa voidaan soveltaa psykiatriassa monin tavoin. Esimerkiksi huumeriippuvaiset voisivat korvata heroiinin käytön vähemmän haitallisella metadonilla tai läheisriippuvaisen lapsen tulisi oppia korvaamaan vanhempansa omanikäisillä tovereilla. Rajasubstituutioasteen käsitettä hyödyntäen

voidaan esittää useita tilanteita, joilla voidaan selittää mieltymystä haitalliseen toimintaan (tässä tapauksessa päihteiden väärinkäyttöön). Mikäli päihteen subjektiivinen arvo päihderiippuvaiselle on merkittävästi korkeampi suhteessa ei-haitallisen hyödykkeeseen, niin tällöin kyseinen henkilö ei ole halukas vaihtamaan haitallista hyödykettä ei-haitalliseen. Etenkin riippuvuutta aiheuttavat päihteet voivat kasvattaa päihteen suhteellista arvoa (ja sitä kautta rajasubstituutioastetta) vaimentaen aivojen reaktiokykyä palkkioihin, jotka eivät liity päihteisiin. (Hasler 2011: 66.)

Tämän lisäksi tulee ottaa huomioon, että haitallisista hyödykkeistä saatu hyöty toteutuu varmemmin kuin ”ei-haitallisista” hyödykkeistä (esimerkiksi ystävien seura tai työelämässä onnistuminen) saatu hyöty. Tästä syystä päihderiippuvainen ei ole halukas vaihtamaan haitallisia hyödykkeitä ei-haitallisiin, jotta hän voi välttää hyödykkeiden kuluttamiseen liittyvää epävarmuutta. On myös havaittu, että jotkut yksilöt ovat haluttomia luopumaan haitallisista tavoistaan sen vuoksi, että he kokevat tämän haitallisen toiminnan olevan osa heidän identiteettiään. Tämänkaltaista toimintaa on yleistä persoonallisuushäiriöissä ja edustaa mahdollisesti prospektiteoriasta tunnetun hallussapitovaikutuksen äärimmäistä muotoa. Tässä tapauksessa hallussapitovaikutus toteutuu siten, että psykiatrisista häiriöistä kärsivä yksilö ei halua lopettaa haitallista toimintaansa, sillä hän kokee, että luopuessaan kyseisestä toimintatavasta hänen kokonaishyötynsä laskee verrattuna vallitsevaan olotilaan. (Hasler 2011: 66.)

Lisäksi jotkin yksilöt voivat pitää psykiatrisia oireitaan arvoina, jotka estävät heitä korvaamasta oireisiin liittyviä arvoja terveellisillä arvoilla. Näitä arvoja on psykiatriassa kutsuttu kielletyiksi arvoiksi (taboo tradeoff). Kun psykiatrisista häiriöistä kärsiviä henkilöitä on pyydetty korvaamaan nämä arvot joillain toisilla, niin nämä henkilöt ovat kokeneet vihaa, eivätkä suostu myöntämään mahdollista hyötymistä, joka liittyy heidän oman arvomaailmansa muutokseen. Tämä on huomattu esimerkiksi silloin, kun anoreksiaa sairastavia henkilöitä pyydetään luopumaan laihuudestaan (joka voi toimia esimerkkinä edellä mainitusta kielletystä arvosta) välttääkseen vakavat terveyteen liittyvät riskit kuten luukadon. (Hasler 2011: 66-67.)

On esitetty, että neurotiede voi tuoda lisäarvoa taloustieteeseen siten, että se tarjoaa uusia havaintoja ja näkökulmia taloustieteessä vallitseviin teorioihin ja niihin liittyviin ongelmiin. Neurotieteissä saadut tutkimustulokset haastavat taloustieteellisiin teorioihin liittyviä perusolettamuksia siitä, miten taloudellista käyttäytymistä selitetään. Neurotieteet voivat auttaa selittämään esimerkiksi sen, miten riskimieltymykset voivat yksilön kohdalla muuttua tilanteesta toiseen (ihminen on riskinkarttaja vakuutuksia ostaessa, mutta riskintavoittelija pelatessaan uhkapelejä). Vastaavasti aikaan liittyvät mieltymykset voivat olla tilannekohtaisia. Tämä näkyy esimerkiksi tupakoivan ihmisen kohdalla siten, että tupakointia ja sitä kautta tietoista terveyden heikentämistä voidaan pitää osoituksena siitä, että tulevaisuudelle ei aseteta korkeaa nykyarvoa, vaikka henkilö muussa toiminnassaan (esimerkiksi henkilökohtaisessa varainhallinnassa) ottaisi huomioon tulevaisuuden. (Camerer, Loewenstein & Prelec 2005: 32.)

Toisena esimerkkinä neurotieteiden tuomasta lisäarvosta voidaan pitää sitä, miten raha käsitetään aivoissa. Taloustieteessä oletetaan rahasta saatavan hyödyn olevan epäsuora, eli raha toimii vaihdon välineenä ja työkaluna, jota arvostetaan sen mukaan, mitä sillä voi hankkia. Tästä syystä sitä ei voi verrata suoraa nautintoa tuottavaan toimintaan kuten syömiseen tai päihteiden käyttöön. Kuitenkin neurotieteellisissä tutkimuksissa saadusta aineistosta voidaan päätellä, että rahan saaminen aktivoi samat palkkioverkot aivoissa, jotka aktivoituvat esimerkiksi silloin, kun ihminen näkee viehättävät kasvot, lukee sarjakuvia tai käyttää päihteitä. Eli neurotieteellisen tulkinnan mukaan raha itsessään voi toimia hyödyn tuottajana. Neurotieteissä usein keskitytään yhteen aivoalueeseen ja sen vaikutukseen eri tyyppisessä prosessoinnissa, mutta koska raha voi toimia sekä välillisenä että välittömänä nautinnon tuottajana, niin rahan vaikutus tulisi ottaa huomioon useiden aivoalueiden verkostoissa ja siinä, miten nämä verkostot toimivat keskenään. (Camerer ym. 2005: 35.)

1.2 Rationaalisuusoletuksen suhde neurotieteisiin ja evoluutiobiologiaan

Uusklassisen taloustieteen kehittymisellä oli merkittävä vaikutus siihen asti vallalla olleeseen talousteoriaan. Ensinnäkin se toi esiin sen, että ihmiset eivät käyttäydy sellaisina hyödyn maksimoijina, kuten talousteoriassa oli siihen asti oletettu. Tästä

havainnosta seurasi johtopäätös, jonka mukaan ihmisiä voidaan pitää päätöksenteossa rationaalisina ainoastaan rajoitetussa mielessä. On olemassa tilanteita, joiden perusteella ihmiset käyttäytyvät rationaalisesti, mutta on olemassa myös tilanteita, joissa ihmiset käyttäytyvät selvästi irrationaalisesti. Tästä havainnosta on tehty johtopäätös, jonka mukaan päätöksenteko voidaan esittää kahden samaan aikaan vaikuttavan prosessin tuotoksena, jossa toimivat sekä talousteorian kuvaama rationaalinen prosessi että irrationaalinen prosessi, joiden esiintymistä voidaan selittää empiirisin havainnoin. (Glimcher, Dorris & Bayer 2004: 215-216.)

Näiden edellä mainittujen prosessien on sanottu ilmenevän aivoissa kahdella eri toimintatavalla. On esitetty, että irrationaalista käyttäytymistä voidaan selittää aivojen hermoston luontaisena toimintatapana, kun taas rationaalinen käyttäytyminen voidaan nähdä tietoisien toimintatavien lopputulemana, joka jollain tasolla kykenee kumoamaan irrationaalisessa käyttäytymisessä toteutuvan biologisen rajoitteen. Tämän lisäksi on esitetty, että ihmisen päätöksentekoa voidaan kuvata tietoisien ja tunteellisten järjestelmien tuotoksena ja nämä kaksi järjestelmää ovat olemassa yhtä aikaa riippumattomina toimijoina hermostossa, sillä evoluutioteorian mukaan näillä kahdella järjestelmällä on poikkeavat alkuperät. (Glimcher ym. 2004: 216.)

Samaan aikaan kun taloustieteissä on pyritty selittämään päätöksentekoa kahden eri järjestelmän yhtäaikaistavalla toiminnalla, niin neurotieteissä on siirrytty päinvastaiseen suuntaan. 1900-luvun alussa neurotieteissä oletettiin käyttäytymisen johtuvan vastaavalla tavalla kahden eri järjestelmän yhtäaikaistavasta toiminnasta. Kuitenkin viime vuosikymmenten aikana empiirisistä tutkimuksista saadut tulokset ovat synnyttäneet tulkinnan, jonka mukaan tähän asti vallalla ollut käsitys hermoston rakenteesta kahden järjestelmän rinnakkaistoimintana ei vastaa todellisuutta. Koko ajan on saatu lisää biologista todistusaineistoa, joka tarjoaa neurotieteilijöille jakamattoman ja yhtenäisen rakenteen hermostosta. Nykyinen käsitys aivojen rakenteesta on yhdenmukaisempi evoluutioteorian kanssa kuin aiemmin vallalla ollut dualistinen järjestelmä. (Glimcher ym. 2004: 216.)

Neurotieteissä on muodostunut viime aikoina käsitys, että aivoissa toteutuu monista eri osatekijästä koostuva yhdenmukainen prosessi, joka hallitsee päätöksentekoa.

Tähän prosessiin liittyvät erilaiset panokset ovat evoluution muovaamana luoneet yhtenäisen käyttäytymistavan, jonka tarkoituksena on maksimoida elimistön lisääntymiskyvykkyys siinä ympäristöissä, jossa se toimii. Evoluution myötä on syntynyt yhdenmukainen elimistö, jonka rationaalisuus rajoittuu niille vaatimuksille, joiden kehittymiseen kyseisen elimistön kannattaa elinympäristönsä puitteissa keskittyä. (Glimcher ym. 2004: 216-217.)

Kun otetaan huomioon ihmisen käyttäytymistapa taloudellisessa päätöksenteossa, niin on selvää, että tapa toimia rationaalisesti poikkeaa merkittävästi muista eläimistä. Kuitenkin ihmisaivoissa on käytössä monet sellaiset mekanismit, joiden toimintaa voidaan havaita myös muissa eläimissä. On väitetty, että ainoastaan irrationaaliset toimintatavat perustuvat eläinten kanssa yhteiselle biologiselle perimälle. Kuitenkin empiiristä aineistoa tutkimalla on huomattu, että tämä johtopäätös ei olekaan todenmukainen. Ensinnäkin on havaittu, että eläimet, joilla on erittäin pienikokoiset aivot, kykenevät myös käyttäytymään yllättävän rationaalisesti ja kauaskatseisesti monella eri tavalla. Tämä havainto luo vastaväitteen sitä oletusta kohtaan, jonka mukaan ihmisille on kehittynyt jokin erityislaatuinen kyky, jonka perusteella he voivat toimia rationaalisesti. Koko ajan on tullut lisää todistusaineistoa, jonka mukaan ihmisillä ja evolutiivisesti lähimmillä sukulaislajeilla on samanlainen kyky toimia rationaalisesti. Tämän lisäksi sekä ihmisillä että näillä sukulaislajeilla on samat rajoitteet rationaalisessa toiminnassa. Mikäli tämän oletetaan olevan totta, niin kyseinen teoria haastaa oletuksen, jonka mukaan mikä tahansa rationaalinen toiminta olisi yksinomaan ihmisissä esiintyvää. (Glimcher ym. 2004: 217.)

Tässä tutkielmassa käydään läpi eri taloustieteellisiä valintateorioita ja niiden merkitystä neurotieteellisessä tutkimuksessa. Luvussa kaksi käydään läpi ihmisen suhtautumista riskiin käyttäytymistaloustieteessä kehitetyn prospektiteorian avulla. Kyseisessä luvussa esitetään tutkimuksia, joissa vertaillaan tappioiden kokemista käyttäytymisen tasolla siihen, mitkä aivojen osat ovat aktiivisena silloin, kun tappio koetaan. Kolmannessa luvussa käsitellään ultimatum-peliä ja keskitytään niihin syihin, miksi taloudellista hyötyä ei aina maksimoida ja mitkä aivoissa toimivat prosessit vaikuttavat siihen, minkä takia epäreilusta käytöksestä rankaiseminen koetaan hyödyllisemmäksi kuin taloudellinen hyötyminen. Tutkielmani neljännessä

luvussa käydään läpi intertemporaaliseen valintaan liittyviä epäjohdonmukaisuuksia ja tulkintoja sille, miten aivojen eri osat reagoivat nykyhetkeen ja tulevaisuuteen päätöksentekotilanteessa. Lopuksi viidennessä luvussa kootaan yhteen tutkielmassa esitetyt keskeiset havainnot.

2 PROSPEKTITEORIA JA NEUROTIETEET

2.1 Arvofunktio, tappiokammo ja hallussapitovaikutus

Kahneman ja Tversky (1979) kehittivät prospektiteorian, joka ottaa hyötyä arvioitaessa huomioon henkilön varallisuuden ja henkilön suhtautumisen riskiin. Prospektiteoriassa määritelty hyötyfunktio on:

$$\begin{aligned} U(x, p; y, q) &= \pi(p)v(x) + \pi(q)v(y), 0 < p, q < 1, \\ v(0) &= 0, \pi(0) = 0, \pi(1) = 1. \end{aligned} \quad (1)$$

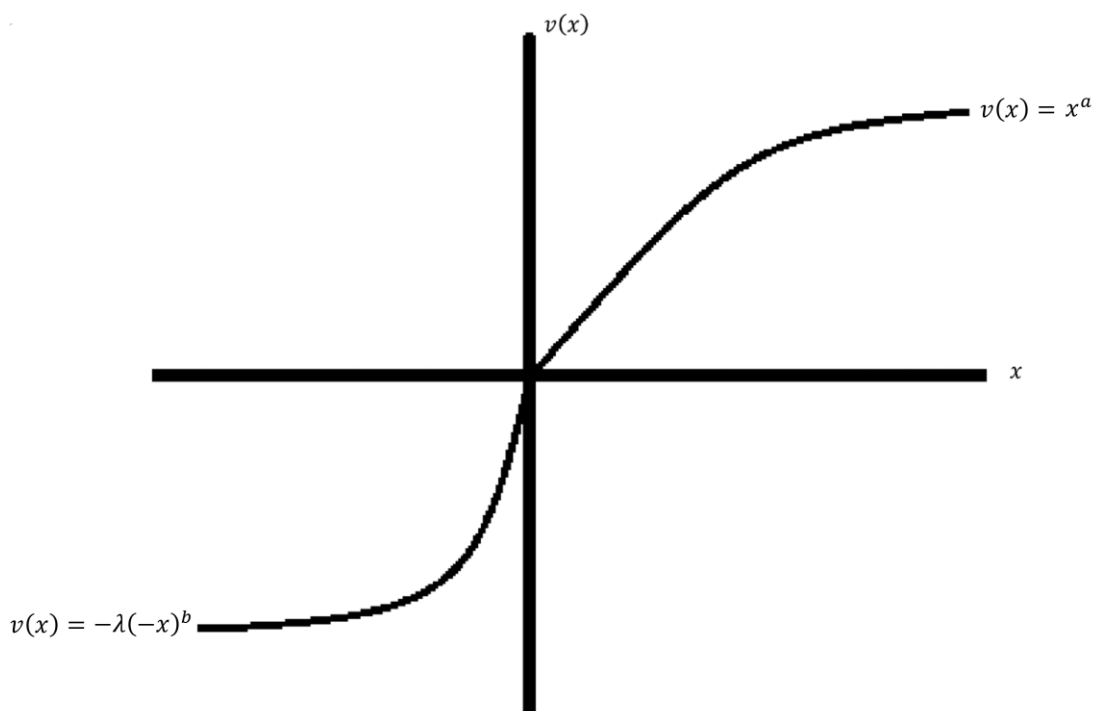
Edellä $U(x, p; y, q)$ on odotettu hyöty lopputulemille x ja y , jotka toteutuvat todennäköisyyksillä p ja q . Muuttuja v kuvaa päätöksentekijän asettamaa subjektiivista arvoa lopputulemille ja painotusmuuttuja π määrittää sen, kuinka paljon lopputulemien toteutumisen todennäköisyys vaikuttaa päätöksentekoon. Kuten Kahneman ja Tversky (1979: 265) kuvaavat, odotetun hyödyn teoriassa lopputulemista saatavia hyötyjä arvioidaan sen mukaan, millä todennäköisyydellä ne tapahtuvat. Tämä oletus on kuitenkin todettu puutteelliseksi. Odotetun hyödyn teoriaan sisältyy esimerkiksi oletus siitä, että epäolennaiset vaihtoehdot eivät vaikuta ihmisten päätöksentekoon.

Prospektiteoriassa hyödyn arvioinnissa käytetään arvofunktiota, jossa päätöksenteosta koituvia mahdollisia voittoja ja tappioita verrataan päätöksenteon aikana vallitsevaan viitepisteeseen eli esimerkiksi henkilön senhetkisen varallisuuden määrään. Yhtälö (2) kuvaa Tverskyn ja Kahnemanin (1992: 309) määrittämän voittoja ja tappioita sisältävän arvofunktion:

$$v(x) = \begin{cases} x^a, & \text{jos } x > 0, \\ -\lambda(-x)^b, & \text{jos } x < 0 \end{cases} \quad 0 < a, b < 1. \quad (2)$$

Edellä arvofunktio $v(x)$ kuvaa lopputuleman x subjektiivista arvoa. Muuttujat a ja b määrittävät sen, millainen kaarevuus arvofunktiolla on voitoille ja tappioille ja λ on tappiokammosa kuvaava kerroin. Tätä funktiota havainnollistetaan kuviossa 1, josta huomataan, että arvofunktio on voittojen alueella kovera ja tappioiden alueella

kupera. Tällä tarkoitetaan sitä, että mikäli uhkapelissä on mahdollisuus joko voittaa tai hävitä sata euroa 50 prosentin todennäköisyydellä, niin subjektiivisilla arvoilla mitattuna sadan euron voitosta koettu hyöty ei ole yhtä suuri kuin sadan euron menetyksestä koettu haitta.



Kuvio 1. Arvofunktio (mukaillen Tversky & Kahneman 1992: 256)

Prospektiteorian arvofunktio on jyrkempi tappioille kuin voitoille. Tätä ominaisuutta kutsutaan tappiokammoksi. Riskin sisältävissä päätöksentekotilanteissa tappiokammo kasvattaa riskinkarttamista uhkapeleissä siten, että ihmiset yleensä eivät osallistu uhkapeliin, jossa on 50 prosentin mahdollisuus voittaa 100 dollaria ja 50 prosentin mahdollisuus hävitä 100 dollaria. Tämänkaltaisessa uhkapelissä osallistujat vaativat, että voittosumman tulisi olla vähintään kaksinkertainen, jotta he suostuisivat osallistumaan tämänkaltaisiin uhkapeleihin. (Fox & Poldrack 2014: 537.)

Rabin (2000) osoitti, että kupera hyötyfunktio eri varallisuuden tasoilla ei pysty selittämään normaalia riskinkarttamista voittoja ja tappioita sisältävissä uhkapeleissä. Mikäli näin olisi, niin se tarkoittaisi sitä, että päätöksentekijä, joka on lievästi riskinkarttaja pienten panosten uhkapeleissä, karttaa käsittämättömän paljon riskiä

korkeiden panosten uhkapeleissä. Kyseistä ilmiötä kutsutaan Rabinin paradoksiksi. Benartzi ja Thaler (1995) ovat käyttäneet tätä taipumusta olla riskinkarttaja voittoja ja tappioita sisältävissä uhkapeleissä selityksenä sille, miksi sijoittajat vaativat suuria preemioita sijoittaessaan mieluummin osakkeisiin kuin joukkovelkakirjoihin. Tämä ilmiö tunnetaan nimellä pääoman premion arvoitus. Nimitys tulee siitä, kuinka sijoittajat, jotka usein seuraavat tuottojaan, tulevat todennäköisesti kokemaan arvopaperisalkuissaan nimellisarvon laskua sitä mukaa, mitä enemmän he sijoittavat osakkeisiin. Tämä johtuu osakkeiden arvon muutosherkkyydestä ja sitä kautta kasvaneesta herkkyydestä käydä useammin kauppaa osakkeilla. (Fox & Poldrack 2014: 537.)

Hallussapitovaikutus on yleisesti määritelty omistaman tuotteen myyntihinnan ja omistamattoman tuotteen ostohinnan erotuksena. Kahneman, Knetsch ja Thaler (1990) tutkivat näiden kahden edellä mainitun hinnan lisäksi valintahinnan käsitettä. Tutkimuksessa koehenkilöt tekivät sarjan valintoja sen suhteen, ottaako vastaan rahaa vai hyödyke. Valintahinta määriteltiin sen mukaan, mikä on se hinta, jonka suhteen koehenkilöt ovat indifferenttejä rahan ja hyödykkeen valinnan välillä. Yleensä myyntihinnat ovat selvästi suurempia kuin valintahinnat ja valintahinnat hieman suurempia kuin ostohinnat. Koska myyjät ja valitsijat ovat samanlaisessa tilanteessa (eli poistua kokeesta hyödykkeen vai rahamäärän kanssa), niin voidaan olettaa, että eroavaisuudet myynti- ja valintahintojen välillä johtuvat ainoastaan kehystämisaikutuksesta. Kahneman ja Tversky (1981) määrittelevät kyseisen termin siten, että valintatilanteessa kysymyksenasettelulla voidaan vaikuttaa siihen, millaiseen lopputulokseen päätöksentekijä mahdollisesti päätyy. Rationaalisen valinnan teoriassa edellytetään, että mieltymysten eri vaihtoehtojen välillä ei tulisi muuttua sen perusteella, miten eri vaihtoehdot valinnoille esitetään. Muutokset vaihtoehtojen esitystavassa voivat muokata sitä, miten haluttavina päätöksentekijä tarjolla olevia valintoja pitää. Tämä johtuu ihmisen tavasta ottaa vastaan tietoa ja tehdä päätöksiä.

Tappiokammo ei ole ainoa teoria, jolla hallussapitovaikutusta on yritetty perustella. Carmon ja Ariely (2000) ovat ehdottaneet, että ihmiset keskittyvät siihen, mitä he mahdollisesti menettävät potentiaalisessa vaihdannassa. Ostotilanteessa esiintyvä epämiellyttävä tunne liittyy omista rahoista eroamiseen ja myyntitilanteessa

vastaavasti hyödykkeestä eroamiseen. Esimerkiksi koripallopelin lippujen jälkimarkkinoiden myyntihinnat olivat paljon herkempiä merkityksellisyyteen liittyvissä asioissa (esimerkiksi mestaruuden ratkaiseva ottelu) ja ostohinnat rahallisiin liittyvissä asioissa (esimerkiksi lipun alkuperäinen vähittäismyyntihinta).

2.2 Tappiokammo aivoissa

Tom, Fox, Trepel ja Poldrack (2007) tutkivat tappiokammon olemassaoloa hermostotasolla. Tutkimuksessa tappiokammon kokemista pyrittiin havaitsemaan koetilanteessa havaitun käyttäytymisen lisäksi myös fMRI-tekniikalla. Aiemmissä tutkimuksissa on vertailtu sitä, miten aivot reagoivat silloin, kun tulevaisuudessa toteutuva lopputulema on ollut tiedossa (ennakoitu hyöty) siihen tilanteeseen, kun lopputulema toteutuu (koettu hyöty). Näiden sijasta tappiokammosa tarkasteltaessa olisi mielekäästä tutkia sitä, mitkä aivoissa vaikuttavat järjestelmät laskevat potentiaalisia voittoja ja tappiota silloin, kun päätöstä ollaan tekemässä (puhutaan niin sanotusta valintahyödydestä). Käyttäytymistieteissä on osoitettu, että ennakoitu hyöty, koettu hyöty ja valintahyöty eroavat kokemustavoiltaan toisistaan merkittävästi. Tästä voi päätellä sen, että aivojen tapa toimia on myös erilainen jokaisen edellä mainitun hyödyn kohdalla. Tutkimuksessa pyrittiin määrittelemään ne aivoalueet, jotka ovat aktiivisia silloin, kun arvioidaan sitä, kannattaako uhkapeliin osallistua. Tällaisessa koetilanteessa voidaan tutkia sitä, ovatko hermostotason reaktiot arvioidessa mahdollisia lopputulemia samantapaisia kuin muissa tutkimuksissa, jotka ovat liittyneet ennakoituun ja koettuun hyötyyn. (Tom ym. 2007: 515.)

Neurologisesti tarkasteltuna päätöksenteossa on syytä tutkia, ovatko tunteita käsittelevät aivojen alueet aktiivisia silloin, kun käsitellään mahdollisia tappioita. On ehdotettu, että suurempi herkkyys tappioita kohtaan johtuu negatiivisista tunteista kuten pelosta ja ahdistuksesta. Tämän näkemyksen mukaan jatkuva kasvavien potentiaalisten tappioiden kanssa tekemisissä oleminen on yhdistetty niiden aivoalueiden (kuten manteliumakkeen ja etummaisen aivosarekkeen) aktiivisuuteen, joiden oletetaan vaikuttavan päätöksenteossa syntyviin negatiivisiin tunteisiin. Vaihtoehtoisen näkemyksen mukaan tappiokammo mahdollisesti heijastaa epäsymmetristä reaktiota tappioihin suhteessa voittoihin. Kyseinen reaktio on

havaittu aivojen etuotsalohkolla ja vatsanpuoleisessa aivojuoviossa, joiden aktiivisuuden on huomattu laskevan sitä mukaa, mitä arvokkaammaksi henkilö kokee uhkapelin. (Breiter, Aharon, Kahneman, Dale & Shizgal 2001.)

Tomin ym. (2007) tutkimuksessa käytettiin fMRI-kuvauksista saatua aineistoa, jossa kuvattiin koehenkilöiden aivotoimintaa silloin, kun heidän piti tehdä päätös siitä, hyväksyäkö vaiko hylätä osallistuminen uhkapeliin, jossa on 50 prosentin todennäköisyys voittaa tai hävitä tietty summa rahaa. Voittojen määrät vaihtelivat kymmenen ja 40 dollarin välillä ja tappioiden määrät vaihtelivat viiden ja 20 dollarin välillä. Voitettavien summien määrä asetettiin suuremmiksi kuin häviöiden, sillä aiemmat tutkimukset ovat osoittaneet, ihmiset ovat keskimäärin kaksi kertaa herkempiä tappioille kuin voitoille.

Tutkimuksessa pyrittiin myös löytämään hermostotason tappiokammomuuttuja. Kyseisen muuttujan löytämiseksi keskityttiin niihin aivojen alueisiin, jotka olivat aktiivisina silloin, kun käsiteltiin sekä voittoja että tappioita. Aivokuvauksista saadun aineiston perusteella pystyttiin luomaan prospektiteorian arvofunktion mukainen tappiokammomuuttuja λ , joka toimii absoluuttisen tappioreaktion ja voittoreaktion välisenä suhdelukuna, jonka mediaani oli $\lambda = 1,93$ (vaihteluväli: 0,99 – 6,75). Kyseinen muuttuja kuvaa sitä, kuinka aktiivisuuden väheneminen tappioiden kohdalla oli suurempaa kuin aktiivisuuden lisääntyminen voittojen kohdalla. Tämä havainto on johdonmukainen niiden havaintojen kanssa, joiden mukaan osallistujat keskimäärin ovat indifferenttejä uhkapeleissä, joissa potentiaalinen voitto on kaksi kertaa niin suuri kuin potentiaalinen tappio. (Tom ym. 2007: 516.)

Aivokuvien analysoinnissa Tom ym. (2007) keskittyivät erityisesti niihin alueisiin, joiden aktiivisuus korreloi potentiaalisen voiton tai tappion kanssa. Tämä analyysi eristi joukon aivoalueita, jotka reagoivat herkästi potentiaalisten voittojen suuruuden muuttuessa. Voittoihin reagoiva hermoverkosto sisälsi useita eri aivojen alueita kuten vatsan- ja selänpuoleiset aivojuoviot, vatsanpuoleisen keskellä ja sivulla olevat etuotsalohkot, etummaisen pihtipoimun, etuaivolohkon kuoren ja dopamiinin välitykseen liittyvät keskiaivojen alueet, joiden on osoitettu olevan yhteyksissä rahallisten palkkioiden ennakointiin ja vastaanottamiseen. Tutkimuksessa ei havaittu,

että kyseisillä aivoalueilla aktiivisuus olisi pienentynyt voittojen suuruuden kasvaessa.

Mikäli tappiokammo on negatiivisen tunnereaktion ohjaama, niin voisi olettaa, että niillä aivoalueilla, jotka liittyvät näihin tunteisiin, havaittaisiin lisääntyvää aktiivisuutta sitä mukaa, kun uhkapelissä mahdollisten tappioiden summat kasvavat. Vastoin näitä oletuksia mikään aivoalue ei uhkapelejä arvioitaessa osoittanut merkittävää aktiivisuuden kasvua silloin, kun mahdollisten tappioiden suuruus kasvoi. Sen sijaan tietyssä ryhmässä aivoalueita (aivojuovio, etuotsalohkon vatsanpuolen keskiosa, etupihtipoimun vatsanpuoleinen osa ja etuotsalohkon keskiosa) aktiivisuus väheni sitä mukaa, kun mahdollisten tappioiden summat kasvoivat.

Kun aivoja tutkittiin kokonaisuutena, niin havaittiin, että ei ollut aivoalueita, jotka olisivat osoittaneet merkittävästi enemmän aktiivisuutta niissä uhkapeleissä, joissa oli mahdollista voittaa kaikista vähiten verrattuna niihin uhkapeleihin, joissa oli mahdollisuus voittaa kaikista eniten. Tutkimuksessa esitetään, että vaikka aivokuvauksissa saatuihin tuloksiin kannattaa suhtautua tietyin varauksin, niin siitä huolimatta nämä tulokset ovat yhdenmukaisia sen johtopäätöksen kanssa, että tappiot ja voitot lasketaan samalla tavalla aivoissa sen sijaan, että kyse olisi kahdesta erillisestä mekanismista. Kun tappiokammokäytöstä tutkittiin koehenkilöiden kohdalla yksilöllisesti, niin havaittiin, että mitä suurempaa tappiokammokäyttäytyminen oli, niin sitä herkemmin aivot reagoivat sekä tappioiden, mutta myös voittojen aikana. Voittosummien kasvun määrä korreloi tappiokammokäyttäytymisen kanssa sensomotorisella aivokuorella ja etuotsalohkolla. (Tom ym. 2007: 516-517.)

Aivojen kuvaaminen ei ole ainoa tapa, jolla valintatilanteiden hermostollisia vaikutuksia voidaan mitata. Neurotalous-tieteessä myös ihon sähkönjohtokykyä mittaamalla on pyritty todistamaan tappiokammon olemassaolo. Sokol-Hessner, Hsu, Curley, Delgado, Camerer ja Phelps (2009) vertailivat ihon sähkönjohtokykyä silloin, kun koehenkilöiden piti tehdä valinta uhkapelien ja varmojen voittojen välillä. Ihon sähkönjohtokykyä mitattiin välittömästi sen jälkeen, kun uhkapelin tulos oli selvillä. Tappiokammoon liittyviä teorioita mukailleen keskimääräinen ihon

sähkönjohtokyvyn vaste jokaista menetettyä dollaria kohden oli merkittävästi suurempi kuin voitettua dollaria kohden.

2.3 Vaihtoehtoiset teoriat

Tappiokammon olemassaoloa on yritetty perustella usealla eri tavalla. On esitetty, että tappiokammo toteutuu useamman aivoissa toimivan järjestelmän konfliktin lopputulemana. Vaihtoehtoinen teoria on se, että on olemassa vain yksi järjestelmä, joka suhtautuu voittoihin ja tappioihin epäsymmetrisesti. Neurotieteitä hyödyntäen on alettu tutkia, onko tappiokammossa kyse ns. ”yliopitusta” pelkoreaktiosta, joka kumoaa harkitsevan järjestelmän. Vielä ei kuitenkaan ole riittävästi tutkimustuloksia, joiden perusteella voitaisiin tehdä yksiselitteisiä johtopäätöksiä sen suhteen, kumpi teoria vastaa paremmin todellisuutta. Käyttäytymistaloustieteilijät ovat pohtineet sitä, kuvaako tappiokammo parhaiten hallussapitovaikutusta ja tästä syystä neurotaloustieteessä on alettu tutkia hermoston aktiivisuuteen ja tappiokammokäyttäytymiseen liittyviä korrelaatiokertoimia. Tämän lisäksi on kyseenalaistettu se, että koetaanko tappiot tosiasiallisesti voimakkaammin kuin voitot vai onko kyse siitä, että ihmiset vain käyttäytyvät, niin kuin näin olisi. (Camerer 2005: 131-132.)

Tappiokammossa on pyritty selittämään duaaliprosessijärjestelmällä (Ashraf, Camerer & Loewenstein 2005, Camerer 2005). Sen mukaan aivoissa vaikuttaa sekä kuuma ja tunteellinen että kylmä ja harkitseva järjestelmä. On huomattu, että tunteellinen järjestelmä ajaa herkästi kylmän yli. Tällä hetkellä eri teorioiden yhteensovittamista aivojen todelliseen toimintatapaan on kyseenalaistettu, sillä neurotieteissä ei ole saatu riittävästi aineistoa, jotta voitaisiin varmasti todeta, onko tappiokammossa kyse yhden vai useamman yhtäaikaisen järjestelmän toiminnasta.

De Martino, Camerer, ja Adolphs (2010) tutkivat mantelimumakkeen vaikutusta tappiokammoon. Koetilanteessa oli kaksi henkilöä, jotka sairastavat harvinaista Urbach-Wiethe -oireyhtymää, joka vaikuttaa mantelimumakkeeseen siten, että oireyhtymää sairastavilla henkilöillä on vaikeuksia käsitellä pelkoa, mutta muuten kognitiiviset toiminnot vastaavat terveen ihmisen aivoja. Koetilanteessa annettiin mahdollisuus osallistua erisuuruisiin uhkapeleihin. Kokeessa tutkittiin ainoastaan

käyttäytymistä eikä aivoja kuvattu. Terveet koehenkilöt käyttäytyivät tyypillisesti tappiokammon mukaisesti, mutta edellä mainittua oireyhtymää sairastavat eivät osoittaneet käytöksessään minkäänlaista tappiokammosa.

Edellä mainituista tutkimuksista on kuitenkin vaikea vetää yhtenevää johtopäätöstä, sillä koetilanteet poikkeavat liikaa toisistaan. Joissain kokeissa uhkapelien odotusarvo oli positiivinen ja joissain negatiivinen. Lisäksi on mahdollista, että palkkioiden määrät poikkesivat liikaa tutkimusten välillä.

2.4 Hallussapitovaikutus ja aivoalueiden aktiivisuus

Ensimmäisissä hallussapitovaikutukseen liittyvissä neurotalous-tieteellisissä tutkimuksissa keskityttiin tutkimaan sitä, miten hallussapitovaikutus ja tiettyjen aivoalueiden aktiivisuus korreloivat keskenään. Weberin, Aholtin, Neuhausin, Trautnerin, Elgerin ja Teichertin (2007) tutkimuksessa koehenkilöt saivat haltuunsa digitaalisia kopioita musiikkikappaleista. Joissain koetilanteissa heitä pyydettiin asettamaan myyntihinta hallussa olleille kappaleille ja toisissa asettamaan ostohinta niille kappaleille, jotka eivät olleet heidän hallussaan. Tutkimuksissa huomattiin enemmän aktivoitumista manteliumakkeen alueella myyntitilanteissa kuin ostotilanteissa. Kuten edellä mainittiin, tappiokammossa on mahdollisesti kyse yliherkästä pelkoreaktiosta tappiota kohtaan. Tässä tutkimuksessa saadut tulokset tukevat kyseistä väitettä. Tutkimuksessa ei kuitenkaan otettu kantaa siihen, ennustiko manteliumakkeen aktiivisuus vaikutusta osto- ja myyntihintoihin, joten ei voida varmuudella sanoa, liittyykö manteliumakkeen aktiivisuus päätöksentekoprosessiin.

Knutson, Wimmer, Rick, Hollon, Prelec ja Loewenstein (2008) tekivät vastaavan tutkimuksen käyttäen arvokkaita kuluttajahyödykkeitä (tässä tapauksessa kannettavia musiikkisoittimia). Koehenkilöillä oli käytössä kaksi hyödykettä ja summa rahaa. Tutkimuksessa oli kolme koetilannetta: ostaminen, myyminen ja valitseminen. Myyntikokeessa osallistujille tarjottiin rahaa vastineeksi heidän hallussaan olleista tuotteistaan ja tämän jälkeen koehenkilöt tekivät erikokoisia päätöksiä sen suhteen, haluavatko he myydä vai pitää tuotteen. Ostokokeessa osallistujille annettiin rahasumma ja tarjottiin tämän jälkeen kahta muuta hyödykettä erisuuruisilla hinnoilla ja koehenkilöiden piti päättää, ostaako hyödyke vai pitääkö saatu rahasumma itsellä.

Valitsemiskokeessa osallistujille tarjottiin kahta muuta hyödykettä ja tämän jälkeen eri vaihtoehtoja ottaa vastaan joko hyödykkeet tai rahaa. Koetulokset olivat yhteneväiset Kahnemanin ym. (1990) tulosten kanssa, joissa myyntihinnat olivat merkittävästi suuremman kuin valintahinnat, jotka olivat hieman korkeammat kuin ostohinnat. Kyseisissä tutkimuksissa saadut tulokset osoittivat myös sen, että hallussapitovaikutus ei rajoitu vain vähempiarvoisiin hyödykkeisiin.

Päätöksentekoa tutkittaessa hermostotasolla Knutson ym. (2008) havaitsivat, että koehenkilöiden osto- ja valintapäätösten ja aivokuoren ohimolohkon keskiosan alueen aktiivisuuden välillä oli negatiivinen korrelaatio. Vastaavasti korrelaatio oli positiivista silloin, kun osallistujat joutuivat myyntikokeessa tekemään päätöksen sen suhteen, myydäkö vai pitää tuote itsellä. Kyseisen aivoalueen aktiivisuus koetilanteessa kuvasi hyvin kehystämisaikutusta. Edellä mainitut koetulokset ovat yhtenevät aiempien tutkimusten kanssa, joissa kyseisen aivoalueen aktiivisuus korreloi positiivisesti voittojen ja negatiivisesti tappioiden kanssa.

De Martino, Kumaran, Holt ja Dolan (2009) toteuttivat fMRI-tekniikkaa hyödyntäen tutkimuksen hallussapitovaikutuksesta, jossa koehenkilöt ostivat ja möivät samanarvoisia lottokuponkeja. Kokeessa haluttiin tutkia sitä, miten koehenkilön oma asema ostajana tai myyjänä vaikutti lottokupongin arvostukseen. Kokeessa havaittiin aivosaaressa aktiivisuuden ja hallussapitovaikutuksen välillä positiivinen korrelaatio. Tämän lisäksi aivojen vasemman- ja oikeanpuolimmaisesta vatsanpuolen aivojuovioiden aktivoituminen korreloi positiivisesti hallussapitovaikutuksen määrän kanssa.

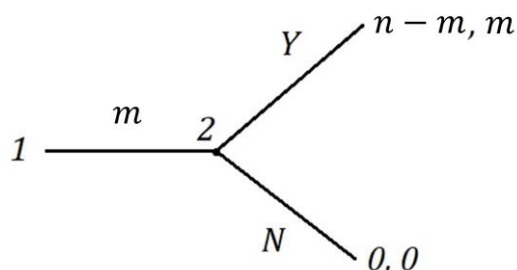
Edellä mainituissa tutkimuksissa havaitut käyttäytymistavat paljastavat toistuvasti sen, että ihmiset pitävät tappioita voimakkaampina kuin vastaavansuuruisia voittoja. Tappioita kaihtavat päätökset eivät kuitenkaan tuo selvyyttä sille, koetaanko tappiot voimakkaampina (onko aivojen aktiivisuus suurempaa tappiutilanteissa) vai onko kyse siitä, että tappioita luullaan kokevan voimakkaammin, sillä ennen neurotieteellisten tutkimustapojen kehittymistä mittaustulokset perustuivat usein koehenkilöiden itse tehtyihin arvioihin reaktioista. (Rick 2011: 458.)

Galanterin (1990) tutkimuksessa koehenkilöitä pyydettiin antamaan kiinteä arvo jollekin tietylle tapahtumalle. Koetilanteessa käytettiin esimerkkinä polkupyörän voittamista, jonka määriteltiin tuottavan onnellisuutta sata yksikköä. Tätä tapahtumaa verrattiin muihin hyvinvointia lisääviin ja vähentäviin tapahtumiin kuten lottovoittoon ja ylinopeussakon maksamiseen. Näistä havainnoista johdettu hyötyfunktio oli jyrkempi tappioita kohtaan kuin vastaavansuuruisia voittoja kohtaan, joskin absoluuttisesti mitattuna eroavaisuudet olivat pieniä. McGraw, Larsen, Kahneman ja Schkade (2010) esittivät väitteen, että tappioita arvioidaan kokevan vahvemmin silloin, kun samaan aikaan verrataan samansuuruisien voittojen ja tappioiden vaikutusta. Kun koehenkilöitä pyydettiin erikseen arvioimaan joko voittoja tai tappioita yksinapaisella asteikolla (”ei vaikutusta – erittäin suuri vaikutus”), niin tappiokammos ei esiintynyt, mutta kun osallistujia pyydettiin arvioimaan voittoja ja tappioita kaksinapaisella asteikolla, joka sisälsi sekä negatiivisia että positiivisia arvioita (”erittäin suuri negatiivinen vaikutus – erittäin suuri positiivinen vaikutus”), niin tällä tavoin esitettynä koehenkilöille tuntui tappiolla olevan suurempi vaikutus kuin voitoilla.

3 ULTIMATUM-PELI JA HYÖDYN MAKSIMOINTI

Ultimatum-peli on tunnettu neuvottelutilanne, jota kohtaan neurotaloustieteilijöillä on paljon mielenkiintoa. Pelin perusidea on yksinkertainen. Kahdelle pelaajalle annetaan jaettavaksi summa rahaa. Ensimmäinen pelaaja tekee tarjouksen siitä, miten rahasumma tulisi jakaa. Toiselle pelaajalle jää vaihtoehdoiksi joko hyväksyä summa, jolloin rahasumma jaetaan ensimmäisen pelaajan ehdottamalla tavalla, mutta jos toinen pelaaja hylkää tarjouksen, niin kumpikaan ei saa mitään. Tavanomaisissa taloustieteellisissä malleissa oletetaan, että ne henkilöt, joille tarjous tehdään, ovat itsekkäitä ja rationaalisia hyödyn maksimoijia, jolloin heidän tulisi hyväksyä mikä tahansa nollaa suurempi tarjous, koska tällöin heidän nykytilanne olisi lähtötilannetta parempi. Vastaavasti tarjoajien tulisi tarjota mahdollisimman pieni summa, koska kaikki nollaa suuremmat tarjoukset kasvattavat vastaajan hyvinvointia. (Widman 2009: 2.)

Peliteoriassa pelit voidaan määritellä joko normaalimuodossa tai ekstensiivisessä muodossa ja ultimatum-peli kuuluu jälkimmäiseen joukkoon. Osborne (2009) on esittänyt pelin siten, että pelissä on joukko tilanteita (m, Z) , jossa m on jokin luku välillä $0 \leq m \leq n$. Tässä tapauksessa m on rahasumma, jonka tarjouksen esittäjä tarjoaa vastaajalle ja tilanteesta Z seuraa joko Y (tarjous hyväksytään) tai N (tarjous hylätään). Kuviossa 2 on esitelty pelin mahdolliset lopputulemat. Mikäli pelissä toteutuu (m, Y) , niin tarjoaja saa summan $n - m$ ja vastaanottaja saa summan m . Mikäli pelissä toteutuu (m, N) , niin kumpikaan pelaaja ei saa mitään.



Kuvio 2. Ultimatum-peli ekstensiivisessä muodossa (mukaillen Osborne 2009: 182)

Vaikka hyödyn maksimoinnin näkökulmasta ajatellen toisen pelaajan kannattaa hyväksyä mikä tahansa nollaa suurempi tarjous, niin kokeellisissa tutkimuksissa on huomattu, että tietyissä tilanteissa suurin osa kieltäytyy ultimatum-pelissä annetusta tarjouksesta, vaikka annettu tarjous kasvattaisikin heidän taloudellista hyvinvointiaan. Henrichin, Boydin, Bowlesin, Camererin, Ehrin, Gintis ja McElreathin (2007) tutkimuksessa 17:lle eri ryhmälle annettiin erikokoisia tarjouksia, jotka vastapuoli joko hyväksyi tai hylkäsi. Kun vastaajille ehdotettiin 20 prosentin tai sitä pienempää osuutta, niin tarjous hylättiin 40–60 prosentin todennäköisyydellä (Henrich ym. 2001: 75). Thaler (1988) esitteli kaksi koetta, joista ensimmäisessä merkittävä osa tarjoajista (seitsemän 21:stä) päätyi tarjoamaan toiselle pelaajalle 50 prosentin osuutta ja toisessa kokeessa 10 dollarin summasta keskimääräinen minimihylkäysaste oli kaksi dollaria. Tämänkaltainen käytös on toistunut useissa kokeissa. Yleisesti on havaittu, että keskimäärin tarjoajat esittävät summan jakamista puoleen ja mikäli tarjottu summa on noin 20 prosenttia koko summasta, niin tarjous hylätään noin 50 prosentin todennäköisyydellä. (Sanfey, Rilling, Aronson, Nystrom & Cohen 2003: 1755.)

3.1 Neurotieteellinen selitys tarjousten hylkäämiselle

Sanfey ym. (2003) tutkivat neurotieteitä hyödyntäen sitä, miksi ihmiset hylkäävät ultimatum-pelissä epäreiluja tarjouksia. Pelin säännöt ovat niin yksinkertaiset, että on epätodennäköistä, että nämä hylkäykset johtuisivat epäonnistumisesta ymmärtää pelin sääntöjä. Kysyttäessä koehenkilöiltä perusteluja tarjousten hylkäämiseen vaikuttaa siltä, että matalat tarjoukset hylätään reagoitaessa vihaisesti tarjouksiin, joita pidetään epäreiluina. Epäreiluiden vastustamista on pidetty sopeutumismekanismina, jolla vahvistetaan ja ylläpidetään sosiaalista mainetta. Epäreilusta kohtelusta lähtöisin olevat negatiiviset tunteet ultimatum-pelissä voivat johtaa siihen, että ihmiset joskus uhraavat merkittävän taloudellisen hyödyn rangaistukseen kilpakumppaniaan hänen käytöksestään. Epäreilut tarjoukset ultimatum-pelissä aiheuttavat vastaajassa konfliktin kognitiivisen (”hyväksy”) ja tunteellisen (”hylkää”) kannustimien välillä. Näiden kannustimien oletetaan esiintyvän tietyillä aivoalueilla silloin, kun ajatellaan joko järjellä tai tunteella, samaan aikaan kun muut aivoalueet toimivat näiden kahden kilpailevan tavoitteen sovittelijana.

Pyrittäessä selvittämään hermostotason reaktioita pelien aikana Sanfeyn ym. (2003) tutkimuksessa kuvattiin 19 koehenkilön aivoja käyttäen fMRI-kuvausta. Koetilanteessa koehenkilöt toimivat vastaajina ultimatum-pelissä. Tutkimuksessa keskityttiin hermostotasolla ja käyttäytymisessä havaittuihin reaktioihin silloin, kun tarjoukset olivat reiluja (rahasumma jaettiin tasan) ja epäreiluja (tarjoaja tarjosi epäreilun jaon siten, että hän sai enemmän). Tutkimuksen lähtökohtana pidettiin sitä, että epäreilut tarjoukset lisääisivät aktiivisuutta niissä hermostorakenteissa, jotka sisältävät sekä kognitiivista että tunteellista käsittelyä. Aivoalueiden aktiivisuutta tutkimalla pyrittiin tutkimaan sitä, minkä aivoalueiden aktiivisuus ennustaa tarjousten hyväksymistä ja hylkäämistä.

Ennen aivokuvauksia jokainen koehenkilö esiteltiin kymmenelle ihmiselle, jotka toimivat peleissä tarjouksen esittäjinä. Koehenkilöille kerrottiin, että he tulevat pelaamaan yhden kierroksen pelin jokaisen tarjouksen esittäjän kanssa ja heidän päätöstään ei kerrota muille pareille. Näin ollen aiemmin annetut tarjoukset eivät vaikuttaisi tulevien pariin tarjouksiin. Osallistujat asetettiin tämän jälkeen fMRI-laitteeseen ja he aloittivat pelit pariensa kanssa tietokoneen kautta. Koehenkilöt pelasivat peliä yhteensä 30 kertaa, joista kymmenen pelattiin ihmisparin kanssa, kymmenen tietokoneen kanssa ja lisäksi pelattiin kymmenen kontrollipeliä, joissa koehenkilöt saivat rahaa painamalla näppäintä. Pelit pelattiin satunnaisessa järjestyksessä ja kaikissa peleissä piti jakaa kymmenen dollaria. Kokeessa kaikki koehenkilöt saivat samat tarjoukset. Puolet näistä tarjouksista olivat reiluja, eli kymmenen dollaria jaettiin tasan. Muissa peleissä tarjoukset olivat epäreiluja, ja näistä peleistä kahdessa vastaajille tarjottiin yhtä dollaria, kahdessa kahta dollaria ja yhdessä kolmea dollaria. Kymmenen tietokoneparin tarjoamaa ehdotusta olivat identtisiä ihmisparien tarjoamien ehdotusten kanssa. Loput kymmenen peliä oli suunniteltu valvomaan sitä, miten taloudellisiin vahvistuksiin reagoidaan silloin, kun ollaan riippumattomia sosiaalisesta kanssakäymisestä. Tarjousten jakauma jäljitteli vaihteluväliä, joka yleensä toteutuu valvomattomissa peleissä. (Sanfey ym. 2003: 1756.)

Koehenkilöiden reaktiot vastasivat aiempia ultimatum-peliin liittyneitä koetuloksia. Osallistujat hyväksyivät kaikki reilut tarjoukset ja tarjousten hyväksymisaste laski sitä mukaa, kun tarjouksista tuli vähemmän reiluja. Tästä voidaan päätellä, että

osallistujilla oli vahvempi tunteellinen reaktio ihmisten tekemiä epäreiluja tarjouksia kohtaan verrattuna tietokoneen tekemiin tarjouksiin. Kun verrattiin reaktioita reilujen ja epäreilujen tarjousten välillä, niin aivojen aktiivisuuden huomattiin kasvaneen muun muassa etummaisessa aivosaaressa, etuotsalohkon selänpuoleisessa osassa sekä etummaisella pihtipoimun kuorella. Aktiivisuuden voimakkuus oli myös merkittävästi suurempi epäreiluja tarjouksia kohtaan silloin, kun kyseessä oli ihmispari eikä tietokonepari. Ihmisparien antamien kahden ja yhden dollarin tarjousten hylkäysaste oli merkittävästi suurempi kuin tietokoneparien vastaavien tarjousten hylkäysaste. Lisättyä edellä mainittuihin aktiivisuuseroavaisuuksiin reilujen ja epäreilujen tarjousten kanssa huomattiin, että etummaisen aivosaaressa tietyt alueet osoittivat herkkyyttä tarjousten suuruuden kanssa. Eli edellä mainitut aivojen alueet olivat aktiivisempia ihmisparin tarjotessa yhtä dollaria kuin silloin, kun ihmispari tarjosi kahta dollaria. (Sanfey ym. 2003: 1756.)

Etummaisen aivosaaressa aktiivisuus ihmisten tekemiä epäreiluja tarjouksia kohtaan on erityisen mielenkiintoista ottaen huomioon kyseisen alueen aktiivisuus negatiivisia tunteita koettaessa. Sanfey ym. (2003) esittävät, että kyseisen aivojen alueen on havaittu olevan aktiivinen sellaisissa hermostonkuvaustutkimuksissa, jolloin ihminen kokee esimerkiksi nälkää tai ahdistusta. Tämän alueen aktiivisuus on yhdistetty negatiivisten tunteiden kokemiseen (esimerkiksi silloin, kun ihminen kokee vihaa ja inhotusta). Kyseisen aivoalueen aktiivisuus kasvoi myös silloin, kun koehenkilöille annettiin epäreiluja tarjouksia.

Mikäli aktivoituminen etummaisessa aivosaaressa heijastaa vastaajan negatiivista tunnereaktiota epäreiluun tarjoukseen, niin voidaan olettaa, että tällä alueella on havaittavissa aktiivisuutta myös silloin, kun tehdään päätös siitä, että hyväksytäänkö vai hylätäänkö tarjous. Koska kaikki reilut tarjoukset ja suurin osa kolmen dollarin tarjouksista hyväksyttiin, kokeessa keskityttiin kahteen epäreiluimpaan tarjoukseen. Näitä pelejä tutkimalla pystyttiin analysoimaan, oliko hermostossa tapahtuvalla aktiivisuudella tekemistä sen suhteen, millainen päätös pelissä tehtiin. Kun osallistujien aivojen aktiivisuuden tasoa tutkittiin, niin huomattiin, että niillä koehenkilöillä, joiden etummaisen aivosaaressa aktiivisuus oli suurempaa, niin nämä koehenkilöt hylkäsivät useampia epäreiluja tarjouksia. Yksittäisten pelien välillä havaittiin positiivinen korrelaatio oikeanpuolimmaisen etuaivosaaressa aktiivisuuden

ja tarjousten hylkäämisasteen välillä. Aktiivisuuden tällä alueella havaittiin olevan epäreiluja tarjouksia vastaanottaessa merkittävästi vahvempaa silloin, kun tarjoukset päätettiin hylätä. Nämä tulokset vahvistavat sitä oletusta, että hermostotasolla havaittavat tunnetilat ohjaavat ihmisen päätöksentekoa. (Sanfey ym. 2003: 1756-1757.)

Dorsolateraalinen etuotsalohko (DLPFC) on Sanfeyn ym. (2003) mukaan usein yhdistetty kognitiivisiin prosesseihin kuten tavoitteiden ylläpitämiseen ja käytöksen toimeenpanemisen hallintaan. Toisin sanoen DLPFC-alueen aktiivisuus, jonka havaittiin reagoivan epäreiluihin tarjouksiin, voi liittyä tehtävän kognitiivisiin vaatimuksiin, eli tässä tapauksessa tavoitteeseen saada niin paljon rahaa kuin mahdollista. Epäreilu tarjous on vaikeampi hyväksyä, kuten korkeampi hylkäämisaste näille tarjouksille antaa ymmärtää. Näin ollen koehenkilön aivoissa saattaa toteutua kognitiivisesti vaativaa aivotoimintaa, jotta vahva tunteellinen taipumus hylätä tarjous voidaan voittaa. Vaikka DLPFC-alueen aktiivisuus kasvoikin epäreilujen tarjousten kohdalla, niin kyseisen alueen aktiivisuus ei korreloinut tarjousten hyväksymisasteen kanssa. Tästä voidaan päätellä, että yksistään tämän aivoalueen aktiivisuus ei riitä ennustamaan käyttäytymistä.

Tutkimuksessa oletettiin, että DLPFC-alue kilpailee tunteita käsittelevien alueiden kanssa siitä, mihin valintaan ihminen lopulta päätyy. Tästä syystä Sanfey ym. (2003) keskittyivät tutkimaan aivosaaressa ja DLPFC-alueen välistä tasapainoa epäreilujen tarjousten kohdalla. Havaittiin, että hylätyissä tarjouksissa aktiivisuus on suurempaa aivosaaressa kuin DLPFC-alueella, kun taas hyväksytyissä tarjouksissa DLPFC-alueen aktiivisuus on vahvempaa. Aivoalueiden aktiivisuus poikkeaa merkittävästi hyväksytyissä ja hylätyissä tarjouksissa. Tämä havainto on yhdenmukainen sen oletuksen kanssa, jonka mukaan näiden kahden aivoalueen välinen kilpailu vaikuttaa valintoihin. DLPFC-alueen aktiivisuus pysyttelee suhteellisen samansuuruisina kaikissa epäreiluissa tarjouksissa, joka mahdollisesti heijastelee sitä, kuinka aivoissa ylläpidetään jatkuvasti toimintaa, joka pyrkii taloudellisen hyödyn maksimointiin. Tutkimustulokset antavat viitteitä siitä, että aivosaaressa aktiivisuuden määrän kasvu vaikuttaa todennäköisemmin hylkäyspäätökseen ja aktiivisuuden määrän kasvu DLPFC-alueella ennustaa todennäköisemmin tarjouksen hyväksymistä.

Tässä tutkimuksessa pyrittiin tunnistamaan se, voidaanko reiluuden käsittelyä havaita hermoston toiminnassa sekä tutkimaan sitä, miten kognitiivisten ja tunteellisten aivoalueiden toiminta vaikuttaa päätöksenteossa. Peruskäsitys reiluudesta ja epäreiluudesta on välttämätöntä monissa sosiaalisissa tilanteissa ja itseä koskevissa päätöksentekotilanteissa. Tulokset olivat yhdenmukaisia sen käsityksen kanssa, jonka mukaan etummainen aivosaaari ja DLPFC-alue edustavat kahta eri tarvetta ultimatum-pelin tehtävässä: tunteellista tavoitetta vastustaa epäreiluutta ja rationaalista tavoitetta hankkia mahdollisimman paljon rahaa. Kyseisen kokeen tutkimustulokset tarjoavat empiiristä tukea taloudellisille malleille, jotka tunnistavat tunteita käsittelevien muuttujien vaikutuksen päätöksenteossa. Tämän lisäksi koetuloksista voi olla apua silloin, kun neurotieteissä kehitetään määrällisesti mitattavissa olevia hyödyn mittareita. Näistä mittareista voi olla apua silloin, kun taloudellisissa malleissa pitää ottaa huomioon hyötyfunktion sosiaalinen ulottuvuus. (Sanfey ym. 2003: 1756-1757)

3.2 Aivojen eri osien roolit

Edellä mainitun kaltainen tutkimus, jossa ihmiset ovat valmiita uhraamaan oman taloudellisen hyvinvointinsa vaatiakseen reilua kohtelua, antaa mahdollisuuden tutkia reiluuden käsitettä ja sitä, miten se ilmenee aivojen toimintatavoissa. Suuri osa reiluutta käsittelevää tutkimustyötä on keskittynyt aivojen etuotsalohkon kuoren toiminnan tutkimiseen. Kyseistä aivoaluetta on kutsuttu kehittyneempien kognitiivisten toimintojen keskuksiksi ja kyseinen aivoalue on ihmisillä merkittävästi suurempi verrattuna muihin nisäkkäisiin. (Widman 2009: 2.)

Kyseinen aivoalue voidaan edelleen jakaa pienempiin osiin, joista ultimatum-pelin päätöksenteon tutkimisessa keskitytään kahteen: vatsan- ja selänpuoleisen etuotsalohkon kuoren osaan. Rushworth ja Behrens (2008) kuvaavat vatsanpuoleista aluetta tunteita vaativan päätöksenteon keskuksena ja lisäksi se on myös palkkioiden arvottamisen keskus. Moll ja Oliviera-Souza (2007) esittävät kyseisen alueen olevan aktiivinen silloin, kun tunnetiloissa on mukana sosiaalinen elementti (esimerkiksi syyllisyys, myötätunto ja kiintymyssuhde). Mikäli kyseinen aivoalue on vaurioitunut, niin sen on huomattu lisäävän sosiaalisessa käyttäytymisessä ärtyneisyyttä ja tunteenpurkauksia (Koenigs & Tranel 2007: 954).

Smith ja Jonides (2000) kuvaavat etuotsalohkon kuoren selänpuoleista aluetta tietoisuuden, asioiden täytöntöönpanon ja työmuistin keskuksiksi. Mikäli ihmisellä on tietäntyyppinen vaurio kyseisellä alueella, niin se voi johtaa vaikeuksiin asioiden suunnittelussa, sääntöjen noudattamisessa sekä monien asioiden yhtäaikaissa käsittelyssä. Lisäksi kyseistä aivoaluetta pidetään tärkeänä osana päätösten täytöntöönpanon hallinnassa, tavoitteiden ylläpidossa sekä silloin, kun impulsiiviset reaktiot halutaan pitää kurissa (Knoch, Pascual-Leone, Meyer, Treyer & Fehr 2006: 829).

Koenigs ja Tranel (2007) tutkivat sitä, miten tarjousten hylkäysasteet poikkeavat etuotsalohkon kuoren vatsanpuoleiselta alueelta vammautuneiden ja kontrolliryhmän välillä. Tutkimuksessa havaittiin, että kyseiseltä aivojen alueelta vammautuneet henkilöt hylkäsivät epäreiluja tarjouksia paljon useammin kuin kontrolliryhmä. Tämänkaltaiset reaktiot ovat yhteneviä niiden aiempien tutkimustulosten kanssa, joiden mukaan ne henkilöt, joilla kyseinen aivojen osa on vaurioitunut, ilmaisevat herkästi vihaa, ärtyneisyyttä ja tunteenpurkauksia etenkin sellaisissa sosiaalisissa tilanteissa, joihin liittyy turhautuneisuutta ja provosointia. Näin ollen ultimatum-pelin kaltaisessa tilanteessa, jossa epäreilu tarjous voidaan kokea provokaationa, vihainen ja tunnepitoinen reaktio on saadun aineiston valossa täysin ymmärrettävä. Lisäksi tutkimuksessa huomattiin, että tarjousten epäreiluus korreloi hylkäysasteen kasvun kanssa. Näistä havainnosta tultiin siihen johtopäätökseen, että etuaivolohkon kuoren vatsanpuoleinen osa säätelee epäreiluista tarjouksista johtuvia negatiivisia tunteita.

Edellä mainitusta tutkimuksesta saatu tulos oli yllättävä, sillä aiemmin Koenigs, Young, Adolphs, Tranel, Cushman, Hauser ja Damasio (2007) olivat tulleet tutkimustuloksissaan siihen johtopäätökseen, että edellä mainitulta alueelta vammautuneet henkilöt ovat enemmänkin tunteita karttavia ja valmiimpia toimimaan rationaalisemmin. Heidän tutkimuksessaan oli tarkoitus selvittää kyseiseltä aivojen alueelta vaurioituneiden ihmisten käsitystä moraalista ja kokonaisuhyödystä. Koehenkilöiltä kysyttiin, kuinka halukkaita he olivat työntämään ihmisen sillalta, jossa on junarata, varmaan kuolemaan, mikäli tämä toiminta pelastaa kolme ihmistä. Vatsanpuoleiselta alueelta vammautuneet koehenkilöt olivat kontrolliryhmää valmiimpia tekemään kyseisen teon. Tästä syystä Koenigs ym. (2007) tulivat siihen

lopputulokseen, että vatsanpuoleinen alue käsittelee eri tavalla niin sanotut ”minä vastaan muut” -tilanteet verrattuna siihen, kun kyseessä on vain oma hyvinvointi.

Knoch ym. (2006) käyttivät eräässä ultimatum-peliä tutkineessa koetilanteessa transkraniaalista magneettistimulaatiota (rTMS), jolla voidaan väliaikaisesti häiritä tietyn aivoalueen toimintaa. Tällä tekniikalla tutkittiin selänpuoleisen etuaivolohkon kuoren roolia ultimatum-pelissä. Kyseinen tutkimus haastaa Sanfeyn ym. edellä mainitun oletuksen siitä, että DLPFC-alue on se aivojen osa, joka kannustaa hyväksymään epäreilut tarjoukset ja toimimaan itsekkäämmin.

Kun rTMS-tekniikkaa käytettiin, niin huomattiin, että DLPFC-alueen menettäessä toimintakykynsä epäreilujen tarjousten hylkäysaste lähti laskuun. Kokeen tekijät kuvasivat selänpuoleisen alueen toimintaa ja päätyivät siihen lopputulokseen, että hylkäämällä epäreilut tarjoukset tuetaan pitkän aikavälin reiluutta. Kokeessa reiluuden käsitettä pidettiin kehittyneemmän tason tietoisena ajatusprosessina. Knoch ym. (2006) päätyivät tulkitsemaan tuloksia niin, että tietyn tyyppinen toiminta selänpuoleisella alueella on välttämätön, jotta pitkän aikavälin halu tehdä reiluja päätöksiä voittaa lyhyen aikavälin halun tehdä taloudellisesti kannattavia päätöksiä. Vaikka tarjousten hylkäysaste selänpuoleista aluetta häiritessä muuttuikin, niin koehenkilöiden kyky arvioida tarjouksen reiluutta pysyi samana. Eli vaikka epäreilut tarjoukset hyväksyttiin, niin niitä pidettiin silti epäreiluina. (Knoch ym. 2006: 831.)

3.3 Ultimatum-peli ja evoluutioteoria

Neurotalous-tieteessä on tällä hetkellä useita teorioita siitä, miten päätöksenteko aivoissa tapahtuu. Greenen (2007) esittämässä duaaliprosessimallissa vatsanpuoleisella etuotsalohkon kuorella tapahtuvat tunteelliset reaktiot ovat vastakkain selänpuoleisella alueella tapahtuvien tietoisten reaktioiden kanssa. Vaikka kyseinen teoria määrittääkin tarkat roolit eri aivoalueille, niin se ei selitä ultimatum-pelissä havaittua suurempaa tunteellista reaktiota, jota esiintyy vatsanpuoleisen etuaivolohkon vaurion saaneilla henkilöillä. Moll ja Oliviera-Souza (2007) esittivät Greenen teorialle vastaväitteen, jonka mukaan vatsanpuoleinen osa ei ole tunteiden käsittelyn keskus aivoissa, vaan yhteistyöhön ja sosiaaliseen toimintaan kannustava

keskus. He päätyivät tähän tulokseen sen takia, koska vatsanpuoleiselta osalta vammautuneet henkilöt olivat herkempiä rankaisemaan ultimatum-pelissä epäreilusta käytöksestä. On kuitenkin tulkinnanvaraista, mistä tarjousten hylkääminen johtuu. Hylätäänkö tarjoukset sen takia, että halutaan rankaista epäreilua tarjouksen tekijää vai onko kyse siitä, että vastaajat arvostavat reilua niin paljon, että he siitä johtuen hylkäävät epäreilun tarjouksen?

Aivojen etuoslohkon kuori on merkittävästi suurempi ihmisillä kuin muilla nisäkkäillä. Tämän perusteella onkin esitetty, että reiluus on nimenomaisesti ihmisille ominainen piirre. Tälle väitteelle antoi tukea toistuviin ultimatum-peleihin liittyvä tutkimus, jossa testattiin tietokonesimulaation avulla, miten toistuvat ultimatum-pelit muokkaavat käyttäytymistä. Tutkimuksessa huomattiin, että mikäli pelin molempien osapuolten toiminta voitiin selvittää, niin tarjouksen antajat oppivat yli ajan antamaan reilumpia tarjouksia ja tarjousten vastaanottajat hylkäämään epäreiluja tarjouksia. Kun ultimatum-peliin otetaan muuttujaksi taloudellisen hyötymisen lisäksi pelaajan maine, niin reiluudesta tulee molemmille osapuolille tärkeämpi ominaisuus kuin taloudellisesta hyötymisestä. Tämänkaltainen todistusaineisto esittää reilouden konseptin nimenomaan kehitysopillisena käyttäytymistapana ja se tapa, jolla epäreilujen tarjousten hylkäämiseen suhtaudutaan, on rakennettu kannustamaan reiluuteen yhteiskunnassa. (Nowak, Page & Sigmund 2000: 1773-1774.)

Muita nisäkkäitä tutkiessa on saatu lisäselvyyttä liittyen reilouden kognitiiviseen luonteeseen sekä siihen, mikä on evoluution vaikutus ultimatum-pelissä toteutuvaan käyttäytymiseen. Jensen, Call ja Tomasello (2007) toteuttivat simpansseilla ultimatum-pelin kokeen, jossa esittelijäsimpanssin piti jakaa rajattu määrä ruokaa ja vastaajasimpanssin piti joko hyväksyä tai hylätä tarjous. Kokeessa huomattiin, että taloudellinen hyötyminen ajoi kaikkien muiden halujen edelle, sillä vastaajasimpanssit hyväksyivät kaikki tarjoukset niiden epäreiluudesta huolimatta. Jensen ym. (2007) kuitenkin huomauttavat, että eläinten käyttäytymiseen liittyvät tutkimukset voivat olla merkittävästi olosuhteista riippuvaisia, joten on mahdollista, että simpanssien halukkuus hyväksyä epäreilutkin tarjoukset johtui siitä, että koeympäristö oli keinotekoinen. Lisäksi sosiaalisuus on vahva osatekijä ultimatum-pelissä, ja ihmisten ja simpanssien väliset eroavaisuudet sosiaalisissa rakenteissa

tekevät tutkimuslöydökset ihmisen käyttäytymisestä oppimisen kannalta vähemmän merkityksellisiksi.

4 INTERTEMPORAALINEN VALINTA

Intertemporaalisessa päätöksenteossa on kyse siitä, miten allokoida eri aikaperiodeilla saatavat lopputulemat. Intertemporaaliseen valintaan liittyen on havaittu, että viivytettyjä lopputulemia pidetään vähemmän arvokkaina kuin välittömästi saatavia. Tällä tarkoitetaan sitä, että samanarvoisia lopputulemia arvostetaan sitä mukaa vähemmän, mitä kauempana ajankohtana ne tapahtuvat. Lopputuleman subjektiivinen arvo on pienempi silloin, kun se toteutuu viiveellä verrattuna siihen, että sama lopputulema toteutuisi välittömästi. Tätä toimintatapaa voidaan havainnollistaa yksittäisen päätöksentekijän kohdalla määrittelemällä diskonttausfunktio, joka osoittaa miten lopputuleman subjektiivinen arvo muuttuu ajan kuluessa. Yleensä diskonttausfunktiot määritellään siten, että henkilöä pyydetään valitsemaan pian saatavan ja viiveellä saatavan lopputuleman välillä ja pian saatava lopputulema on objektiiviselta arvoltaan pienempi kuin viiveellä saatava. (Kable 2014: 173-174.)

Samuelson (1937) esitti, että hyötyä mitattaessa ajan vaikutusta lopputulemaan voidaan kuvata eksponentiaalisella diskonttausfunktiolla:

$$V(x, t) = \int_0^t U(x)e^{-\delta t} dt, 0 < \delta < 1. \quad (3)$$

Edellä $V(x, t)$ on lopputuleman x diskontattu hyöty, joka saadaan aikaperiodilla t ja $U(x)$ on välittömästi saatava odotettu hyöty lopputulemasta x . Muuttuja δ on diskonttaustekijä. Mitä pienempi diskonttaustekijän arvo on, niin sitä vähemmän asetetaan painoa tuleville hyödyille. Funktion muodosta voidaan päätellä, että viivytetyn lopputuleman subjektiivinen arvo on välittömästi saatavan lopputuleman arvo, joka vähentää lopputuleman arvoa kiinteällä prosenttiyksiköllä sitä mukaa, kun siirrytään aikaperiodilta toiselle. Kuten Kable (2014) kuvaa, eksponentiaalinen diskonttaus käsittelee jokaista aikaperiodia samanarvoisesti siten, että esimerkiksi yhden päivän viivytys välittömästi saatavaan lopputulemaan vähentää lopputuleman arvoa samanarvoisesti kuin siinä tapauksessa, että vuoden päästä saatavaa lopputulemaa viivytetään yhdellä päivällä.

Edellä mainittu johtopäätelmä on yksi Fishburnin ja Rubinsteinin (1982) määrittämistä perusolettamuksista, jotka liittyvät diskontattuun hyötyyn. Ensimmäinen perusolettamus on lopputulemien järjestäytyneisyys, joka tarkoittaa sitä, että valinnoista aiheutuvat hyödyt voidaan asettaa arvojärjestykseen. Toinen perusolettamus on monotonisuus, eli kun yhtä välittömästi saatavaa lopputulemaa suositaan enemmän kuin toista välittömästi saatavaa lopputulemaa, niin ensimmäistä lopputulemaa suositaan myös silloin, kun molempien lopputulemien saatavuutta viivytetään samalla aikamäärällä. Kolmas perusolettamus liittyy kärsimättömyyteen, eli positiivisia lopputulemia halutaan aiemmin ja negatiivisia lopputulemia myöhemmin. Neljäs perusolettamus on mieltymysten yhtäjaksoisuus, eli yksilön mieltymyksissä ei ole epäjatkuvuuskohtia. Viimeinen perusolettamus on muuttumattomuus. Tällä tarkoitetaan sitä, että mikäli pitää tehdä valinta esimerkiksi välittömästi saatavan ja vuoden päästä saatavan lopputuleman välillä, niin näiden valintojen välinen samanarvoisuus pysyy muuttumattomana silloin, kun samat lopputulemat ovat saatavilla eri aikaperiodeilla, kunhan näiden lopputulemien välinen aika pysyy muuttumattomana.

On kuitenkin havaittu, että eksponentiaalinen diskonttaus ei välttämättä vastaa sitä, miten yksilöt todellisuudessa suhtautuvat ajan kulumiseen. Frederick, Loewenstein ja O'Donoghue (2002) kuvaavat, kuinka viime vuosikymmeninä empiirinen tutkimustyö on osoittanut edellä mainitun mallin kykyä kuvata käyttäytymistä puutteelliseksi. Ensinnäkin empiirisesti havaitut diskonttausasteet eivät pysy vakioisina yli ajan vaan ne ovat itse asiassa laskevia. Lisäksi diskonttausasteet vaikuttavat vaihtelevan merkittävästi riippuen siitä, minkä tyyppisestä intertemporaalisesta valinnasta on kyse. Esimerkiksi voittoja diskonttataan enemmän kuin tappioita, pieniä määriä diskonttataan enemmän kuin suuria määriä ja joukkona määriteltäviä lopputulemia diskonttataan eri tavalla verrattuna siihen, miten joukon yksittäisiä lopputulemia diskonttataan erikseen.

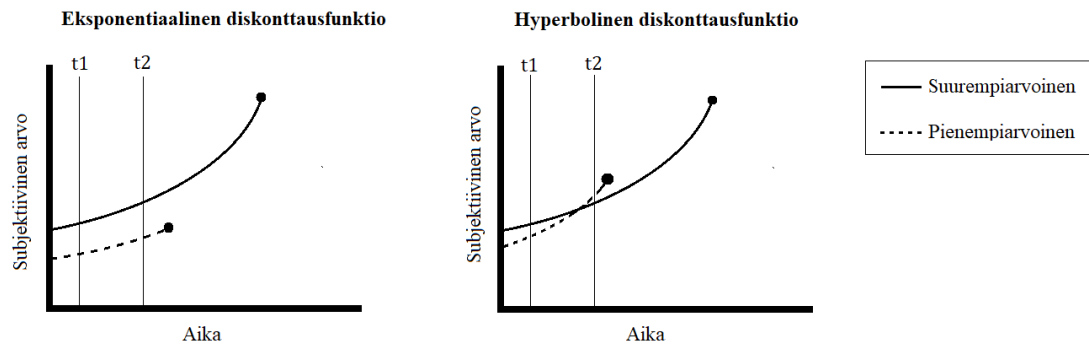
On esitetty, että hyödyn diskonttausfunktion tulisi olla hyperbolinen. Kablen (2014: 174) mukaan hyperbolinen diskonttausfunktio on muotoa

$$V(x, t) = \frac{U(x)}{1 + \delta t}, \quad (4)$$

missä $V(x, t)$ on lopputuleman x diskontattu hyöty, joka saadaan aikaperiodilla t ja $U(x)$ on välittömästi saatava odotettu hyöty lopputulemasta x . Toisin kuin Samuelsonin mallissa, Kable (2014) esittää, että tässä mallissa δ vastaa diskonttausastetta, joka on tyypillisesti nolaa suurempi ja mitä suurempi muuttujan δ arvo on, niin suurempaa diskonttaus on. Eli toisin sanoen viivytetyn lopputuleman subjektiivinen arvo on yhtä suuri kuin välittömästi saadun lopputuleman arvo jaettuna muuttujalla, joka on riippuvainen viiveen suuruudesta.

Useissa käyttäytymistaloustieteellisissä tutkimuksissa intertemporaalisen valinnan diskonttausfunktion on havaittu olevan hyperbolinen. Frederick ym. (2002) huomauttavat, että kun koetilanteessa osallistujien pitää verrata arvoltaan pieniä, mutta lyhyellä viiveellä saatavia lopputulemia suurempiarvoisiin, mutta pidemmällä viiveellä saataviin lopputulemiin, niin pitkän aikahorisontin diskonttausasteet ovat pienempiä verrattuna lyhyen aikahorisontin diskonttausasteisiin. Thaler (1981) pyysi osallistujia määrittelemään eri ajankohdissa saatavan rahasumman, josta he kokisivat saavansa saman hyödyn kuin välittömästi saatavasta 15 dollarin palkkiosta. Mediaanisummat eri ajankohdissa vastasivat hyperbolista diskonttausta; yhden kuukauden viiveellä haluttu mediaanisumma oli 20 dollaria (345 prosentin diskonttausaste), yhden vuoden viiveellä haluttu mediaanisumma 50 dollaria (120 prosentin diskonttausaste) ja kymmenen vuoden viiveellä haluttu mediaanisumma 100 dollaria (19 prosentin diskonttausaste).

Kuviosta 3 nähdään se, miten kahden objektiivisesti eriarvoisen lopputuleman subjektiivinen arvostus muuttuu ajan kuluessa. Kuvioissa käytettyjen käyrien oikeassa päässä oleva pisteet kuvaavat sitä hetkeä, jolloin lopputulemat ovat saatavilla. Eksponentiaaliseen diskonttausfunktioon perustuvassa intertemporaalisessa valintatilanteessa vähempiarvoinen lopputulema on aina myös subjektiiviselta arvoltaan pienempi siirryttäessä aikaperiodilta toiselle. Hyperbolista diskonttausfunktiota käytettäessä objektiivisesti vähempiarvoisen hyödykkeen subjektiivinen arvo kasvaa hetkellisesti objektiivisesti arvokkaampaa lopputulemaa suuremmaksi silloin, kun objektiivisesti vähempiarvoisemman hyödykkeen vastaanottaminen lähenee.



Kuvio 3. Eksponentiaalinen ja hyperbolinen diskonttausfunktio (mukaihen Kable 2014: 176)

Edellä mainittujen tulosten lisäksi Frederick ym. (2002) esittävät tutkimustuloksia, joiden mukaan Fishburnin ja Rubinsteinin määrittelemä perusolettamus muuttumattomuudesta ei päde. Esimerkiksi saatetaan suosia sitä, että valitaan mieluummin 110 dollaria 31 päivän päästä kuin sata dollaria 30 päivän päästä, mutta samaan aikaan valitaan mieluummin sata dollaria heti kuin 110 dollaria huomenna.

Hyperbolinen diskonttausfunktio vaikuttaa siis kuvaavan eri ajassa tapahtuvaa päätöksentekoa todenmukaisemmin kuin eksponentiaalinen diskonttausfunktio. On kuitenkin huomattu, että hyperbolinen diskonttausfunktioon tulisi mahdollisesti lisätä vielä yksi nykyhetken suosimista painottava muuttuja, jolloin hyperbolinen funktio muuntautuu kvasihyperboliseksi. Kable (2014: 176) esittää, että kvasihyperbolinen malli voidaan kuvata seuraavalla tavalla:

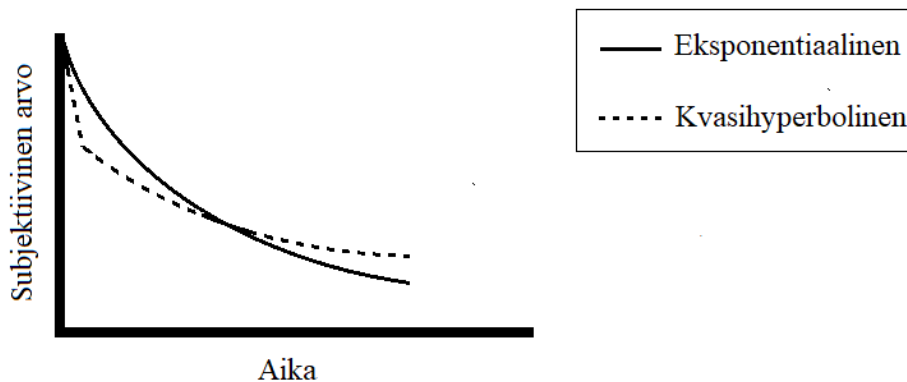
$$t = 0, V(x, t) = U(x), \quad (5)$$

$$t > 0, V(x, t) = \beta \delta^t U(x), 0 < \beta, \delta < 1, \quad (6)$$

missä $V(x, t)$ on lopputuleman x diskontattu hyöty, joka saadaan ajassa t , $U(x)$ on lopputuleman x välittömästi saatava odotettu hyöty sekä muuttujat β ja δ ovat molemmat diskonttausmuuttujia. Muuttuja δ toimii samalla tavalla kuin eksponentiaalisen diskonttauksen mallissa (vähentää lopputuleman arvoa kiinteällä prosenttiosuudella siirryttäessä aikaperiodilta toiselle) ja muuttuja β painottaa vielä lisää välittömästi saatavan lopputuleman suosimista vähentämällä kaikkien viiveellä saatavien lopputulemien arvoa kiinteällä prosenttimäärällä. Tämä muotoilu

mukautuu paremmin taloudellisiin malleihin kuin pelkkä hyperbolinen muotoilu ja muuttuja β tarjoaa helposti tulkittavan arvion siitä, kuinka paljon yksilön käyttäytymisen kuvaaminen poikkeaa eksponentiaalisesta yhtälöstä (Kable 2014: 176).

Kuviossa 4 esitetään eksponentiaalisen ja kvasihyperbolisen diskonttausfunktion välisiä eroavaisuuksia lopputulemien diskonttauksessa. Lähtötilanteessa kvasihyperbolista diskonttausfunktiota käyttäen lopputuleman arvo pienenee nopeammin kuin eksponentiaalisessa funktiossa (tämä kuvaa kvasihyperbolisen diskonttausfunktion muuttujan β vaikutusta). Kuten hyperbolisessa diskonttausfunktiossa, niin myös kvasihyperbolisessa diskonttausfunktiossa ajan kuluessa objektiivisesti vähempiarvoisen hyödykkeen subjektiivinen arvo kasvaa hetkellisesti objektiivisesti arvokkaampaa lopputulemaa suuremmaksi.



Kuvio 4. Eksponentiaalinen ja kvasihyperbolinen diskonttausfunktio (mukaillen Kable 2014: 176)

Kvasihyperbolinen malli sopii hyvin myös duaaliprosessimalleihin, joissa β - ja δ -muuttujien toiminta voidaan rinnastaa niin sanotun nopeasti ja hitaasti ajattelevan järjestelmän kahtiajakoon. Mitä pienempi muuttujan β arvo on, niin sitä suurempi arvostus yksilöllä on nykyhetkeä kohtaan. Tämä voidaan esittää duaaliprosessijärjestelmää mukaillen niin, että tunteellisen (tai impulsiivisen) järjestelmän suurempi aktiivisuus suosii välittömästi saatavia palkkioita. Itse asiassa

käyttäytymistaloustieteen alalla saadut tutkimustulokset ovat nimenomaan mallintaneet edellä mainittujen kahden eri prosessin välisiä kilpailuja, joissa nykyisyyden ja tulevaisuuden ”minä” toimivat kilpailijoina toisiaan vastaan. (Kable 2014: 176.)

4.1 Intertemporaalisen valinnan neurotieteelliset tulkinnat

Eräs tärkeimmistä aiheista taloustieteessä on dynaaminen epäjohdonmukaisuus, joka on edelleen vaikea ongelma, johon kaikkien neurotaloustieteilijöiden tulisi puuttua. Tutkimukset liittyen neurokemiallisiin muutoksiin impulsiivisuudessa ja epäjohdonmukaisuudet intertemporaalisessa valinnassa voivat auttaa ymmärtämään paremmin intertemporaalisen valinnan hermostollista perustaa. Tutkimustuloksia voidaan hyödyntää esimerkiksi silloin, kun kehitetään hoitotapoja ongelmalliseen käyttäytymiseen kuten riippuvuuteen. Intertemporaalisen valinnan ja ajan käsitystavan välistä suhdetta tulisi tutkia laajemmin hyödyntämällä nykyisiä teoreettisia viitekehyksiä neurokemiallisilla manipulaatioilla ja hermostokuvauksilla. Näitä tulevaisuuden suuntauksia voidaan todennäköisesti tutkia yleisillä neurobiologisilla tavoilla kuten fMRI-kuvauksella, hermostoon vaikuttavalla lääkeaineellisella käsittelyllä ja geneettisellä analyysillä perustuen ihmisen perimään liittyvään aineistoon. (Takahashi 2009: 85.)

Kun tutkitaan hermoston tasolla tapahtuvaa intertemporaalisen valinnan käsittelyä, on tärkeää keskittyä intertemporaalisen päätöksenteon ja riskin sisältävän päätöksenteon väliseen suhteeseen. Useissa tutkimuksissa esitetään, että intertemporaalisen valinnan viitekehystä voidaan hyödyntää epävarmuutta sisältäviin päätöksentekomalleihin. Joissain tutkimuksissa on esitetty, että riskinkarttamisen voidaan selittää johtuvan aikaan liittyvästä diskonttauksesta. On myös kuitenkin tutkimuksia, jotka yrittävät perustella aikaan liittyvää diskonttausta sillä, että kyse on halusta välttää riskiä. (Takahashi 2009: 85.)

Näitä edellä mainittuja viitekehyksiä voidaan hyödyntää myös makrotasolla analysoitaessa valtioiden talouspolitiikkaa. Thaler ja Sunstein (2003) ovat esittäneet, että yksilöiden käyttäytymisessä ilmeneviä ennakkoluuloja vastaan valtion tulisi toteuttaa ”libertaarista holhous”. Tämä näkemys perustuu jatkuvasti lisääntyvään

käyttäytymistieteistä kerättyyn aineistoon siitä, kuinka ihmiskäyttäytyminen poikkeaa rationaalisuuteen perustuvasta talousteoriasta. Näihin käyttäytymiseen liittyviin anomalioihin kuuluvat esimerkiksi edellä mainittu hyperbolinen diskonttaus, tappiokammo ja irrationaaliset riippuvuudet. (Takahashi 2009: 85.)

Vaikka useat eri eläinlajit kykenevät ottamaan toiminnassaan huomioon pitkäaikaiset seuraukset, tästä huolimatta ihmisaivojen tapa käsitellä tulevaisuutta poikkeaa muista lajeista. Useimpien lajien kohdalla tunteet ja vietit ohjaavat sellaisiin käyttäytymistapoihin, joilla täytetään lyhyen aikavälin tavoitteet (kuten ravinnon hankkiminen ja syöminen). Vaikka joissain eläinlajeissa voidaankin havaita pitkän aikavälin huomioonottavaa käyttäytymistä (esimerkiksi ruoan varastointia talven varalle), niin neurotieteellisesti tarkasteltuna tämänkaltainen toimintatapa on pitkällä aikavälillä opittu toimintatapa, joka poikkeaa ihmisen tavasta viivyttää nautintoa. (Camerer ym. 2005: 39.)

4.2 Duaalijärjestelmä ja sen kritiikki

McClure, Laibson, Loewenstein ja Cohen (2004) tutkivat aivojen aktiivisuutta intertemporaalisia päätöksiä tehdessä. Tutkimuksessa koehenkilöiden tuli tehdä valinta kahdella eri aikaperiodilla saatavan rahallisen palkkion välillä ja palkkiona käytettiin lahjakorttia Amazon.com-verkkokauppaan. Kokeeseen kuului sellaisia tilanteita, joissa aiempi palkkio oli saatavilla välittömästi ja sellaisia tilanteita, joissa valinta piti tehdä kahden eri viiveellä saatavan palkkion välillä. Tutkimuksen hypoteesi oli se, että se käyttäytymistapa, jota voidaan selittää kvasihyperbolisessa diskonttausfunktiossa esiintyvällä kahdella muuttujalla, on lähtöisin kahdesta yhtä aikaa vaikuttavasta erillisistä hermostossa tapahtuvista toiminnosta. Kuten kvasihyperbolisessa mallissa on määritelty, niin beeta-alueen aktiivisuus painottuu niille lopputulemille, jotka ovat saatavilla välittömästi ja vastaavasti delta-alue on aktiivisena kaikkia vaihtoehtoja käsiteltäessä. Tutkimuksessa lähdettiin siitä oletuksesta, että beeta-alueeseen kuuluu limbinen järjestelmä ja delta-alueeseen sisältyy selänpuoleinen etuaivolohkon kuori ja siihen liittyvät rakenteet, joiden on havaittu olevan aktiivisia kognitiivisesti vaativissa tehtävissä. (McClure ym. 2004: 503-504.)

Edellä mainittuun hypoteesiin perustuen tutkijat ennustivat, että niissä valintatilanteissa, joissa aiempi rahapalkkio oli välittömästi saatavilla, limbinen järjestelmä on aktiivisempi kuin niissä tilanteissa, joissa valinta pitää tehdä kahden viiveellä saatavan palkkion välillä. Tämän lisäksi oletettiin, että selänpuoleiset etuaivolohkon kuoren alueet ovat aktiivisia kaikissa valintatilanteissa riippumatta palkkion viiveestä. Kyseisen alueen aktiivisuus on kuitenkin suurempaa silloin, kun koehenkilö päätyy valintatilanteessa myöhemmin saatavaan palkkioon. McCluren ym. (2004) mukaan viimeisin oletus perustuu kyseisen aivoalueen kykyyn arvottaa suurempia palkkioita silloin, kun ne ovat saatavilla viiveellä.

Jotta koehenkilöt tekisivät valinnan sen mukaan, kuin kyse olisi aidosta tosielämän tilanteesta, niin kokeen päätyttyä jokainen koehenkilö sai yhden satunnaisesti valitun koetilanteen rahasumman itselleen. Aiemman ja myöhemmän valittavan palkkion välinen aika vaihteli kahden ja kuuden viikon välillä, ja palkkioiden summat vaihtelivat viiden ja 40 dollarin välillä (kuitenkin aina niin, että aiemmin saatava palkkio oli määrältään pienempi). Valintoja tehdessä koehenkilöiden aivoja kuvattiin fMRI-tekniikalla. (McClure ym. 2004: 504-505.)

Tutkimuksen aineistoa hyödyntäen kyettiin luomaan malli, jossa päätöksentekoa tulkittiin kahdella ennustavalla muuttujalla (tässä tapauksessa kvasihyperboliseen malliin perustuen näitä muuttujia kutsuttiin beeta- ja deltamuuttujiksi), jotka jaoteltiin sen mukaan, millaisissa päätöksentekotilanteissa tietty aivojen alueet olivat aktiivisia. Tähän perustuen tutkimuksessa kyettiin erottamaan toisistaan ne alueet, jotka ovat aktiivisia eri ajassa tapahtuvia valintoja tehdessä. Beeta-alueeseen sisällytettiin ne aivojen alueet, jotka olivat aktiivisia erityisesti silloin, kun valintatilanteessa oli saatavilla välittömästi saatavilla oleva palkkio. Aivokuvista havaittiin, että beeta-alueeseen sisältyi limbinen järjestelmä, johon kuuluu aivojen etuotsalohkon ja taaemman pihtipoimun kuori sekä vatsanpuoleinen aivojuovio (McClure ym. 2004: 504). McCluren ym. (2004) mukaan kyseisen aivoalueen ollessa aktiivinen (esimerkiksi silloin, kun ihminen näkee, haistaa tai koskee jotain häntä miellyttävää asiaa) ihmisen impulsiivinen käyttäytyminen lisääntyy. Tutkimuksessa huomattiin, että tämän alueen aktiivisuus väheni sitä mukaa, kun aiemman palkkion saamista siirrettiin myöhempään ajankohtaan.

Kvasihyperbolista mallia mukaillen kyseisessä tutkimuksessa luokiteltiin delta-alueiksi ne aivojen osat, jotka olivat aktiivisia kaikissa päätöksentekotilanteissa. Näitä alueita tutkittaessa keskityttiin erityisesti siihen, kuinka kauan päätöksenteko koehenkilöillä kesti. Mitä kauemmin vaihtoehdon valinta kesti, sitä suurempaa oli aivojen otsa- ja päälaenlohkolla havaittu aktiivisuus. Tutkimuksessa esitetään, että juuri nämä aivojen alueet ovat aktiivisina silloin, kun ihmiset joutuvat laskemaan numeraalisia ongelmia tai tekemään muita kognitiivisesti vaativia toimintoja. (McClure ym. 2004: 505.)

Ottaen huomioon fMRI-kuvauksista saadut havainnot tutkimuksessa pohdittiin sitä, voiko aivojen alueiden aktiivisuudesta ennustaa sitä, tuleeko koehenkilö valitsemaan aiemmin vai myöhemmin tarjolla olevan vaihtoehdon. Tutkimuksessa havaittiin, että kun delta-alue on aktiivisempi, niin koehenkilöt päätyivät valitsemaan myöhemmin saatavan palkkion. Vastaavasti aiempaa palkkiota valittaessa beeta-alue oli aktiivisempi. (McClure ym. 2004: 505.)

McClure, Ericson, Laibson, Loewenstein ja Cohen (2007) tutkivat edellä mainittuun duaaliprosessijärjestelmään perustuen intertemporaalista päätöksentekoa, mutta tällä kertaa valintatilanteissa ei ollut tarjolla rahaa. Kyseisessä tutkimuksessa keskityttiin primääriseen palkitsemisjärjestelmään (tässä tapauksessa janon tunteeseen) ja lyhyempiin aikaviiveisiin. Tässä tutkimuksessa kahden valinnan välinen aikaviive pienennettiin viikoista minuutteihin ja saatava palkkio oli taloudellisen palkkion sijaan joko vettä tai mehua (kuitenkin niin, että yksittäisissä kokeissa aiemmin ja myöhemmin saatava neste oli samantyyppistä). Toisin kuin aiemmassa tutkimuksessa, tässä kokeessa pystyttiin valvomaan sekä palkkion valintaa ja vastaanottamista että sitä, kun palkkio kulutettiin.

Tutkimuksessa havaittiin, että välittömästi saatavilla oleva palkkio aiheutti reaktion aiemmassa tutkimuksessa määritellyllä beeta-alueella, mutta kun tarjolla ei ollut välittömästi saatavilla olevaa palkkiota, niin jo viiden minuutin viive palkkion saamisessa aiheutti sen, että valintatilanne ei enää aiheuttanut reaktiota beeta-alueella. Tutkimustuloksia tulkittiin niin, että syy kyseisen aivoalueen aktiivisuuden vähäisyyteen johtui siitä, että tässä kokeessa käytetyt palkkiot vaikuttavat primääriseen palkitsemisjärjestelmään, toisin kuin taloudelliset palkkiot. Muilta osin

tutkimustulokset vastasivat aiemmassa tutkimuksessa saatuja tuloksia, eli kun delta-alueen aktiivisuus oli pienempää kuin beeta-alueen aktiivisuus, niin koehenkilöt päätyivät valitsemaan aiemman palkkion. (McClure ym. 2007: 5801-5803.)

Kaksi edellä esitettyä tutkimusta perustuivat sille oletukselle, että intertemporaalista valintaa tehdessä aivoissa vallitsee duaaliprosessijärjestelmä. Tätä tulkintaa kohtaan on kuitenkin esitetty kritiikkiä. Kable ja Glimcher (2007) väittävät, että aktiivisuus tietyillä aivojen alueella (tässä tapauksessa edellä mainitulla beeta-alueella) ei johdu niinkään siitä, että kyseiset aivojen alueet reagoisivat välittömästi saataviin palkkioihin sen takia, koska ne ovat välittömästi saatavilla, vaan kyse on enemmän siitä, että välittömästi saatavia palkkioita arvostetaan yleisesti ottaen enemmän. Tätä väitettä tukeakseen kyseissä tutkimuksissa koehenkilöille esitettiin valintatilanteita, joissa aiempi valinta (20 dollaria, jonka sai välittömästi) pysyi samana kaikissa koetilanteissa. Ainoastaan myöhemmin saatavan rahapalkkion summa, joka vaihteli 20,25 ja 110 dollarin välillä ja ajankohta, joka vaihteli kuuden tunnin ja puolen vuoden välillä, toimivat vaihtuvina muuttujina. Kaikille koehenkilöille määriteltiin yksilökohtainen diskonttausfunktio perustuen heidän valintoihinsa koetilanteissa.

McClure ym. (2004) esittävät omassa tutkimuksessaan, että vatsanpuoleinen aivojuovio, etuotsalohkon kuoren keskiosa ja pihtipoimun kuori muodostavat hermostojärjestelmän, joka ensisijaisesti reagoi välittömästi saatavilla oleviin palkkioihin. Kable ja Glimcher kuitenkin huomauttavat, että edellä mainittu oletus ei kuitenkaan ole täysin ristiriidassa heidän tulkintansa kanssa, jonka mukaan aktiivisuus näillä edellä mainituilla aivojen alueilla kuvaa palkkioiden subjektiivista arvoa kaikilla viiveillä (Kable ja Glimcher 2007: 1631). Eli näiden kahden tutkimuksen välistä ristiriitaa voidaan pitää fMRI-kuvista saatuina tulkintaeroina.

Näitä kahta tutkimusta ei kuitenkaan voi suoraan verrata toisiinsa. Toisin kuin McCluren ym. tutkimuksessa, Kable ja Glimcherin tutkimuksessa ei ollut yhtään sellaista koetilannetta, jossa valinta olisi pitänyt tehdä kahden viiveellä saatavan lopputuleman välillä. Kable ja Glimcher myöntävät, että heidän kokeessaan ei pyritty selvittämään sitä, onko aivojen beeta-alueilla aktiivisuus suurempaa silloin, kun valintatilanteessa on välittömästi saatavilla oleva lopputulema verrattuna siihen, kun

valinta tulee tehdä kahden viiveellä saatavan lopputuleman välillä. (Kable & Glimcher 2010: 2514.)

Tästä syystä Kable ja Glimcher (2010) tutkivat aihetta sellaisissa koetilanteissa, joissa oli mukana myös tilanteita, joissa valinta piti tehdä kahden viiveellä saatavan lopputuleman välillä. Kyseisessä tutkimuksessa havaittiin, että beeta-alueiksi esitettyjen aivoalueiden (vatsanpuoleinen aivojuovio, etuotsalohkon kuoren keskiosa ja pihtipoimun kuori) aktiivisuus ei ollut suurempaa niissä koetilanteissa, joissa valinta piti tehdä välittömästi saatavilla olevan ja viiveellä saatavan lopputuleman kanssa verrattuna valintatilanteeseen, jossa valinta piti tehdä kahden viiveellä saatavan lopputuleman välillä. Tämä tutkimustulos osoittaa sen, että näiden aivoalueiden aktiivisuus ei ennusta suosimista välittömästi saatavia palkkioita kohtaan, vaan kyse on enemmän siitä, että kyseiset aivoalueet reagoivat sen mukaan, mitä arvokkaampina eri lopputulemia pidettiin. (Kable 2014: 177.)

4.3 Muita intertemporaalista valintaa käsitteleviä tutkimuksia

4.3.1 Voitot ja tappiot intertemporaalisessa päätöksenteossa

Tässä tutkielmassa on tähän mennessä esitetty tilanteita, joissa valintatilanteiden lopputulema on aina positiivinen. On kuitenkin syytä pohtia, miten aika vaikuttaa päätöksentekoon siinä tilanteessa, kun valinta pitää tehdä kahden tappiollisen lopputuleman välillä. Faralla, Benuzzi, Lui, Baraldi, Dimitri ja Nichelli (2015) tutkivat sitä, miten reagointi voittoihin ja tappioihin poikkesivat toisistaan. Lähtöoletus oli se, että voitto- ja tappiotilanteessa aivoissa olisi aktiivisena sama hermostojärjestelmä. Kyseisessä tutkimuksessa saatiin vahvistusta kyseiselle oletukselle, sillä tietyt aivojen osat (takaraivon-, pääläen- ja etuotsalohkon kuori) olivat aktiivisina päätöksenteossa riippumatta siitä, pitikö koetilanteessa tehdä valinta voitollisten vai tappiollisten valintojen välillä.

Tämän lisäksi kyseisessä tutkimuksessa eriteltiin ne hermoverkot, joiden aktiivisuuteen vaikuttavat rahasumman suuruus, aikaviiveen pituus sekä valintatilanteessa olevien summien suhteelliset erot. Tutkimuksessa havaittiin, että ainoastaan aikaviiveen pituus aiheutti merkittäviä muutoksia aktiivisuustasoissa. Kun

koehenkilöt valitsivat välittömästi saatavia lopputulemia, niin aktiivisuutta havaittiin limbisessä järjestelmässä. Tämän aivoalueen toiminnalla on huomattu olevan yhteys impulsiiviseen käyttäytymiseen, riippuvuuteen ja palkkioiden arvottamiseen. Kyseisten aivoalueiden aktiivisuuden on huomattu kasvavan sitä mukaa, kun palkkioiden suuruudet kasvavat. (Faralla ym. 2015: 39-40.)

Kun tutkittiin reaktioita viiveellä saataviin lopputulemiin, niin takaraivon- ja päälaenkuoren osien aktiivisuus lisääntyi. Nämä aivoalueet ovat yleisesti ottaen yhdistetty myöhemmin saatavien lopputulemien valintaan intertemporaalisessa päätöksenteossa. Nämä aivoalueet olivat aktiivisia riippumatta siitä, oliko kyse taloudellisista voitoista tai tappioista. Kyseisten aivoalueiden on myös huomattu olevan osallisena useissa aivoissa tapahtuvissa toiminnoissa esimerkiksi silloin, kun käytetään työmuistia, harjoitetaan abstraktia ongelmanratkontaa, keskitytään tiettyyn asiaan tai suunnitellaan tulevaisuutta. Tästä voidaankin päätellä, että mieltymystä myöhempiin valintoihin voidaan selittää kehittyneemmällä kognitiivisilla kyvyillä. (Faralla ym. 2015: 39-40.)

Farallan ym. (2015) tutkimuksen tarkoituksena oli toistaa ja laajentaa aiempia intertemporaalisen valinnan rahallisia voittoja ja tappioita sisältäneitä tutkimustuloksia kahdella tavalla. Ensinnäkin havaittiin se, että eri hermostojärjestelmien aktiivisuus riippui siitä, käyttäytyikö koehenkilö impulsiivisesti vai mielteliäästi. Tämän lisäksi huomattiin, että käsiteltäessä sekä voittoja että tappioita samat hermostojärjestelmät aktivoituivat. Kun otetaan huomioon aikaviiveen vaikutus, niin tutkimustulokset ovat johdonmukaisia McCluren ym. (2004) duaalijärjestelmään perustuvien oletusten kanssa liittyen sekä lyhyen että pitkän aikavälin valintoihin. Tässä tutkimuksessa saatujen tulosten perusteella voidaan olettaa, että aikaviiveen suuruus ohjaa päätöksentekoa intertemporaalisessa valinnassa ja eri aivojärjestelmät aktivoituvat sen mukaan, millaisia vaihtoehtoja jollain aikavälillä on tarjolla (voittoja vai tappioita).

Kun kyseissä tutkimuksissa tutkittiin voitollisten intertemporaalisten päätösten vaikutusta aivojen aktiivisuuteen, niin huomattiin, että saadut tulokset olivat yhdenmukaisia edellä mainitussa McCluren ym. (2004) tekemässä tutkimuksessa. Molemmissa tutkimuksissa löydettiin viitteitä siitä, että limbinen järjestelmä ja

etuotsalohkon aivoalueet reagoivat sekä välittömästi että viiveellä saatavien rahapalkkioiden diskonttaamiseen. Tämän lisäksi havaittiin se, että etuotsalohkon sivuosien ja päälaenlohkon kuoren alueet reagoivat pitkän aikavälin intertemporaalisiin valintoihin. Tämä havainto on johdonmukainen McCluren ym. (2004) idean kanssa, jonka mukaan ne hermostolliset toiminnot, jotka liittyvät harkintaan ja tietoiseen toimintaan, ovat aktiivisina myös tulevaisuuden suunnittelussa ja pitkän aikavälin päätöksenteossa. (Faralla ym. 2015: 42.)

Tutkimuksessa kyettiin lisäksi toistamaan McCluren ym. (2004) tutkimustulokset liittyen välittömästi saataviin vaihtoehtoihin, sillä taaemman pihtipoimun ja etuotsalohkon kuoren keskiosa oli esitetty heidän artikkelissaan sellaisina aivoalueina, jotka olivat erityisen aktiivisia silloin, kun rahapalkkio oli saatavilla välittömästi. Tämän myötä saatiin lisää vahvistusta sille väitteelle, että limbisellä järjestelmällä on merkittävä rooli impulsiivisessa käyttäytymisessä. (Faralla ym. 2015: 42.)

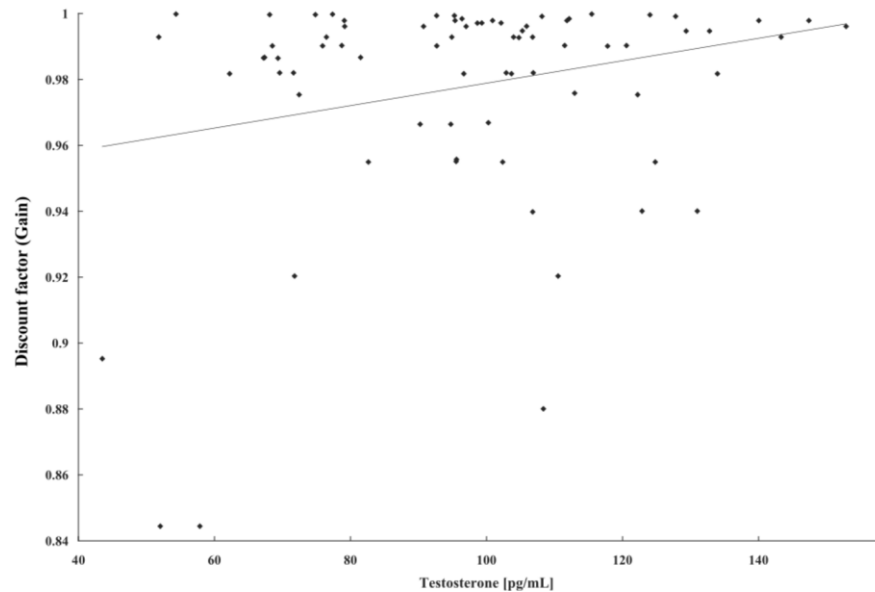
4.3.2 Hormonien vaikutus intertemporaaliseen päätöksentekoon

Hormonien vaikutus aivoissa näkyy monella tavalla sosiaalisessa käyttäytymisessä ja taloudellisessa päätöksenteossa. Tämän takia on mielekää pohtia hormonien vaikutusta intertemporaalisessa päätöksenteossa ja sitä, millä tavalla hormonit muokkaavat yksilöiden omakohtaisia diskonttausfunktioita. Diskonttausfunktioiden muuttajien roolin selittäminen on taloudellisesti merkityksellistä ja kuten aiemmissa tutkimuksissa on todettu, näille muuttujille on löydetty hermostotason korrelaatiokertoimia. Tästä huolimatta suurin osa intertemporaaliseen valintaan liittyvästä neurotaloustieteellisestä tutkimuksesta on keskittynyt havainnoimaan lähinnä hermostossa tapahtuvia diskonttaustasojen muutoksia, jonka vuoksi tutkimustulosten tulkinta on voinut olla haastavaa. (Takahashi, Sakaguchi, Oki, Toshikazu & Hasegawa 2008: 6.)

Tätä selvittääkseen Takahashi ym. (2008) tutkivat hormonitason muutosten ja diskonttausmuuttajien välistä korrelaatiota. Tutkimuksessa oli mukana ainoastaan miehiä, joten tutkimuksessa keskityttiin mieshormoninakin tunnetun testosteronin vaikutuksen tutkimiseen. Kyseisen hormonin on havaittu aiheuttavan

käyttäytymisessä impulsiivisuutta ja aggressiivisuutta. Aiemmissa tutkimuksissa on havaittu, että kun testosteronin eritystä lisätään lyhyessä ajassa, niin tämä on aiheuttanut impulsiivisen ja riskipitoisen käyttäytymisen lisääntymistä uhkapelitalanteessa. Tästä huolimatta testosteronin vaikutus impulsiivisuuteen intertemporaalisessa päätöksenteossa on ollut epäselvä. (Takahashi ym. 2008: 6.)

Tutkimukseen osallistui 75 miestä ja koetilanteissa tuli tehdä valinta sekä kahden voitollisen että kahden tappiollisen lopputuleman välillä. Tutkimuksessa käytettiin hyperbolista diskonttausfunktiota. Tuloksista havaittiin, että riippumatta testosteronitasoista tappioiden diskonttausaste oli pienempi kuin voittojen. Tutkimuksessa havaittiin positiivinen korrelaatio testosteronitasojen ja niiden valintatilanteiden kanssa, joissa suosittiin myöhemmin saatavia voittoja. Tehtäessä valintaa kahden tappiollisen tilanteen välillä korrelaatiota testosteronitasojen kanssa ei havaittu. Eli kuten Takahashi ym. (2008) esittävät, toisin kuin aiemmissa tutkimuksissa, joissa testosteronin havaittiin lisäävän impulsiivisuutta, niin tässä tutkimuksessa testosteronin vaikutti aiheuttavan kärsivällisyyttä (eli testosteronin määrä korreloi myöhempien valintojen määrän kanssa). Takahashin ym. (2008) tutkimuksessa esittämässä kuviossa 5 kuvataan testosteronipitoisuuksien (vaaka-akseli) ja hyperbolisen diskonttausfunktion diskonttausmuuttujan (pystyakseli) välistä positiivista korrelaatiota.



Kuvio 5. Testosteronitason ja diskonttausmuuttujan välinen korrelaatio (Takahashi ym. 2008: 12)

Intertemporaalisia valintoja tehdään yleensä stressiä aiheuttavissa tilanteissa. Stressihormonin lisääntymisen on tiedetty aiheuttavan säännönmukaisesti impulsiivisuutta ja sitä kautta lyhytkatseista käyttäytymistä. Tähän mennessä tehdyissä tutkimuksissa on myös havaittu, että stressin äkillisellä kasvulla on vaikutusta tuottavuuteen, riskikäyttäytymiseen ja sosiaalisiin mieltymyksiin. (Riis-Vestergaard, van Ast, Cornelisse, Joëls & Haushofer 2018: 173.)

Riis-Vestergaard ym. (2018) tutkivat stressihormoni kortisolin vaikutusta intertemporaaliseen päätöksentekoon. Ennen tätä tutkimusta oli epäselvää, millä lailla stressi vaikuttaa diskonttaukseen päätöksenteossa. Ristiriitaisia tutkimustuloksia selitetään sillä, että tutkimuksissa käytetyt stressiä lisäävät toimet (esimerkiksi käden upottaminen jääkylmään veteen tai kuumuudesta johtuvan kivun lisääminen) poikkeavat liikaa toisistaan. Tämä taas johtaa siihen, että vaikka stressihormonin tuotanto molemmissa edellä mainituissa koetilanteissa lisääntyisi, niin koetilanteiden aiheuttamat reaktiot poikkeavat esimerkiksi adrenaliinitasoissa ja sykkeissä liikaa toisistaan. Tästä syystä tutkimukset eivät ole vertailukelpoisia.

On myös havaittu, että kortisoli vaikuttaa elimistössä lyhyellä ja pitkällä aikavälillä eri tavalla riippuen ruumiin nopeasti ja hitaasti toimivista mekanismeista. On

huomattu, että välittömästi stressaavan tilanteen jälkeen erittyy kortikosteroidihormonia, jonka on huomattu lisäävän tunteisiin ja vietteihin perustuvaa käyttäytymistä tavoitteellisen ja vaativien kognitiivisten toimintojen kustannuksella. Tätä toimintatapaa on perusteltu sillä, että se auttaa elimistöä pitäytymään elintoimintojen kannalta merkittävimmissä toimissa. (Riis-Vestergaard ym. 2018: 173-174.)

Pitkällä aikavälillä kortisolin tarkoitus on palauttaa elintoiminnot stressaavan tilanteen jälkeen homeostaasiin eli vakaaseen tilaan. Tämä toteutuu käyttäytymisessä niin, että työmuisti ja keskittymistä vaativa toiminta vahvistuvat pitkällä aikavälillä. Eli toisin sanoen hitaasti toteutuvat vaikutukset edistävät stressaavan tilanteen tiedostamista ja sitä kautta auttavat elimistöä tulevaisuudessa toimimaan stressaavassa tilanteessa opitulla tavalla. Tästä voidaan tehdä johtopäätös, jonka mukaan kortisolin erityksen tarkoitus on lyhyellä aikavälillä keskittyä olennaisten elintoimintojen ylläpitämiseen ja pitkällä aikavälillä opettaa elimistöä reagoimaan tulevaisuudessa vastaaviin tilanteisiin oikealla tavalla. Näihin oletuksiin perustuen tutkimuksessa lähdettiin siitä oletuksesta, että kortisoli lisää diskonttausta heti, kun sitä on tuotettu elimistössä ja diskonttaus vähenee sitä mukaa, mitä kauemmin sen tuottamisesta on kulunut aikaa. (Riis-Vestergaard ym. 2018: 173-174.)

Aiemmin tässä tutkielmassa esitetyissä intertemporaalisuuteen liittyvissä tutkimuksissa koehenkilöiden toteuttamat diskonttausfunktiot otettiin annettuna ilman ulkopuolista vaikutusta, ja tästä syystä on hyödyllistä kuvata tilannetta, jossa ihmisen päätöksentekoon vaikutetaan ulkoapäin. Riis-Vestergaardin ym. tutkimuksessa koehenkilöt jaettiin kolmeen ryhmään. Ensimmäinen ryhmä sai hydrokortisonia (kyseisen aineen on tiedetty lisäävän stressiä) lyhyellä aikavälillä (15 minuuttia ennen päätöksentekotilannetta), toinen ryhmä pitkällä aikavälillä (195 minuuttia ennen päätöksentekotilannetta). Nämä aikamääreet perustuivat edellä mainittuihin stressihormonin vaikutusmekanismeihin ja niihin liittyviin aikoihin. Tämän lisäksi molemmat ryhmät saivat lumelääkettä eri ajankohdissa siten, että se ryhmä, joka sai aitoa hydrokortisonia lyhyellä aikavälillä, sai lumelääkettä 195 minuuttia ennen päätöksentekotilannetta ja vastaavasti pitkällä aikavälillä aitoa hydrokortisonia saanut ryhmä sai lumelääkettä 15 minuuttia ennen päätöksentekotilannetta. Näiden kahden ryhmän lisäksi mukana oli kontrolliryhmänä

toiminut kolmas ryhmä, joka sai molemmissa tilanteissa lumelääkettä. Kaikissa koetilanteissa tuli tehdä päätös kahden positiivisen useassa eri ajankohdassa tapahtuvan lopputuleman välillä (aiemmin saatava summa vaihteli ja myöhemmin saatava summa oli aina 20 euroa). (Riis-Vestergaard ym. 2018: 174-175.)

Päätöksentekotilanteita analysoitaessa havaittiin, että ryhmässä, joka sai hydrokortisonia 15 minuuttia ennen valintatilannetta, diskonttaustasot kasvoivat merkittävästi, mutta hydrokortisonia 195 minuuttia ennen valintaa saanut ryhmä käyttäytyi samalla tavalla kuin molemmissa ajankohdissa pelkkää lumelääkettä saanut ryhmä. Näihin tutkimustuloksiin perustuen Riis-Vestergaard ym. (2018) toteavat, että stressin kasvu lyhyellä aikavälillä kasvattaa diskonttausta ja pitkällä aikavälillä stressillä ei ole vaikutusta valintatilanteessa. Tutkimuksessa ei kuitenkaan ollut tilannetta, jossa koehenkilöt olisivat joutuneet tekemään useita valintatilanteita peräkkäin, joten tämän tutkimuksen perusteella on vaikea sanoa, tapahtuiko stressaavassa tilanteessa edellä mainittua pitkän aikavälin oppimista seuraavaa tilannetta varten.

Edellä esitetyn tutkimuksen merkittävin havainto on se, että stressin lisääntyessä yksilön kärsimätön käyttäytyminen lisääntyy. Tämä tulkinta perustuu siihen havaintoon, kuinka koehenkilöt olivat alttiimpia luopumaan suuremmasta myöhemmin saatavasta palkkiosta saadakseen pienemmän ja aiemmin saatavan palkkion välittömästi sen jälkeen, kun heidän elimistönsä lisättiin hydrokortisonia. Tämän lisäksi havaittiin, että hydrokortisonin vastaanotto elimistöön useita tunteja ennen päätöksentekoa ei vaikuta kärsimättömyyteen tai nykyhetken suosimiseen. Tästä voidaan päätellä, että akuutista stressitasosta palautuminen kestää alle kolme tuntia tai sitten kyse on siitä, että hydrokortisonista aiheutuneet pitkän aikavälin vaikutukset kumoavat lyhyen aikavälin vaikutukset. (Riis-Vestergaard ym. 2018: 180.)

5 YHTEENVETO

Tässä tutkielmassa kuvattiin eri tapoja, joilla taloustiedettä voidaan hyödyntää neurotieteellisissä tutkimuksissa. Taloustieteen teoreettiset viitekehykset ovat hyödyllisiä silloin, kun halutaan tutkia yksittäisiä muuttujia kuten hormonitasoja tai tietyn aivoalueen aktiivisuuden vaikutusta käyttäytymiseen. Tämän lisäksi neurotieteitä hyödyntäen käyttäytymistaloustieteellisissä tutkimuksissa ei tarvitse enää nojata pelkästään koehenkilöiden valintapäätöksiin, sillä neurotieteet voivat auttaa silloin, kun tutkimustulosten tulkinnat perustuvat pelkästään käyttäytymisen havainnointiin tai kyselytutkimusten vastauksiin.

Neurotaloustieteellisiä tutkimustuloksia tulkittaessa voidaan todeta, että kyseisellä alalla tarvitaan vielä enemmän tutkimuksia sen suhteen, mitkä aivoissa tapahtuvat prosessit todellisuudessa selittävät ihmisten valintoja. Kuten ultimatum-peleihin ja intertemporaaliseen päätöksentekoon liittyvissä kokeissa havaittiin, tutkimustulokset riippuivat siitä, millainen käsitys tutkijoilla on aivojen eri mekanismeista. On myös mahdollista, että tässä tutkielmassa esitetyissä tutkimuksissa ei havaittu ollenkaan sellaisia syy-seuraussuhteita, jotka vaikuttavat merkittävästi päätöksentekoon.

Neurotaloustieteessä esitettyjä oletuksia kohtaan on kuitenkin esitetty kritiikkiä. Neurotaloustieteessä oletetaan, että psykologiassa ja neurotieteissä saatuja tutkimustuloksia voidaan hyödyntää suoraan taloustieteellisissä teorioissa, ja että näitä tutkimustuloksia voidaan käyttää joko todistamaan tai hylkäämään taloustieteellisiä malleja. Tämä näkemys on virheellinen sen vuoksi, että siinä ymmärretään väärin taloustieteessä käytetyt menetelmät ja aliarvioidaan taloustieteellisten mallien joustavuus. Taloustiede ja psykologia keskittyvät eri ongelmiin, käyttävät erilaisia käsitteistöjä ja keskittyvät eri tyyppiseen empiriseen aineistoon. Neurotieteelliset tutkimustulokset eivät voi kumota taloustieteellisiä malleja, sillä kyseiset mallit eivät tee oletuksia tai johtopäätöksiä liittyen aivojen fysiologiaan. (Gul & Pesendofer 2005: 4.)

Camerer ym. (2004) ovat esittäneet neurotieteellisiä tutkimustuloksia, jotka kritisoivat taloustieteessä käytettyjä määritelmiä mieltymyksistä sekä näihin mieltymyksiin liittyviä johtopäätöksiä. He käyttävät esimerkkinä tilannetta kahdesta

henkilöstä, jotka eivät halua ostaa pähkinöitä. Heidän kuvaamassaan tilanteessa tiedetään, että ensimmäinen henkilö ei halua ostaa pähkinöitä, sillä hän voi saada niistä hengenvaarallisen allergisen reaktion. Toinen tilanteessa esitelty henkilö ei halua ostaa pähkinöitä, sillä hän on aiemmin huvipuistossa ollessaan syönyt liikaa pähkinöitä ja tästä syystä alkanut voida pahoin. Vaikka esitetyssä lähtötilanteessa molemmilla henkilöillä on identtiset mieltymykset pähkinöitä kohtaan, niin Camerer ym. esittävät, että neurotieteet voivat antaa merkittävää tietoa tilanteeseen liittyen. Pähkinöille allerginen henkilö ei ole valmis maksamaan mitään pähkinöistä (hänen kysyntänsä on joustamatonta), mutta toinen henkilö on mahdollisesti halukas ostamaan pähkinöitä toisella hinnalla. (Camerer ym. 2004: 563.)

Edellä mainittua tilannetta ei kuitenkaan voida pitää osoituksena neurotieteen hyödyllisyydestä tai taloustieteen puutteellisuudesta. On mahdotonta tehdä yleistettäviä johtopäätöksiä yhden tilanteen perusteella ja taloustieteessä on pitkään tutkittu paljastuneiden mieltymysten teoriaa, jossa erityisesti keskitytään yksilöiden hyötyfunktioihin. Eli toisin sanoen se, että kaksi yksilöä eivät ole valmiita maksamaan tiettyä hintaa pähkinöistä, ei tarkoita taloustieteessä sitä, että he ovat esittäneet identtiset mieltymykset, ja että taloustieteellisen teorian mukaan merkittävää lisätietoa tilanteeseen voidaan esittää pähkinöiden hinnanmuutoksen kautta. Toisin kuin Camerer ym. (2004) olettavat, niin tietyn hintatason suosimisen syyt eivät tässä tilanteessa ole taloustieteen kannalta merkityksellisiä. Ainoastaan tieto siitä, että on olemassa hinta, jolla ei-allerginen henkilö on valmis ostamaan pähkinöitä, on taloustieteen kannalta merkityksellistä. Tässä kuvailtu tilanne on osoitus siitä, kuinka taloustieteellisten mallien käyttötapoja ja joustavuutta ei välttämättä ymmärretä neurotieteissä. (Gul & Pesendofer 2005: 19.)

Neurotieteet voivat kuitenkin tuoda lisäarvoa taloustieteelliseen tutkimukseen. Neurotieteissä käytetyt mittaustavat voivat olla hyödyllisiä silloin, kun muut tietolähteet ovat epäluotettavia tai puolueellisia kuten esimerkiksi kyselytutkimuksissa. Toiseksi neurotaloustieteellinen tutkimus voi parhaassa tapauksessa yhdistää aivoissa havaitut mekanismit muuttujiin, joita ei voida havaita (kuten mieltymykset ja uskomukset), joita hyödyntäen voidaan perustella havaittua käyttäytymistä. Neurotieteet voivat myös mahdollisesti parantaa funktioiden ja kaavojen tarkkuutta taloustieteellisissä malleissa. (Camerer ym. 2004: 574.)

Kun tutkitaan prospektiteoriaan, ultimatum-peliin ja intertemporaaliseen päätöksentekoon liittyviä neurotaloustieteellisiä tutkimuksia, niin voidaan löytää useita eri tapoja, joilla neurotieteet ja taloustiede voivat hyötyä toisistaan. Neurotieteet voivat vahvistaa taloustieteessä luotujen teorioiden paikkansapitävyyttä. Esimerkiksi prospektiteoriaa käsittelevässä luvussa esitettiin tutkimus, jossa käsiteltiin käyttäytymistaloustieteestä tunnettua tappiokammon käsitettä, ja tämän käyttäytymistavan olemassaolo pystyttiin havaitsemaan myös hermostotasolla. Neurotieteet voivat myös tarjota mahdollisesti hyödyllistä tietoa siinä tilanteessa, kun jollekin käyttäytymistavalle on kaksi kilpailevaa teoriaa. Esimerkiksi intertemporaalista päätöksentekoa tutkiessa voidaan saada lisätietoa liittyen siihen, millainen diskonttaustapa intertemporaalisessa päätöksenteossa vastaa parhaiten todellisuutta.

Neurotieteet ja taloustiede ja voivat myös hyötyä toisistaan siten, että neurotieteellisissä tutkimuksissa voidaan käyttää taloustieteellisiä teorioita ja malleja suoraan silloin, kun jotain käyttäytymistapaa tai aivojen toimintatapaa pitää selittää ymmärrettävällä tavalla. Esimerkiksi testosteronin vaikutusta selittävässä tutkimuksessa neurotieteilijät pystyivät käyttämään suoraan hyperbolista diskonttausfunktiota selittääkseen testosteronin vaikutusta taloudelliseen käyttäytymiseen. Näitä edellä mainittuja hyödyntämistapoja käyttäen neurotaloustiede voi uusia tutkimuksia tehtäessä kehittää jo olemassa olevia taloustieteellisiä teorioita ja tuoda lisätietoa niihin syihin, millä perusteella ihmiset tekevät päätöksiä.

LÄHTEET

- Ashraf, N., Camerer, C. F., Loewenstein, G. (2005). Adam Smith, Behavioral Economist. *Journal of Economic Perspectives* 19(3), 131–145.
- Benartzi, S. & Thaler, R. (1995). Myopic Loss Aversion and the Equity Premium Puzzle. *The Quarterly Journal of Economics* 110(1), 73–92.
- Breiter, H. C., Aharon, I., Kahneman, D. & Shizgal P. (2001). Functional imaging of neural responses to expectancy and experience of monetary gains and losses. *Neuron* 30(2), 619–639.
- Camerer, C. (2005). Three Cheers — Psychological, Theoretical, Empirical — for Loss Aversion. *Journal of Marketing Research* 42(2) 129–133.
- Camerer, C., Loewenstein, G. & Prelec, D. (2004) Neuroeconomics: Why Economics Needs Brains. *The Scandinavian Journal of Economics* 106(3), 555–579.
- Camerer, C., Loewenstein, G. & Prelec, D. (2005) Neuroeconomics: How Neuroscience Can Inform Economics. *Journal of Economic Literature* 43(1), 9–64.
- Carmon, Z. & Ariely, D. (2000). Focusing on the Forgone: How Value Can Appear So Different to Buyers and Sellers. *Journal of Consumer Research* 27(3), 360–370.
- De Martino, B., Camerer C. F., Adolphs, R. (2010). Amygdala damage eliminates monetary loss aversion. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107(8), 3788–3792.
- De Martino, B., Kumaran, D., Holt, B. & Dolan, R. J. (2009). The neurobiology of reference-dependent value computation. *Journal of Neuroscience* 29(12), 3833–3842.
- Evans, J. (2008). Dual-Processing Accounts of Reasoning, Judgment, and Social Cognition. *Annual Review of Psychology* 59, 255–278.
- Faralla, V., Benuzzi, F., Lui, F., Baraldi, P., Dimitri, N. & Nichelli, P. (2015). Neural correlates in intertemporal choice of gains and losses. *Journal of Neuroscience, Psychology, and Economics*, 8(1), 27-47.
- Fishburn, P. C. & Rubinstein, A. (1982). Time Preference. *International Economic Review*, 23(3), 677–694.
- Fox, C. R. & Poldrack, R. A. (2014). Prospect Theory and the Brain. Teoksessa: Glimcher, P. & Fehr, E. *Neuroeconomics: Decision Making and the Brain*. Oxford: Academic Press, 533–567.

- Frederick, S., Loewenstein, G. & O'Donoghue, T. (2002). Time Discounting and Time Preference: A Critical Review. *Journal of Economic Literature*, 40(2), 351–401.
- Galanter, E. (1990). Utility functions for nonmonetary events. *American Journal of Psychology*, 103(4), 449–470.
- Gul, F., and Pesendorfer, W. (2008). The Case for Mindless Economics. Teoksessa: Caplin, A. & Schotter, A. *Positive and Normative Economics*. New York: Oxford University Press, 3–39.
- Glimcher, P. W., Dorris, M. C. & Bayer, H. M. (2004) Physiological utility theory and the neuroeconomics of choice. *Games and Economic Behavior* 52(2), 213-256.
- Glimcher, P. & Fehr, E. (2014). Introduction: A Brief History of Neuroeconomics. Teoksessa: Glimcher, P. & Fehr, E. *Neuroeconomics: Decision Making and the Brain*. Oxford: Academic Press, xvii–xxvii.
- Greene, J. D. (2007) Why Are VMPFC Patients More Utilitarian?: A Dual-Process Theory of Moral Judgment Explains. *Trends in Cognitive Sciences*. 11(8), 322–323.
- Halko, M. (2006). Mullistaako taloustiede valintateorian?. *Kansantaloudellinen aikakauskirja* 102(1), 5–20.
- Hasler, G. (2011). Can the neuroeconomics revolution revolutionize psychiatry?. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 36(1), 64–78.
- Henrich, J., Boyd, R., Bowles, S., Camerer, C., Fehr, E., Gintis, H. & McElreath, R. (2001). In Search of Homo Economicus: Behavioral Experiments in 15 Small-Scale Societies. *The American Economic Review* 91(2), 73–78.
- Jensen, K., Call, J. & Tomasello, M. (2007). Chimpanzees are rational maximizers in an ultimatum game. *Science* 318(107), 107–109.
- Kable, J. W. & Glimcher, P. W. (2007). The neural correlates of subjective value during intertemporal choice. *Nature Neuroscience* 10(12), 1625–1633.
- Kable, J. W. & Glimcher, P. W. (2010). An “As Soon As Possible” Effect in Human Intertemporal Decision Making: Behavioral Evidence and Neural Mechanisms. *Journal of Neurophysiology* 103(5), 2513–2531.
- Kable, J. W. (2014). Valuation, Intertemporal Choice, and Self-Control. Teoksessa: Glimcher, P. & Fehr, E. *Neuroeconomics: Decision Making and the Brain*. Oxford: Academic Press, 173–192.
- Kahneman, D., Knetsch, J. & Thaler R. (1990). Experimental Tests of the Endowment Effect and the Coase Theorem. *Journal of Political Economy* 98(6), 1325–1348.

- Kahneman, D. & Tversky, A. (1979). Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. *Econometrica* 47(2), 263–292.
- Kahneman, D. & Tversky, A. (1981). The framing of decisions and the psychology of choice. *Science*, 211(4481), 453–458.
- Knoch, D., Pascual L., Meyer, K., Treyer, V. & Fehr, E. (2006). Diminishing Reciprocal Fairness by Disrupting the Right Prefrontal Cortex. *Science* 314(5800), 829–832.
- Knutson, B., Wimmer, G. E., Rick, S., Hollon, N. G., Prelec, D. ,& Loewenstein, G. (2008). Neural antecedents of the endowment effect. *Neuron* 58(5), 814–822.
- Koenigs, M. & Tranel, D. (2008). Prefrontal cortex damage abolishes brand-cued changes in cola preference. *Social Science and Cognitive Neuroscience* 3(1), 1–6.
- Koenigs, M., Young, L., Adolphs, R., Tranel, D., Cushman, F., Hauser, M., Damasio, A. (2007). Damage to the prefrontal cortex increases utilitarian moral judgements. *Nature* 446(7138), 908–911.
- Kosfeld, M., Heinrichs, M., Zak, P. J., Fischbacher, U. & Fehr, E. (2005). Oxytocin increases trust in humans. *Nature* 435, 673–676.
- Laibson, D. (1997). Golden Eggs and Hyperbolic Discounting. *The Quarterly Journal of Economics* 112(2), 443–478.
- MacKillop, J., Amlung, M. T., Wier, L. M., David, S. P., Ray, L. A., Bickel, W. K. & Sweet, L. H. (2012). The neuroeconomics of nicotine dependence: A preliminary functional magnetic resonance imaging study of delay discounting of monetary and cigarette rewards in smokers. *Psychiatry Research: Neuroimaging* 202(1), 20–29.
- Mazur, J. E. (1987). An adjusting procedure for studying delayed reinforcement. Teoksessa Commons, M. L., Mazur, J. A. & Rachlin, H. *Quantitative analyses of behavior, Vol. 5. The effect of delay and of intervening events on reinforcement value*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 55–73.
- McClure, S. M., Laibson, D. I., Loewenstein, G. & Cohen, J. D. (2004). Separate Neural Systems Value Immediate and Delayed Monetary Rewards. *Science* 306(5695), 503–507.
- McClure, S. M., Ericson, K. M., Laibson, D. I., Loewenstein, G. & Cohen, J. D. (2007). Time Discounting for Primary Reward. *The Journal of Neuroscience* 27(21), 5796–5804.
- McGraw, P., Larsen, J. T., Kahneman, D. & Schkade, D. (2010). Comparing gains and losses. *Psychological Science* 21(10), 1363–1368.
- Moll, J. & de Oliveira-Souza, R. (2007). Response to Greene: Moral sentiments and reason: friends or foes? *Trends in Cognitive Sciences* 11(8), 323–324.

- Nowak, M. A., Page, K. M., Sigmund, K. (2000). Fairness versus reason in the ultimatum game. *Science* 289(5485), 1773–1775.
- Osborne, M. J. (2009). *An Introduction to Game Theory*. New York: Oxford University Press.
- Rabin, M. (2000). Risk aversion and expected-utility theory: A calibration theorem. *Econometrica* 68(5), 1281–1292.
- Rick, S. (2011). Losses, gains, and brains: Neuroeconomics can help to answer open questions about loss aversion. *Journal of Consumer Psychology* 21, 453–463.
- Riis-Vestergaard, M. I., van Ast, V., Cornelisse, S., Joëls, M. & Haushofer, J. (2018) The effect of hydrocortisone administration on intertemporal choice. *Psychoneuroendocrinology* 88, 173–182.
- Rushworth, M. F. & Behrens, T. E. (2008). Choice, uncertainty and value in prefrontal and cingulate cortex. *Nature Neuroscience* 11(4), 389–397.
- Samuelson, P. (1937). A Note on Measurement of Utility. *Review of Economic Studies*, 4(2), 155–161.
- Sanfey, A. G., Rilling, J. K., Aronson, J. A., Nystrom, L. E., Cohen, J. D. (2003). The Neural Basis of Economic Decision-Making in the Ultimatum Game. *Science* 300(5626), 1755–1758.
- Smith, E., E. & Jonides J. (2000). The Cognitive Neurosciences of Categorization. Teoksessa: Gazzaniga, M. S. (toim.). *The New Cognitive Neurosciences*. Massachusetts: MIT Press, 1013–1022.
- Sokol-Hessner, P., Hsu, M., Curley, N. G., Delgado, M. R., Camerer, C. F. & Phelps, E. A. (2009). Thinking like a trader selectively reduces individuals' loss aversion. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(13), 5035–5040.
- Takahashi, T., Sakaguchi, K., Oki, M. & Hasegawa, T. (2008). Sex hormonal modulation of hyperbolic discount factor in men. *Journal of Neuroscience, Psychology, and Economics*, 1(1), 7-16.
- Takahashi, T. (2009). Theoretical Frameworks for Neuroeconomics of Intertemporal Choice. *Journal of Neuroscience, Psychology, and Economics* 2(2), 75–90.
- Thaler, R. (1981). Some empirical evidence on dynamic inconsistency. *Economics Letters* 8(3), 201–207.
- Thaler, R. (1988). Anomalies: The Ultimatum Game. *Journal of Economic Perspectives* 2(4), 195–206.

- Thaler, R. H. & Sunstein, C. R. (2003). Libertarian Paternalism. *American Economic Review*, 93 (2): 175-179.
- Tom, S. M., Fox, C. R., Trepel, C. & Poldrack, R. A. (2007). The Neural Basis of Loss Aversion in Decision-Making Under Risk. *Science* 315(5811), 515–518.
- Tversky, A. & Kahneman, D. (1992). Rational Choice and the Framing of Decisions. *The Journal of Business* 59(4), 251–278.
- Varian, H. (2010) *Intermediate Microeconomics: A Modern Approach* (8. painos). New York: W. W. Norton & Company.
- Weber, B., Aholt, A., Neuhaus, C., Trautner, P., Elger, C. E. & Teichert, T. (2007). Neural evidence for reference-dependence in real-market-transactions. *NeuroImage* 35(1), 441–447.
- Widman, A. (2009). Neuroeconomics and the Ultimatum Game: A Glimpse into the Rationale of Fairness and its Role in the Brain. *Stanford Journal of Neuroscience* 2, 2–6.