



Abant Sosyal Bilimler Dergisi

Journal of Abant Social Sciences

2023, 23(1): 231-262, doi: 10.11616/asbi.1213602



Nörofinansın Sinirsel Bağlantıları Üzerine

On the Neural Circuits of Neurofinance

Yusuf POLAT¹ 

Geliş Tarihi (Received): 02.12.2022

Kabul Tarihi (Accepted): 10.03.2023

Yayın Tarihi (Published): 30.03.2023

Öz: Bu çalışmada ekonomik ve finansal olarak algı, tutum ve davranışta, bireysel ve sosyal karar vermede, ödül-ceza, kayıp-kazanç ve risk durumlarında yer alan nöral devrelere yönelik rapor edilmiş kanıtların gözden geçirilmesi amaçlanmaktadır. Beklenti Teorisinin nörobiyolojik bir temelini oluşturmayı hedefleyen nöroekonomi ve nörofinans araştırmalarının bulguları ışığında spesifik beyin bölgelerinin tanıtılması ve çoklu sinirsel devrelerin betimsel olarak haritalandırılması yoluyla literatüre katkıda bulunulması hedeflenmektedir. Araştırmalar nörogörüntüleme, hayvan deneyleri, beyin lezyonları, nörotransmitter ve nöroendokrin sistem ile psikopatolojik kohortlara kadar geniş bir alana yayılmaktadır. Öte yandan söz konusu disiplinlerin ve yöntemlerin net biçimde birbirinden soyutlanarak ele alınması mümkün olmamakla birlikte, bu çalışmada, özelinde, nörolojik bulguların ön planda tutularak, ilgili noktalarda psikiyatriden ve farmakolojiden gerekli açıklamalar yapılarak ve nörolojik dil mümkün olduğunca nöroekonomi ve nörofinansla indirgenerek ve sadeleştirilerek yorumlanmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Nörofinans, Finansal Karar Verme, Kayıp-Risk, Ödül-Ceza, Sosyal Karar Verme

&

Abstract: This paper aims to review the reported evidence for neural circuits involved in economic and financial perception, attitude and behavior; individual and social decision making; reward-punishment, loss-gain and risk situations. It is aimed to contribute to the literature by introducing specific brain regions and descriptive mapping of multiple neural circuits in the light of the findings of neuroeconomics and neurofinance research, which aims to establish a neurobiological basis of Prospect Theory. Research ranges from neuroimaging, animal experiments, brain lesions, neurotransmitter and neuroendocrine system to psychopathological cohorts. On the other hand, although it is not possible to deal with these disciplines and methods in clear isolation from each other, in this study, it has been tried to be interpreted by keeping neurological findings in the foreground, by making necessary explanations from psychiatry and pharmacology at relevant points, and by reducing and simplifying neurological language to neuroeconomics and neurofinance as much as possible.

Keywords: Neurofinance, Financial Decision Making, Loss-Risk, Reward-Punishment, Social Decision Making

Atıf/Cite as: Polat, Y. (2023). Nörofinansın Sinirsel Bağlantıları Üzerine. *Abant Sosyal Bilimler Dergisi*, 23(1), 231-262 doi: 10.11616/asbi.1213602

İntihal-Plagiarizm/Etik-Ethic: Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/asbi/policy>

Copyright © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2000 – Bolu

¹ Dr., Yusuf Polat, Aksaray Üniversitesi, yusufpolat@aksaray.edu.tr.

1. Giriş

İnsan ve hayvanlar üzerinden yapılan birçok farklı çalışmada ekonomik değer, ödül/ceza, kayıp/risk vs. gibi kavramların altında yatan sinirsel mekanizmalar ve bağlantılar incelenegelmekte (Platt ve Huettel, 2008), böylelikle ekonomik ve finansal bir olguda algı, motor davranış, karar, düşünce, duygular, ruh hali ve bilincin nasıl etkilendiği anlaşılmaya çalışılmaktadır (Ross vd., 2008). Nörofinans olarak ortaya çıkan disiplin için temel arayış insanın sistematik olarak genellenebilir özelliklerinin tespit edilebildiği bir beyin haritasını teorileştirmektir (Shanteau ve Edwards, 2015:3). Bu doğrultuda nöroekonomi ve nörofinans moleküler sinirbilim, hücrel sinirbilim, nöroanatomi, nörofizyoloji, sistem sinirbilimi, nörogörüntüleme, nöropsikoloji, nöroetoloji, afektif sinirbilim, davranışsal sinirbilim, bilişsel sinirbilim, sosyal sinirbilim, klinik vakalar, hesaplamalı sinirbilim gibi disiplinler ile iş birliği içerisinde (Srivastava vd., 2020). Nörofinans çalışmalarında yöntemsel olarak fMRI, PET, X-Ray, CT vs. gibi cihazların kullanıldığı deneyler ile psikiyatri, lezyonlar, inaktivasyon durumları, tahliller ve hayvan deneylerine başvurulmaktadır (Wargo vd., 2010b:152). Basit biçimde nörofinans karar verme dinamiklerini daha iyi anlamak için sinirbilim ve finansın birleşik bir çabası olarak ortaya çıkmıştır (Rocha vd., 2013). Ek olarak, nörofinansı anlayabilmek adına öncelikli olarak davranışsal finans ile bağlantılarının iyi bilinmesi gerekmektedir.

Davranışsal finans esasen özelinde neo-klasik iktisat, genelinde mevcut finans ve iktisat teorilerine yönelik ihlaller zincirini ortaya koymayı hedefleyen bir olgu olarak ortaya çıkmıştır. Neo-klasik aksiyomların ekonomik ajanın seçimlerine ilişkin temel mekanizmayı yansıtmadığı Allais ve Ellsberg paradokslarıyla eleştirilere maruz bırakılmış, müteakiben ortaya atılan sınırlı rasyonalite kavramının söz konusu tenkit ve tekzipleri savuşturmaya yetmediği görülmüştür. Belirsizlik altında insanın gerçek davranışlarını referans noktası, olasılıkların ağırlıklandırılması ve kazanç/kayıp noktalarının asimetrik yapısını içeren bir fayda indeksinin maksimizasyonu açısından betimleyen davranışsal iktisat ve finans salt reddiyeler yazan bir noktadan Beklenti Teorisi'ne doğru bir evrim geçirmiştir (Bossaerts ve Murawski, 2015). Bu bağlamda nörofinans, araştırma problemlerinin birçoğunu davranışsal finanstan ödünç alır, davranışlara ilişkin sinirsel düzenekleri tanımlamaya çalışarak davranışsal finansın asıl motivasyonu olan standart finansın teorilerinin başarısızlıklarını gösterme yönelik bir hedef sergiler (Miendlarzewska vd., 2019). Yanı sıra en basit biçimde bir ekonomik ve finansal davranışın beyinde nasıl işlendiğini açıklamaya çalışarak nihayetinde insan davranışını ve karar verme sürecini nörobiyolojik olarak ortaya koymayı hedefler (Wilson, 1999).

Halihazırda biyolojik olarak organizmalar hayatta kalma ve üremeye ilişkin optimizasyon problemlerinin çözümünde oldukça başarılı olarak addedilmektedir. Birincil pekiştireç denilen bu temel fizyolojik ihtiyaçlar söz konusu olduğunda, canlıların minimum risk ile maksimum kaynağa ulaşabilme kabiliyetlerinin olduğu kabul edilmektedir. Ancak problem beynin birincil pekiştireçler konusunda uzman olduğu kadar ikincil pekiştireç olarak kabul edilen para konusunda bu denli uzman olmamasından kaynaklanmaktadır. Paranın saklanabilir özelliği zihinsel olarak iskonto edilmesini güçleştirir ve bu da karar vermede daha uzun bir zaman ufku gerektirir. Günlük ihtiyaçların karşılanması gibi bazı kararlar sıkça ve otomatik bir biçimde yapılırken daha büyük yatırım ve girişimler yaşam süresi içinde nadiren karar vermeye konu olmaktadır. Profesyonellerin dahi finansal krizler, ekonomik şoklar, piyasa çöküşleri ve buhranlara ilişkin bilgi ve öngörülerini oldukça sınırlıdır. Üssel büyüme yanlılığı, emekliliğin planlanması, nominal ve reel değer, zihinsel muhasebe ve batık maliyetler, olasılıkların ağırlıklandırılması ve belirsizlik ile riskin kavranması salt bir finansal okuryazarlıktan daha fazlasını gerektirmektedir. Böylece, insanın sinirsel donanımının ikincil ödüllerin özelliklerine tamamen hâkim olmadığı ve özellikle avantajlı finansal kararlar alma konusunda uzman olmadığı anlaşılmaktadır (Miendlarzewska vd., 2019).

Buna yönelik olarak Adam Smith'ten itibaren duyguların ve hayvansal güdülerin söz konusu başarısızlıkları doğuran doğal bir faktör olduğu kabul edilegelmiş ve bu bağlamda davranışsal paradigma bilişsel faktörleri öncelik konusu yapmıştır. Ancak nörofinansın çok yakın çalışmaları duygu faktörünün basitçe bireyi rasyonaliteden uzaklaştırmadığını, zaman zaman rasyonaliteye yaklaştırdığını ve oldukça karmaşık bir yapısının olduğunu rapor etmektedir. Bu doğrultuda çalışma eksenini beynin

duygusal merkezi olan limbik sistem ile irade merkezi olan frontal lob arasındaki ilişkiye kaydırılmıştır. Burada genellenebilir bir özellik beynin içten dışa ve boyundan alın bölgesine doğru gidildikçe yaşamsal özelliklerden sofistike özelliklere doğru bir transformasyona sahip olduğu şeklindedir. Nitekim beynin ilkel yapıları olarak bilinen limbik sistemin duygusal/sezgisel, bilişsel sistemlerinin ise mantıklı/rasyonel olduğu kabul edilegelmeyle birlikte son çalışmalar böyle bir ayrımın net olmadığını öngörmekte ve özellikle uzmanlaşmış/alışılmış davranışların farklı bir değerlendirmeyi gerektirdiği anlaşılmaktadır (Ross vd., 2008). Bu bağlamda muhatap olunan sistemler ödül sistemi (zevk, arama, isteme, öğrenme), öfke sistemi (riske girme, agresyon, cezalandırma, eşitsizlik), korku/kaygı sistemi (kayıptan ve riskten kaçınma, öğrenme), sempatik sistem (panik, kaç/savaş ve donma tepkileri), empatik sistem (sosyal ilişkiler, adalet, alturizm, bağış) ve son olarak oyun sistemi gibi karmaşık duygusal/bilişsel mekanizmalar şeklindedir (Wargo vd., 2010b:158). Öte yandan sinir sisteminin evrimsel gelişimi beynin plastikliği anlamında nöroplastisite denilen yapı sayesinde değişen şartlara, çevresel koşullara ve sosyal etkileşimlere göre evrilen ve farklılaşabilen bir yapıya sahiptir (Valentin ve O'Doherty, 2009). İnsanlar ve hayvanlar bu plastisite sayesinde öğrenme davranışını gerçekleştirebilirler. Ancak değişen şartlara göre evrimleşebilen beynin refleksif yapısı sinaptik plastisiteye dahil değildir (Miendlarzewska vd., 2019). Diğer bir ifade ile bu esneklik başta sempatik sistem olmak üzere korku/kaygı ve öfke sistemi gibi noktalarda çok etkili olmayabilir. Beyin sapı gibi idare edilemez bölgeler istisna tutulursa frontal bölgeler ile limbik bölgeler için öğrenmenin mümkün olduğu ve halihazırda nörofinans çalışmalarının da bu devrenin etrafında şekillendiği anlaşılmaktadır. Bu çalışma kapsamında prefrontal korteksin ve limbik sistemin spesifik bölgelerine yönelik kanıtlar gözden geçirilmiş ve ardından çoklu sistemler olarak nöral devreler tanıtılmaya çalışılmıştır.

1. Sinirsel Bölgeler

Bu kısımda beynin spesifik bölgelerine ilişkin kısa ve belirleyici bilgiler sunulmaktadır. Bu alanda yapılan çalışmaların araştırma konuları davranışsal finanstan alınanlar dahil olmak üzere genel ekonomik ve finansal davranışların nöral bölgeler bağlamında incelenmesini kapsamaktadır. Halihazırda mevcut görüntüleme tekniklerinden önce özellikle duygu ve bilişin ekonomik davranışın sinirsel yapısına etkilerini araştırmak mümkün değildi (Pirouz, 2004). Nitekim günümüzde de bu deneylerin sadece laboratuvar ortamında yapılması, gerçek yaşam sahasına indirgenememesi eleştiri konusu olmaya devam etmektedir. Ancak bu sınırlılığın yanında bazı kolaylaştırıcı faktörler de söz konusudur. Başta psikopatoloji ile birlikte alana en çok katkıyı sağlayan ve ilk nöroekonomik çalışmalara öncülük eden beyin lezyonları hem beynin kritik alanlarının tespit edilmesinde hem de seçim sürecinin anlaşılmasında deneye hazır bir araştırma grubu sunmaktadır (Bechara ve Van Der Linden, 2005). Nörofinansın bu bağlamda tetikleyici unsuru psikiyatrik ve nörolojik hasarlı hastaların incelenmesi olmuştur (Reuter ve Montag, 2016b:69). Böylelikle, örneğin, amigdala korku ile alakalı bir bölge olarak kabul edilmekteyse, amigdala lezyonunda korkuyla ilişkili olarak kayıp ve riske ilişkin davranışların azalması veya ortadan kalkması öngörülebileceği için bu sinirsel bağlantıların bir anlamda sağlaması yapılabilmektedir. Örneğin, nasıl ki parietal korteks lezyonunda sağ ve sol yönleri karıştırma yahut oksipital lezyonlarda doğal olarak görmede bozulmalar olması öngörülmekteyse, frontal korteks lezyonlarında çoğunlukla normal davranışları sürdürebilme yeteneği devam ederken spesifik davranışlarda bozulmalar (kararsızlık, değerlendirme güçlükleri vs.) olması bu bölgenin fizyolojisinin tanınmasına katkıda bulunur. Ayrıca özellikle frontal lob hasarı olan hastaların genellikle bilişsel yetersizliklerinin farkında olmamaları ve bu eksikliklerinin ciddiyetini inkâr etme veya azaltma eğiliminde olmaları salt davranışsal ve psikolojik bulguların eksik bir betimleme sunabilme tehlikesini beraberinde getirebileceği için nörogörüntülemeye olan ihtiyaca vurguda bulunmak gerekmektedir (Bechara ve Van Der Linden, 2005). Bu doğrultuda sıklıkla verilen bir örnekte Elliot isimli çok başarılı bir bankacının orbitofrontal korteks lezyonu sonrası tedavisini tamamladığı, normal bir birey olarak aklı yerinde ve IQ düzeyinde bir problem olmadığı tespit edilmesine rağmen sonrasında işini bırakması, evliliğini bitirip bir hayat kadınıyla evlenmeye karar vermesi, servetini bir dolandırıcıya kaptırması ve tüm bunların 6 ay içerisinde gerçekleşmesi görünürde iyileştiği düşünülen bir lezyonun bilişsel etkilerinin önemini göstermektedir (Wallis, 2007). Son olarak nörofinansal çalışmaların sinirsel

bağlantıları yoğun biçimde ilgili kortikal ve subkortikal bölgeleri içerir (Poudel vd., 2017). Bu bağlamda prefrontal korteksin ve limbik bölgelerin ilgili alanlarına ilişkin kanıtlar gözden geçirilmektedir.

2.1. Prefrontal Korteks

Nörofinansın biyoloji ayağında yapılan çalışmaların ana değişkenlerinden biri subkortikal bölgeler, diğeri ise kortikal bölgeler, genelinde frontal korteks, özelinde ise prefrontal korteks (PFC) şeklindedir. Beynin karmaşık nöral yapısı her bir davranış için farklı biçimde devreye giren sinir ağlarının korelasyonlarına bağlı olarak farklı anatomik bölgelerde aktivasyonlar sergilerken, olasılıkla en kompleks aktivasyon bölgesi neredeyse tüm beyin bölgeleriyle bağlantıları olan PFC'dir (Erkan, 2016). Prefrontal bölge, evrim sürecinde en çok büyüyen ve bu nedenle insanları en yakın primat akrabalarından keskin şekilde ayıran beyin bölgesidir (Ardalan, 2018). Filogenetik ve ontogenetik olarak en fazla gelişmeye uğrayan ve bilişsel işlevlerde en fazla yer alan PFC yaratıcılık organı olarak anılmaktadır (Fuster, 2002:905). PFC ödülleri ve kayıplar yoluyla öğrenme, soyut düşünme, dürtülerin, sezgilerin ve içgüdülerin kontrolü, hesaplama, planlama ve akıl yürütme işlevi gibi insana özgü faaliyetlerin merkezidir (Wargo vd., 2010b:155). PFC'ye ilişkin bozukluklar içe dönüklük/dışa dönüklük, dikkat eksikliği/hiperaktivite bozukluğu, depresyon ve şizofreni, kayıtsızlık, kaygısızlık, dikkatsizlik, akinezi, abulya, ataksi, apraksi, bradikinezi, paranoya gibi semptomlar ile ilişkilendirilmektedir (Clark vd., 2010:128-130).

Nörofinans araştırmaları için PFC'nin en önemli işlevi olasılıkla duygu düzenlemesi (modülasyon) olup, bu modülasyon duygusal subkortikal sistemlerden gelen yanıtların değerlendirilerek kabul edilmesi, reddedilmesi veya bastırılmasını ifade eder (Ochsner vd., 2012). Ancak bu irade gücü ve bilişsel sistem tıpkı kas-iskelet sisteminde olduğu üzere bir enerji harcaması gerçekleştirir ve belirli bir noktada gücü tükenir. Ego tükenmesi olarak bilinen bu fenomen göz önünde bulundurulduğunda karar, tercih ve seçim gibi irade ve öz denetim gerektiren durumların özellikle prefrontal korteks ile ilişkili olması dolayısıyla bu bölgenin sınırlı kaynaklarının tükenmesi ve kendini kontrol etmede başarısızlığa neden olan nöral bir durum söz konusudur (Dou, vd., 2014; Tyburski, 2017:29). Ancak psikopatoloji bizlere tersine durumların örneklerini de vermektedir: yemeye karşı iradesizlik olan obezite ile yememeye karşı sıra dışı bir irade ifadesi olarak anoreksiya nervroza yahut hedonizme direnememe sonucu müsriflik ile obsesif-kompulsifite aşırı bir direniş ile birlikte cimrilik gibi uç durumlar da söz konusudur (Rick ve Loewenstein, 2008). Özetle bir kararın kesinleşmesi ile ön lobun (PFC) net biçimde ilişkili olduğu anlaşılmaktadır (He vd., 2013). PFC'nin bu anlamda bir irade sistemi, limbik sistemin ise bir duygusallık zemini olduğu ve herhangi birinde bir artış veya azalışın sonuçlarının nörofinansın araştırma düzleminin sınırlarını gösterdiği anlaşılmaktadır. Son olarak prefrontal korteks lateral (yanal-lPFC), medial (orta-mPFC) ve orbital (alt-OFC) olmak üzere genelde 3 bölüm halinde incelenmektedir. Lateral bölüm genel manada algı, hafıza ve motor (hareket) planlama ile ilişkilendirilirken orbital ve medial bölümler sosyal ve duygusal yoğun işlevlerle karakterizedir (Clark vd., 2010:128).

2.1.1. Medial Prefrontal Korteks

Medial prefrontal korteksin karar verme bağlamında çatışma izleme, hata tespiti, yürütücü kontrol, ödülün öğrenilmesi, risk ve ödüle ilişkin yargılama, uzun ya da kısa süreli bellek gibi birçok üst düzey görevlerde yer aldığı bilinmektedir. Medial PFC'nin tüm bu rollerine ilişkin net bir uzlaştırma halihazırda yapılamamakla birlikte neredeyse tüm karar verme süreçlerinde yer aldığı kabul edilmektedir (Euston vd., 2012). İyi bilinen bir fenomen medial PFC lezyonlarının kişilik, karar verme, duygu ifadesi, sosyal biliş ve hafıza üzerinde ciddi bozulmalara neden olduğudur (Schneider ve Koenigs, 2017). Frontal lobun prefrontal korteksinin medial sektöründe öne çıkan bölge ventromedial prefrontal kortekstir. Mevcut veya gelecekteki seçeneklere ilişkin karşılaştırma yapabilme özelliği prefrontal korteksin, özellikle de vmPFC'nin hakimiyet sahasını oluşturmaktadır. Farklı seçim nesneleri (piyangolar, yiyecekler, hayır kurumlarına bağışlar, biblolar), farklı değerlendirme paradigmatları (fiyat satın alma kararları, müzayede biçimleri, ikili seçenekler, beğeni derecelendirmeleri) ve farklı seçim hızları (bir saniyeden birkaç saniyeye kadar) açısından hem insanlar hem de hayvanlarda karar vermede vmPFC'nin rolüne özel vurgu yapılmaktadır (Fehr ve Rangel, 2011).

vmPFC ile ilgili olarak, nörofinansta dürtüsellik alanında yapılan çalışmalarda tercihler arasında seçim yapma davranışını ölçmede çoğunlukla IOWA Kumar Görevi (IGT) kullanılmaktadır (Reuter ve Montag, 2016b:69). Dürtüsellığe ilişkin gecikme iskontosunun deneye konu edildiği IGT çalışmaları bireylerin bir eylem için şu an aldıkları zevk ile aynı eylem için gelecekte alacakları zevk konusunda vmPFC'nin bugün için daha fazla aktivasyon gösterdiğine işaret etmektedir (Mitchell vd., 2011). Diğer bir ifade ile kendini düşünme ve içsel bir murakabe ile karakterize vmPFC geleceğe ilişkin tahminler yaparken kurguladığı simülasyonda, mevcut durumda yaşadığı zevke kıyasla gelecekteki daha az empati kurabilmekte, gelecekteki ben'i daha az hissedebilmekte ve sonuç olarak şu an'a daha çok değer atfetmektedir (Wilhems vd., 2015:50). Ayrıca ventromedial bölge ile dorsomedial bölge arasındaki farklılığa ilişkin olarak, kişinin kendisi için zihinsel simülasyon yaptığında vmPFC'de, başkası için zihinsel simülasyon yaptığında ise dorsal kesitte (dmPFC) aktivasyon rapor edilmiştir (Lee ve Seo, 2016). Öte yandan vmPFC'ye atfedilen bu irade sisteminin lezyonların varlığında duygusal modülasyonu sağlıklı biçimde gerçekleştirmediği bilinmektedir. Çalışmalar duyguların irade sisteminin önemli bileşeni olan vmPFC'deki problem yüzünden abartılı irrasyonel sonuçların ortaya çıktığını, çünkü, örneğin limbik bölgeler tarafından duyguya bürünmüş bir durumun modüle edilmesi, doğru biçimde algılanabilmesi ve soğukkanlı/aklıselim olarak değerlendirilmesi problemleri bir hale gelmekte, bu yüzden ekonomik karar vermede de kritik bir bileşen olarak etiketlenmektedir (Koenigs ve Tranel, 2007). Bu açıdan vmPFC lezyonu duygusal işlemeyi bozarak daha az öfke ve hayal kırıklığı sergilenmesine yol açabilir, sosyal duygulanımlara karşı kişiyi hissizleştirir; utanç ve suçluluğun daha az hissedilmesine ve ahlaki durumlara karşı duyarsızlığa neden olabilmektedir (Rosenbloom vd., 2012).

Orbitofrontal korteks ile birlikte medial prefrontal korteksin hem ventral (vmPFC) hem de dorsal alanı (dmPFC) en yüksek değerli seçeneği tespit etmede ve hafızada yer alan geçmiş değerlere dayalı olarak davranışı optimize etmeyi öğrenen bir değerlendirme ağı oluşturmada görev almaktadır (van Duijvenvoorde vd., 2015:208). Olası bir seçime ilişkin, örneğin, yüksek risk alma profiline sahip olan bireylerde dmPFC'de düşük aktivasyon ya da riskten kaçınanlarda yüksek aktivasyon bulgusu, risk değerlendirmesi ve beklenen sonucun müspet veya menfi büyüklüğünün hesaplanması gibi mukayese kabiliyeti gerektiren durumlarda dmPFC'nin belirleyici rolüne işaret etmektedir (Wargo vd., 2010b:164-165). Ayrıca dorsal kesit bilişsel değerlendirmelerde ön plana çıkmakta, örneğin, bireylerin riski kaygı ve korkuyla ilintilendirdikleri durumlarda bunu inhibe ederek daha sağlıklı kararlar alınabilmesini sağlamaktadır (Zhang, vd., 2019). Bu bağlamda özellikle hevristiklerin zihinsel değerlendirilmesinde ve stratejik karar vermede sezgisel davranmak ile rasyonel/analitik davranmak arasındaki çatışmayı yönetmede ön plana çıktığı anlaşılmaktadır (van Duijvenvoorde vd., 2015:208). Bu açıdan davranışsal ve nörofinansın ihlallerini bildirdiği optimal seçim fenomenlerinin altında yatan en temel mekanizmaların prefrontal korteksle doğrudan ilişkili olduğu anlaşılmaktadır.

2.1.2. Lateral Prefrontal Korteks

Frontal lobun prefrontal korteksinin lateral kesitinde öne çıkan bölge dorsolateral prefrontal kortektir. dlPFC'nin karar mekanizmasının ana karargâhı olduğu kabul edilmektedir. Beynin tüm bölgeleri içerisinde nispeten en rasyonel bölge olarak kabul edilen dlPFC, mantığın sınırlarının zorlandığı durumlarda, karmaşık matematik hesaplamalarında veya analitik düşünmede öne çıkmaktadır (Lehrer, 2010:101). dlPFC karar vermede geçmiş deneyimler ile gelecek perspektifinin yahut çevresel şartlar gibi değişkenlerin göz önünde bulundurulması davranışın biçimlendirilmesinde kritik bölgeyi temsil etmektedir (Potemkowski, 2017:11-12). PFC'nin lateral bölgesinin ödül büyüklüğü, gecikme, çaba gibi birçok değişkenin aynı anda zihinde entegre edilmesinde ve gelecekteki bir ödüle kıyasla hemen elde edilecek bir ödülün söz konusu olduğu dürtüsellik hallerinde de ön plana çıktığı anlaşılmaktadır. Ayrıca adalet, empati, iş birliği gibi soyut kavramların da temsil edildiği bölgeyi ifade etmektedir (Dixon ve Christoff, 2014). Belirtilmesi gerekir ki lateral PFC'nin de dorsal kısmı (dlPFC), medial PFC'nin dorsal kısmı (dmPFC) gibi geçmiş ve geleceğin buluşma noktası olarak kabul edilir. Yine, mPFC'de olduğu üzere IPFC simüle etme ve başkalarının olası davranışları hakkında akıl yürütmede (Lee ve Seo, 2016) ve olasılıkların değerlendirilmesi ve karşılaştırılması noktalarında önemli bölgeleri temsil etmekle birlikte

(Starcke ve Brand, 2012), düşük olasılıklara fazla ağırlık verme veya yüksek olasılıklara düşük ağırlık vermede de rol oynadığı ve ventral frontal bölgelerin tam tersi bir model gösterebildiği de bildirilmiştir (Tobler vd., 2008).

dIPFC karar sürecindeki risk ve getirilerin değerlendirilmesinde ön plana çıkar ve tıpkı uyuşturucu kullanımı, aşırı yeme veya patolojik kumar oynama gibi bozukluklara karşı irade gösterebilmede olduğu üzere bu bozuklukların yol açtığı artan risk alma davranışını yönlendirebilme kabiliyetini de temsil eder. Karşı karşıya olunan bir karara ilişkin risk-getiri değerlendirilmesinde bilişsel kontrolün hazırlıkları burada gerçekleştirilir (Murayama vd., 2010). Bu bağlamda nikotin, kokain, yiyecek gibi bağımlılık durumlarının modülasyonunu ve bastırılmasını sağlayan dIPFC, aşırı aktivasyon sergilediğinde ise riskten aşırı kaçınan güçlü bir iradenin ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Fecteau vd., 2007). Son olarak ilgili korteksin dorsal bölgeleri bilişsel değerlendirmeler, bilginin saklanması ve manipüle edilmesinde de temel bir role sahiptir (Baker vd., 1996). Nitekim çalışmalar dIPFC lezyonlarında planlama, geri bildirim, öğrenme, sıralama, oluşturma, sürdürme ve değiştirme konusunda zorluklar gözlemlendiğini rapor etmektedir (Sandson ve Albert, 1987).

2.1.3. Orbitofrontal Korteks

Karar verme süreci nöral olarak basitçe duyu organlarından alınan verilerin doğrudan algı olarak işlenmesinden öte, birbirinden farklı öğelerin belirli özelliklerine göre derecelendirilmesini ve ağırlıklandırılmasını içeren karmaşık ve değere dayalı bir süreçtir (Wallis, 2012). Bu doğrultuda OFC ile ilgili en temel özelliklerin başında sinirsel ortak para birimi olarak adlandırılan fenomen gelir. Bu, karar sürecinde, örneğin, her seçeneğin renk, boyut, tat, fayda vs. gibi birçok farklı özelliği dikkate alınarak her birinin değerinin saptanması ve tüm bu niteliklerin olası seçeneklerle karşılaştırması ve tek bir tutarlı değer temsilinde birleştirilmesi anlamına gelmektedir. Bu, öznel bir değerlendirme süreci olup sürece duygular da dahil olduğundan beher insan için optimalite bir görecelilik ve yanlılık içerebilmektedir (Coricelli vd., 2007). Nitekim aynı ürünlerin farklı fiyatlar üzerinden sunulduğu bir deneyde her bir katılımcı için OFC'nin farklı aktivasyonlar sergilediği bildirilmiştir (Plassmann vd., 2008). Bu bağlamda OFC lezyonlarında karar aşamasının bilinç öncesi fazında, diğer bir ifade ile karara ilişkin bilinçli düşünme eyleminden önce zihinde gerçekleştirilen otomatik süreçlerin ve kısayolların sekteye uğradığı iyi bilinen bir bulgudur. Günlük hayatta karşı karşıya olunan basit seçimlerde, çok düşünmeden otomatik olarak yapıp yapmamaya ilişkin verilen kararların lezyon durumlarında zorlaştığı, örneğin, bir menüden yemek seçimi yapmanın oldukça uzun bir sürece dönüşebildiği anlaşılmaktadır (Lehrer, 2010:18). Basit bir olgu olmasına rağmen bir şeyin öznel değerinin kodlanamaması otomatik olarak herhangi bir yiyeceğe ilişkin aşermenin ortadan kalkmasına ve bir anlamda çeşitli besinlerin alınmamasına neden olarak tekdüze bir beslenmeyi de beraberinde getirebilecektir. Nitekim bir çalışmada maymunlara doyana kadar yiyebilecekleri bir alternatif sunulmuş, doymaya yakın başka alternatiflere geçebilmelerine izin verilmiş, ancak OFC lezyonu olanların diğer maymunların aksine aynı yiyecekten devam etmeyi tercih ettikleri gözlemlenmiştir (Erkan, 2016). Bu kabiliyet yiyecek seçiminin ötesine değerlendirildiğinde, OFC'nin uyarıların duygusal belirginliğini saptadığı, ödül düzeyini ve olasılığını değerlendirdiği, bu düzeyin veya olasılığın değişmesi halinde de davranışı yeniden güncelleyebildiği anlaşılmaktadır (Rolls ve Grabenhorst, 2008). Nitekim çalışmalara ilişkin genel bulgular riskli seçimlerde karar sürecinin yönetilmesi ve ödül-cezaya ilişkin sağlıklı değerlendirmeler yapılabilmesinin OFC ile ilişkili olduğunu göstermektedir (Floresco vd., 2008). Yapılan birçok çalışmada dIPFC ile birlikte OFC'nin risk ve belirsizlik altında karar vermede önemli role sahip olduğu ve dIPFC'nin özelinde riskte, OFC'nin ise belirsizlikte nispeten belirgin aktivasyonlara sahip olduğu vurgulanmaktadır (Yang vd., 2017). Yine, OFC lezyonlarının öngörüldüğü üzere olasılık içeren kumarlarda karar vermenin bozulduğu rapor edilmiştir (Pearson vd., 2014).

OFC olfaktör, gustatör, optik, vokal ve somatosensoriyel duyu korteksler (sırasıyla koku, tat, görsel, işitsel ve derisel) ile yoğun bağlantılara sahiptir. Bu majör duyu kortekslerden ve ek olarak limbik alanlardan alınan sinyaller ile OFC bir "değer sinyali" oluşturmaktadır (Erkan, 2016). Bir kararın ardından deneyimlenen faydanın, tüketim öncesinde beklenen fayda ile karşılaştırılmasının yapılabildiği olumlu şaşkınlıkların kodlanmasını sağlar ve böylece OFC'deki aktivasyonun beklenen, diğer bir ifade

ile örüntüsü kurgulanmış tahmin ile deneyimlenen arasındaki sürpriz miktarını kodlayarak fazik dopamin salınımını başlatır (Fehr ve Rangel, 2011). Dopaminerjik sistem ile ilgili olarak, pekiştirmeli öğrenme yoluyla ödül-ceza mekanizmasını kavrayan maymunların OFC sisteminde meydana gelen bozulmalar dolayısıyla perserverasyon (taklit, tekrarlanma) kabiliyetinin bozulduğu ve ödüle yönelik davranışı değiştirme eyleminin gerçekleştirilemediği rapor edilmiştir (Wallis, 2007). Öte yandan ödül olasılıklarına dayalı olarak uygun davranışların tekrarlanması, uygun olmayan davranışların terk edilmesi gerçekleştirilemeyecektir (Elliott vd., 2000). Halihazırda öğrenme gerçekleştirilemediği için ödül arama veya cezadan kaçınmanın yanı sıra bu lezyonların empati yeteneğini de bozduğu, başkalarının duygularını işleyip tanımada başarısızlığa ve sosyal bağlamlarda bozulmuş yargılara neden olduğu bilinmektedir (Rosenbloom vd., 2012). Nitekim hipotalamus ve amigdalanın eşlik ettiği devrede OFC'nin duygusal işleme en yüksek entegrasyon merkezi olduğu ve ödül, empati ile pişmanlık gibi kritik duygulanımlarda yer aldığı anlaşılmaktadır. Ayrıca bu bölge duyguların yeniden deneyimlenmesinde rol oynadığı için söz konusu lezyonlu hastaların çoğu, korku dışında duyguları yeniden deneyimlemeyi zor bulur ve görüntülere duygusal ton vermekte güçlük çekerler (Bechara vd., 2000). Spesifik olarak OFC'nin medial ve lateral çekirdeklere ilişkin olarak olumlu duygulanımlarda mOFC'nin, olumsuzluklarda ise IOFC'nin daha fazla yer aldığı bilinmektedir. Yine mOFC'nin bir şey için ödenmeye razı olunan miktarı ifade eden WTP'yi (willingness-to-pay) kodladığı (Plassmann vd., 2007) ve değer temsili ile sonuçların değerlendirilmesinde yer aldığı, diğer taraftan lateral kısmının ise daha çok tepkileri geçersiz kılma kabiliyetinin olduğu anlaşılmaktadır (Gottfried vd., 2003). Son olarak Zald ve Andreotti (2010) yaptıkları çalışmada orbitomedial hasar ile ilgili olarak nesne değişimi ve tersine öğrenme, karar verme (kumar), yüzden duygu tanıma, zihin teorisi, koku tanıma, otobiyografik hafıza gibi bozulmaların olduğunu derlemiştir (Zald ve Andreotti, 2010).

2.2. Limbik Sistem

Limbik sistem beynin duygusal merkezi olarak kabul edilmektedir. Limbik sistemin iki ana devresi ödül ve kayıp sistemleri olup ödül-yaklaşma ve kayıp-kaçınma sistemi temelde sürüngenlerin ve memelilerin sahip olduğu sistemlerle aynıdır. Duygusal ve sezgisel olan limbik sisteminin kontrolü, modülasyonu ve inhibisyonu prefrontal bölgelerce yapılır – dolayısıyla limbik sistem ile PFC arasında geniş bağlantılar bulunmaktadır (Vorhold, 2008). Limbik sistem kendi içine ve diğer bölgelere doğrudan veya dolaylı yoğun bağlantılara sahip bir bölgedir (Clark vd., 2010:128). Spesifik olarak nörofinans çalışmalarında öne çıkan limbik bölgeler başta amigdala olmak üzere hipokampus, singulat korteks, insular korteks, striatum ve nükleus akkumbenstir.

2.2.1. Amigdala

Nörofinans literatürü açısından amigdalanın özel bir rolü bulunmakta ve neredeyse tüm çalışmalara dahil edilen bir limbik sistem bölgesini ifade etmektedir. Hızlı duygusal tepkiler ile yavaş bilişsel tepkiler ve korku/kaygı duygulanımı sıklıkla prefrontal korteks ile birlikte amigdalanın nörofinans literatürünü en çok meşgul eden bölge olmasına neden olmaktadır. Amigdala hem kendinin dahil olduğu limbik sistem bölgeleriyle – özellikle hipokampus ile – hem de kortikal alanlarla yoğun bağlantılara sahiptir. Amigdalaya ulaşan duygusal sinyaller aynı anda özel bir ilişkisinin olduğu hipokampüse de ulaşırken, duygusal olanlar hızlı ve ilkel bir yol olan talamus üzerinden, bilişsel olanlar ise daha yavaş bir yol olan korteks üzerinden gerçekleştirilir. Herhangi bir uyarının amigdalaya ulaşması ona başta korku ve kaygı olmak üzere duygusal bir boyut kazandırır ki (Clark vd., 2010:221-227), bu amigdalanın “beynin kalbi” veya “beynin ruhu” olarak ün kazanmasındaki en önemli faktördür (LeDoux, 1992). Ayrıca amigdala yalnızca bir uyarının duyguya bulandırılmasını değil, ayrıca bu duygunun hissedilme düzeyini yükselterek duygusal bir amplifikasyon işlevi de görmektedir (Politzer, 2008:60). Diğer taraftan amigdala dopamin ödül sisteminin, dolayısıyla öğrenme devresinin de önemli bir elemanıdır; nitekim amigdala korku ve kaygıyı yalnızca duygusal bir kaçınmaya neden olması için üretmez ayrıca belirsizliği anlamaya yönelik öğrenme ve korku/merak karışımı bir motivasyon üreterek riske girmeyi de teşvik eder (Bossaerts, 2009).

Amigdala-hipokampus-prefrontal korteks ilişkisi bir uyarının hipokampusün hafıza girdileriyle birlikte amigdalanın bu uyarıyı bir duygu ile eşleştirmesini sağlarken, prefrontal korteksin ilgili kısımları oluşan duygusal durumu deneyimleme veya o duyguya karşı irade gösterebilme halini ifade eder (Clark vd., 2010:246). Tam da bu sebepten dolayı, yani neo-klasik iktisadın varsayım ve aksiyomlarına ilişkin ihlallerle olan ilişkisi nöro-farmakolojik araştırmalarda en sık karşılaşılan sinirsel bağlantı olmasına neden olmaktadır. Diğer bir deyişle kayıptan/riskten kaçınma, risk arama, miyopik kayıptan kaçınma, çerçeveleme etkisi, eğilim etkisi ve daha birçoğu belirsizlik altında karar vermeyi doğrudan etkileyen anksiyete, kaygı ve korku duygularınının üretildiği yer olan amigdala ve bu duygusal duruma hâkim olabilme, soğukkanlı kalabilme ve irade gösterebilmenin merkezi olan prefrontal korteksin ilişkilerinden türemekte ve nörofinans için merkezi bir bağlantıyı temsil etmektedir. Bu doğrultuda önemli bir bulgu çerçeveleme etkisi göstermeyen bireylerin amigdalarında aktivasyon tespit edilmesidir. Diğer bir ifade ile olumsuz çerçevelemeden etkilenmediği düşünülen deneklerin buna rağmen korku merkezlerinin aktif olduğu, ancak davranışsal olarak korku sergilememelerinin PFC'de amigdalanın duygusal çıktısını modüle edecek daha büyük bir aktivasyon ile ilgili olduğu ve dolayısıyla rasyonel bir davranışın daha az korku deneyimlenmesiyle değil, korkuların PFC tarafından daha iyi modüle edilebilmesiyle ilgili olduğu anlaşılmaktadır (De Martino vd., 2010).

Amigdalanın korku merkezi olmasının ötesinde başka kabiliyetlerinin olduğuna dair literatürün genişlediği görülmektedir. Örneğin, iki taraflı amigdala hasarı olan deneklerden elde edilen bulgular yalnızca olumsuz duygulara ilişkin algıda değil, aynı zamanda duygusal deneyim belleğinin etkilendiği ve hastanın derin olumsuz duygularınının bir kısmından yoksun kalabildiği tespit edilmiştir (Aleman vd., 2006). Yine, amigdala lezyonları dolayısıyla ödüllere yönelik tercihlerin bozulması amigdalanın iştah açıcı koşullanmada rol oynadığına dair bazı ipuçları sunmaktadır (Johnsrude vd., 2000). Ek olarak, amigdala hasarı, bireylerin kazançlar noktasında daha fazla riskte girmesine neden olmakta, ancak PFC hasarlarından farklı olarak, kayıplar noktasında bir değişikliğe neden olmamakta, böylece korku devresinin amigdala ile sınırlı olmadığına dair bir projeksiyon oluşmaktadır (Floresco vd., 2008).

2.2.2. Hipokampus

Hipokampal oluşum, limbik sistemde merkezi bir konuma sahiptir. Yukarıda bahsedilen sinirsel bağlantılar korkuyu kodlayan ve uzun süreli belleğe alan amigdalanın, beynin bellek işleme merkezi olan hipokampus ile özel bir ilişkisini gerektirir (Wargo vd., 2010a). Bu iş birliğiyle hipokampus duygusal merkez olan amigdala deneyimin belirli yönlerini hatırlatır ve bunları özellikle görsel sinyallerle ilgili geçmiş olayların ayrıntılarıyla ilişkilendirir (Kandel ve Kupfermann, 1995). Bu bilgiler ilgili kortekste depolanana dek hafızada haftalar, hatta aylar boyunca korunur. Diğer taraftan REM uykusu ile hipokampus arasında da anıların uyku sırasında pekiştirilmesine yönelik kaydedeğer bir iş birliği söz konusudur. Böylelikle hipokampal oluşum deneyimin saklanması ve belleğe geri çağrılmasında birincil öneme sahip bölge olduğundan davranışın altındaki yaşanmışlık ile onun amigdala tarafından daha önce nasıl kodlandığına ilişkin hatıranın geri çağrılması ve davranışı ne şekilde etkilediği göz önünde bulundurulduğunda, nörofinans alanında yapılan neredeyse tüm çalışmalarda hipokampusün işe dahil olduğu anlaşılmaktadır (Clark vd., 2010:223). Ek olarak, geçmişten alınan bilgilerin yanı sıra geleceğin bir simülasyonun oluşturulması hususu da hipokampüse atfedilir, böylelikle gecikme indirimi ve dürtüsellik ile ilgili olarak literatürde temel tartışmalardan bir diğeriyle de doğrudan ilişkileri söz konusudur (Lee ve Seo, 2016).

Hipokampus bellek süreçlerinin merkezinde yer aldığı için hipokampal lezyonlar doğrudan amneziye (hafıza kaybı) neden olur. Yine, duygusal durumların hatırlanmasında merkezi rol oynayan amigdala ile birlikte örtülü duygusal durumların (ön bilinç veya bilinçdışı) işlenmesinde yer almalarından dolayı ilgili literatürün daha derin tartışmalarının yürütüldüğü emosyonel finans gibi zeminler açısından ayrı bir öneme sahiptir. Ek olarak amigdala ve hipokampusün duygusal bir hafıza izinin, yani unutulmaya meyilli, değiştirilmiş, kırılabilir veya güçlü bir anıya dönüştürülmesinde bir konsolidasyon sürecini işletmesi (Brosch vd., 2013), bilhassa çeşitli anomalilerin, yanlış hatırlamaların, miyopik yanlışlıkların, bulunabilirlik hevristiği yahut temel oran yanlışlığı gibi bilişsel süreçlerin alt yapısında yer aldıklarına

işaret etmektedir. Son olarak, hipokampal oluşum orta düzeyde dopamin, norepinefrin ve asetilkolin içerdği için ödül ve ceza oyunları açısından da önemli bir bölgeyi temsil etmektedir (Brun vd., 2002).

2.2.3. Singulat Korteks

Nörofinans kapsamında singulat korteksin (CC) risk değerlemeleri ve beklenen ödül ve ceza ile ilgili yakın ilişkileri olduğu kabul edilmektedir (Paulus ve Frank, 2006). CC, dopaminerjik ödül sisteminde hata tespiti yapan kritik bir bölgeyi ifade eder. Bir olaya ilişkin beklentinin hayal kırıklığı ile sonuçlanması singulat korteksin dopamin ödül sistemine bir olumsuzluk sinyali vermesine neden olur. Beynin bu tür ödül hatalarına karşı evrimleşmesi, yani beklenenin gerçekleşenden düşük olması hallerinde sarsıcı bir etki yaratır. Bu sinyal, singulat korteks tarafından hataların tespiti sürecinde bilincin uyandırılarak gerçek durum ile beklenen arasındaki olumsuzluğun kavranmasına, diğer bir ifade ile hayal kırıklığının deneyimlenmesine neden olur (Lehrer, 2010:38). Hatalara yönelik bu algıda seçicilik singulat korteksin aşırı çalıştığı durumlarda obsesif-kompulsif tarzı mükemmellikçi mental rahatsızlıklara neden olmaktadır (Fitzgerald vd., 2005). Bu bağlamda sezgisel otomatik Sistem 1'in otonom davranışlarının bilinç ve biliş düzeyinin altında singulat korteks tarafından denetlendiği ve hata söz konusu ise Sistem 2'nin devreye sokularak bilinç düzeyinde bir farkındalığın yaratıldığı bilinmektedir (Dyson vd., 2020). Öte yandan hatalı kararlar vermenin singulat kortekste artan aktiviteye neden olduğu ve böylelikle bir insanın davranışlarının doğruluğunun sürekli olarak izlenebildiği tespit edilmiştir (Carter ve Van Veen, 2007). Ayrıca bu hata tahminleri bir anlamda elektronik cihazlardaki güncellenmelerle benzer biçimde tespit edilen hatalardan öğrenme ve deneyimlerden gelecek için simülasyonlar oluşturma şeklinde gerçekleşmektedir (Lehrer, 2010:39). Ek olarak, singulat korteksin hafıza ve ezberlemeyle ilgili olduğu, yeni bir durum ile karşı karşıya kalındığında geçmiş gözden geçirerek kontrollü düşünmeye yardımcı olduğu düşünülmektedir (Clark vd., 2010:269-271).

Korteksin sıklıkla incelemeye konu edildiği ön sektörü, yani anterior singulat korteksinin (ACC) nabız hızlandıran bir durumda, nabız atışının bilinçli olarak hissedilmesini sağladığı bildirilmiştir. Böylece sempatik mod gibi vücutta yaşanan değişikliklerin bilinçli olarak hissedilmesinin zayıfladığı korku, heyecan ve panik gibi hallerde kontrollü kalmayı sağlamaya yardımcı olmaktadır. Anterior singulat korteksin dorsal kesiti (dACC) hataların izlenmesinin yanı sıra dikkati yönlendirme ve yanıtları geçersiz kılmada etkili olduğu bildirilmiş ve OFC ile etkileşimine dayalı olarak bireylerin ne yapacaklarına kendilerinin karar verdikleri durumda aktive olduğu, bireyin başkaları tarafından yönlendirilmesi halinde ise OFC etkinliğinin arttığı rapor edilmiştir (Walton, Devlin, ve Rushworth, 2004). Ayrıca OFC'nin algı ve duyguyu bütünleştirmesinde ACC karar çatışmalarını çözerek ve duygusal bilgiyi ilgili veya önemsiz olarak kategorize ederek sürece katkıda bulunur (Peterson, 2007). ACC'nin ventral kesitinin (vACC) duygusal bilginin netliğini değerlendirmek ve duygusal tepkileri düzenlemekle ilişkili olduğu öngörülmektedir (Devinsky vd., 1995). Öte yandan belirsizlik altında davranışı netleştirebilmek için ACC'nin ilave bilgileri sağlayabildiği düşünülmektedir (Kennerley vd., 2006). Potemkowski'nin (2017) yaptığı derlemede yanlış karar kabul edildikten sonra seçilen aktiviteyi değiştirmek; seçilen seçeneklerin potansiyel değerini tahmin etmek ve bunların maliyetlerini ve getirilerini değerlendirmek, mevcut küçük bir ödül ile önemli ama çabaya dayalı bir ödül arasında seçim yapmak, karar verme belirsizliğini azaltmak, belirli bir durumda en doğru olan kararın seçimini başlatmak, verilen kararların olumsuz sonuçlarını tahmin etme ve sonuç değerlendirmesinin belirsizliğini analiz etme, karar vermenin olumsuz sonuçlarına eşlik eden otonom uyarılma ile karar belirsizliğinin bilişsel yönlerini bütünleştirmek; karar doğrulama ve düzeltme için koşullar yaratmak ile singulat korteks arasında ilişkiler olduğu belirtilmektedir (Potemkowski, 2017:12).

2.2.4. İnsular Korteks

İnsular korteks nispeten beynin büyük bir parçası olup özellikle ön bölgesi olan anterior insula (AI) nörofinans çalışmalarında otonomik ve şehvetli uyarılma, tat, koku, özlem ve ağrı gibi çeşitli bedensel durumlarda önemli değişikliklerle karakterize olarak betimlenmiştir. Anterior (AI) ve posterior insula (PI) hem kortikal hem de subkortikal alanlar ile yoğun anatomik bağlantıları bulunan ve viseral

durumların (duygusal, içgüdüsel) üst düzey temsilleri ile karakterize olarak tanımlanmaktadır (Singer vd., 2009). Sıklıkla insula ile amigdala ve anterior singulat kortekse atfedilen bu viseral durumların nabız, tansiyon ve terleme gibi değişimlerle de ilişkili olduğu anlaşılmaktadır. Özellikle nabız ve cilt iletkenliği ile ilgili etkileşimler finansal risklerin özünü anlamaya yönelik kritik bir bulgu olarak kabul edilmeye başlanmıştır (Bossaerts, 2021). Esasen insular korteksin işlevlerine yönelik nörolojik bulgulara başlangıçta yeterince önem atfedilmediği; iç algılama, duyu ve farkındalık merkezi olması sebebiyle keşfinin de geciktiği düşünülmektedir (Craig, 2005).

Anterior insula kayıptan ve riskten kaçınma fenomeniyle doğrudan ilişki içerisindedir. Amigdala hasarlarında olduğu üzere insula lezyonlarında da kayıptan kaçınmanın %4'lere kadar düştüğü rapor edilmiştir (Wargo vd., 2010a:88). Tahvil gibi düşük riskli ve düşük getirili, hisse senedi gibi yüksek riskli ve yüksek getirili seçeneklerinin olduğu bir deneyde nükleus akkumbensin hisse senedinin seçiminden önce, insulanın ise tahvil seçiminden önce aktivasyon sergiledikleri ve sırasıyla NAcc'ın açgözlülük ile AI'nin ise korku ile ilgili olduğu saptanmıştır (Kuhnen ve Knutson, 2005; Wargo vd., 2010a:89). Daha spesifik olarak riskli ödüllere ilişkin sağ AI ve gecikmiş ödüllere ilişkin sol dorsal insulanın aktivasyonu bildirilmiştir (Cui vd., 2022). Riske ilişkin tercihin yanı sıra insular korteks belirsiz ve olumsuz sonuçlara ilişkin beklentiyle karakterizedir (Clark vd., 2008). Droutman vd. (2015) çalışması bir karar sürecinde dikkatin yeniden odaklanması, değerlendirme, eylem ve sonuç işlemede insulanın rolüne ilişkin kanıtlar sunmaktadır (Droutman vd., 2015). Örneğin, aşırı fiyatlarla karşılaşan birinin medial prefrontal korteksini paniğe sürükleyerek soğukkanlı bir değerlendirme yapmaktan alıkoyacak kadar güçlü bir AI aktivasyonu rapor edilmiştir (Knutson vd., 2007). Ek olarak, gelecek değere ilişkin bir değerlemede olduğu üzere zaman ve süre deneyimleriyle ilgili karmaşık kararlarda striatum ile birlikte insulanın gerekli bilgilerin entegrasyonu sürecinde görev aldıkları anlaşılmaktadır (Lovero vd., 2009). Spesifik olarak beklenen ödülün temsilinin ventral striatum, beklenen riskin temsilinin ise anterior insulada gerçekleştiği bilinmektedir (Njegovanovic, 2018). Halihazırda insula lezyonlarında bu bölgenin olumsuz sonuçların olasılığını işaret etmedeki rolüyle tutarlı olarak, deneklerin kumar görevlerinde sıklıkla iflase düştükleri bildirilmektedir (Clark vd., 2008).

İnsula ile amigdala korku konseptinde birleşik bir yapı gibi bir görünüme sahip olmakla birlikte insula esasen tikslenme dolayısıyla olumsuz duygularla ilişkilendirilmektedir. Bir kaçınma eylemi amigdala gibi korku ve kaygı bölgesinin aktivasyonlarıyla ilişkilendirilirken ayrıca bir durumun doğurduğu soyut ve somut tiksindirici ve iğrendirici olaylarla da ilişkili olabilir. Anterior insula etkinliği viseral durumların bireyin hem kendisi hem de başkaları için olumsuz empati duygusu üzerinden hissedilmesini sağlar (Singer vd., 2009). Duygusal süreçlerin işlenmesinde ultimatòm oyunundan elde edilen bulguların da adaletsizliğe ilişkin durumlarda cilt iletkenliğindeki artış ile birlikte AI'ye ilişkin destekleyici bulgulara ulaşılmıştır (Van't Wout vd., 2006). Son olarak insular hasarlar çoğunlukla bağımlılık davranışında bozulmalara yol açtığı iyi bilinen bir olgudur. Bu hem madde bağımlılıkları açısından hem insulanın tat ve koku merkezi olması dolayısıyla örneğin âşık olmak, bir yemeği sevmek gibi farklı bağımlılıkların da bitmesine neden olabilir (Reynaud vd., 2010).

2.2.5. Striatum

Striatum ödül beklentisi ve ödülün değerlendirilmesiyle ilgili bazal gangliyonların içerisinde yer alır. Bazal gangliyonlar bir davranışın öncesinde ilgili bilgilerin hazırlanmasına katılırken eyleme ilişkin seçime katılmazlar. Ancak eylemin çıktılarını değerlendiren, güncelleyen ve gelecekte tekrar kullanan bir yapıyı ifade ederler (Erkan, 2016). Striatum, özelinde ventral striatum (VS) ilkel subkortikal yapılar etrafına yerleşmiş ve beynin ödül ağında merkezi bir konuma sahip beyin bölgesi olarak bilinmektedir. Ödüle ilişkin, daha spesifik olarak, ödül türlerinin tahmini ve buna ilişkin beklentinin işlenmesi ile karakterizedir. Bununla bağlantılı olarak olumlu ya da olumsuz neticeler ile bunlara ilişkin beklenti arasında gerçekleşen ödül-ceza deneyimiyle öğrenmeye katkıda bulunmaktadır (van Duijvenvoorde vd., 2015:208). İnsular korteks ile birlikte striatumun ani veya geciken ödüllerle ilişkisi olduğu ve her iki bölgenin de ventro-anterior bölgelerinin anlık seçimlerde; dorso-posterior bölgelerinin ise gecikmiş ödüllerde etkinliği bilinmektedir. Dolayısıyla beher bölgenin beklentiyle güçlü ilişkilerinin olduğu, özellikle ödüle ilişkin beklentilerin striatum özelinde öncelikli olduğu anlaşılmaktadır (Wittmann ve

Paulus, 2016:139). Halihazırda insanlarla birlikte hayvan çalışmaları da ventral striatumda olduğu kadar dorsal sektörün de (DS) ödül-öğrenmeye ilişkin davranışların kontrolünü katıldığı bilinmektedir.

Pavlovyan ve araçsal öğrenmeye ilişkin bu özellikler striatumun doğrudan dopamin ödül sistemi içerisinde konumlandırılmasını sağlar (Seymour vd., 2007). VS'nin beklentiler ile ilgili ilişkisi üzerinden yüksek ve düşük ortalama, varyans ve çarpıklık gibi istatistiksel kavramlarla ilişkili olduğu rapor edilmiştir (Miendlarzewska vd., 2019). Striatum ödül ve ceza ile ilişkisinde bir diğer nokta duyarlılık hususu olup, özellikle birincil pekiştiriciler (yiycek, içecek, cinsel ilişki) ve para gibi ikincil olanlar striatumun hem dorsal (DV) hem de ventral sektörlerini (VS) aktive ederken; dorsal sektör ödül büyüklüğü arasında ayırım yapılmasını sağlamaktadır (Starcke ve Brand, 2012). Bu durumun ayrıca cezanın büyüklüğü ile korele olduğu rapor edilmiştir (O'Doherty vd., 2001). Bu bağlamda VS'deki aktivasyon ile kazanılan ödülün parasal büyüklüğü arasında pozitif bir ilişki vardır (Knutson vd., 2001). Son olarak VS'deki aktivasyon ile dürtüsellik arasındaki ilişki de büyük ancak sonraki ödüllerden ziyade anlık ve küçük ödüllerin tercih edilmesiyle ilişkilidir (Hariri vd., 2006). Bu bağlamda, striatum bir karar verme, tercihte bulunma ve eyleme geçme devresinin varsayılan çekirdeğini temsil eder (Jones vd., 2011).

2.2.6. Nükleus Akkumbens

Nükleus akkumbens striatuma dahil, striatum ise bazal gangliyonlara dahil bir bölgedir. Nükleus akkumbensin beynin haz bölgesiyle ilgili merkezi bir konumu olduğu ve örneğin, finansal bir eyleme ilişkin olumlu (kazanç) beklenti ile bunun gerçekleşmesi sonucunun doğrudan bu bölgeyi aktive ettiği anlaşılmaktadır (Njegovanovic, 2018). İnsular korteksin hem kazanç hem de kayıp noktasında aktivasyonunun arttığını gösteren çalışmalar nükleus akkumbensin (NAcc) sadece kazanç beklentisi ile ilgili olduğunu vurgulamaktadır (Knutson ve Greer, 2008). Böylece beynin beklenen ödül merkezi olarak addedilen NAcc parasal ödüllerin büyüklüğü ile paralel olarak aktivasyonu artarken, NAcc'daki dopamin salınımı, parasal ödülün boyutuna göre ölçeklendirilir (Wargo vd., 2010a:89). Öncü çalışmalarda bir maymunun gerçek bir ödül aldığı anda dopamin ateşlemelerinin, ödülle birlikte verilen sesin birkaç denemeden sonra öğrenilmesi ve bu noktadan itibaren ses ile aynı dopamin ateşlemelerinin gerçekleştiği tespiti devrimsel bir gelişme olarak kabul edilmektedir. Bugün beynin ortak para birimi olarak bilinen bu olgu birbirinden farklı ödüllerin değerinin ortak dopamin paydasında ifade edilmektedir (Schultz, 1997). Diğer bir ifadeyle tek bir dopamin hücresi bir ödülün ifade ettiği değeri temsil edebilmektedir (Lehrer, 2010:36).

Bu devrede nükleus akkumbensin ödülün büyüklüğü ile aktivasyonunun paralelliği mPFC ile iş birliği içerisinde olup gerçekçi hesaplamalar PFC tarafından yapılırken nükleus daha çok düşünmeden zihinde oluşan olumlu durumu yansıtır (Chew vd., 2008:187). Bunu destekleyecek biçimde madde kullanımı olan bireylerin ödüle ilişkin beklentilerinin yüksekliği ile nükleus akkumbensin paralellik göstermesi ve riske girmeyi arttığı bildirilmiştir (Wargo vd., 2010a:85). Ek olarak ruh halini yükselten psikiyatrik ilaçların da NAcc'ın dopamin salınımı ile ilişkili olduğu kabul edilmektedir. Diğer taraftan yemek, alkol ve kokain beklentisinin yahut psikopatolojik olarak anksiyete ve kaygı hallerindeki beklentinin de NAcc-dopamin bağlantısıyla ilgili olduğu anlaşılmaktadır (Clark vd., 2010:224-226). Halihazırda dopaminin keşif çalışmalarında NAcc'ın sürekli biçimde aktive edilmesi, diğer bir ifade ile sürekli biçimde mutluluğun sıçanların tüm diğer yaşamsal istek ve ihtiyaçlardan uzaklaşarak tabir-i caizse zevkten ölmelerine neden olmuştur (Olds ve Milner, 1954). Son olarak NAcc'ın sosyal karar vermede ve ahlaki oyunlarda bir cezalandırma yahut intikam eyleminin sonucunun da bu anlamda yalnızca ödül ile sonuçlanan bir hazdan öte cezadan kaynaklı bir hazzı da ifade ettiği anlaşılmaktadır.

2. Sinirsel Devreler

Nörolojide "X bölgesi Y'yi kodlar" veya "ACC eylem değerlerini kodlar" gibi ifadeler mutlaklık içermez, bu türden ifadeler spesifik bölgelerden ziyade çoklu nöral devrelerle ifade edilmektedir (Pearson vd., 2014). Halihazırda beynin tek bir bilgi işleme noktası olduğu görüşünün aksine devam eden çalışmalar çoklu bir sistemi işaret etmektedir (Tobler vd., 2008). Bu kısımda herhangi bir değişken için salt bir

bölgeden ziyade birçok bölgenin işe dahil olduğu nöral yolların tanıtılması amaçlanmaktadır. Karmaşık bilişlerin işlenmesine çoklu sistemlerin dahil olduğu fikri Descartes'a kadar uzanan bir tarihe sahiptir (Chang ve Sanfey, 2008:32). Nörolojiyle birlikte nöroekonomi ve nörofinansda da incelenen duygusal ve bilişsel süreçler salt birkaç bölgeden ziyade çok bileşenli dinamik bir süreç ile muhatap olunduğuna işaret etmektedir (Wu vd., 2012). Herhangi bir anomalinin, örneğin, olumsuz çerçevelenmenin yarattığı "korku, iğrenme, kaygı" gibi psikolojik faktörler nispeten kolayca kavranabilirken, birçok açıdan aynı iğrenmenin nöral görüntülenmesinden elde edilen veriler karmaşık sonuçlara işaret edebilmektedir. Ya da örneğin, bir kararın beklenen değerinin kodlanması yaygın biçimde frontal kortekse atfedilmesine rağmen, daha çok duyarlar ve uyaranlar ile doğrudan bir ilişkisi olduğu bilinen parietal kortekse ilişkin aktivasyonlar da rapor edilmektedir (Summerfield ve Tsetsos, 2012). Karar vermede karmaşık ve toplu sinir ağının aralarındaki etkileşime ilişkin mutlak bir bilgiye henüz ulaşılmış olmamakla birlikte (Erkan, 2016), belirli ağların aşağı yukarı belirli bir işleve hizmet ettiği kaba bir betimlemeyle bilinmektedir. Esasında bu aynı merkezi beyin yapılarının farklı perspektiflerden incelenmesi anlamına gelmektedir (Sugrue vd., 2005). Tersine, bu karmaşıklığa rağmen nöral devreler esasen evrimsel olarak mümkün mertebe en az sayıda sinirsel bağlantı ile çalışmak üzere döşenmiştir (Farrell vd., 2018).

3.1. Ödül-Ceza ve Öğrenme Sistemi

Evrimsel olarak beyin hayatta kalmaya odaklı sistematiği ödül ve ceza olarak adlandırılan olumlu ve olumsuz duygu durumlarından türeyen yaklaşma ve kaçınma şeklinde iki temel motivasyona sahiptir. Canlıların fizyolojik ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik edindikleri deneyimler ödül ve ceza (fayda/faydasızlık, kazanç/kayıp, başarı/başarısızlık, haz/acı vs.) ile sonuçlanan birtakım öğrenme çıktılarını öngörmektedir (Schultz vd., 2008). Böylelikle deneyimlerin, diğer bir ifade ile geçmişin "öğrenme" kavramına; öğrenmeden elde edilen çıktıların ise gelecekte "motivasyon" kavramına dönüşümü gerçekleşmektedir (Reuter ve Montag, 2016a:3). Bu bakımdan ödül-ceza yoluyla gerçekleştirilen öğrenme bir sonraki seçimler için bir motivasyona ya da amotivasyona dönüşür. Dolayısıyla ödül-ceza basit bir biçimde tekrarlama/tekrarlamama eylemini öğrenmeyi ve zihinsel olarak işlemeyi ifade eder. Bu mekanizma bir davranışın rasyonel olup olmamasına bakılmaksızın sonucun olumlu olarak hissedilmesine göre biçim alır; örneğin, yatırımcı daha önce kazanç elde ettiği ve sattığı bir hisseyi tekrardan almaya meyilli olabilir yahut irrasyonel bir yatırımdan tesadüf eseri kazanç elde etmişse bu davranışını tekrarlayabilir (Miendlarzewska vd., 2019). Diğer bir açıdan sigorta veya piyango bileti satın almak kurgusal olarak rasyonel harcamalar olarak kabul edilmese de maksimum cezayı en aza indirmek veya mümkün olan en düşük ödülü en üst düzeye çıkarmaya yönelik bir motivasyonun sonucu bağlamında rasyonel kabul edilebilir (Doya, 2008). Bu anlamda değer temelli karar verme süreci bireylerin finansal olarak sağlam nesnel yargılarda bulunmak yerine olumlu duygusal öznel deneyimleri arama ve olumsuz olanlardan kaçınma motivasyonunu ifade eder. Diğer bir husus ödül mekanizmasının evrimsel bir kategorizasyonu üzerinedir. Örneğin, hayvanlar üzerinde yapılan deneylerden elde edilen önemli bir bulgu "isteme" ediminin çok susamış bir canlının soğuk bir suya kavuşması ile libidinal bir arzunun mukayesesinde, ortada bir farklılığın bulunduğu ve ikincisinde ihtiyaçtan öte bir istemenin olduğu şeklindedir (Wargo vd., 2010b:153). Dolayısıyla istek ile ihtiyaç özellikle ödül sistemi açısından nörobiyolojik bir farklılığa sahiptir.

Bu karşıt kavramlar davranışsal açıdan esasen aynı nöral mekanizmanın çıktıları ifade eder (Miendlarzewska vd., 2019). Ödül sistemine ilişkin nöral süreç ventral tegmental alandan (VTA) başlayan bir dopamin salınımının nükleus akkumbens (NAcc), medial PFC ve anterior singulat girustaki dopamin reseptörlerine bağlanmasıyla başlar. Ödülle ilgili uyaranların VTA ile NAcc arasında başlattığı dopaminerjik bağlantı ödülün elde edilmesini içeren (ödülün istenmesi, aranması, çaba gösterilmesi vs.) eylemlere atıfta bulunur. Motivasyonun eyleme dönüşmesini hedefleyen bu fazda NAcc'dan premotor kortekse bir projeksiyon oluşturulur (Mogenson vd., 1980). Ödül elde edildikten sonra ödül tahmin hatası şeklinde ortaya çıkan tatmin miktarı medial PFC tarafından değerlendirilir, öğrenme davranışına dönüştürülür, olumlu ya da olumsuz olarak kodlanır (Wargo vd., 2010b:159). Hayvanlar üzerinde yıllarca yapılan çalışmalar bu devrenin spesifik olarak orta beynin ventral tegmental bölgesinden lateral

hipotalamus yoluyla ventral striatal bölgelere (nükleus akkumbens dahil) ve medial ve orbital prefrontal kortekslere kadar uzanan subkortikal bölgeleri kapsadığını göstermektedir (Olds ve Fobes, 1981). Bu yol mezokortikolimbik, yani orta beyin (mezensefalon), üst korteksler ile alt korteksler (limbik) arasındaki yol olarak bilinir. Özetle ödüle dayalı ve duygusal karar vermede süreç OFC ile limbik bağlantılar arasında başlayıp, dIPFC'nin çoklu verileri entegre etmesi ve ardından singulat korteksin sonuçların işlenmesi ve çelişkileri saptanması şeklinde devam eden bir süreçtir (Rosenbloom vd., 2012). Bu bağlamda ödülle ilgili beyin bölgeleri arasında VS, dIPFC, OFC, NAcc ve amigdalya vurgu yapılmaktadır (Sanfey vd., 2006; Srivastava vd., 2019; Michl ve Taing, 2010:180).

Karar vermeye ilişkin olarak sinirbilimsel çalışmalar "arama, korku, öfke, şehvet, ilgi, panik ve oyun" şeklinde yedi faktörü inceleme konusu yapmaktadır. Ödüle ilişkin olarak olasılıkla en önemli faktör "arama" olup bu bulgunun erken dönem araştırmalarında nükleus akkumbens öne çıkmıştır (Panksepp ve Wilson, 2016:233). Bir ücret artışı veya terfi olasılığının yapacağı etkide olduğu gibi ödül beklentisi beyinin haz bölgesi olarak kabul edilen NAcc'ı uyarabilir (Beugré, 2010:294). Ancak daha ileri çalışmalar spesifik olarak ödülün aranması ve beklenen ödülün işlenmesini de NAcc'a bağlamaktadır (Kuhnen ve Knutson, 2005). NAcc'ın da içinde bulunduğu striatumun özellikle ventral sektörü (VS) ödül merkezi olarak kabul edilir. Ödül-ceza sisteminde öğrenme, ventral striatumda kodlanmış ödül beklenen değer ile gerçekleşen durum arasındaki fark olan ödül tahmin hataları (RPE) tarafından şekillendirilir (Camerer, 2013). Ventral striatum ayrıca bir ödülün çaba gösterilerek kazanılması durumunda daha fazla aktivasyon gösterir, bu örneğin performansa ya da parça başı üretime göre ücrette etkili olabilir (Sanfey vd., 2006). Ekonomik seçim, karar ve davranışın sonucunda ortaya çıkan memnuniyeti ifade etmek üzere tanımlanan "fayda" kavramının nörolojik karşılığı söz konusu "ödül" sistemi olarak kabul edilebilir (Cromwell ve Schultz, 2003). Ceza, kaçınma veya caydırıcı öğrenmenin amigdala gibi korku merkezi olarak bilinen limbik bölgenin ödüle ilişkin sinirsel bağlantıda neden yer aldığına ilişkin sebeplerden birini oluşturur. Amigdala ile birlikte striatumun cezayı öğrenmeye katkıda bulunduğu, örneğin, farelerin yalnızca kokaine ulaştıklarında değil, ödül ile eşleştirilmiş sesi duyduklarında da striatal aktivasyon rapor edilirken, bu bölgeye ilişkin lezyonların da cezanın öğrenilmesine ilişkin olarak amigdala benzeri bir görevi üstlendiği anlaşılmaktadır (Delgado vd., 2008). Son olarak, amigdala gerçekleşen ödül veya cezaya spesifik bir reaksiyon üretir; bu bir öğrenme davranışı olup, vmPFC bu eyleme benzer bir durumla karşılaşıldığında geçmiş deneyimleri simüle ederek bu simülasyon sonucunda bir tercih üretir (Naqvi vd., 2006).

Bazal gangliyonlarda özellikle substantia nigra ve nükleus akkumbensde yerleşik dopamin sisteminin zihinsel rolü esasen ödül arayışında risk alabilmeyi cesaretlendirebilmeyi hedefler. Zihindeki beklenen ödül (beklenen değer) ile gerçekleşenin eşit olması durumunda olumlu bir sürpriz durumu gerçekleşmez ve bu fazık bir dopamin patlamasına neden olmaz; daha çok tonik bir karşılığa dönüşür. Bu tonik patlamalar (veya vuruşlar) saniyede üç elektrokimyasal bir sabitte devam eder. Ancak bir sürprizin gerçekleşmesinde fazık vuruşlar kırka kadar çıkabilir. Ventral striatum ve ilgili bölgeler eylem gerçekleştirildiğinde dopamin ödül reseptörlerine bağlanmak için sonucu, ödülün büyüklüğüne ölçeklenen sayıda dopamini serbest bırakarak, beklenen sonuca kıyasla gerçek sonucu güvenilir ve orantılı bir şekilde yargılar ve böylece pekiştirir (Wickens vd., 2007). Bir olayın çokça olumlanması sonucu medial PFC bir doyum yaşayarak söz konusu eylemi dopamin sisteminin dışında tutarak bazal gangliyonlara sabitler ve bir alışkanlığa dönüştürür (Wargo vd., 2010a:93). Ödül tahmin hatası olarak bilinen bu fenomen, bir duruma ilişkin beklenen değer ile gerçekleşen değer arasındaki farkı belirtir ve eğer bu fark negatif veya sıfır ise dopaminde tonik, eğer pozitif ise ve bir sürpriz gerçekleşirse fazık patlamalara neden olur. Sürpriz faktörünün dopaminerjik ödül sistemini bu şekilde değiştirmesi azalan marjinal faydalar ile bir ilintiyi öngörebilir (Watson ve Platt, 2008). Nitekim ani gelişen bir ödül limbik sistemin baskınlığı altındayken, geniş bir zaman diliminde öğrenilmiş ödüller kortikal yapıların kontrolü altında duygudan nispeten arındırılmış ve öğrenilmiş bir davranışa doğru evrilir. Ödül-ceza sisteminin diğer bir mekanizması ise uyuşturucu bağımlılığı ile birçok yönden benzerlik taşıyan ve aslında para eksikliğinden kaynaklanmayan bir bozuk para olgusudur (Klontz vd., 2008). Özellikle daha çok paraya sahip olmaya ilişkin stresin uyuşturucu kullanımında olduğu üzere dopamin sistemini ele geçirmesi ve

dopamin salınımını arttırması sonucu ödülün kalıcı olarak değiştirilerek bir bağımlılığa neden olmasını ifade eder. Süreç nükleus akkumbensin ödül sisteminin öğrenen yapısı ile aşırı dopamin ve stres hormonunun amigdaladaki etkileriyle doğrudan ilişkilidir (Klontz vd., 2008). Dopamin ödül sistemine ilişkin diğer bir olgu ise patolojik kumar bozukluğu olup nükleus akkumbensin dopamin sistemine duyarsızlaşarak ödüllere ve yeniliklere karşı kayıtsızlaşmasının sonucunu ifade eder. Öte yandan bu durum sempatik sinir sisteminin refleksif tepkilerinde dahi azalmalara neden olmaktadır (Wargo vd., 2010b:160-164). Dolayısıyla bir yatırımcı için risk-getiri ekseninde yerleşik ve sıkça kullanılan finansal araçlardan elde edeceği getirilerin sürpriz yaratamayacağı göz önünde bulundurulduğunda, kripto paralar gibi sürprize açık araçların dopamin ödül sistemine doğrudan hitap edebileceği öngörülebilir.

Ödülün sinirsel olarak işlenmesinde ön plana çıkan nörotransmitterlerin başında dopamin, serotonin ve norepinefrin gelir (Ross vd., 2008). Mevcut kanıtlar, dopamindeki fazik patlamaların tamamen davranışsal öğrenme modellerinde önerilen ödül tahmin hatası terimine karşılık gelebileceğini öngörmektedir (Schultz ve ark. 1997). Bu görüşe göre fazik tepkilerin hem uyarılara ilişkin bilginin toplanması hem de kazanç yollarının tespit edilmesine katkıda bulunarak ekonomik modellerde optimal davranışa rehberlik edebileceği yönündedir (Watson ve Platt, 2008). Dopamin ile ilgili anlaşılması gereken diğer bir nokta dopamin ödül sisteminin temel parametresinin “beklenen değer” olduğudur; çünkü dopamin patlamaları beklenen değer ile gerçekleşen arasındaki farkla doğrudan ilişkili olduğundan beklenen değer düşük olması söz konusu sürprizin algısal boyutunu değiştirecektir (Berridge ve Robinson, 2003). Bu olgu kayıp ve kazançların iskonto edilmesine uygulandığında beklenti etkisinin ödülü değiştirebileceği, böylece düşük beklentinin gelecekte kayıp ve kazançlara ilişkin iskonto algısını farklılaştırabilmesi mümkündür (Butler vd., 2016). Dopamin ile birlikte norepinefrinin mevcut ödül ile devam etme veya yeni ödüller arama noktasında dengeleyici bir özelliği olduğu bilinmektedir (Sanfey vd., 2006). Norepinefrin bir anlamda mod değişimi (parasempatikten sempatik otonom sistemine geçiş) ile ilgili olduğundan, örneğin bilinen şeylerden vazgeçmede veya mevcudun terk edilip alternatiflerin aranmasında etkili olmaktadır. Eylem sonuçlarının belirsiz olması norepinefrin ve orbitofrontal korteksin dahil olduğu risk almayı ve keşif yapmayı teşvik edebilir. Son olarak serotonin düşüklüğünün davranışın motor eylem olarak baskılanmasını kolaylaştırarak dürtüsellüğün azalmasını ve büyük ancak geç ödüllerin tercih edilmesini öngörebilir. Halihazırda düşük serotoninin VS'nin dorsal sektörünü ile dlPFC'in gecikmeli ödüllerin tercih edilmesini sağlayabileceği anlaşılmaktadır (Doya, 2008).

Beynin ödül sistemi literatürde tartışmalı bir konu olmamakla beraber ödül konseptinin beklenen ödül, risk, öğrenme, motivasyon vs. gibi faktörler dolayısıyla kapsamlı bir yapıya sahip olması birtakım farklı görüşleri beraberinde getirmektedir (Ross vd., 2008). İkincil pekiştireç olan parasal ödül deneylerinde striatum, insula ve OFC (Izuma vd., 2008) ön plana çıkmaktadır. Ödülün subjektif değerinin kodlanması ve bu doğrultuda karar alınması öğrenme ve alışkanlık oluşturmada merkezi bölge olan OFC ile ilişkilendirilmiştir (Bechara ve Damasio, 2005). Koku, tat, surat ve para gibi pekiştireçlerin iştah açıcı ve tiksindirici/caydırıcı davranışlara yol açan sinirsel bağlantıların olumlu veya olumsuz sunumlarının OFC ve dlPFC için herhangi bir fark yaratmadığı ve benzer bir role sahip oldukları bildirilmiştir (Plassmann vd., 2007). Örneğin, spor araçlar, lezzetli yiyecek, çekici suratlar, şatafat/aşk/kültür/mizah/iş birliği gibi farklı tipteki ödüllerin parasal ödüller ile aynı sinirsel bağlantıyı kullandığı iyi bilinmektedir (Michl ve Taing, 2010:180). Diğer taraftan ödülün işlenmesi süreci ventral striatum ve PFC arasındaki bir sinirsel bağlantıyı içerir (Watson ve Platt, 2008). Ayrıca NAcc riske ve ödüle duyarlı iken, mPFC risk ve ödül arasında ayrımı yaptığı bilinmektedir (Xue vd., 2009). Örneğin PFC, CC ve bazal ganglionlardaki aktivasyon ödülün büyüklüğü, olasılığı veya zamansal olarak yakınlığına göre değişebilir (Seo ve Lee, 2008). Başka bir yönden ise striatum, insula ve vmPFC'deki dopaminerjik yollar ödüle ilişkin bireysel farklılıklar ile karakterize olarak rapor edilmiştir (Treadway vd., 2012).

Son olarak gecikme iskontosunun ödül sistematığı açısından tutarlı bir modülatör olduğu ve özellikle bağımlılıklar gibi psikopatolojilerin içsel bir özelliğini yansıttığı bilinmektedir. Çünkü bağımlılıklarda ödülün şimdi olmasının değeri hayati bir konudur ve gecikme iskontosu alkol, uyuşturucu, yiyecek veya kumar bağımlılığı olan bireylerde abartılı olup gecikmeye karşı bir toleranssızlık söz konusudur. Sağlıklı bireylerde de bu şiddette olmamasına karşın anlık ödüllerin zihinsel olarak daha fazla

ağırlıklandırıldıkları davranışsal finans literatüründe yeterince işlenmiş bir konudur (Guttman vd., 2018). Karar verme davranışında zaman faktörünün, örneğin kredi kartının nakde göre öncelenmesi gibi irrasyonel etkileri bilinen bir olgudur (Bechara ve Van Der Linden, 2005). VS, mPFC ve posterior singulat korteks (PCC) gecikmiş parasal ödüllerin ortaya çıkan subjektif değerini işler, yani anında ve gecikmeli para ödülleri arasında seçim yapmanın sinirsel olarak kodlanmış subjektif değerleri karşılaştırmayı içerir ve ödülün büyümesiyle aktivasyon artar (Kable ve Glimcher, 2007). ACC lezyonlarının da gecikme iskontosuna katkıda bulunduğu, bir T labirentinde yüksek bir duvarın arkasındaki büyük bir ödülense sıçanların alçak bir duvarın arkasında küçük bir ödüle yönelik seçimlere neden olduğu bildirilmiştir (Doya, 2008).

3.2. Kayıp ve Risk Algısı

Günlük yaşamdaki seçimler potansiyel maliyetler ve faydalar hakkında nadiren tam bilgi içerdiğinden, çoğu seçim risk ve ödül arasında bir dengeyi gerektirmektedir (Guttman vd., 2018). Bu ilişki bağlamında doğal bir öngörü, olumlu sonuçları olan davranışların tekrarlanma olasılığının nispeten yüksek olmasıdır, olumsuzlar için ise tam tersinin geçerli olacağı, böylelikle hoş neticelerin maksimize edilmesine, nahoş olanların ise minimize edilmesine yönelik bir eğilimin söz konusu olacağıdır (Seo ve Lee, 2008). Bu eğilim homeostaz denilen hem psikik hem de anatomik olarak bedenin bir dengede durmasını ifade etmektedir. Örneğin, sabit ve değişken yem alternatifleri sunulmuş kuşların ortam sıcaklığının normale yakın olduğu hallerde riske girmeden sabit yem seçeneğini sürdürdüğü, ortam ısısı düşürüldüğünde ise değişkene yöneldiği saptanmıştır. Dolayısıyla dengenin değişmesi ile yükselen enerji ihtiyacı kuşların riske girmesini tetiklemektedir (Watson ve Platt, 2008). Bu sistemler dengede olmadığında, vücut homeostaziye dönmek için fiziksel değişikliklere neden olan hormonal ve kimyasal uyarıları devreye koymaktadır. Bu bağlamda canlılardaki ödül-ceza ve risk-kayıp sisteminin de benzer bir homeostaza sahip olduğu, rasyonel veya irrasyonel biçimlerde de olsa mütemadiyen bu dengeyi sürdürmeye yönelik güçlü bir eğilimin olduğu anlaşılmaktadır (Wargo vd., 2010a:84-85).

Yapılan çalışmalar kayıp ve risk durumlarında zihnin genel bir sinir ağını kullandığı, yalnızca aralarında aktivasyon büyüklüğü noktasında farklılıklar bulunduğu yönündedir (He vd., 2013). Kayıp ve risk algısının dahil olduğu karar verme sürecine ilişkin ana devre alt ve üst kortikal bağlantılar şeklinde iki devreye bölünebilir. İlk devre risk içeren bir uyarının amigdala tarafından işlenmesiyle otomatik, hızlı ve kısa sürede elde edilen bir çıktıya dönüşür. İkinci süreçte amigdala tarafından üretilen duygu bellek ve duygusal sistemleri birbirine bağlayan vmPFC'ye ulaşır ve ağır, dikkatli ve analitik bir moderasyon gerçekleştirilir. Amigdala risk ve belirsizliğe ilişkin duygusal bir çıktı üretmezse, vmPFC'de devreye sokulmaz; böylece amigdalanın ürettiği duygulanım davranışa dönüşmez, bunu belirleyen yönetici kısım vmPFC'dir (Weller vd., 2007). Klasik bulgu amigdalanın kayıplar ile doğrudan ilişkili olduğu şeklindedir, ancak son çalışmalar hayvanlarda kazanç olasılığı durumlarında da amigdala aktivasyonlarına rastlandığı yönündedir (Doya, 2008). Amigdala ve vmPFC dışında kayıp ve riske ilişkin sinirsel devreye AI (Kuhnen ve Knutson, 2005), medial ve lateral OFC dahildir (Elliott vd., 2003). Genel bulgu risk arttıkça insular kortekste aktivasyonun arttığı (Paulus vd., 2003) ve spesifik olarak insular korteksin ventral anterior ağının duyguyla ilgili, yani amigdala, ventral-tegmental alan (VTA) ve lateral OFC'ye bağlantılar içerdiği; dorsal anterior ağın ise bilişsel kontrolle ilgili alanları, yani ACC ve dlPFC'ye bağlantıları içerdiğidir (Droutman vd., 2015). İnsula ve singulat kortekste aktivite doğrusal olmayan bir yapıda olup başarı olasılığının düşük olduğu durumlarda daha büyük risk arayışına, yüksek olduğu durumlarda ise riskten kaçınmaya atıfta bulunmaktadır (Guttman vd., 2018). Filogenetik olarak hayatta kalma içgüdüleri ile finansal risk almaya ilişkin sinirsel bağlantıların yer aldığı derin beyin devreleri özellikle belirsizlik altında karar verirken olumsuz uyarının artması sonucu kaybın belirgin hale gelmesi kayıptan kaçınmayı artırırken, olumlu olması durumu ise risk almaya yönelik bir teşvik edici bir uyarana neden olabilir. Bu doğrultuda pozitif uyarımlar NAcc ile, negatifler ise AI ile ilişkilendirilmiştir (Singer vd., 2009; Wu vd., 2012). Dolayısıyla NAcc risk arama ile, anterior insula ise riskten kaçınma ile ilişkilendirilmiştir. Halihazırda NAcc haz ile ilgili olup olumlu bir beklentiye girilmesi bu haz merkezi aktive eder (Sahi, 2012). Tesadüfi olumlu uyarıların da NAcc aktivesini

arttırıp daha riskli seçimleri beraberinde getirdiği rapor edilmiştir (Knutson vd., 2007). Anterior insulanın somatik acı, kaçınma, çekinme gibi olumsuz ve risk, kaygı, hayal kırıklığı, pişmanlık gibi rahatsız edici duygularla ilintili olduğu bilinmekte olup beyin fiziksel acıyı, rahatsız edici görsel uyarınları, riskli seçimleri veya kaygıya ilişkin beklentiye ön insula aktivasyonu ile yanıtlar. (Kuhnen ve Knutson, 2005). Bu bağlamda risk algısının duygulanımlardan etkilendiği anterior insulanın aktivasyonlarından anlaşılmakta (Mohr vd., 2010), öte yandan subkortikal yapıların duygulanımlar ile doğrudan ilişkisinin risk alabilme potansiyeli hakkında tatmin edici bilgiler verebildiği anlaşılmaktadır. Örneğin duygusal devreleri problematik olan yahut testosteron salınımı yüksek olan canlılardan elde edilen veriler riskten kaçınmanın azalmasını öngörmektedir (Sahi, 2012).

Nörokimya da en önemlileri norepinefrin, dopamin, serotonin, kortizol ve testosteron olmak üzere risk ve kayıp süreçleriyle farklı şekilde ilişkili birkaç nörotransmitter tanımlanmaktadır. Kaygı, stres ve panik gibi duygulara eşlik etmesinde (He vd., 2013), otonom sinir sistemi ve kaç-savaş tepkilerinin başlatılmasında en başta gelen nörotransmitterlerden biri olan norepinefrin (veya noradrenalin) “uyarılma” özelliği dolayısıyla kayıptan kaçınma bağlamında incelemeye konu edilmiştir. Örneğin, propranolol tarafından merkezi norepinefrin iletiminin bloke edilmesinin, kumarlarda olası kayıpların büyüklüğüne karşı duyarlılığın azalmasına neden olduğu rapor edilmiştir (Rogers vd., 2004). Biyolojik yapı sempatik nöronlardan salgılanan norepinefrinin yanında refleks ve ani tepkilerini yönlendiren, örneğin epinefrin (adrenalin) veya stres hormonu olarak bilinen kortizollere sahiptir. Dikkat ve odaklanmayla doğrudan ilişkisi olan kortizolün karar vermeyi ve risk tercihlerini etkilediği, yüksek kortizol seviyelerinin hem büyük ödülleri içeren riskli karar vermeyi hem de kayıp olasılığı yüksek olduğunda risk arama seçimlerini artırdığı ve finansal kararlarda erkeklerde olumsuz, kadınlarda ise olumlu etkilere neden olduğu bildirilmektedir (Nadler ve Zak, 2016:56). Norepinefrin gibi canlılık, hareket, agresyon ile ilişkili olarak düşünülen dopaminin optimal kararlara yaklaşımcı etkilere sahip olduğu bilinmektedir (Frydman vd., 2011). Genler, beynin seçeneklere atadığı değerleri veya farklı seçeneklerin içerdiği risklere atfedilen değerleri ödül, yenilik arayışı ve kaygı gibi kişilik özellikleriyle ve bağımlılık geliştirmeye ilişkili olarak dopamin ve serotonin gibi nörotransmitterler yoluyla etkileyebilir (Kuhnen ve Chiao, 2009; Frydman, Camerer vd., 2011). Serotoninin karar verme, olasılık değerlendirme, gecikme iskontosu, risk, özdenetim ve iş birliği gibi hususları modüle ettiği halihazırda bilinmektedir (Nadler ve Zak, 2016:55). Cinsellik hormonu olarak bilinen testosteronun agresyon, risk arama, rekabet gibi etkileri söz konusu hormonun hemen finans ile ilgili olduğu yönünde bir kanıya sebep olur. Esasen ilginç bir çalışmada gecikme indirimi konusunda rasyonel olan katılımcıların daha da sabırlı olmalarına katkıda bulunduğu, irrasyonellerin ise sabırsızlıklarını artırdığı rapor edilmiştir (Nadler ve Zak, 2016:51).

Finansal karar süreçlerinde sıklıkla birbirlerinin yerine kullanılabilen, zaman zaman da birbirinden ayrı kavramlar olarak ele alınan risk ve belirsizliğin nörolojik olarak ayırma tabi tutulup tutulmadığı da açıklayıcı bir bulgu olacaktır. Kararlar beklenen sonuç hakkında diğerlerinden daha fazla bilgi sunduğu için göreceli belirsizlik derecelerine göre kategorize edilmektedir. Her karar mutlak bilinmezlik (complete ignorance), belirsizlik (uncertainty), muğlaklık (ambiguity), risklilik ve son olarak kesinlik arasında bir sürekliliğe yerleştirilebilir. Neumann ve Morgenstern (1944) tercihte bulunurken olasılık kurallarına uyulması gerektirdiğini ve bu bağlamda iktisadi matematiksel modeller kullanılmasını, böylece bilimsel bir yöntem ile alternatiflerin karşılaştırılarak optimal tercihe ulaşabileceğini varsayar. Bu bağlamda risk, karar vericinin eylemler ve sonuçlar arasındaki stokastik ilişki hakkında mükemmel bilgiye sahip olduğunu, belirsizlik ise karar vericinin tam bilgiye sahip olmadığı duruma karşılık gelir (Rangel vd., 2008). Ancak, Beklenti Teorisi ile kayıptan ve riskten kaçınma, olasılıkların yanlış ağırlıklandırılması, çerçevelenme etkisi, üssel büyüme yanılgısı gibi birçok noktada ortaya konulan bulgular ekonomik ajanın söz konusu rasyonel varsayımlara göre değil, matematiksel ve istatistiksel yargılarının kalibrasyonunu bozan birçok faktör tarafından rasyonaliteden sapmalar gösterdiğine yöneliktir (Starcke ve Brand, 2012). Mevcut çalışmalar nörolojik olarak risk ve belirsizliğin beynin farklı bölümleri tarafından işlendiğini; belirsizliğin lateral PFC, OFC ve amigdala, riskin ise parietal korteks, singulat korteks, striatumda daha güçlü bir biçimde tespit edildiği şeklindedir (Platt ve Huettel, 2008). Ayrıca insula, amigdala ve PFC ile belirsizlik arasında; striatum, amigdala, singulat korteks ve medial

PFC ile risk arasında bağlantılar rapor edilmiştir (Miendlarzewska vd., 2019). Subkortikal olarak riskli kararların insular kortekste (Hsu ve ark., 2008), belirsizlerin ise amigdalada (Cohen ve Ranganath, 2005) çözümlendiği bildirilmiştir. Hormonal olarak da risk testosteron, belirsizlik ise kortizol ile ilişkilendirilmiştir (Stanton ve Welp, 2010:41-43). Öte yandan subkortikal yapılarda risk arama NAcc ile, riskten kaçınma AI ile (Kuhnen ve Knutson, 2005); kortikal yapılarda ise risk arama medial OFC ile, riskten kaçınma lateral OFC ile ilişkilendirilmiştir (Schultz vd., 2008). Nitekim prefrontal kortekste aktivasyonların riske yönelik tutuma göre değişiklik gösterdiği; riskten kaçınmada daha fazla lateral aktivasyon, risk aramada ise daha fazla medial aktivasyon tespit edilmiştir (Tobler vd., 2007). Diğer açıdan evrimsel olarak beynin en geç büyüyen ve yaşlandıkça gelişen bu PFC bölgeleri (Manuck vd., 2003) karar vermede yaşa bağlı farklılıklara yönelik anlayışı zenginleştirir, örneğin, erken yetişkinlik döneminde subkortikal yapılara kıyasla daha az gelişmiş olan bu kısmın risk algısının yeterince idrak edilememesine neden olabildiği bildirilmiştir (Levin vd., 2015:147). Ek olarak, nükleus akkumbensin hem risk hem de ödül ile ilintili olmasına karşın PFC'nin medial sektörünün bunu ayırt edebilme yeteneğine sahip olduğu; dorsomedial PFC'deki aktivasyonun bir risk sinyaline, ventromedial PFC'dekinin ise bir ödül sinyaline denk geldiği rapor edilmiştir (Wargo vd., 2010b:164). Ayrıca beynin sağ ve sol hemisferleri açısından da örneğin, sol frontal lobun aktivasyonunun pozitif duygulanım ve yaklaşma ile, sağ frontal lobun ise negatif duygulanım ve kaçınma ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Clark vd., 2010:241).

Son olarak kayıp ve risk algısını yapay bir biçimde etkileyen çerçeveleme etkisinin nörolojik incelemesine ilişkin bulgular orbitofrontal bölgeye işaret etmektedir. Çerçeveleme etkisi ile vmPFC/OFC arasında ters bir ilişki söz konusudur: yani aktivasyonun azaldığı durumlarda çerçeveleme etkisinin inhibe edilmesinin de azaldığı, böylelikle bu etkiye maruziyetin arttığı gözlemlenmiştir (De Martino vd., 2006). OFC'nin çerçeveleme etkisine karşı bilişsel yansıma yaratarak rasyonel kalabilmeyi ve karar yanlılığını kontrol ederek Sistem 1 yanıtını engellemeyi başarabildiği rapor edilmiştir (Cassotti vd., 2012). Çerçeveleme bilhassa olumsuz duygulanım ile doğrudan ilişkili olduğu için doğal olarak amigdalada aktivasyon tespit edilmiş, OFC ve medial PFC'de ise duyarlılıkta bir azalma rapor edilmiştir (De Martino vd., 2006). Negatif çerçevelemenin ön lobda daha ayrıntılı kodlamayı içerdiği ve pozitif çerçevelemenin ise medial temporal kortekste daha bütünsel kodlamayı ortaya çıkardığı bir model önerilmektedir (Wang vd., 2016:156). Ayrıca orbitofrontal kortekste lezyonu olan hastaların belirsizlik ve risk arasında ayırım yapamaması OFC'nin çerçeveleme etkisini ayırt etmedeki önemine atıfta bulunmaktadır (Hsu vd., 2005).

3.3. Karar Verme

Ödül ve ceza, öğrenme ve motivasyon, kayıp ve risk günün sonunda karar vermeyi etkileyen temel faktörler olup birlikte göz önünde bulundurulması gereken başlıklardır. Halihazırda değere dayalı karar vermenin nörobiyolojisi iç içe geçmiş kortikal ve subkortikal alanlar ağını içermektedir (Guttman vd., 2018). Ancak belirtilmesi gereken husus, nihai karar verme sürecinin üst düzey zihinsel bir olgu olması subkortikal yapılardan ziyade prefrontal yapılara daha fazla vurgu yapılmasını gerekli kılmaktadır. Nitekim, üst kortikal yapılardan kasıt irade ve özdenetimin duygusal tepkileri kontrol altına alıp istenilen optimal davranışa transformasyonunu sağlamaktır. Karar verme sürecinde üst kortikal yapıları ve irade ile özdenetimi anlamak adına yapılmış deneylerden biri Marşmelov Testi olarak bilinen ve çocuklarda hazzı erteleme iradesinin ölçüldüğü fenomendir. Deney, çocukların belirli bir süre boyunca boş bir odada karşılarında duran şekerlemeyi yemeye direnme şeklinde kurgulanmıştır (Mischel, 2014). Benzer biçimde yetişkinler üzerinde yapılan beyin görüntüleme sonuçları da hazzın ertelenmesine direnememenin limbik sistem ile, bunu irade edebilmenin ise doğrudan PFC ile (McClure vd., 2004), spesifik olarak lateral PFC ile (Nash ve Knoch, 2016:196) olduğu tespit edilmiştir. Bu çocukların iradelerine ilişkin öngörü gelecekte iş, evlilik, sosyal yaşantı gibi alanlarda başarısızlıkların gözlemlenme ihtimalinin oldukça yüksek olduğu şeklindedir (Wargo vd., 2010c:244).

Yiyecek arayan bir arının başvurduğu değer temelli karar verme mekanizması ile borsada işlem yapan bir insanınki açısından ortak noktaların başında subjektivite kavramı gelmektedir (Rangel vd., 2008).

Hayvan deneylerinden elde edilen kanıtlar OFC'nin ödüllerin görelî ve subjektif olarak değerlendirilmesiyle doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir (Smith, 2009:16). Sinirsel ortak para birimi olarak adlandırılan bu olgu, beynin birden çok ödül arasında karşılaştırma yapabilmesini ve bunu tek bir koda dönüştürerek seçeneğin subjektif bir değerini üretmesini ifade eder (Potemkowski, 2017:10). Striatum ve vmPFC'nin de işe dahil olduğu bu süreç, karşı karşıya olunan seçeneğin duygusal, duygusal ve güdüsel özelliklerini göz önünde bulundurarak, örneğin bir elma ile bir bardak su arasında yahut birkaç elma ile bir şişe su arasında veyahut bir elma ile bir şişe su arasında değerî temsili için tek bir ortak ölçek kullanıyormuş gibi davrandığını ifade etmektedir (Levy ve Glimcher, 2012). Tüm kanıtlar bir araya getirildiğinde ve bilhassa OFC'nin insan ve primatlarda birbirlerine çok benzer olduğu göz önünde bulundurulduğunda, OFC'nin ortak para biriminin hesaplanmasında merkezi bölge olduğu anlaşılmaktadır (Pearson, Watson, ve Platt, 2014). Ancak duygular yalnızca subjektivite bağlamında değil ayrıca tüm canlılara atfedilebilecek fizyolojik bileşenler söz konusu olduğunda dahi karar davranışını etkilemektedir (Studer ve Clark, 2011). Nitekim seçim davranışının doğal olarak subjektif yapısının yanı sıra ödül büyüklüğü, gecikme, olasılık gibi nesnel faktörler de sinirsel aktivite ile ilişkilendirilmiştir (Kable ve Glimcher, 2007).

Karar verme süreçlerine ilişkin araştırmalar bir uyarının bilişsel değil de duygusal olmasının, söz konusu sürecin daha otomatik olmasını ve kararlar üzerinde daha güçlü etkide bulunmasını öngörmektedir (Blair, 2010:57). Bilişsel süreçlerin aksine duygulanımlar Sistem 1'de olduğu üzere hızlı, otomatik ve örtük bir yapıda olup PFC'nin bellek, dikkat ve problem çözme gibi kontrollü süreçleri devreye sokmasını gerektirir (Quartz, 2009). Mevcut literatürde de ekonomik ve finansal ihlallerin çoğunlukla limbik sistemlerde tetiklenen duygulanım hallerinin prefrontal korteks tarafından kontrol altına alınmasında, diğer bir ifade ile duygu inhibisyonu (duygunun bastırılması) veya duygu modülasyonu (duygu düzenleme) denilen mekanizmalardaki problemlerden kaynaklandığına işaret etmektedir. Davranışsaldan nörofinansla geçiş de tam olarak prefrontal korteks, özeldde vmPFC lezyonu bulunan bireylerin davranışlarının incelenmesi ile başlamıştır. Bu bireylerin kayıplara yönelik ilgisiz davranışlarına ve deneyimlerinden ders çıkaramamalarına ilişkin bulgular üzerinden (Damasio, 1994) başlayan araştırmaların ikinci durağı benzer bulguların elde edildiği amigdala hasarlı bireylerin çalışmalara dahil edilmesi olmuştur (Naqvi vd., 2006). Halihazırda karar aşamasında duygunun modülasyonunda temel sinirsel bağlantı prefrontal-amigdala devresi olarak kabul edilir. Yine, duygunun dahil olduğu karar verme mekanizmasında kaygı, korku, iğrenme ve çekinme gibi parametrelerle ilişkili olan vmPFC-amigdala bağlantısı ön plana çıkmaktadır (Heilman vd., 2010). Böylece limbik sistemlerce otomatik veya tesadüfi bir şekilde verilen duygusal bir tetikleme kontrol edebilmek için irade sistemine büyük bir yük biner ve bu duygunun doğrudan ve spesifik etkilerinin izole edilmesini zorlaştırır (Heilman vd., 2016:118). Diğer taraftan bu sonuçlar duygusal bölgelerin rasyonel olanlara baskın olabileceğine işaret etmektedir (Michl ve Taing, 2010:183). Ayrıca belirsizlik ve risk çalışmaları göstermektedir ki karar vermede duygunun ele alınması ve çalışmalara dahil edilmesi bariz biçimde çalışmaların kalitesini arttırmaktadır (Heilman vd., 2016:114).

Buraya kadar duygusal karar vermenin çoğunlukla irrasyoneliteyi beraberinde getirdiği vurgulanmıştır. Duygusal irasyoneliteye neden olduğu yönündeki bu öngörü, duygusal işlemenin zarar gördüğü lezyon vakalarında doğal olarak bu etkinin azalmasıyla paralel, daha rasyonel sonuçları öngörmesini gerektirmektedir. Örneğin, OFC hasarının duygusal karar vermeyi bozduğu bulgusundan yola çıkarak (Strobel, 2016:215), spesifik olarak OFC lezyonu bulunan bireylerin çoğunlukla pişmanlık duygusunu yaşayamamalarından dolayı optimal bir seçim yapma ihtimallerinin normal insanlara göre daha olası olduğu bir gerçektir (Coricelli vd., 2007). Ancak yukarıda bahsedilen amigdala lezyonunda olduğu üzere, duygunun azalması her zaman sanıldığı gibi bir etkiye neden olmamakta, aksine kayıplardan öğrenememe, ders çıkaramama gibi duygusal işlemlerin eksikliklerinin de irrasyoneliteye neden olabildiği yönündedir (Levin vd., 2015:133). Dolayısıyla duyguların karar vermede içsel bir süreç olduğunu ve fayda maksimizasyonunda anahtar bir role sahip olduğu anlaşılmaktadır (Silva ve Filipe, 2013). Sonuç olarak ilkel subkortikal sistemler ile gelişmiş kortikal sistemlerin birbirini dışlayan yapıda olması organizmanın hayatta kalma çabasıyla çelişmez; aksine çoklu kontrol sistemlerinin varlığı gerekli bir kabiliyet olup tüm canlılarda genellenebilir bir istidattır (O'Doherty vd., 2017).

3.4. Sosyal Karar Verme

Homo economicus'un optimizasyon probleminin temelinde sahip olduğu bilgi işleme, hatalardan ders çıkarma, odaklanma ve irade etme yeteneğindeki sınırlılıklar gibi faktörler yer almaktadır. Diğer taraftan sosyal bir çevre içerisindeyken optimal seçimi etkileyen ahlak, sosyal ilişkiler, iş birliği, alturizm (özgecilik), empati, güven ve adalet gibi faktörler de söz konusudur (Cohen, 2005). Bu olgu, erken dönemlerde beynin hayatta kalmaya odaklı evrimleşme sürecinin zamanla medeniyetin getirdiği çeşitli normlara uyum sağlamaya yönelik dönüşümünü ifade etmektedir (Buckholtz ve Marois, 2012). Nitekim insanın sosyal olarak karmaşık bir ortamda yaşaması, bireysel karar verme sürecine eş anlı olarak sosyal etkileşimleri dahil etmesini gerektirmektedir (Sanfey, 2007). Bu yüzden nörofinans sadece beynin bireysel bağlamdaki davranışlarını değil, ayrıca ödül/ceza ve öğrenme /pekiştirme, zihinselleştirme, hazzı erteleme, duygu modülasyonu, acı ve haz gibi bağlamlarda güven, karşılıklılık, alturizm, adalet, intikam, sosyal ceza, sosyal norm uyumu, sosyal öğrenme ve rekabet gibi unsurların da yer aldığı sinirsel bağlantıların anlaşılmasını da amaçlamaktadır (Rilling ve Sanfey, 2011). Böylece karar vermenin bilişsel ve duygusal nörolojisi rasyonelitesinde ihlaller gözlenen ekonomik ajanın davranışında birçok sosyal faktörün etkilerinin incelenmesini de zorunlu kılmaktadır (Potemkowski, 2017:3). Bireysel karar vermede olduğu gibi sosyal karar vermede de beynin üst kortikal yapılarına ayrıca vurgu yapılmaktadır. Sosyal karar vermede insanları etik ikilemlere maruz bırakan birtakım testlerde (tramvay problemi, Asya hastalığı vs.) ahlaki problemlerin çözümüne yönelik duygusal işlemenin vmPFC'de; ahlaki yönden maliyet ve faydaların işlenmesinin ise dlPFC'de gerçekleştirildiği rapor edilmiştir (Tobler vd., 2008). Bir başkasının duyguları hakkında düşünmek (duygusal perspektif alma) OFC aktivasyonu gerektirirken (Hynes vd., 2006); başkaları adına riskli seçimlerde bulunmak dmPFC aktivasyonuna neden olmakta (Zhang vd., 2019) veyahut gönüllü bağışlar vmPFC aktivasyonunu gerektirmektedir (Hare vd., 2010).

Ekonomide fayda maksimizasyonu izole ekonomik ajanın eylemlerini içerirken, Oyun Teorisinde fayda maksimizasyonu sosyal durumları da kapsayacak şekilde genişletmiştir (Reuter ve Montag, 2016a:3). Sosyal karar vermede sıkça başvurulan oyun teorisi bir grup karar vericinin kendi getirilerini maksimize etmeye çalışırken üzerinde uzlaşacakları stratejileri bulmaya yönelik araştırmaları ifade eder. Oyun teorisinde "bir oyuncunun, karşısındaki oyuncunun yapacağını düşündüğü stratejiye karşı belirlediği en iyi strateji" olarak tanımlanan Nash Dengesi, hiçbir oyuncunun stratejilerini tek taraflı olarak değiştirerek getirilerini artıramayacağı bir dizi stratejiden oluşur (Holt ve Roth, 2004). Ancak Nash Dengesinin insanlarda ve hayvanlarda sıklıkla ihlal edildiği gözlemlenmektedir (Lee, 2008). Öte yandan sosyal karar vermenin yanında oyun teorisi nöroekonomi için merkezi bir role sahip olup, bulguların matematiksel olarak ifade edilebilmesine ve nörolojik çıktıların ekonomik dilde okunabilmesine aracılık etmektedir (Civai ve Hawes, 2016:13).

Sosyal karar vermede en başta gelen konseptlerden biri olan empatinin duygusal bir örneği acı çeken birinin gözlemlenmesi esnasında gözlemleyen için de benzer duygudurumun ve nöral aktivasyonların söz konusu olmasıdır. Empati, başka birinin duygularının simüle edilerek hatırlanmasını (kişinin kendini zaman içinde yansıtmaya yeteneği) ve başkaları hakkında bir zihinselleştirme yeteneğini ifade etmektedir (Dvash ve Shamay-Tsoory, 2014). Bununla ilgili öncü çalışma bir makığın başka bir makığın motor eylemlerini gözlemlediğinde ya da benzer hareketleri yapan bir insanı gözlemlediğinde, beyinlerinde aynı yapıların, yani "ayna nöronlar" denilen devrelerin aktive olduğuna yönelik keşfedici bir bulguyu sunmuştur. İlk kez makıklar üzerinden tespit edilen ayna nöronlar başka maymunların hareketlerini gözlemlerken kendi premotor kortekslerinde (hareket ile ilgili birincil korteks) tespit edilmiş (Dvash ve Shamay-Tsoory, 2014) ve böylece eylemlerin, amaçların ve niyetlerin zihinde otomatik bir simülasyonu olarak karar vermede farklı bir yapı incelemeye konu edilmiştir (Potemkowski, 2017:13). Bu doğrultuda yapılan beyin görüntüleme çalışmaları, bireylerin gözlem veya hayal yoluyla başkalarının duygularını paylaştıklarını ve aynı nöral ağın parçalarını aktive ettiklerini göstermiştir (Wicker vd., 2003). Empatiyle ilgili meta-analizler ilgili devreleri genel olarak vmPFC, ACC ve AI şeklinde betimlemektedir (Ho vd., 2014).

Empatide olduğu üzere eşitsizliğe ve haksız tekliflere ilişkin oyunlarda tespit edilen tepkilerin yalnızca insana özgü olmaması, örneğin kapuçin maymunları (Brosnan ve De Waal, 2003), Hint şebegi (Barraclough vd., 2004) ve primatlarda da gözlemlenmesi bunun biyolojik bir yatınlıktan kaynaklandığına işaret etmektedir (Ghazanfar ve Santos, 2004). Oyunlarda adaletsiz bir teklif ile karşı karşıya kalmanın dlPFC, ACC ve AI'de bir hiperaktivasyona neden olduğu, spesifik olarak insuladaki aktivasyonun teklifin reddedilmesi ile ilişkiliyken, dlPFC'deki yüksek aktivasyonsa haksız bir teklife verilen olumsuz duygusal tepkinin üstesinden gelmek için ihtiyaç duyulan ilave bilişsel talepleri yansıtmaktadır (Chang ve Sanfey, 2008:42). Diğer taraftan, kişisel faydasını arttırmaya yönelik adaletsiz bir seçimde bulunan bireyde de singulat korteksin posterior (PCC) ve anterior (ACC) sektörleri ile AI ve dlPFC'lerinde artan aktivite gözlemlenmiştir (Chang ve Sanfey, 2008:44). Esasen bu durum bireyin bencil dürtülerini kontrol etme ve hazzı erteleme becerisini gerektirir (Wargo vd., 2010c:243). Haksız teklifler AI'de duygusal bir aktivasyonu tetiklerken, dlPFC'de de bilişsel bir aktivasyon başlatılır; bu süreç adil olmayan bir teklifin yarattığı yoğun olumsuz duygulanıma karşı özdenetimi koruyarak rasyonel davranabilmek için dlPFC'nin yüksek bilişsel aktivasyon kullanarak duygusalılığı bastırmasını amaçlar. Ağrı, sıkıntı, açlık, susuzluk, öfke, tiksinti gibi olumsuz duygulanımlarla karakterize AI, eşitlik ve adalet hissinin kaybolması durumunda zihinde duygusal bir aktivasyona neden olurken, aktivasyon şiddeti haksız tekliflerin yarattığı menfi durumun teklifin reddedilmesine yönelik duygusal reaksiyonun şiddeti ile ilişkili olarak saptanmıştır (Sanfey vd., 2003). Benzer durumlarda vmPFC adaletin hissedildiği, dlPFC ve amigdala ise adaletin hissedilmediği durumlarda devreye girer (Knoch vd., 2006; Wargo vd., 2010c:241). Ayrıca ödül ve cezanın işlendiği merkezi alanlardan striatum, sosyal oyunların zihinsel olarak bir ödül-ceza niteliğinde olması dolayısıyla önem taşır. Bu açıdan sosyal kararlar için de merkezi bir nokta olarak kabul edilen striatum aynı miktarda bir kazancın olması durumunda ödül için gösterdiği biçimde aktivasyon gösterirken, karşılıksızlık halinde ise hipoaktivasyon sergiler (Sanfey, 2007).

Güven ve adalet oyunlarında sinirsel devreler ilk hamleyi yapanın adil, fedakârca ve iş birliği içeren bir seçimine yahut tersine bir eyleme göre pozisyonlanır (Reuter ve Montag, 2016b:77). Bir iş birliği karşılıklı güven duygusu yaratıyorsa ödül gibi algılanarak striatumdaki aktivitede artışa neden olur (Rilling vd., 2002). Güven ile ilgili uyarılara yanıt veren kortikal bölgelerin çoğunun kadınlar ve erkekler arasında farklılık gösterdiği, kadınlarda erkeklerden daha fazla beyin bölgesinin etkinleştiği rapor edilmiştir (Butler vd., 2016). Kadınlarda menstrüel evrelerinin ortalarında östrojen ve oksitosinin etkileriyle güven duyguları erkeklerinkine yakın bir seviyeye ulaşır (Nadler ve Zak, 2016:57). Sosyal karar vermede bilhassa güven sinirsel devrelerde olduğu kadar nörokimyasal olarak da ayrı bir açıklamayı gerektirmektedir. Bu bağlamda başta literatürde güven, fedakârlık, cömertlik ve karşılıklılık gibi davranış tipleriyle ve nesne ilişkileri kapsamında bağlanma davranışıyla birlikte sıkça anılan oksitosin gelmektedir (Reuter ve Montag, 2016b:80; Kosfeld vd., 2005). Örneğin, güvenilir yüzler doğduran amigdalayla aktive ederken, birine güven duymak oksitosinin amigdalada inhibe edici etkisi yüzünden anksiyolitik bir etki yaratarak kaygıyı azaltır ve hayal kırıklığı yaşama, ihanete uğrama gibi olasılıkları zihinden uzaklaştırıcı bir etkide bulunur. Tersine bir durumu ifade eden sosyal anksiyete bozukluğunun güven oyunlarından elde edilen bulguları amigdala ve limbik aktivasyondaki aşırılığın dmPFC'yi zayıflattığı, tabir-i caizse kısa devre yaptırarak anksiyetenin kontrollü düşüncüyü zayıflatmasına yol açtığı bilinmektedir (Rilling ve Sanfey, 2011). Bu bulgu, güvenilir kişilerin yüzlerinin duygu ve ödül beklentisini tetiklediğini göstermektedir (Krueger vd., 2008). Nitekim oksitosin verilen denekler üzerinden yapılan bir çalışmada, bu deneklerin kontrol deneklerine göre 2 kat daha fazla güven sergiledikleri, ancak oksitosinin prososyal bir nöropeptidten ziyade sosyal etkileşimin bir modülatörü olarak etki ettiği önerilmektedir (Nadler ve Zak, 2016:48). Ayrıca noradrenalin ve serotoninin de iş birliğini arttırdığı rapor edilmiştir (Tse ve Bond, 2002).

Para bağışlama davranışının motivasyonu nöral aktivite olarak bir ödül sistemini, yani insula, VS, NAcc ve OFC'yi aktive eden bir davranış olup "verme" eyleminin zihinde bir ödül olarak algılandığı öngörülmektedir. Ekonomik olarak bağış yapmanın homo economicus'a uyup uymadığı tartışmalı bir konu olsa da çalışmalar vermenin maliyeti ile faydası arasındaki dengenin bağış davranışının gerçekleştirilmesinde önemli olduğu ifade edilmektedir (Dickert vd., 2015:191-192). Aslında alturizm, güdülendiği faktörler göz önünde bulundurulmazsa, diğer bireylere ekonomik fayda sağlayan herhangi

bir maliyetli davranış olarak kabul edilir. Söz konusu davranış ekonomik olarak bir irrasyonalliteyi ifade ederken sosyal açıdan ise arzu edilen bir davranışa tekabül etmektedir (Strobel, 2016:211-217). Bağışta bulunma davranışı bir başkasının ihtiyaçlarına odaklanmayı gerektirdiğinden ayrıca bir empati halinden bahsedilmiş olunur (Hare vd., 2010). Adalet duygusu deneysel oyunların bulgularının işaret ettiği üzere olumlu bir düzlemde güven ve iş birliğine yahut olumsuzlukta cezalandırmaya dönüşmekte olup bu ekonomi literatüründe eşitsizlikten kaçınma olarak bilinir (Brosnan, 2008:102). Öte yandan eşitsizlikten kaçınma, yalnızca normları ihlal edenlerin cezalandırılmasına değil, aynı zamanda underdog etkisi (ezilen/mazlum etkisi) dolayısıyla hayırsever bağışlara da yol açabilir (Lee, 2008). Ayrıca çalışmalar beynin haz merkezi olan VS'nin alturistik davranışlarda yahut iş birliğinde bir ödül sinyali vermekte, öte yandan intikam söz konusu olduğunda da benzer bir haz sinyali vermektedir: diğer bir ifade ile alturistik davranış ile cezalandırma da bir haz olarak aynı sinirsel devreleri kullanmaktadır (De Quervain vd., 2004).

3. Tartışma

Davranışsal ekonomi üzerine kurulu nörofinans kontrollü ve ölçülebilir davranışsal görevlerin görüntülemesi ve nörofizyolojik olarak incelenmesi üzerine kurgulanmıştır (Schultz, 2008). Başlangıçta ekonomi ile psikolojinin entegre edilip müteakiben nörolojinin dahil edildiği ve günümüzde genişleyen bir araştırma zeminine dönüştüğü anlaşılmaktadır (Politzer, 2008:6). Nihai gayesi nöronların ve nöral devrelerin ekonomik karar vermede nasıl bir şablon gösterdiğinin (Miłaszewicz, 2017:75) ve beynin bir davranışı nasıl ürettiğinin anlaşılması ve bu bağlamda bir teorinin geliştirilebilmesidir (Glimcher, 2004). Nitekim nöroekonomi ve nörofinans seçim davranışlarına yönelik beyin görüntüleme çalışmaları için daha iyi paradigmalarda bilişsel ve duygusal süreçler için modeller yaratarak hayvan deneyleri ve klinik çalışmalarda kullanılacak hedef davranışları tespit etmeye yönelik umut vaat etmektedir (Clithero vd., 2008). Ancak günümüz nöroloji teknolojisinin muazzam düzeylere ulaştığı kabul edilse bile ekolojik geçerlilik noktasında, diğer bir ifade ile laboratuvar yerine doğal ortamlarda yapılan gözlemlere henüz izin vermemektedir (Reuter ve Montag, 2016a:8). Bazı temel parametrelerde muğlak bir anlayıştan öteye geçilmişse de nihai davranışa ilişkin zihnin tüm bilgileri nasıl entegre ettiği, neden a gibi bir davranışı tercih edip b'yi etmediği konusunda henüz aşılması gereken fazlar bulunmaktadır (Panzone ve Talmi, 2016:185). Nitekim mevcut durumda farklı insanların farklı şeyleri neden seçtikleri hususunun deneylerde ihmal edilmesi gerekmektedir (Brosch ve Sander, 2013).

Öte yandan bireylerin söz konusu anomalileri sergileme derecesine göre farklılık gösterebilmesi (Corbin vd., 2015:77), yahut aynı bireyin risk tercihlerinin kısa bir periyotta dahi farklılık gösterebilmesi gibi daha ileri araştırma problemleri gelecekteki araştırma alanları için projeksiyon oluşturmaktadır (Berg vd., 2005). Bu durum karşı karşıya olunan çoklu karmaşık sinir ağlarını işaret ederken ayrıca bu sürecin dinamik bir yapıda olduğunu da ima etmektedir. Nitekim beynin karmaşık sistem seviyesindeki dinamiklerinin daha rafine ve ayrıntılı bir teorik çerçeve gerektirdiği belirtilmektedir (Chang ve Sanfey, 2008:53). Halihazırda dinamik zihinsel durumlardan yararlanarak bilinçsiz süreçlerin yatırım kararlarını ve finansal faaliyetleri nasıl yönlendirebileceğine ilişkin emosyonel (duygusal) finans olarak adlandırılan yeni bir disiplinin de ortaya çıkmaya başladığı anlaşılmaktadır (Taffler ve Tuckett, 2010). Duygu ve rasyonalitenin birlikte anılmaya başlaması duygu ile biliş için de bir entegrasyonu gerektirmektedir (Rashid vd., 2022). Duyguya dayalı karar vermenin tamamen bilinç öncesi ve otomatik süreçler şeklinde gerçekleştiğini anlamak önemlidir. (Bossaerts, 2009). Bilinçsiz süreçlerin yatırım, tasarruf ve harcamaları nasıl etkilediğini açıklayan dinamik zihinsel yaklaşımların nörofinansı katkı sağlayabileceğine inanmak değersiz değildir (Taffler ve Tuckett, 2010).

Finansman/ Grant Support

Yazar(lar) bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

The author(s) declared that this study has received no financial support.

Çıkar Çatışması/ Conflict of Interest

Yazar(lar) çıkar çatışması bildirmemiştir.

The authors have no conflict of interest to declare.

Açık Erişim Lisansı/ Open Access License

Bu makale, Creative Commons Atıf-GayriTicari 4.0 Uluslararası Lisansı (CC BY NC) ile lisanslanmıştır.

This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY NC).

Kaynaklar

- Aleman, A., Medford, N., & David, A. S. (2006). Dissecting The Cognitive and Neural Basis Of Emotional Abnormalities. *Cognitive Neuropsychiatry*, 11(3), s.193-197.
- Ardalan, K. (2018). Neurofinance Versus the Efficient Markets Hypothesis. *Global Finance Journal*, 35, s.170-176.
- Baker:C., Frith, C. D., Frackowiak:J., & Dolan, R. J. (1996). Active Representation of Shape and Spatial Location in Man. *Cerebral Cortex*, 6(4), s.612-619.
- Barracough, D. J., Conroy, M. L., & Lee, D. (2004). Prefrontal Cortex and Decision Making in a Mixed-Strategy Game. *Nature Neuroscience*, 7(4), 404-410.
- Bechara, A., & Damasio, A. R. (2005). The Somatic Marker Hypothesis: A Neural Theory of Economic Decision. *Games and Economic Behavior*, 52(2), s.336-372.
- Bechara, A., & Van Der Linden, M. (2005). Decision-Making and Impulse Control After Frontal Lobe Injuries. *Current Opinion in Neurology*, 18(6), s.734-739.
- Bechara, A., Damasio, H., & Damasio, A. R. (2000). Emotion, Decision Making and the Orbitofrontal Cortex. *Cerebral Cortex*, 10(3), s.295-307.
- Berg, J., Dickhaut, J., & McCabe, K. (2005). Risk Preference Instability Across Institutions: A Dilemma. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(11), s.4209-4214.
- Berridge, K. C., & Robinson, T. E. (2003). Parsing Reward. *Trends in Neurosciences*, 26(9), s.507-513.
- Beugré, C. D. (2010). Brain and Human Behavior in Organizations: A Field Of Neuro-Organizational Behavior. A. A. Stanton, M. Day, & I. M. Welpel içinde, *Neuroeconomics and the Firm* (s. 289-304). Edward Elgar Publishing.
- Blair, E. S. (2010). What You Think is Not What You Think: Unconsciousness and Entrepreneurial Behavior. A. A. Stanton, M. Day, & I. M. Welpel içinde, *Neuroeconomics and the Firm* (s. 50-68). Edward Elgar Publishing.
- Blair, R. J. (2007). The Amygdala and Ventromedial Prefrontal Cortex in Morality and Psychopathy. *Trends in Cognitive Sciences*, 11(9), s.387-392.
- Bossaerts, P. (2009). What Decision Neuroscience Teaches Us About Financial Decision Making. *Annu. Rev. Financ. Econ.*, 1(1), s.383-404.
- Bossaerts, P. (2021). How Neurobiology Elucidates the Role of Emotions in Financial Decision-Making. *Frontiers in Psychology*, 12, 697375.
- Bossaerts, P., & Murawski, C. (2015). From Behavioural Economics to Neuroeconomics to Decision Neuroscience: The Ascent of Biology in Research on Human Decision Making. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 5, s.37-42.
- Brosch, T., & Sander, D. (2013). Neurocognitive Mechanisms Underlying Value-Based Decision-Making: From Core Values to Economic Value. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 398.

- Brosch, T., Scherer, K. R., Grandjean, D. M., & Sander, D. (2013). The Impact of Emotion on Perception, Attention, Memory, and Decision-Making. *Swiss Medical Weekly*, 143, w13786.
- Brosnan:F. (2008). How Primates (Including Us!) Respond to Inequity. D. Houser, & K. McCabe içinde, *Neuroeconomics* (s. 99-124). *Emerald Group Publishing*.
- Brosnan:F., & De Waal, F. (2003). Monkeys Reject Unequal Pay. *Nature*, 425(6955), s.297-299.
- Brun, V. H., Otnæss, M. K., Molden, S., Steffenach, H. A., Witter, M. P., Moser, M. B., & Moser, E. I. (2002). Place Cells and Place Recognition Maintained by Direct Entorhinal-Hippocampal Circuitry. *Science*, 296(5576), s.2243-2246.
- Buckholtz, J. W., & Marois, R. (2012). The Roots of Modern Justice: Cognitive and Neural Foundations of Social Norms and Their Enforcement. *Nature Neuroscience*, 15(5), s.655-661.
- Butler, M. J., O'Broin, H. L., Lee, N., & Senior, C. (2016). How Organizational Cognitive Neuroscience Can Deepen Understanding of Managerial Decision-Making: A Review of the Recent Literature and Future Directions. *International Journal of Management Reviews*, 18(4), s.542-559.
- Camerer, C. F. (2013). Goals, Methods, and Progress in Neuroeconomics. *Annual Review of Economics*, 5(1), s.425-455.
- Carter, C. S., & Van Veen, V. (2007). Anterior Cingulate Cortex and Conflict Detection: An Update of Theory and Data. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 7(4), s.367-379.
- Cassotti, M., Habib, M., Poirel, N., Aïte, A., Houdé, O., & Moutier:(2012). Positive Emotional Context Eliminates the Framing Effect In Decision-Making. *Emotion*, 12(5), 926.
- Chang, L. J., & Sanfey, A. G. (2008). Emotion, Decision-Making and the Brain. D. Houser, & K. McCabe içinde, *Neuroeconomics* (s. 31-53). *Emerald Group Publishing*.
- Chew:H., Li, K. K., Chark, R., & Zhong:(2008). Source Preference and Ambiguity Aversion: Models and Evidence from Behavioral and Neuroimaging Experiments. D. Houser, & K. McCabe içinde, *Neuroeconomics* (s. 179-201). *Emerald Group Publishing*.
- Civai, C., & Hawes, D. R. (2016). Game Theory in Neuroeconomics. M. Reuter, & C. Montag içinde, *Neuroeconomics* (s. 13-40). *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*.
- Clark, D. L., Boutros, N. N., & Mendez, M. F. (2010). The Brain and Behavior: An Introduction to Behavioral Neuroanatomy. *Cambridge University Press*.
- Clark, L. B., Damasio, H., Aitken, M. R., Sahakian, B. J., & Robbins, T. (2008). Differential Effects of Insular and Ventromedial Prefrontal Cortex Lesions on Risky Decision-Making. *Brain*, 131(5), s.1311-1322.
- Clithero, J. A., Tankersley, D., Huettel:A., & Ashe, J. (2008). Foundations of Neuroeconomics: From Philosophy to Practice. *PLoS biology*, 6(11), e298.
- Cohen, J. D. (2005). The Vulcanization of the Human Brain: A Neural perspective on Interactions Between Cognition and Emotion. *Journal of Economic Perspectives*,19, s.3-24.
- Corbin, J. C., Liberali, J. M., Reyna, V. F., & Brust-Renck, P. G. (2015). Intuition, Interference, Inhibition, and Individual Differences in Fuzzy-Trace Theory. E. A. Wilhems, & V. F. Reyna içinde, *Neuroeconomics, Judgment, and Decision Making* (s. 77-90). New York and London: *Psychology Press*.
- Coricelli, G., Dolan, R. J., & Sirigu, A. (2007). Brain, Emotion and Decision Making: The Paradigmatic Example of Regret. *Trends in Cognitive Sciences*, 11(6), s.258-265.
- Craig, A. D. (2005). Forebrain Emotional Asymmetry: A Neuroanatomical Basis? *Trends in Cognitive Sciences*, 9(12), s.566-571.

- Cromwell, H. C., & Schultz, W. (2003). Effects of Expectations for Different Reward Magnitudes on Neuronal Activity in Primate Striatum. *Journal of Neurophysiology*, 89(5), s.2823-2838.
- Cui, L., Ye, M., Sun, L., Zhang, S., & He, G. (2022). Common and Distinct Neural Correlates of Intertemporal and Risky Decision-Making: Meta-Analytical Evidence for the Dual-System Theory. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 104851.
- Damasio, A. R. (1994). Descartes' Error and the Future of Human Life. *Scientific American*, 271(4), s.144-144.
- De Martino, B., Camerer, C. F., & Adolphs, R. (2010). Amygdala Damage Eliminates Monetary Loss Aversion. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(8), s.3788-3792.
- De Martino, B., Kumaran, D., Seymour, B., & Dolan, R. J. (2006). Frames, Biases, and Rational Decision-Making in the Human Brain. *Science*, 313(5787), s.684-687.
- De Quervain, D. J., Fischbacher, U., Treyer, V., Schellhammer, M., Schnyder, U., Buck, A., & Fehr, E. (2004). The Neural Basis of Altruistic Punishment. *Science*, 305(5688), s.1254-1258.
- Delgado, M. R., Li, J., Schiller, D., & Phelps, E. A. (2008). The Role of the Striatum in Aversive Learning and Aversive Prediction Errors. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1511), s.3787-3800.
- Devinsky, O., Morrell, M. J., & Vogt, B. A. (1995). Contributions of Anterior Cingulate Cortex to Behaviour. *Brain*, 118(1), s.279-306.
- Dickert, S., Västfjäll, D., & Slovic, P. (2015). Neuroeconomics and Dual Information Processes Underlying Charitable Giving. E. A. Wilhems, & V. F. Reyna içinde, *Neuroeconomics, Judgment, and Decision Making* (s. 181-200). *New York and London: Psychology Press*.
- Dixon, M. L., & Christoff, K. (2014). The lateral Prefrontal Cortex and Complex Value-Based Learning and Decision Making. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 45, s.9-18.
- Dou, K., Nie, Y., Wang, Y., Li, J., & Shen, W. (2014). Ego Depletion Promotes Impulsive Decision: Evidences from Behavioral and ERPs Studies. *Acta Psychologica Sinica*, 46(10), 1564.
- Doya, K. (2008). Modulators of Decision Making. *Nature Neuroscience*, 11(4), s.410-416.
- Droutman, V., Bechara, A., & Read:J. (2015). Roles of the Different Sub-Regions of the Insular Cortex in Various Phases of the Decision-Making Process. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 9, 309.
- Dvash, J., & Shamay-Tsoory:G. (2014). Theory of Mind and Empathy as Multidimensional Constructs: Neurological Foundations. *Topics in Language Disorders*, 34(4), s.282-295.
- Dyson, B. J., Musgrave, C., Rowe, C., & Sandhur, R. (2020). Behavioural and Neural Interactions Between Objective and Subjective Performance in a Matching Pennies Game. *International Journal of Psychophysiology*, 147, s.128-136.
- Elliott, R., Dolan, R. J., & Frith, C. D. (2000). Dissociable Functions in the Medial and Lateral Orbitofrontal Cortex: Evidence from Human Neuroimaging Studies. *Cerebral Cortex*, 10(3), s.308-317.
- Elliott, R., Newman, J. L., Longe, O. A., & Deakin, J. W. (2003). Differential Response Patterns in the Striatum and Orbitofrontal Cortex to Financial Reward in Humans: A Parametric Functional Magnetic Resonance Imaging Study. *Journal of Neuroscience*, 23(1), s.303-307.
- Erkan, H. (2016). New Insights on Neural Basis of Choice.
- Euston, D. R., Gruber, A. J., & McNaughton, B. L. (2012). The Role of Medial Prefrontal Cortex in Memory and Decision Making. *Neuron*, 76(6), s.1057-1070.
- Farrell, A. M., Goh, J. O., & White, B. J. (2018). Financial Incentives Differentially Regulate Neural Processing of Positive and Negative Emotions During Value-Based Decision-Making. *Frontiers in Human Neuroscience*, 12, 58.

- Fecteau, S., Pascual-Leone, A., Zald, D. H., Liguori, P., Théoret, H., Boggio, P. S., & Fregni, F. (2007). Activation of Prefrontal Cortex by Transcranial Direct Current Stimulation Reduces Appetite for Risk During Ambiguous Decision Making. *Journal of Neuroscience*, 27(23), s.6212-6218.
- Fehr, E., & Rangel, A. (2011). Neuroeconomic Foundations of Economic Choice: Recent Advances. *Journal of Economic Perspectives*, 25(4), s.3-30.
- Fitzgerald, K. D., Welsh, R. C., Gehring, W. J., Abelson, J. L., Himle, J. A., Liberzon, I., & Taylor, F. (2005). Error-Related Hyperactivity of the Anterior Cingulate Cortex in Obsessive-Compulsive Disorder. *Biological Psychiatry*, 57(3), s.287-294.
- Floresco, B., Onge, J. R., Ghods-Sharifi, S., & Winstanley, C. A. (2008). Cortico-Limbic-Striatal Circuits Subserving Different Forms of Cost-Benefit Decision Making. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 8(4), s.375-389.
- Frydman, C., Camerer, C., Bossaerts, P., & Rangel, A. (2011). MAOA-L Carriers Are Better at Making Optimal Financial Decisions Under Risk. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 278(1714), s.2053-2059.
- Fuster, J. M. (2002). Prefrontal Cortex in Temporal Organization of Action. A. A. Michael içinde, *The Handbook of Brain Theory and Neural Networks* (s. 905-910). Cambridge: MIT Press.
- Ghazanfar, A. A., & Santos, L. R. (2004). Primate Brains in The Wild: The Sensory Bases for Social Interactions. *Nature Reviews Neuroscience*, 5(8), s.603-616.
- Glimcher, P. W. (2004). *Decisions, Uncertainty, and the Brain: The Science of Neuroeconomics*. MIT Press.
- Gottfried, J. A., O'Doherty, J., & Dolan, R. J. (2003). Encoding Predictive Reward Value in Human Amygdala and Orbitofrontal Cortex. *Science*, 301(5636), s.1104-1107.
- Guttman, Z., Moeller, J., & London, E. D. (2018). Neural Underpinnings of Maladaptive Decision-Making in Addictions. *Pharmacology, Biochemistry, and Behavior*, 164, 84.
- Hare, T. A., Camerer, C. F., Knoepfle, D. T., O'Doherty, J. P., & Rangel, A. (2010). Value Computations in Ventral Medial Prefrontal Cortex During Charitable Decision-Making Incorporate Input from Regions Involved in Social Cognition. *Journal of Neuroscience*, 30(2), s.583-590.
- Hariri, A. R., Brown, M., Williamson, D. E., Flory, J. D., De Wit, H., & Manuck, B. (2006). Preference for Immediate over Delayed Rewards Is Associated with Magnitude of Ventral Striatal Activity. *Journal of Neuroscience*, 26(51), s.13213-13217.
- He, F., Guan, H., Zhao, Z., & Cao, R. (2013). Neural Mechanisms of Risky Decision Making in Monetary Gain and Loss Situations. *Social Behavior and Personality: An International Journal*, 41(10), s.1725-1736.
- Heilman, R. M., Crişan, L. G., Houser, D., Miclea, M., & Miu, A. C. (2010). Emotion Regulation and Decision Making under Risk and Uncertainty. *Emotion*, 10(2), 257.
- Heilman, R. M., Miu, A. C., & Houser, D. (2016). Emotion Regulation and Economic Decision-Making. M. Reuter, & C. Montag içinde, *Neuroeconomics* (s. 113-132). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Ho, S., Konrath, S., Brown, S., & Swain, J. E. (2014). Empathy and Stress Related Neural Responses in Maternal Decision Making. *Frontiers in Neuroscience*, 8, 152.
- Holt, C. A., & Roth, A. E. (2004). The Nash Equilibrium: A Perspective. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(12), s.3999-4002.
- Hsu, M., Bhatt, M., Adolphs, R., Tranel, D., & Camerer, C. F. (2005). Neural Systems Responding to Degrees of Uncertainty in Human Decision-Making. *Science*, 310(5754), s.1680-1683.
- Hynes, C. A., Baird, A. A., & Grafton, T. (2006). Differential Role of the Orbital Frontal Lobe in Emotional Versus Cognitive Perspective-Taking. *Neuropsychologia*, 44(3), s.374-383.

- Izuma, K., Saito, D. N., & Sadato, N. (2008). Processing of Social and Monetary Rewards in the Human Striatum. *Neuron*, 58(2), s.284-294.
- Johnsrude, I. S., Owen, A. M., White, N. M., Zhao, W. V., & Bohbot, V. (2000). Impaired Preference Conditioning After Anterior Temporal Lobe Resection in Humans. *Journal of Neuroscience*, 20(7), s.2649-2656.
- Jones, C. L., Minati, L., Harrison, N. A., Ward, J., & Critchley, H. D. (2011). Under Pressure: Response Urgency Modulates Striatal and Insula Activity During Decision-Making Under Risk. *PLoS One*, 6(6), e20942.
- Kable, J. W., & Glimcher, P. W. (2007). The Neural Correlates of Subjective Value During Intertemporal Choice. *Nature Neuroscience*, 10(12), s.1625-1633.
- Kandel, E. R., & Kupfermann, I. (1995). Emotional States. *Essentials of Neural Science and Behavior*, s.595-612.
- Kennerley, W., Walton, M. E., Behrens, T. E., Buckley, M. J., & Rushworth, M. F. (2006). Optimal Decision Making and the Anterior Cingulate Cortex. *Nature Neuroscience*, 9(7), s.940-947.
- Klontz, B. T., Bivens, A., Klontz, P. T., Wada, J., & Kahler, R. (2008). The Treatment of Disordered Money Behaviors: Results of an Open Clinical Trial. *Psychological Services*, 5(3), 295.
- Knoch, D., Pascual-Leone, A., Meyer, K., Treyer, V., & Fehr, E. (2006). Diminishing Reciprocal Fairness by Disrupting the Right Prefrontal Cortex. *Science*, 314(5800), s.829-832.
- Knutson, B., & Greer, M. (2008). Anticipatory Affect: Neural Correlates and Consequences for Choice. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1511), s.3771-3786.
- Knutson, B., Adams, C. M., Fong, G. W., & Hommer, D. (2001). Anticipation of Increasing Monetary Reward Selectively Recruits Nucleus Accumbens. *Journal of Neuroscience*, 21(16), RC159-RC159.
- Knutson, B., Rick, S., Wimmer, G. E., Prelec, D., & Loewenstein, G. (2007). Neural Predictors of Purchases. *Neuron*, 53(1), s.147-156.
- Koenigs, M., & Tranel, D. (2007). Irrational Economic Decision-Making After Ventromedial Prefrontal Damage: Evidence from the Ultimatum Game. *Journal of Neuroscience*, 27(4), s.951-956.
- Kosfeld, M., Heinrichs, M., Zak, P. J., Fischbacher, U., & Fehr, E. (2005). Oxytocin Increases Trust in Humans. *Nature*, 435(7042), s.673-676.
- Krueger, F., Grafman, J., & McCabe, K. (2008). Neural Correlates of Economic Game Playing. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1511), s.3859-3874.
- Kuhnen, C. M., & Chiao, J. Y. (2009). Genetic Determinants of Financial Risk Taking. *PloS one*, 4(2), e4362.
- Kuhnen, C. M., & Knutson, B. (2005). The Neural Basis of Financial Risk Taking. *Neuron*, 47(5), s.763-770.
- LeDoux, J. E. (1992). Emotion and the Amygdala. J. P. Aggleton içinde, *The Amygdala: Neurobiological Aspects of Emotion, Memory, and Mental Dysfunction* (s. 339-351). Wiley-Liss.
- Lee, D. (2008). Game Theory and Neural Basis of Social Decision Making. *Nature neuroscience*, 11(4), s.404-409.
- Lee, D., & Seo, H. (2016). Neural Basis of Strategic Decision Making. *Trends in Neurosciences*, 39(1), s.40-48.
- Lehrer, J. (2010). How we decide. *Houghton Mifflin Harcourt*.
- Levin, I. P., McElroy, T., Gaeth, G. J., Hedgcock, W., Denburg, N. L., & Tranel, D. (2015). Studying Decision Processes through Behavioral and Neuroscience Analyses of Framing Effects. E. A. Wilhems, & V. F. Reyna içinde, *Neuroeconomics, Judgment, and Decision Making* (s. 131-156). *New York and London: Psychology Press*.

- Levy, D. J., & Glimcher, P. W. (2012). The Root of All Value: A Neural Common Currency for Choice. *Current Opinion in Neurobiology*, 22(6), s.1027-1038.
- Lovero, K. L., Simmons, A. N., Aron, J. L., & Paulus, M. P. (2009). Anterior Insular Cortex Anticipates Impending Stimulus Significance. *Neuroimage*, 45(3), s.976-983.
- Manuck:B., Flory, J. D., Muldoon, M. F., & Ferrell, R. E. (2003). A Neurobiology of Intertemporal Choice. G. Loewenstein, D. Read, & R. Baumeister içinde, *Time and decision: Economic and Psychological Perspectives on Intertemporal Choice* (s. 139-172). *Russell Sage Foundation*.
- McClure:M., Laibson, D. I., Loewenstein, G., & Cohen, J. D. (2004). Separate Neural Systems Value Immediate and Delayed Monetary Rewards. *Science*, 306(5695), s.503-507.
- Michl, T., & Taing:(2010). An Economic and Neuroscientific Comparison of Strategic Decision-Making. A. A. Stanton, M. Day, & I. M. Welpe içinde, *Neuroeconomics and the Firm* (s. 173-192). *Edward Elgar Publishing*.
- Miendlarzewska, E. A., Kometer, M., & Preuschoff, K. (2019). Neurofinance. *Organizational Research Methods*, 22(1), s.196-222.
- Miłaszewicz, D. (2017). Neuroeconomics: Genesis and Essence. K. Nermend, & M. Łatuszyńska içinde, *Neuroeconomic and Behavioral Aspects of Decision Making* (s. 63-75). *Springer*.
- Mischel, W. (2014). The Marshmallow Test: Understanding Self-Control and How to Master It. *Random House*.
- Mitchell, J. P., Schirmer, J., Ames, D. L., & Gilbert, D. T. (2011). Medial Prefrontal Cortex Predicts Intertemporal Choice. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23(4), s.857-866.
- Mogenson, G. J., Jones, D. L., & Yim, C. Y. (1980). From Motivation to Action: Functional Interface Between the Limbic System and the Motor System. *Progress in Neurobiology*, 14(2-3), s.69-97.
- Mohr, P. N., Biele, G., & Heekeren, H. R. (2010). Neural Processing of Risk. *Journal of Neuroscience*, 30(19), s.6613-6619.
- Murayama, K., Matsumoto, M., Izuma, K., & Matsumoto, K. (2010). Neural Basis of The Undermining Effect of Monetary Reward on Intrinsic Motivation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(49), s.20911-20916.
- Nadler, A., & Zak, P. L. (2016). Hormones and Economic Decisions. M. Reuter, & C. Montag içinde, *Neuroeconomics* (s. 41-66). *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*.
- Naqvi, N., Shiv, B., & Bechara, A. (2006). The Role of Emotion in Decision Making: A Cognitive Neuroscience Perspective. *Current Directions in Psychological Science*, 15(5), s.260-264.
- Nash, K., & Knoch, D. (2016). Individual Differences in Decision-Making: A Neural Trait Approach to Study Sources of Behavioral Heterogeneity. M. Reuter, & C. Montag içinde, *Neuroeconomics* (s. 191-210). *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*.
- Njegovanovic, A. (2018). Neurological Aspects of Finance, Transmitters, Emotions, Mirror Neuronal Activity in Financial Decision. *Маркетинг і менеджмент інновацій*, (3), s.186-198.
- Ochsner, K. N., Silvers, J. A., & Buhle, J. T. (2012). Functional Imaging Studies of Emotion Regulation: A Synthetic Review and Evolving Model of the Cognitive Control of Emotion. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1251(1), E1-E24.
- O'Doherty, J. P., Cockburn, J., & Pauli, W. M. (2017). Learning, Reward, and Decision Making. *Annual Review of Psychology*, 68, s.73-100.
- O'Doherty, J., Rolls, E. T., Francis, S., Bowtell, R., & McGlone, F. (2001). Representation of Pleasant and Aversive Taste in the Human Brain. *Journal of Neurophysiology*, 85(3), s.1315-1321.

- Olds, J., & Milner, P. (1954). Positive Reinforcement Produced by Electrical Stimulation of Septal Area and Other Regions of Rat Brain. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 47(6), 419.
- Olds, M. E., & Fobes, J. L. (1981). The Central Basis of Motivation: Intracranial Self-Stimulation Studies. *Annual Review of Psychology*, 32(1), s.523-574.
- Panksepp, J., & Wilson, C. G. (2016). Brain Seeking Circuitry in Neuroeconomics: A Unifying Hypothesis for the Role of Dopamine-Energized Arousal of the Medial Forebrain Bundle in Enthusiasm-Guiding Decision-Making. M. Reuter, & C. Montag içinde, *Neuroeconomics* (s. 231-252). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Panzone, L., & Talmi, D. (2016). The Influence of Costs, Benefits and Their Interaction. M. Reuter, & C. Montag içinde, *Neuroeconomics* (s. 167-190). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Paulus, M. P., & Frank, L. R. (2006). Anterior Cingulate Activity Modulates Nonlinear Decision Weight Function of Uncertain Prospects. *Neuroimage*, 30(2), s.668-677.
- Paulus, M. P., Rogalsky, C., Simmons, A., Feinstein, J. S., & Stein, M. B. (2003). Increased Activation in the Right Insula During Risk-Taking Decision Making Is Related to Harm Avoidance and Neuroticism. *Neuroimage*, 19(4), s.1439-1448.
- Pearson, J. M., Watson, K. K., & Platt, M. L. (2014). Decision Making: The Neuroethological Turn. *Neuron*, 82(5), s.950-965.
- Peterson, R. L. (2007). Affect and Financial Decision-Making: How Neuroscience Can Inform Market Participants. *The Journal of Behavioral Finance*, 8(2), s.70-78.
- Pirouz, D. (2004). The Neuroscience of Consumer Decision-Making. *Munich Personal RePEc Archive*.
- Plassmann, H., O'doherty, J., & Rangel, A. (2007). Orbitofrontal Cortex Encodes Willingness to Pay in Everyday Economic Transactions. *Journal of Neuroscience*, 27(37), s.9984-9988.
- Plassmann, H., O'doherty, J., Shiv, B., & Rangel, A. (2008). Marketing Actions Can Modulate Neural Representations of Experienced Pleasantness. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(3), s.1050-1054.
- Platt, M. L., & Huettel:A. (2008). Risky Business: The Neuroeconomics of Decision Making under Uncertainty. *Nature Neuroscience*, 11(4), s.398-403.
- Politzer, P. (2008). *Neuroeconomics: A Guide to The New Science of Making Choices*. OUP USA.
- Potemkowski, A. (2017). Neurobiology of Decision Making: Methodology in Decision-Making Research. Neuroanatomical and Neurobiochemical Fundamentals. K. Nermend, & M. Łatuszyńska içinde, *Neuroeconomic and Behavioral Aspects of Decision Making* (s. 3-18). Springer.
- Poudel, G. R., Bhattarai, A., Dickinson, D. L., & Drummond:(2017). Neural Correlates of Decision-Making During a Bayesian Choice Task. *NeuroReport*, 28(4), s.193-199.
- Quartz:R. (2009). Reason, Emotion and Decision-Making: Risk and Reward Computation with Feeling. *Trends in Cognitive Sciences*, 13(5), s.209-215.
- Rangel, A., Camerer, C., & Montague, P. R. (2008). A Framework for Studying the Neurobiology of Value-Based Decision Making. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(7), s.545-556.
- Rashid, M., Ahmad, R., & Tariq:(2022). Financial Revolution: From Traditional Finance to Behavioral and Neuro-Finance. *South Asian Journal of Social Science and Humanities*, 3(4), s.95-108.
- Reuter, M., & Montag, C. (2016a). Neuroeconomics: An Introduction. M. Reuter, & C. Montag içinde, *Neuroeconomics* (s. 1-12). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Reuter, M., & Montag, C. (2016b). Genes and Human Decision-Making. M. Reuter, & C. Montag içinde, *Neuroeconomics* (s. 67-84). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

-
- Reynaud, M., Karila, L., Blecha, L., & Benyamina, A. (2010). Is Love Passion an Addictive Disorder? *The American Journal of Drug and Alcohol Abuse*, 36(5), s.261-267.
- Rick, S., & Loewenstein, G. (2008). Intangibility in Intertemporal Choice. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1511), s.3813-3824.
- Rilling, J. K., & Sanfey, A. G. (2011). The Neuroscience of Social Decision-Making. *Annual Review of Psychology*, 62(1), s.23-48.
- Rilling, J. K., Gutman, D. A., Zeh, T. R., Pagnoni, G., Berns, G. S., & Kilts, C. D. (2002). A Neural Basis for Social Cooperation. *Neuron*, 35(2), s.395-405.
- Rocha, A. F., Massad, E., & Rocha, F. T. (2013). The Neuroeconomics of Emotional Conflicts in Moral Dilemma Judgment. Available in <http://www.eina.com.br/trabalhos/dilema.pdf>, assessed on April, 9, 2013.
- Rogers, R. D., Lancaster, M., Wakeley, J., & Bhagwagar, Z. (2004). Effects of Beta-Adrenoceptor Blockade on Components of Human Decision-Making. *Psychopharmacology*, 172(2), s.157-164.
- Rolls, E. T., & Grabenhorst, F. (2008). The Orbitofrontal Cortex and Beyond: From Affect to Decision-Making. *Progress in Neurobiology*, 86(3), s.216-244.
- Rosenbloom, M. H., Schmahmann, J. D., & Price, B. H. (2012). The Functional Neuroanatomy of Decision-Making. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 24(3), s.266-277.
- Ross, D., Sharp, C., Vuchinich, R. E., & Spurrett, D. (2008). Midbrain Mutiny: The Picoeconomics and Neuroeconomics of Disordered Gambling: Economic Theory and Cognitive Science. MIT press.
- Sahi, K. (2012). Neurofinance and Investment Behaviour. *Studies in Economics and Finance*, 29(4), s.246-267.
- Sandson, J., & Albert, M. L. (1987). Perseveration in Behavioral Neurology. *Neurology*, 37(11), s.1736-1736.
- Sanfey, A. G. (2007). Social Decision-Making: Insights from Game Theory and Neuroscience. *Science*, 318(5850), s.598-602.
- Sanfey, A. G., Loewenstein, G., McClure, M., & Cohen, J. D. (2006). Neuroeconomics: Cross-Currents in Research on Decision-Making. *Trends in Cognitive Sciences*, 10(3), s.108-116.
- 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), s.1755-1758.
- Schneider, B., & Koenigs, M. (2017). Human Lesion Studies of Ventromedial Prefrontal Cortex. *Neuropsychologia*, 107, s.84-93.
- Schultz, W. (1997). Dopamine Neurons and Their Role in Reward Mechanisms. *Current Opinion in Neurobiology*, 7(2), s.191-197.
- Schultz, W. (2008). Introduction: Neuroeconomics: The Promise and the Profit. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1511), s.3767-3769.
- Schultz, W., Preuschoff, K., Camerer, C., Hsu, M., Fiorillo, C. D., Tobler, P. N., & Bossaerts, P. (2008). Explicit Neural Signals Reflecting Reward Uncertainty. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1511), s.3801-3811.
- Seo, H., & Lee, D. (2008). Cortical Mechanisms for Reinforcement Learning in Competitive Games. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1511), s.3845-3857.
- Seymour, B., Daw, N., Dayan, P., Singer, T., & Dolan, R. (2007). Differential Encoding of Losses and Gains in the Human Striatum. *Journal of Neuroscience*, 27(18), s.4826-4831.

- Shanteau, J., & Edwards, W. (2015). Decision Making by Experts: Influence of Five Key Psychologists. E. A. Wilhems, & V. F. Reyna içinde, *Neuroeconomics, Judgment, and Decision Making* (s. 1-26). *New York and London: Psychology Press*.
- Silva, R., & Filipe, J. A. (2013). The Homo Neuroeconomicus-A Window for the Future. *The IIOAB Journal*, 4(3), 31.
- Singer, T., Critchley, H. D., & Preuschoff, K. (2009). A Common Role of Insula in Feelings, Empathy and Uncertainty. *Trends in Cognitive Sciences*, 13(8), s.334-340.
- Smith, V. L. (2009). Introduction: Experimental Economics and Neuroeconomics. P. W. Glimcher, C. F. Camerer, E. Fehr, & R. A. Poldrack içinde, *Neuroeconomics: Decision Making and the Brain* (s. 15-19). *Academic Press*.
- Srivastava, M., Sharma, G. D., & Srivastava, A. K. (2019). Human Brain and Financial Behavior: A Neurofinance Perspective. *International Journal of Ethics and Systems*, 35(4), s.485-503.
- Srivastava, M., Sharma, G. D., Srivastava, A. K., & Kumaran:S. (2020). What's in the Brain for Us: A Systematic Literature Review of Neuroeconomics and Neurofinance. *Qualitative Research in Financial Markets*, 12(4), s.413-435.
- Stanton, A. A., & Welppe, I. M. (2010). Risk and Ambiguity: Entrepreneurial Research from the Perspective of Economics. A. A. Stanton, M. Day, & I. M. Welppe içinde, *Neuroeconomics and the Firm* (s. 29-49). *Edward Elgar Publishing*.
- Starcke, K., & Brand, M. (2012). Decision Making Under Stress: A Selective Review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 36(4), s.1228-1248.
- Strobel, A. (2016). Altruistic Punishment. M. Reuter, & C. Montag içinde, *Neuroeconomics* (s. 211-230). *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*.
- Studer, B., & Clark, L. (2011). Place Your Bets: Psychophysiological Correlates of Decision-Making Under Risk. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 11(2), s.144-158.
- Sugrue, L. P., Corrado, G. S., & Newsome, W. T. (2005). Choosing the Greater of Two Goods: Neural Currencies for Valuation and Decision Making. *Nature Reviews Neuroscience*, 6(5), s.363-375.
- Summerfield, C., & Tsetsos, K. (2012). Building Bridges Between Perceptual and Economic Decision-Making: Neural and Computational Mechanisms. *Frontiers in Neuroscience*, 6, 70.
- Taffler, R. J., & Tuckett, D. A. (2010). Emotional Finance: The Role of the Unconscious in Financial Decisions. H. K. Baker, & J. R. Nofsinger içinde, *Behavioral Finance: Investors, Corporations, and Markets* (s. 95-112). *John Wiley & Sons*.
- Tobler, P. N., Kalis, A., & Kalenscher, T. (2008). The Role of Moral Utility in Decision Making: An Interdisciplinary Framework. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 8(4), s.390-401.
- Tobler, P. N., O'Doherty, J. P., Dolan, R. J., & Schultz, W. (2007). Reward Value Coding Distinct from Risk Attitude-Related Uncertainty Coding in Human Reward Systems. *Journal of Neurophysiology*, 97(2), s.1621-1632.
- Treadway, M. T., Buckholtz, J. W., Cowan, R. L., Woodward, N. D., Li, R., Ansari, M. S., Baldwin, R. M., Schwartzman, A. N., Kessler, R. M., Zald, D. H. (2012). Dopaminergic Mechanisms of Individual Differences in Human Effort-Based Decision-Making. *Journal of Neuroscience*, 32(18), s.6170-6176.
- Tse, W. S., & Bond, A. J. (2002). Serotonergic Intervention Affects Both Social Dominance and Affiliative Behaviour. *Psychopharmacology*, 161(3), s.324-330.
- Tyburski, E. (2017). Psychological Determinants of Decision Making. K. Nermend, & M. Łatuszyńska içinde, *Neuroeconomic and Behavioral Aspects of Decision Making* (s. 19-34). *Springer*.

- Valentin, V. V., & O'Doherty, J. P. (2009). Overlapping Prediction Errors in Dorsal Striatum During Instrumental Learning with Juice and Money Reward in the Human Brain. *Journal of Neurophysiology*, 102(6), s.3384-3391.
- van Duijvenvoorde, A. C., Jansen, B. R., & Huizenga, H. M. (2015). Risky Choice from Childhood to Adulthood: Changes in Decision Strategies, Affect, and Control. E. A. Wilhems, & V. F. Reyna içinde, *Neuroeconomics, Judgment, and Decision Making* (s. 203-218). *New York and London: Psychology Press*.
- Van't Wout, M., Kahn, R. S., Sanfey, A. G., & Aleman, A. (2006). Affective State and Decision-Making in the Ultimatum Game. *Experimental Brain Research*, 169(4), s.564-568.
- Vorhold, V. (2008). The Neuronal Substrate of Risky Choice: An Insight into the Contributions of Neuroimaging to the Understanding of Theories on Decision Making Under Risk. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1128(1), s.41-52.
- Wallis, J. D. (2007). Orbitofrontal Cortex and Its Contribution to Decision-Making. *Annual Review of Neuroscience*, 30(1), s.31-56.
- Wallis, J. D. (2012). Cross-Species Studies of Orbitofrontal Cortex and Value-Based Decision-Making. *Nature Neuroscience*, 15(1), s.13-19.
- Walton, M. E., Devlin, J. T., & Rushworth, M. F. (2004). Interactions Between Decision Making and Performance Monitoring Within Prefrontal Cortex. *Nature Neuroscience*, 7(11), s.1259-1265.
- Wang, X.-T., Rao, L., & Zheng, H. (2016). Framing Effects: Behavioral Dynamics and Neural Basis. M. Reuter, & C. Montag içinde, *Neuroeconomics* (s. 145-166). *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*.
- Wargo, D. T., Baglini, N. A., & Nelson, K. A. (2010a). The New Millennium's First Global Financial Crisis: The Neuroeconomics of Greed, Self-Interest, Deception, False Trust, Overconfidence and Risk Perception. A. A. Stanton, M. Day, & I. M. Welpel içinde, *Neuroeconomics and the Firm* (s. 78-100). *Edward Elgar Publishing*.
- Wargo, D. T., Baglini, N. A., & Nelson, K. A. (2010b). Dopamine, Expected Utility and Decision-Making In The Firm. A. A. Stanton, M. Day, & I. M. Welpel içinde, *Neuroeconomics and the Firm* (s. 151-172). *Edward Elgar Publishing*.
- Wargo, D. T., Baglini, N. T., & Nelson, K. A. (2010c). Culture, Cognition and Conflict: How Neuroscience Can Help to Explain Cultural Differences in Negotiation and Conflict Management. A. A. Stanton, M. Day, & I. M. Welpel içinde, *Neuroeconomics and the Firm* (s. 263-288). *Edward Elgar Publishing*.
- Watson, K. K., & Platt, M. L. (2008). Neuroethology of Reward and Decision Making. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1511), s.3825-3835.
- Weller, J. A., Levin, I. P., Shiv, B., & Bechara, A. (2007). Neural Correlates of Adaptive Decision Making for Risky Gains and Losses. *Psychological Science*, 18(11), s.958-964.
- Wickens, J. R., Horvitz, J. C., Costa, R. M., & Killcross (2007). Dopaminergic Mechanisms in Actions and Habits. *Journal of Neuroscience*, 27(31), s.8181-8183.
- Wicker, B., Keysers, C., Plailly, J., Royet, J. P., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (2003). Both of Us Disgusted in My Insula: The Common Neural Basis of Seeing and Feeling Disgust. *Neuron*, 40(3), s.655-664.
- Wilhems, E. A., Helm, R. K., Setton, R. A., & Reyna, V. F. (2015). Fuzzy-Trace Theory Explains Paradoxical Dissociations in Affective Forecasting. E. A. Wilhems, & V. F. Reyna içinde, *Neuroeconomics, Judgment, and Decision Making* (s. 49-74). *New York and London: Psychology Press*.
- Wilson, T. (1999). Exploring Models of Information Behaviour: The 'Uncertainty' Project. *Information Processing & Management*, 35(6), s.839-849.

-
- Wittmann, M., & Paulus, M. P. (2016). How The Experience of Time Shapes Decision-Making. M. Reuter, & C. Montag içinde, *Neuroeconomics* (s. 133-144). *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*.
- Wu, C. C., Sacchet, M. D., & Knutson, B. (2012). Toward An Affective Neuroscience Account of Financial Risk Taking. *Frontiers in Neuroscience*, 6, 159.
- Xue, G., Lu, Z., Levin, I. P., Weller, J. A., Li, X., & Bechara, A. (2009). Functional Dissociations of Risk and Reward Processing in the Medial Prefrontal Cortex. *Cerebral Cortex*, 19(5), s.1019-1027.
- Yang, X., Gao, M., Shi, J., Ye, H., & Chen:(2017). Modulating the Activity of the DLPFC and OFC Has Distinct Effects on Risk and Ambiguity Decision-Making: A tDCS study. *Frontiers in Psychology*, 8, 1417.
- Zald, D. H., & Andreotti, C. (2010). Neuropsychological Assessment of the Orbital and Ventromedial Prefrontal Cortex. *Neuropsychologia*, 48(12), s.3377-3391.
- Zhang, X., Li, S., Liu, Y., Chen, X., Shang, X., Qi, F., Wang, Q., Guo, X., Chen, J. (2019). Gain-Loss Situation Modulates Neural Responses to Self-Other Decision Making Under Risk. *Scientific Reports*, 9(1), s.1-9.