

DERLEME / REVIEW

Düşünüyorum Öyleyse Yapacağım: Karar Verme ve Eylemi Başlatma Sürecinde Korteksin İşlevi

I Think Then I Will: The Function of the Cortex in the Process of Decision Making and Initiating Action

Tuççe Şirin KORUCU¹ , Derya ÖZER KAYA² 

¹İzmir Bakırçay Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon A.D

²İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon A.D

Geliş tarihi/Received: 03.05.2021

Kabul tarihi/Accepted: 24.09.2021

Sorumlu Yazar/Corresponding Author:

Tuççe Şirin KORUCU, Uzm. Fzt.
İzmir Bakırçay Üniversitesi, Sağlık Bilimleri
Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon, İzmir
E-posta: tugcesirinkorucu@hotmail.com
ORCID: 0000-0002-9534-2446

Derya ÖZER KAYA, Prof. Dr.
ORCID: 0000-0002-6899-852X

Öz

Karar verme, mevcut problemi çözüme kavuşturmaya odaklı bir yöneliş, karar verme eylemi ise mevcut seçenekleri değerlendirme, analiz etme ve sonuçlarını takip etme gibi spesifik etkinliklerden oluşan karmaşık bir işlemdir. Karar alabilme kabiliyeti zihinsel analiz, planlama, üst düzey düşünme (koşullardaki değişikliklere uygun olarak cevabı değiştirebilme yetisi gibi), eylemi başlatma ve yürütme gibi bilişsel süreçleri içermektedir. Bu süreç eylem seçimi kapsamında ilişkisel öğrenme, duygusal ve sosyal yönler dâhil olmak üzere çeşitli bileşenlere ayrılmaktadır. Karar vermenin bu farklı yönleri, bilişsel sinirbilim alanındaki araştırmaların odak noktası haline gelmiştir. Özellikle son yıllarda ventromedial prefrontal korteks ve ilgili yapıların karar vermede anahtar bir role sahip olmasının bilişin oldukça karmaşık yönü olduğu düşünülen korteks temelini anlamamızda yol katedildiğini göstermektedir. Bu çalışma ile orbitofrontal korteks ve ventral striatum gibi karar verme süreçlerinde etkin rol alan beyin bölgeleri hakkında yeni perspektifler kazandırmak amaçlanmaktadır. Özellikle, karar verme sürecinin bellek ve öğrenme ile sıkı bir şekilde bağlantılı olduğu giderek daha açık hale gelmektedir. Özünde karar verme, geçmişin ve gelecekteki eylemlerin hafızası arasındaki bağlantı olarak görülebilmektedir. Bu çalışma, karar verme ve eylemi başlatma sürecinde özellikle öğrenme ve hafıza bağlantılarına odaklanarak ve prefrontal korteks içindeki bölgelere özel bir vurgu yaparak bu yapıları gözden geçirmektedir.

Anahtar Kelimeler: Karar verme, muhakeme, korteks, bellek, öğrenme.

Abstract

Decision-making is a complex orientation that is focused on solving the current problem, and act of decision-making is a complex function that consists of specific activities such as evaluating available options, analyzing and tracking their results. The ability to make decisions includes cognitive processes such as mental analysis, planning, higher-order thinking (such as the ability to change the response to changes in circumstances), initiating and executing action. This process is divided into various components, including associative learning, emotional and social aspects, within the scope of action selection. These different aspects of decision-making have been the focus of investigation in recent studies. Especially in recent years, the fact that the ventromedial prefrontal cortex and related structures have a key role in decision making has led to progress in our understanding of the cortex basis, which is thought to be a very complex aspect of cognition. This work has provided fresh perspectives on poorly understood brain regions, such as orbitofrontal cortex and ventral striatum. In particular, it is increasingly clear that decision-making is tightly interlinked with learning and memory. Indeed, decision-making can be seen as the link between memory of the past and future actions. This study reviews these structures in the decision-making process, with a particular focus on learning and memory connections and with a special emphasis on regions within the prefrontal cortex.

Keywords: Decision making, reasoning, cortex, memory, learning.

1. Giriş

İnsanın düşünme süreci ve davranışlarını eyleme geçirme aşamalarıyla ilgili merak uyandıran sorulara cevap bulma sürecinin Hippocrates'e kadar uzandığı bilinmektedir. Hippocrates duyguları, düşünceleri ve davranışları algılama kavram haritalarını limbik sisteme dayandırarak davranışın nörobiyolojik kökenleriyle ilgili ilk temellerini atmıştır (1,2). Duygu ve güdülerin kaynağı limbik sistemin aksine neokorteks, insanın düşünme kabiliyeti, lisan kullanımı, simgesel ve soyut düşünce becerilerinin kaynağını oluşturmaktadır (3). Limbik sistemden neokortekse uzanan yaygın nöral yollar vasıtasıyla duygular, algıdan rasyonalist karar vermeye kadar bilişlerin her yönünü etkilemektedir (4). Entelektüel ve motor fonksiyonları korunmuş olmasına rağmen karar verme kabiliyeti ve duygusal işleyişin birlikte bozulduğu ventromedial prefrontal korteks hasarlı olgular, beynin işleyişinde duyguların işaret feneri olduğunu ileri sürmektedir (5). İnsan davranışlarının ve düşünce gücümüzün rasyonal olarak kontrolümüz altında olduğunu ve neokorteksin birincil derecede pozitif belirleyici olduğunu savunan Saraçlı ve ark.'na göre, neokorteksten limbik yapılara ve subkortikal alanlara yaygın bir nöral ağ bağlantısı olması beklenirken aslında böyle olmadığı düşünülmektedir (6). Aksine, limbik yapılardan neokortekse uzanan yaygın bir nöral ağ yapısının mevcut olduğu çalışmalarla desteklenmiştir. Bu çalışmaların sonuçları esas alınarak limbik sistemin, neokorteksin işleyişini etkileme becerisine sahip olduğu iddia edilmiştir (7). Konuştuğumuzda neye odaklanacağımızı, gördüğümüzü zihin süzgecinden geçirip nasıl yorumlayacağımızı etkileyecek şekilde her türlü girdi amigdalanın kontrolü altındadır (8).

1.1. Ani-Akut Karar Verme ve Yargılamada Nöroanatomik Yollar (Amigdala)

Dış dünyadan gelen duysal uyarıların girdileri talamus aracılığıyla neokortekse ulaşmadan çok önce, talamus amigdala arasındaki direkt bağlantılar sayesinde amigdalada önceki duyu kayıtlarıyla mukayese edilir. Amigdala, neokortekse ulaşmadan her türlü bilgiyi bu talamus-amigdala bağlantı yolunu kullanarak öğrenebilmektedir. Morris, bilinçdışı uyarıların işleme vazifesinden sağ amigdalanın mesul olduğunu savunmaktadır (9). Amigdala, bir duyu dedektifi gibi her olayın birey için duygusal bir tehlike oluşturup oluşturmadığını değerlendirir, önceden tehdit oluşturan bir durumu hatırlatan ikaz işaretlerinin kortekse gönderilip kaç ya da savaş tepkisinin oluşturulmasına neden olmaktadır. Aynı sinyal neokortekse ulaşıp değerlendirilinceye kadar amigdala çoktan harekete geçmiş konumdadır. Bundan dolayı neokorteks cevabı önceden oluşturulan duygusal yanıtın da etkisiyle oluşturulduğu varsayılmaktadır (10). Duygusal olarak ilgili bilgilerin algılanmasına öncelik verilerek, bu bilgilerin kodlanması güçlendirilebilmektedir (11). Uyarılmadaki artışlar yoluyla duygusal bilginin konsolidasyon sürecinin modüle edilmesiyle duygusal bilgi daha sağlam hafıza izleri oluşturabilmektedir (12). Duygusal bilginin sübjektif hatıra deneyimi güçlendirilerek, duygusal anılar mevcut davranışın planlanmasında daha merkezi hale gelebilmektedir. Beklenen duygular, davranışsal seçenekleri değerlendirmemizi etkileyebilir (örneğin, yeni lüks arabayı aldığımızda çok mutlu olmayı bekleyebiliriz veya belirli bir araba satıcısından kaçınmanın daha iyi olduğuna dair içimde bir his olabilir) ve böylece seçimi bilgilendirebilmektedir. Bir karar verildikten sonra, ani

sonuçlar ayrıca sevinç, rahatlama, pişmanlık veya hayal kırıklığı gibi gelecekteki seçimleri bilgilendirebilecek veya mevcut seçimimizi değiştirmemize yol açabilecek duyguları da ortaya çıkarabilmektedir (13) (Şekil 1).

Serebral korteksin frontal, temporal, parietal ve oksipital loblarının özelleşmiş fonksiyonları ve bağlantı korteksleri beyin alanları arasında köprü vazifesi görmektedir. Serebral dominans kaynaklı vizüel-mekansal algı, yüz tanıma ve müzik yorumlama işlevlerini non-dominant hemisferin ve el becerisi, konuşma ve lisanın algılanması işlevlerini ise dominant hemisferin üstlendiği ve nöral plastisitenin ömür boyu sürdüğü belirtilmektedir (14). Bireyler kendini yargıladığında medial prefrontal korteks, insular bölgenin ön bölümü ve ikincil somatosensoryal bölgede; diğer bireylerin tercihlerini yargılaması esnasında ise medial prefrontal korteks, frontopolar korteks ve posterior singulart kortekste aktivasyon artışı olduğu görülmektedir. Frontal hasarlı olgularda kendi ve başkasının yaklaşımını anlama ve anlamlandırabilme kabiliyetinde ve bilişsel esneklikte düşüş olduğu gözlemlenmiştir (15). Beynin farklı bölümleri farklı zekâ çeşitleriyle bağlantılı olması nedeniyle farklı zekâ türlerinde (kristalize, akıcı, sözel, duysal zekâ vb.) olan bireylerin, beyinlerinin farklı bölümlerinin değişken seviyelerde aktif olduğu tespit edilmiştir (16,17).

Frontal lob işlevsel açıdan motor korteks, premotor korteks ve prefrontal korteks olmak üzere bölümlere ayrılmaktadır. Frontal korteksin arka kısmı motor korteks ve premotor korteks'ten oluşmaktadır. Bu bölümler motor kontrolün işlevselliğinde ve hareketlerin açığa çıkmasında görev almaktadır. Prefrontal korteks üç fonksiyonel anatomik bölgeden oluşmaktadır. Bu bölgeler; dorsolateral prefrontal korteks (arka ve yan bölüm), orbitofrontal korteks, ventromedial prefrontal (anterior cingulat) kortektir (18,19). Dorsolateral prefrontal korteks; planlama, başlatma, sıralama, sürdürme, yer değiştirme, durdurma ve davranışların kontrol edilmesinde; orbitofrontal korteks, güdü ve duyguların düzenlenmesinde; ventromedial prefrontal korteks (anterior cingulat); dikkat, motivasyon, bellek gibi süreçlerin yürütülmesinde vazifelidir (20,21) (Şekil 1). Ön kısımda tanımlanan prefrontal korteks kişilik, davranış ve düşüncelerin iyileştirilmesinde anahtar rol oynayan merkezleri içermektedir (18). Sözcüklerin tanınması, kısa süreli bellek, planlama, odaklanma, duyguların kontrol edilmesi ve konuşma yetisinin sürdürülmesi gibi birçok kapsamlı bilişsel fonksiyondan prefrontal alanlar sorumludur (22). Prefrontal korteks lezyonunda ise dikkat dağınıklığı oluşmasından kaynaklı düşünce yapısında ve eylemlerde tutarsızlıklar görülebilmektedir (20). Bireyin olaylara bakış açısı, ufku ve sosyal yönü gelişmemekte ve birey tenkitlere duyarsız kalmaktadır. Prefrontal alanları beyin diğer alanlarına bağlayan liflerin kesildiği olgularda ise, karmaşık problemleri çözüme kavuşturabilme becerileri kaybolmakta ve belirli amaca ulaşmak için gerekli işlevsel sıralamayı yapmakta zorlandıkları görülmektedir. Aynı anda, birden fazla sorumluluğu paralel biçimde yürütmeyi öğrenememektedirler (23,24).

1.2. Karar Verme ve Analiz-Sentez (Talamus & Epifiz bezi)

Hayatta verilen çoğu karar seçim yapmayı gerektirmektedir. Bir seçimle karşı karşıya kaldığımızda seçenekleri değerlendirir, olası sonuçları ve olasılıklarını tartar, bir seçenek seçeriz ve böylece sonuçlarla karşı karşıya kalma

durumumuz olmaktadır. Trafikte sarı ışığa yaklaşırken hızı arttırıp azaltacağına karar vermek ya da kanser tedavisinde cerrahi ile adjuvan tedaviler (kemoterapi, radyoterapi, hormon tedavisi vb.) arasında karar vermek gibi birçok durum ile karşılaşırız (25). Amaçlı her eylem, hedefe ulaşmak için alınan bir kararla başlamaktadır (26).

Karar verme süreçleri, düşünce ve eylem arasında aracılık eden kapı görevlileridir (27). Akla gelebilecek herhangi bir bilişsel görev ve işlem, hafıza-tanıma, kavramsal sınıflandırma, problem çözme gibi her tepki, bir karar verme süreci ile onaylanması gerekmektedir (27). Karar verme sürecinin çoğunlukla hayati önem taşıması nedeniyle günümüzde birçok alan tarafından araştırılan ve üzerinde çalışılan bir olgu olarak karşımıza çıkmaktadır (27). Karar verme, bir ihtiyaca cevap vereceği düşünülen bir nesneye ulaştırılabilecek birden fazla yol olduğu zaman, mevcut problemi çözüme kavuşturmaya odaklı bir yöneliştir. (5). Birey için önem teşkil eden bir konu hakkında karar vermek gerekiyorsa, sonuçları önceden öngörebilme ve hedefe ulaştırma gücü en fazla olana yönelme daha çok öne çıkmaktadır (28). Karar verme davranışı, kişinin geçmiş deneyimleri aracılığıyla sahip olduğu gerekli duygusal ve emosyonel bilgi ve hedefe yönelik oluşturulmuş amaçların entegrasyonu ile birlikte kâr-zarar analizini esas alarak ve değerlendirerek seçenekler oluşturma ve hali hazırdaki bu seçeneklerden amaca en uygun olanını seçmeyi hedeflemektedir (29).

Ünlü düşünür Descartes hâlen sınırları tam olarak çözülememiş olan epifiz bezi için 'Tüm düşünceleri ortaya çıktığı ruhun yeri' olarak bir tanımlama yapmıştır (30). Epifiz bezi; üçüncü ventrikül arka duvarında, talamusun arka-üst bölümünde yer almakta ve her iki yanında da talamus bulunmaktadır (31). Epifiz bezinden salgılanan serotonin hormonunun farklı karar verme stilleri üzerine etkisi mevcuttur. Serotonin motivasyonda önemli bir role sahip olan glutamat gibi birçok nörotransmitterler ile olan karmaşık etkileşimleri içermektedir. Bu mekanizmalar serotoninin, çoklu reseptör sistemleri aktivasyonu ile karar vermede çoklu bilişsel (analiz-sentez), duygusal ve cevap temelli mekanizmaları modüle ettiğini göstermektedir (32).

Heppner'in bakış açısına göre de karar verme eylemi, mevcut seçenekleri değerlendirme, analiz etme ve sonuçlarını takip etme gibi spesifik etkinliklerden oluşan karmaşık bir işlemdir. Karar vermeyi gerektiren durumun doğru bir biçimde tanımlanmasıyla mevcut problemin çözümüne gidilebilmektedir (33). Geleneksel görüşe göre ise duyguların göz ardı edilmesiyle ve mantıklı düşünülerek alınan kararlar en doğru kararlar olarak nitelendirilmektedir. Damasio'nun "duygular tamamen göz ardı edilerek karar alındığında çok kötü kararlar verileceği" şeklindeki çıkarımları ilk başta fazla kabul görmese de beyninde hasar oluşan olgulara dair tekrarlayan bulgular sonucu bu çıkarım dikkat çekmeye başlamıştır (5).

1.3. Yürütücü İşlevler

Planlama, karar verme, eylemi başlatma ve yürütme ve koşullardaki değişikliklere uygun olarak verilen cevabı değiştirebilme yetisi gibi üst düzey düşünme ile ilişkili bilişsel süreçler yürütücü işlev olarak tanımlanmaktadır. Yürütücü işlevler; hedef belirlemek, hedefe yönelik planlama yapmak, planları uygulamak ve bu planların gerçekleştirilmesi için etkin ve yeterli düzeyde bir performans göstermek üzere dört temel unsurdan

oluşmaktadır (34). Aynı zamanda dorsolateral prefrontal korteks içsel ve dışsal bilginin harmanlanması, soyutlama, planlama, problem çözme ve davranışın yürütülmesi ve analizinin gerçekleştirilmesini sağlamaktadır (21). Dorsolateral prefrontal korteks hasarı sonucunda ise olgularda yürütücü işlevlerde bozulma meydana gelebilmektedir (35). Yürütücü işlevlerin dorsolateral prefrontal korteks ile ilişkili olduğu, karar verme eyleminin prefrontal korteksin özellikle ventromedial prefrontal korteks ve orbitofrontal korteks alanları ile bağlantılı olduğu ve öte yandan karar verme ve yürütücü işlevlerin anatomik olarak birbirlerine yakın prefrontal korteks alanları ile ilişkili olsa da birbirlerinden bağımsız oldukları belirtilmiştir (36). Ayrıca ventromedial prefrontal korteks, bilişsel ve afektif bilgiyi geribildirim süreçleri ile entegre ederek karar verme işlevini üstlenmektedir (37). Prefrontal yapıların duyguya bağlı ipuçlarının tanınması, analizi ve düzenlenmesi, bilişsel işlevlerde rol alması, mantıksal karar verme süreci gibi işlevlerin birbirinden çok ayrı yürütülmediği fikrini doğurmaktadır. "Prefrontal kortekste bilgi işlenilmesi süreci duygusal cevaplara göre şekillendiriliyor ama bu duygular ilk olarak nerden kaynaklanıyor? Duygusal cevapları tetikleyen bir beyin yapısı var mı?" sorularına nörobilim ışık tutmaya çalışmaktadır.

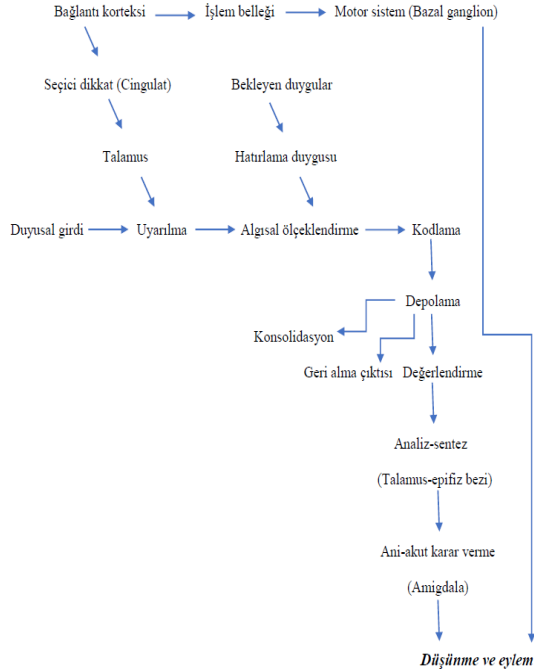
Davidson, sol prefrontal korteksin neokorteks ve amigdala arasındaki irtibatı sağlayarak bireylerin iç dünyalarında yaşadığı duygularını fark etmelerini ve sempatik sistemin baskılanıp parasempatik sistemin devreye girmesini uyarmakta sorumlu olduğunu savunmaktadır (38). Bilim insanları duyguların da dâhil olduğu kompleks kararlarda bazal ganglia çekirdeklerinin devreye girdiğini düşünmektedir (39). Yapılan çalışmalar göstermektedir ki birden fazla döngü ile iç içe geçmiş bu bölge beynin birçok bölgesine aksonlarla bağlanmışken aynı zamanda birçok bölgeden de aktive olmaktadır. Bazal ganglia devresine ilişkin her bir döngüyü bağlantı aldığı bölgelere bakarak işlevsel olarak kategorize etmek mümkün olduğu gibi bu döngülerin birbirleriyle de sıkı bir ilişki içinde olduğunu söylemek mümkündür (40).

1.4. Eylem Seçimi

Karar verme başlığı altındaki asıl yaklaşım ise eylem seçimidir. Eylem seçimi; birden fazla seçeneğin olduğu durumlarda ortam şartlarını değerlendirerek en doğru eyleme yönelmemiz olarak tanımlanabilmektedir. Nörofizyolojik bulgular bazal ganglia çekirdeklerinin eylem seçiminde vazifeli olmasının yanında özellikle ödüle dayalı öğrenme ile de sıkı bir bağlantısının olduğunu işaretidir (41). Bazal ganglia; pekiştirmeli öğrenme, karar verme ve eylem seçimi gibi bilişsel süreçlerde temel rol oynamaktadır (42,43).

Dorsal striatumun hedefe yönelik davranışlar ve karar almadaki anahtar rolü üzerine çok sayıda çalışma yapıldığı bilinmektedir. Bununla birlikte son on yılda ventral striatumun, yani nucleus accumbensin dorsal striatumu dopamin hücreleri aracılığıyla etkilediğine dair tamamlamalı araştırmalar yapılmaktadır (44). Nucleus accumbens; özellikle kabuk bölgesi, hedefe yönelik davranışlardaki görevlere yönelik ödülün değerini ve beklentilerdeki hatayı hesaplamada önemli bir fonksiyona sahiptir (45). Birçok çalışmanın sonuçlarına bakıldığında nucleus accumbensin eylem-sonuç ilişkisine yönelik öğrenmedeki geciktirilmiş pekiştirme üzerinde etkisinin olduğu gösterilmiştir (46).

Nucleus accumbens ile ilişkili dopamin iletiminin çaba harcamaya dayalı karar verme süreçlerinde etkin olduğu bilinmektedir (47). Striato-nigro-striatal yolak vasıtasıyla limbik bölgelerin bazal gangliyanın motor bölgelerini etkilediği ve ventral pallidumun da nucleus accumbens ile beynin diğer bölgeleri arasında birleştirici bir fonksiyonu olduğu savunulmaktadır (43,48,49) (Şekil 1).



Şekil 1. Düşünme ve eylem süreci

2. Sonuç

Özetle korteks, duyu ve kararların yöneticisi konumunda düşünülmekte olup içsel ve dışsal çevrenin farkında olunmasını sağlayan, bu kapsamda bilgi edinen ve bilgiyi harmanlayan bir organ olması kaynaklı insan davranışının ve bireyin kişiliğinin birçok karakteristik özelliğini oluşturmaktadır (50). Yapılan araştırmalardan elde edilen bulgulara göre, insan beyninin çalışma sistematiği iyi kavranılmadan; öğrenmenin, davranışların nasıl gerçekleştiğinin ve karar verme mekanizmasının tam olarak anlaşılamayacağı belirtilmektedir (49). Farklı bir ifadeyle insan beyninin çalışma sistematiği tam olarak analiz edilmeden karar verme ve kararın eyleme dönüşme sürecine etki eden faktörlerin de tam anlaşılamayacağı öngörülmektedir. Bu doğrultuda insan beyninde gerçekleşen fizyolojik ve kimyasal değişimlerin neler olduğu, davranışların oluşumunda hangi beyin bölgelerinin anahtar rol aldığına saptanması, kişilik kavramına daha sağlıklı ve bütüncül yaklaşılmasına olanak sağlayacaktır.

3. Alana Katkı

Karar verme eylemi, bireyin geçmiş deneyimlerinin eşlik ettiği bilgilerin o andaki duyuşal ve emosyonel bilginin entegrasyonu ve kâr-zarar analizi çıktılarıyla senkronize etmesi sonucunda farklı bilişsel ve zihinsel süreçleri öngörme şeklinde gerçekleştirilmektir. Olası tepkiler arasından uygun olanı seçmek gibi karmaşık bir üst düzey işlev olması nedeniyle düşünme ve eylem sürecinin daha net anlaşılabilmesi için çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmanın karar verme eylemi ve sorumlu beyin yapıları arasındaki ilişkiyi gelişimsel perspektif bakış açısı yaklaşımı sergileyerek analiz etmek ve düşünme, muhakeme yapma gibi karar verme üzerinde etkili olan parametrelerle olan ilişkisini incelemesi yönüyle katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Çıkar Çatışması

Bu makalede herhangi bir nakdi/aynı yardım alınmamıştır. Herhangi bir kişi ve/veya kurum ile ilgili çıkar çatışması yoktur.

Yazarlık Katkısı

Fikir/Kavram: TŞK; **Tasarım:** TŞK; **Denetleme:** DÖK; **Kaynak ve Fon Sağlama:** TŞK; **Malzemeler:** Yok; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** TŞK; **Analiz/Yorum:** DÖK; **Literatür Taraması:** TŞK; **Makale Yazımı:** TŞK; **Eleştirel İnceleme:** DÖK.

Kaynaklar

- Doğan O. Sağlık bilimleri alanında davranış bilimleri. Cumhuriyet Üniversitesi Yayınları;1999.
- Yucelgen C, Denizdurduran B, Metin S, Elilob R, Sengor NS. A biophysical network model displaying the role of basal ganglia pathways in action selection. In International Conference on Artificial Neural Networks. Springer, Berlin, Heidelberg. 2012;177-184.
- Üngüren E. Beynin nöroanatomi ve nörokimyasal yapısının kişilik ve davranış üzerindeki etkisi. Alanya İktisat Fakültesi Dergisi. 2015;7(1):193-219.
- Aysel T. Bir bilgi kaynağı olarak duyuşal-akıl ilişkisi. Atlas Sosyal Bilimler Dergisi. 2021;1(6):21-45.
- Damasio H, Grabowski T, Frank R, Galaburda AM, Damasio AR. The return of Phineas Gage: clues about the brain from the skull of a famous patient. Science. 1994;264(5162):1102-1105.
- Saraçlı Ö, Atasoy N, Karahmet E. Yakın ilişkilerin nörobiyolojisi. Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar Dergisi. 2012;4(4):414-427.
- Atkinson B. Emotional intelligence in couples therapy: advances from neurobiology and the science of intimate relationship. Tijdschrift voor psychiatrie. 2007;49(7):498-499.
- Siegel DJ. Toward an interpersonal neurobiology of the developing mind: attachment relationships, mindsight and neural integration. Infant Mental Health Journal: official publication of the world association for infant mental health. 2001;22(1-2):67-94.
- Morris JS, Öhman A, Dolan RJ. A subcortical pathway to the right amygdala mediating "unseen" fear. Proceedings of the National Academy of Sciences. 1999;96(4):1680-1685.
- Tufan AE, Yaluğ İ. Aşk fenomeni ve sevgi ilişkilerinin nörobiyolojisi. Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar Dergisi. 2010;2(4):443-456.
- Hebb DO. The organization of behavior: a neuropsychological theory. Psychology Press; 2005.
- Scherer KR. Emotion serves to decouple stimulus and response. The nature of emotion: fundamental questions;1994. p. 127-30.
- Sander D. Models of emotion: the affective neuroscience approach;2013.
- Snell RS. Tıp fakültesi öğrencileri için fonksiyonel nöroanatomi (Çeviri Ed. Yıldırım M). İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri ve Yüce Yayıncılık; 2000.
- Altınbaş K, Gülöksüz S, Özçetinkaya S, Oral ET. Empatinin biyolojik yönleri. Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar Dergisi. 2010;2(1):15-25.

16. Uzunoğlu S. Sistem bilimi açısından insanın analizi: çoklu mizaç, çoklu yetenek, çoklu zekâ, çoklu algılama, çoklu kişilik. AB sürecinde eğitimde reform ihtiyacı sempozyumu bildiriler kitabı; 2004. 107p.
17. Aydın O, Konyalıoğlu P. 18-21 yaş grubu bireylerin genel zekâ düzeyleri ile psikolojik semptom düzeyleri arasındaki ilişki. Türk Üstün Zekâ ve Eğitim Dergisi. 2011;1(1):77-103.
18. Zararsız İ, Sarsılmaz M. Prefrontal korteks. Türkiye Klinikleri Tıp Bilimleri Dergisi. 2005;25(2):232-237.
19. Stout JC, Ready RE, Grace J, Malloy PF, Paulsen JS. Factor analysis of the frontal systems behavior scale (FrSBe). Assessment. 2003;10(1):79-85.
20. Ertuğrul A, Rezaki M. Prefrontal korteks ve şizofreni. Klinik Psikofarmakoloji Bülteni. 2006;(16):118-127.
21. Kayahan B, Öztürk Ö, Veznedaroğlu B. Şizofrenide obsesif kompulsif belirtiler. Türk Psikiyatri Dergisi. 2005;16(3):205-215.
22. Atmaca GD. Şizofreni hastalarında intihar olasılığının, depresyon ve içgörüsüyle ilişkisi [master's thesis]. [Sakarya]: Sakarya Üniversitesi; 2016. 130 p.
23. Mc Gee J. Neuroanatomy of behavior after brain injury or you don't like my behavior? You'll have to discuss that with my brain directly. Premier Outlook. 2004;(4):24-32.
24. Erberk Özen N, Yüksel N, Borotov C, Karakaş S. Şizofreni, depresyon ve alkol bağımlılığında frontal bölge işlevselliğinin değerlendirilmesi. Klinik Psikofarmakoloji Bülteni. 2005;15(3):93-103.
25. Carleton RN, Duranceau S, Shulman EP, Zerff M, Gonzales J, Mishra S. Self-reported intolerance of uncertainty and behavioural decisions. Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry. 2016;(51):58-65.
26. Christensen LB, Johnson RB, Turner LA. Research methods, design, an analysis (12th ed.). Westford: Pearson; 2015. Retrieved from: <https://book/2838323/273556>.
27. Acar H. Karar verme tarzlarının öz yeterlilik ve kaygı düzeyleri açısından incelenmesi [master's thesis]. [İstanbul]: Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi; 2021. 135 p
28. Yılmaz AS. Üniversite öğrencilerinin karar vermede özsayıgı ve karar verme stillerinin benlik saygısı ve utangaçlık açısından incelenmesi. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi. 2007;(18):85-100.
29. Güçray SS. Ergenlerde karar verme davranışlarının öz saygı ve problem çözme becerileri algısı ile ilişkisi. Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi. 2001;8(8):109-21.
30. Akpunar B. Biliş ve üstbiliş (metabilis) kavramlarının zihin felsefesi açısından analizi. Electronic Turkish Studies. 2011;6(4):353-65.
31. Flavell JH. Metacognition and cognitive monitoring: a new area of cognitive–developmental inquiry. American Psychologist. 1979;34(10):906.
32. Çalışır M. Yetişkin bağlanma kuramı ve duygulanım düzenleme stratejilerinin depresyonla ilişkisi. Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar Dergisi. 2009;1(3):240-255.
33. Deniz ME. Üniversite öğrencilerin karar verme stratejileri ve sosyal beceri düzeylerinin TA-baskın ben durumları ve bazı özlük niteliklerine göre karşılaştırmalı olarak incelenmesi [master's thesis]. [Konya]: Selçuk Üniversitesi; 2002. 214 p.
34. Şişman S. Sigara kullanımı: Klinik sunum ve nöropsikolojik performans profili [master's thesis]. [İstanbul]: İstanbul Üniversitesi; 2008.150 p.
35. Yener GG. Beyin-sinir ağları ve ilişkili klinik özellikler. Klinik Psikiyatri Dergisi. 2002;5(3):135-38.
36. Ayçiçeği A, Wayne DİNN, Harris C. Prefrontal lob nöropsikolojik test bataryası: sağlıklı yetişkinlerden elde edilen test sonuçları. Psikoloji Çalışmaları. 2003;23(1):26.
37. Özen NE, Rezaki M. Prefrontal korteks: bellek işlevi ve bunama ile ilişkisi. Türk Psikiyatri Dergisi. 2007;18(3):262-269.
38. Davidson RJ. Seven sins in the study of emotion: correctives from affective neuroscience. Brain and Cognition. 2003;52(1):129-132.
39. Gurney K, Prescott TJ, Redgrave P. A computational model of action selection in the basal ganglia. II. analysis and simulation of behaviour. Biological Cybernetics. 2001;84(6):411-423.
40. Taylor JG, Taylor NR. Analysis of recurrent cortico-basal ganglia-thalamic loops for working memory. Biological Cybernetics. 2000;82(5):415-432.
41. Squire L, Berg D, Bloom FE, Du Lac S, Ghosh A, Spitzer NC. (Eds.). Fundamental neuroscience. Academic Press; 2012.
42. Elibol R, Şengör NS. A computational model investigating the role of dopamine on synchronization of striatal medium spiny neurons. In Medicine Technology Congress; 2014. p. 147-150.
43. Erbay MF, Zayman EP, Erbay LG, Ünal S. Evaluation of Transcranial Magnetic Stimulation Efficiency in Major Depressive Disorder Patients: a magnetic resonance spectroscopy study. Psychiatry Investigation. 2019;16(10):745.
44. Goodman DF, Brette R. Brian: a simulator for spiking neural networks in python. Frontiers in Neuroinformatics. 2008;2(5).
45. Gantt S, Cox P. Introduction to the special issue: neurobiology and building interpersonal systems: groups, couples, and beyond. International Journal of Group Psychotherapy. 2010;60(4):455-460.
46. Hornak J, Bramham J, Rolls ET, Morris RG, O'Doherty J, Bullock PR, Polkey CE. Changes in emotion after circumscribed surgical lesions of the orbitofrontal and cingulate cortices. Brain. 2003;126(7):1691-1712.
47. Haber SN, Knutson B. The reward circuit: linking primate anatomy and human imaging. Neuropsychopharmacology. 2010;35(1):4-26.
48. Kepçe A, İriş MS, Şengör NS. Neural network model for the role of dopamine on action initiation and its realization on fpga. 28th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU) IEEE; 2020. p. 1-4.
49. Elibol R, Şengör NS. Modeling nucleus accumbens. Journal of Computational Neuroscience. 2021;49(1):21-35.
50. Azimirad V, Sotubadi SV, Sharifi FJ. Optimizing the parameters of spiking neural networks for mobile robot implementation. 10th International Conference on Computer and Knowledge Engineering (ICCCKE); 2020. p. 30-34.