


Yürütücü İşlevlerin Evrimi Üzerine Bir Değerlendirme

An Assessment of the Evolution of Executive Functions

 Filiz Sayar¹

¹Yalova Üniversitesi, Yalova

ÖZ

Bilişsel evrim, paleoantropoloji, bilişsel arkeoloji ve nöropsikoloji gibi disiplinlerin kalbindeki bir araştırma alanı olarak, son yıllarda psikolojide daha çok ilgi görmeye başlamıştır. Bilişsel evrim açısından bakıldığında, yürütücü işlevlerin dilin ve modern düşüncenin gelişiminde önemli rol oynayan temel kazanımlar olduğu düşünülmektedir. Bir metafor olarak yürütücü işlevler, hedefe yönelik karmaşık davranışlar bağlamında ileri seviyedeki bilişsel süreçleri (çalışma belleği, inhibisyon, organizasyon, bilişsel esneklik vs.) ifade etmektedir. İnsan atalarının milyonlarca yıl boyunca karşılaştıkları uyum sorunlarının (hayatta kalma, üreme ve sosyal gruplarda yaşama) çözümü ve bunların sonraki kuşaklara aktarılması yürütücü işlevler gibi sofistike bilişsel özelliklerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Homo sapiens'in evrimsel başarısını Paleolitik çağdaki yaşam koşullarına borçlu olduğu kabul edilse de bu süreci açıklamak her zaman kolay olmamıştır. Bu bağlamda, bu derleme makalede, yürütücü işlevler hakkında genel bilgiler sunulduktan sonra yürütücü işlevlerin evrim süreciyle ilgili ileri sürülmüş bilimsel açıklamalar gözden geçirilmektedir. Değerlendirmeler, yürütücü işlevlerin evrimsel kökenine ilişkin arkeolojik, antropolojik ve nöropsikolojik kanıtlara dayanan bu alternatif bilimsel açıklamaların yapbozun tüm parçalarını tamamlamadığını göstermiştir. Yeni araştırma modellerinin bu alternatif açıklamalardan hangilerinin yakın neden (proximate), hangisinin asıl neden (ultimate) olduğunu netleştireceğine inanılmaktadır.

Anahtar sözcükler: Yürütücü işlevler, bilişsel evrim, evrimsel psikoloji

ABSTRACT

Cognitive evolution, as the core subject of fields like paleoanthropology, cognitive archeology, and neuropsychology, has begun to gain more interest in psychology in recent years. Executive functions are viewed from the perspective of cognitive evolution as basic advancements that are crucial to the evolution of language and contemporary cognition. As a metaphor, executive functions refer to advanced cognitive processes (working memory, inhibition, organization, cognitive flexibility, etc.) in the context of complex goal-directed behaviors. Sophisticated cognitive traits like executive functions emerged because of solutions to adaptive issues (survival, reproduction, and social group life) that human ancestors confronted over millions of years and passed them on to their offspring. Although it is accepted that Homo sapiens owes its evolutionary success to Paleolithic living conditions, explaining this process has not always been easy. In this review article, general information about executive functions is presented, followed by a review of scientific explanations about the evolution of executive functions. Evaluations have shown that these alternative scientific explanations based on archaeological, anthropological, and neuropsychological evidence for the evolutionary origins of executive functions do not fit all the pieces of the puzzle. It is believed that novel research models will clarify which of these alternative explanations are proximate causes and which are ultimate causes.

Keywords: Executive functions, cognitive evolution, evolutionary psychology

Giriş

Yürütücü işlevler, düşünce ve davranışın düzenlenmesinden, kontrolünden ve izlenmesinden sorumlu olan yukarıdan aşağıya bilgi işleme süreçlerinden (top-down processes) oluşmaktadır. Yürütücü işlevler alana-genel doğasından dolayı bilişsel, afektif, duygusal ve motor süreçlerde yer alan temel bir kapasite olarak değerlendirilmelidir (Heidlmayr ve ark. 2020). Son yıllarda yürütücü işlevler, indirgeyici bir şekilde, hedefe yönelik düşünce ve davranışın ortaya çıkmasına aracılık eden bir dizi ayrı fakat birbiriyle ilişkili unsurlardan oluşan bir küme olarak tanımlanmaktadır (Doebel 2020). İlgili literatürde üzerinde uzlaşmış net bir taksonomi bulunmasa da çalışma belleği, inhibisyon (ketleme), planlama, organizasyon, problem çözme, duygusal kontrol ve sosyal davranış, izleme, bilişsel esneklik, dikkat kontrolü, sözel akıcılık ve muhakeme gibi bilişsel süreçlerin tümü yönetici işlevler başlığı altında yer almaktadır.

Yürütücü işlevler, karmaşık görevlerde iyi bir performans elde etmek için gerekli olan süreçleri içermektedir (Diamond ve ark. 2007). Bu bilgi işleme süreçleri, akıl ve beden sağlığından iş ve okul başarısına, sağlıklı gelişimsel süreçlere ve yaşamdaki esenliğe kadar insan yaşamında son derece önemli roller üstlenerek, bilişsel ve sosyal adaptasyonda kayda değer işlevlere sahiptir (Jurado ve Rosselli 2007, Völter ve ark. 2022). Bu bağlamda, evrim sürecinde yürütücü işlevlerin neden ve nasıl ortaya çıktığını anlayabilmek modern insanın zihinsel ve davranışsal özelliklerinin bilimsel olarak açıklanmasına önemli katkılar sağlayacaktır. Bu düşünceyle hareket eden uzmanlar bilişsel evrimi bu perspektiften değerlendirmektedirler. “İnsan zihni şimdiki kadar karşılaştığımız en karmaşık doğa olgusudur ve Darwin'in onu anlamak isteyenlere armağanı, onu yaratan ve ona kendine özgü organizasyonunu veren sürecin bilgisi olan evrimdir.” (Cosmides ve Tooby 1992). Bu kapsamda mevcut makalenin amacı, yürütücü işlevlerin ortaya çıkışına ilişkin ileri sürülen evrimsel açıklamaları gözden geçirmektir. Bu amaçla, yürütücü işlevler hakkında genel bilgiler verildikten sonra bu açıklamalara yer verilecektir.

Tarihsel olarak yürütücü işlevler kavramını ilk kez ortaya atan ünlü nörolog Alexander Luria, planlama, kontrol, esneklik ve izleme gibi süreçlerin yürütücü işlev modelinin temel unsurları olduğunu ve bu mekanizmadan frontal lobun sorumlu olduğunu belirtmektedir (Luria 1966, 1973, 1980). Buna paralel olarak Lezak (1982), yürütücü işlevleri etkili ve yaratıcı davranışlar için hedef belirleme, plan yapma, planlananı gerçekleştirme ve etkili bir şekilde yürütme kapasitesi olarak tanımlamakta ve yürütücü işlevlerin değerlendirilmesinde bu kapasitelerin dikkate alınması gerektiğini öne sürmektedir.

Yürütücü işlevler, beynin farklı bölgelerini, özellikle işlevlerin kontrol edilmesinden ve izlenmesinden sorumlu olan prefrontal korteksi içeren sinir ağlarından oluşmaktadır (Ardila 2008). Bu anlamda, yürütücü işlevlere ilişkin ilk bilgilerin frontal lob hasarı olan kişilerden elde edildiğini belirtmek gerekmektedir. Harlow'un (1869) sinirbilim literatürüne kazandırdığı “No Longer Gage” olarak adlandırılan en popüler vakalardan biri olan Phineas Gage, demiryolunda ustabaşı olarak çalışan 25 yaşında genç bir adamdır. Demiryolu inşaatı sırasında kayaları kırmak için kullanılan barutun ihmal sonucu patlamasıyla yaklaşık 6 kg ağırlığındaki demir levye, Gage'in yüzünün sol tarafından girip kafatasının sol üst köşesinden çıkmıştır. Bu kaza onun ciddi bir beyin hasarına uğramasına neden olmuştur. Gage, aylarca hastanede kaldıktan sonra iyileşmiş, ancak tuhaf davranış özellikleri sergilemeye başlamıştır. Gage'in zekâsıyla ya da hafızayla ilgili bir sorunu olmamasına rağmen kişiliğinde önemli değişiklikler meydana gelmiştir. Kaza öncesinde enerjik, çalışkan ve sorumluluk sahibi bir kişi olan Gage, kazadan sonra sürekli sokaklarda dolaşmak isteyen, başına buyruk ve kararları anlık olarak değişen bir kişilik tablosu göstermeye başlamıştır.

Harlow'un (1869) aktardığına göre, Gage'i tanıyan kişiler onun artık eski Gage olmadığını, kişiliğinin tamamen değiştiğini, tuhaf davranışlar sergilediğini öğrendiklerinde şaşkınlıklarını ifade etmişlerdir. Yapılan incelemeler sonucunda frontal lob hasarı nedeniyle Gage'in hedefe yönelik davranışları oluşturma, planlama, organize etme, strateji geliştirme ve karar verme gibi bilişsel becerilerinde ciddi sorunlar yaşadığı tespit edilmiştir. Tıbbi tedavinin ardından Gage, önceki akıl sağlığına kavuşmamıştır. Bu anlamda, Phineas Gage vakası, sağlıklı yürütücü işlev süreçlerinin önemini göstermesi açısından sinirbilimde kilometre taşı olmuş vakalardan biri olarak kabul edilmektedir.

Yürütücü işlevler “soğuk” ve “sıcak” bilişsel özellikler olmak üzere iki kategoride gruplandırılmaktadır. Soğuk yürütücü işlevler soyut, bağlamdan bağımsız ve afektif unsurları içermeyen süreçlerden oluşurken; sıcak bilişsel işlevler afektif, duygusal ve motivasyonel unsurlarla birlikte yüksek risk içeren, ödül/ceza temelli bilgi işleme süreçlerinden oluşmaktadır (Zelazo ve Carlson 2012, Zelazo ve Müller 2002). Beyin hasarı olan kişilerle yapılan çalışmalarla soğuk ve sıcak arasındaki ayrım yapılmış olsa da bu süreçlerin birlikte çalışan genel bir adaptif fonksiyonun parçası olduğu düşünülmektedir (Zelazo ve Carlson 2012). Bu bağlamda, sıcak işlevlerin duygusal sorunlarla, soğuk işlevlerin ise akademik başarıyla daha fazla ilişkili olduğu gösterilmiştir (Poon 2018).

Yürütücü İşlevlerin Nöropsikolojisi

İnsan beyninde frontal lobların beynin diğer alanlarından daha çok gelişmiş olduğuna dair bulgular elde edilmiştir (Semendeferi ve ark. 1997). Frontal lobların farklı bölgelerinin farklı yürütücü işlevlerden sorumlu olması, frontal işlevleri ölçecek tek bir görevin olmaması ve frontal işlevlerin yürütücü işlevlerden farklı süreçler (psikososyal ve duygusal gelişim, bilinç, farkındalık vs.) üzerinde de önemli etkilere sahip olması gibi nedenlerden dolayı frontal işlevlerle yürütücü işlevler arasındaki ilişkileri net olarak açıklamak zorlaşmaktadır (Stuss ve Alexander 2000). Bununla birlikte, literatürde yaygın olarak, frontal işlevlerle yürütücü işlevlerin yanlış bir şekilde eşanlamlı olarak kullanıldığını görmekteyiz.

Yürütücü işlevlerden sorumlu olan prefrontal korteks anatomik olarak üç bölümden oluşmaktadır: Dorsolateral, medial ve orbitofrontal alanlar. Dorsolateral prefrontal korteksin soyut muhakeme, planlama, organizasyon, problem çözme, çalışma belleği gibi bilişsel görevlerden sorumlu olduğu gözlenirken; medial ve orbitofrontal alanların (ventromedial alanlar olarak adlandırılmaktadır) amigdala ve limbik sistemle daha çok bağlantıya sahip olduğu için çoğunlukla duygu ile bilişin bütünleştirilmesi ve motivasyonel tepkilerle ilgili olduğu görülmektedir (Ardila 2008, Happaney ve ark. 2004). Dorsolateral prefrontal bölge üst bilişsel yürütücü işlevlerle, ventromedial prefrontal korteks ise duygusal/ motivasyonel yürütücü işlevlerle ilişkilendirilmektedir (Ardila 2008). Bu anlamda, dorsolateral frontal ve orbitofrontal alanlar interaktif şekilde birlikte çalışan iki temel alan olarak farklı yürütücü işlevleri desteklemektedirler (Happaney ve ark. 2004).

Ventromedial prefrontal hasarı olan hastalarla yapılan çalışmalarda bu alanların kişilik, bellek, duygusal ifade, karar verme ve sosyal bilişteki önemi vurgulanırken, özellikle bu hastaların kişiliklerinde ve sosyal davranışlarında Gage vakasında olduğu gibi, dramatik değişimler olduğu gözlenmiştir (Schneider ve Koenigs 2017). Diğer yandan, dorsolateral prefrontal korteks işlevlerinin yürütücü işlevler ve genel zekâ için anahtar rol oynadığı ve bu beyin bölgesindeki lezyonların genel zekâ yetersizliklerine neden olduğu bildirilmiştir (Barbey ve ark. 2013). Yuan ve Raz'ın (2014) yaptığı bir meta-analitik çalışmada sağlıklı yetişkinlerde prefrontal korteks büyüklüğü (özellikle lateral ve medial alanlar) ile yürütücü işlevler arasında anlamlı bir ilişki olduğu bulunmuştur. "Bigger is better" hipotezini destekleyecek şekilde prefrontal korteks büyüklüğünün ve kortikal kalınlığın yüksek bilişsel performans göstergesi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Salehinejad ve ark.'nın (2021) ileri sürdüğü network modeline göre, dorsal anterior cingulate korteksle birlikte lateral prefrontal korteksin soğuk yürütücü işlevlerle (ketleme, dikkat kontrolü, çalışma belleği vs); ventral anterior cingulate korteks, posterior cingulate korteks ile medial-orbital prefrontal korteksin ise sıcak işlevlerle ilişkili olduğu gösterilmiştir. Ağ tabanlı bu modelin nörolojik ve psikiyatrik bozuklukların altında yatan patolojik mekanizmaların anlaşılmasını sağlayarak daha etkili müdahale yöntemlerinin keşfedilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Yürütücü İşlevlerin Gelişimi

Yaşamın ilk yıllarında ortaya çıkan yürütücü işlev becerileri çocukluktan yetişkinlik yıllarına kadar gelişimini devam ettirmektedir. İnhibisyon, çalışma belleği ve bilişsel esneklik gelişim dönemlerinde kazanılan temel yürütücü beceriler olarak bilinmektedir (Best ve Miller 2010, Diamond 2013, Miyake ve ark. 2000). Çocuklukta duygu, düşünce ve davranış kontrolünün sağlanmasında gelişen en temel işlevin inhibisyon olduğu kabul edilmektedir (Serpell ve Esposito 2016). Çocukluk yıllarından yetişkinliğe kadar frontal ve parietal alanlardaki gri maddedeki azalışla beraber beyaz maddeki artış ve miyelinleşme bu alanlardaki bilişsel kapasitenin artışı ile paralellik göstermektedir (O'Hare ve Sowell 2008). Özellikle lateral ve medial prefrontal lob hacminin ve prefrontal kortikal kalınlığının sağlıklı yetişkinlerde güçlü yürütücü işlevlerle ilişkili olduğu gösterilmiştir (Yuan ve Raz 2014).

Yürütücü işlevlerin olgunlaşma süreci her bir işlev için spesifik olan belli gelişimsel sıçramalarla gerçekleşmektedir (Jurado ve Roselli 2007). Örneğin, çocukluktan itibaren ilerleyen çalışma belleği becerilerinin 11 yaş civarı ile 15-19 yaşları arasında gelişimsel sıçrama gösterdiği, maksimum seviyeye ilk yetişkinlik yıllarında ulaştığı bulunmuştur (Anderson ve ark. 2008). Poon (2018) tarafından gerçekleştirilen araştırma sonuçları çalışma belleği, dikkat kontrolü, bilişsel esneklik ve inhibisyon gibi soğuk yürütücü işlevlerdeki ilerlemenin ilk ergenlik yıllarında nispeten yavaş, 14 yaş civarında ise gelişimsel bir hamle yaptığını; planlama becerisinin ise 16 yaş civarında ilerleme kaydettiğini göstermiştir. Ergenlik döneminde sıcak işlevlerde çan eğrisi şeklinde bir gelişim örüntüsü elde edilmiştir. Ödül ve seçim dürtüsellüğünün ergenliğin ortalarında (14-15 yaş) zirveye ulaştığı, olgunlaşmanın ise 17 yaş ile başladığı görülmüştür. İlerleyen yaşla beyinde meydana gelen anatomik değişikliklerle birlikte yürütücü becerilerde de gerilemeler ortaya çıkmaktadır. Örneğin, bu konuyla ilgili bir araştırma, hem çalışma belleğinde hem de ketlemede 30'lu ve 40'lı yıllarda başlayan ve yaşlılığa kadar devam eden düşüşler olduğunu göstermiştir (Ferguson ve ark. 2021).

Yürütücü İşlevlerin Ölçümü

Yaşanan zorluklardan birisi, karmaşık ve modüler doğasından dolayı yürütücü işlevlerin geçerli ve güvenilir araçlarla ölçümünün ve rehabilitasyonunun güçleşmesidir (Chan ve ark. 2008). Ekolojik geçerlilikleriyle ilgili eleştirilere hedef olsa da yürütücü işlevlerin daha çok performansa dayalı testlerle değerlendirildiğini görmekteyiz. Bazı hastaların bir testte başarılı olurken diğer bir testte başarılı olamaması, aynı testin iki farklı yürütücü işlevi ölçüyor olması gibi durumlar test uygulayıcılarının testin içeriğinden şüphe duymalarına neden olmaktadır (Jurado ve Rosselli, 2007). Bunun yanında, kısıtlılıkları hakkında çeşitli tartışmalar olmasına rağmen, sıklıkla derecelendirmeye (rating) dayanan ölçekler kullanıldığı gözlenmektedir. Performans ölçümleri

soğuk bilişsel beceriler hakkında bilgi sağlamak için kullanılırken; derecelendirmeye dayalı ölçekler ise daha çok sıcak işlevler (duygusal/ davranışsal) ile sıcak işlevlere dayanan becerilerin günlük hayattaki kullanımını değerlendirmede kullanılmaktadır (Isquith ve ark. 2013).

Yürütücü işlevleri ve frontal lob hasarını değerlendirmek için en sık kullanılan standart testler Wisconsin Kart Eşleme Testi (WKET), Stroop Renk ve Kelime Testi (SRKT), Hanoi Kulesi Testi (HKT), İz Sürme Testi (İST), Kontrollü Kelime Çağrışım Testi (KKÇT)'dir. Berg (1948) tarafından geliştirilen WKET, yürütücü işlevleri değerlendirmede altın standart olarak gösterilmektedir (Kopp ve ark. 2021). Farklı kategoriden gelen renk ve şekillere sahip hedef ve tepki kartlarından oluşan testte kişiden istenen tepki kartlarından her birini sunulan hedef kartla doğru şekilde eşleştirmektir. Güncel sürümdeki test malzemesi değişik renk ve miktarlarda şekiller içeren dört uyarıcı kart ile aynı türden şekiller içeren 64'er kartlık iki desteden oluşur. Eşleme kategorisi, art arda 10 doğru eşlemeden sonra değişmektedir. Testin Türk kültürüne uyarlama çalışmaları Karakaş ve ark. (1999) tarafından yapılan testte 13 farklı puan hesaplanmaktadır. Bunlar; toplam yanlış ve toplam doğru sayısı, tamamlanan kategori sayısı, perseveratif tepki ve hata sayısı, perseveratif olmayan hata sayısı, perseveratif hata yüzdesi, ilk kategoriye tamamlamada kullanılan tepki sayısı, kavramsal düzey tepki sayısı, kavramsal düzey tepki yüzdesi ve kurulumu sürdürmede başarısızlık puanıdır. Katılımcıya uygulama boyunca geribildirim sağlandığı bu test özellikle set değiştirme (shifting), inhibisyon, bilişsel esneklik, organizasyon ve soyutlamayı ölçmektedir (Miyake ve ark. 2000).

SRKT, Stroop'un 1935 yılında açıkladığı, renk isimlerini okuma süresinin renklerin kendisini adlandırma süresi ile karşılaştırılmasına dayanan ve okumanın, adlandırma üzerindeki bozucu etkisini gösteren Stroop Etkisi'ne dayanmaktadır. SRKT, alakasız uyarıcıya yönelen dikkati ketleyebilme, bozucu etkiyi bastırabilme, çatışma çözümü gibi becerileri değerlendiren bir testtir (Heidlmayr ve ark. 2020). Bu anlamda, Stroop görevi, kısıtlayıcı kontrol gerektiren bir bilgi işlemini ortaya koymaktadır (Kaynak ve Erdeniz, 2019). Stroop'un (1935) oluşturduğu orijinal testten yararlanılarak geliştirilen Stroop Testi, farklı versiyonları ile bugün tüm dünyada sıklıkla kullanılan testler arasında bulunmaktadır. Türk kültürüne adaptasyonu Karakaş ve ark. (1999) tarafından gerçekleştirilen Stroop Testi TBAG Formu, dört kartın sunulduğu beş bölümden (siyah renk isimleri, renkli renk isimleri, renkli daireler, renkli nötr kelimeler ve renkli renk isimleri) oluşmaktadır.

Londra Kulesi Testi (Shallice 1982), Hanoi Kulesi Testine (Simon 1975) dayanarak geliştirilmiş planlama ve inhibisyon becerisini ölçen testlerden biridir. Testin Türk kültüründeki standardizasyonu Atalay ve Cinan (2007) tarafından gerçekleştirilmiştir. Frontal lob işlevlerini ölçen diğer bir test de İST'tir (Armitage 1946). Orijinal olarak bu test A ve B formundan oluşmaktadır. A bölümünde katılımcıdan daire içine alınmış 25 serilik sayıyı numara sırasına göre çizerek birleştirmesi istenmektedir. B bölümünde ise, katılımcıdan numara ve alfabetik sıralamaya göre dizilmiş ve daire içine alınmış 25 sayı ve harfi doğru sıralamada birleştirmesi beklenmektedir. İST'in 50 yaş ve üzeri örneklem için Türk kültüründeki standardizasyonu Cangöz ve ark. (2007) tarafından yapılmıştır. Özellikle B formunda, karmaşık dikkat, planlama, set değiştirme ve tepki inhibisyonu gibi yürütücü işlevler değerlendirilmektedir (Cangöz 2009). Puanlamada bölüm A ve B için ayrılan sürede yapılan hata sayısı ve düzeltme sayısı dikkate alınmaktadır. Testin tamamı için sekiz farklı puan hesaplanmaktadır.

Iowa Kumar Testi (IKT), gerçek hayatın simüle edildiği bir görevde hastanın karar verme davranışlarının değerlendirildiği popüler psikolojik testlerden biridir. Bechara ve ark. (1994) tarafından geliştirilen ve ventromedial prefrontal hasarı olan hastaların gerçek hayata dair karar verme süreçlerindeki bozulmaların değerlendirilmesi amacıyla kullanılan IKT belirsizlik, seçim, ödül ve ceza kavramlarına dayanmaktadır. Hastalara sunulan dört farklı desteden para kazandıracak ve kaybettirecek kartları seçmeleri beklenmektedir. Avantajlı kartlar daha az kazandırmakta ancak daha az kaybettirme olasılığına sahiptir. Dezavantajlı kartlar ise daha fazla kazandırabilmekte fakat kaybettirme olasılığı daha yüksektir. IKT özellikle sıcak yürütücü işlevlerin ölçümünde kullanılan bir testtir ve IKT'den alınan düşük puanların alkol bağımlılığı (Maurage ve ark. 2014), yeme bozukluğu (Brogan ve ark. 2010), kumar bağımlılığı (Linnet ve ark. 2010) ve dürtüsellik (Burdick ve ark. 2013) gibi bozukluklarla ilişkili olduğu gösterilmiştir. Sağlıklı Türk örneklemde normatif verileri İçellioğlu (2015) tarafından incelenen bu testte, toplam net puan ve 20 kartın her biri için beş ayrı net puan hesaplanmaktadır. Toplam net puan, tüm test boyunca seçilmiş avantajlı deste sayısından, tüm test boyunca seçilmiş dezavantajlı deste sayısının çıkarılması ile elde edilmektedir.

Çocuklarda ve ergenlerde kullanılan başlıca testler; 5-18 yaş çocuk ve ergenler ile okul öncesi çocuklarının gündelik hayattaki davranışları üzerinden yürütücü işlevlerinin değerlendirildiği Yürütücü İşlevin Davranış Derecelendirme Envanteri (BRIEF; Gioia ve ark. 2002) ile 4-7 yaş arasındaki çocuklar için uygulanan Çocukluk Dönemi Yürütücü İşlevler Envanteri (CHEXI; Thorell ve Nyberg, 2008) sayılabilir. Her iki formunda 86 ifade bulunan BRIEF, ebeveyn ve öğretmen formlarından oluşmaktadır. Üçlü Likert tipi ölçekle değerlendirilen BRIEF'in geçerlilik ve güvenilirlik çalışması Batan ve ark. (2011) tarafından yapılmıştır. Elde edilen yüksek ham

puanlar ve T puanları ($t > 65$) ileri düzeyde yürütücü işlev bozukluğuna işaret etmektedir. CHEXI'nin Türkçe'ye adaptasyonu Kayhan (2010) tarafından yapılmıştır. CHEXI'nin 48-72 aylık çocuklar için geliştirilmiş öğretmen formunun geçerlilik ve güvenilirlik çalışması Arslan-Çiftçi ve ark. (2020) tarafından gerçekleştirilmiş olup, ebeveyn formunun geçerlilik ve güvenilirlik çalışması Hamamcı ve ark. (2021) tarafından yürütülmüştür. Hem ebeveyn hem de öğretmen formlarında 5'li Likert tipi ölçek kullanılmaktadır. Her iki form çalışma belleği ve ketleyici kontrol olmak üzere iki alt ölçekten ve 24 maddeden oluşmaktadır. Ölçeklerden alınan yüksek puanlar yürütücü işlev zorluklarına işaret etmektedir.

Yetişkinlere yönelik Yürütücü İşlev Bozukluğu Ölçeği (Pedrero-Pérez ve ark. 2015) de günlük aktivitelerle ilgili bilişsel, duygusal ve davranışsal belirtileri değerlendirmek ve yürütücü işlev bozukluklarını tespit etmek amacıyla dünyada sıklıkla kullanılan ölçek ve envanterler arasında bulunmaktadır. Ülkemizde, Taşkın-Gökçe ve Kandır (2020) tarafından erken çocuklukta (48-72 aylık çocukların) yönetici işlev gelişimini ölçmek amacıyla Çocuklarda Yönetici İşlevlerin Gelişimini Değerlendirme Ölçeği geliştirilmiştir. Öğretmenlerden alınan verilere dayanan bu ölçek 116 maddeden oluşmakta ve çalışma belleği, empati ve öz düzenlemenin engellenmesi olmak üzere üç boyuttan oluşmaktadır.

Yürütücü İşlevlerin Psikopatolojiyle İlişkisi

Yürütücü işlev yetersizliklerinin farklı birçok formda ortaya çıkan psikopatolojik tabloyla ilişkisi literatürde oldukça geniş yer tutmaktadır. Yürütücü işlev yetersizliklerinin psikopatolojinin nedeni mi yoksa sonucu mu olduğuna dair farklı görüşler bildirilmeye devam etmekle birlikte psikopatolojiyle olan bağlantısı çocuklar (Martel ve ark. 2017, Zelazo 2020), ergenler (Bloemen ve ark. 2018), genç yetişkinler (Lantrip ve ark. 2016, Romer ve Pizzagali 2022) ve yaşlı yetişkinlerle (Zainal ve Newman 2023) yapılan birçok araştırmada gösterilmiştir. Üst düzey yapı modeli (Michelini ve ark. 2019), genel olarak psikopatolojiyi hiyerarşik olarak bir üst düzey p faktörü ve alt düzey beş faktörle açıklamaktadır. Psikopatolojik yapıdaki bu beş spesifik faktör dışsallaştırma (kurallara uymamak, kişilere saldırma), içselleştirme (endişeli ya da depresif ruh hali), nörogelişimsel (dikkat eksikliği ve hiperaktivite), somatizasyon (ağrı, kusma) ve ayrılma (içe kapanma, konuşmayı reddetme) gibi belirtileri kapsamaktadır. Romer ve Pizzagali (2021) bu modeli temel alarak 9-12 yaş arasındaki çocuklarla cinsiyet, yaş, ırk, psikopatoloji geçmişi, ebeveyn eğitimi ve gelir düzeyini kontrol altına alarak gerçekleştirdikleri boylamsal çalışmada yürütücü işlev yetersizliğinin hem yordayıcı bir faktör (risk işareti) hem de genel psikopatolojinin bir sonucu olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bu bağlamda, yürütücü işlev yetersizlikleri gençlik psikopatolojilerinin başlangıcında ve seyrinde dikkate alınacak ve müdahale edilecek transdiagnostik bir hedef olarak görülmektedir.

Nörogelişimsel Bozukluklar

Nörogelişimsel bozuklukların etiyolojik açıklamasında yürütücü işlev yetersizlikleri önemli bir yere sahiptir. Dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğu (DEHB) ve özel öğrenme güçlüğü (ÖÖG) olan 8-14 yaş arası çocukların sağlıklı akranlarına kıyasla inhibisyon ve set değiştirme görevlerinde daha geride oldukları, spesifik olarak çalışma belleğinin sözel ve görsel-uzamsal görev ayrımlarının DEHB ve ÖÖG profillerini birbirinden ayırdığı gözlenmiştir (Crisci ve ark. 2021). DEHB olan bireyler görsel-uzamsal görevlerde, ÖÖG olanlar ise sözel görevlerde daha fazla başarısız olmaktadır. Bir çalışmada, dört yaş civarında gözlenen yürütücü işlev bozukluklarının (inhibisyon, set değiştirme, duygusal kontrol, çalışma belleği ve planlama/organizasyon) 2-3 yıl sonra gözlenen otizm spektrum bozukluğu (OSB) ve DEHB özelliklerinin habercisi olduğu gösterilmiştir (Otterman ve ark. 2019). Spesifik olarak, set değiştirme becerisindeki yetersizliklerin OSB belirtileriyle, inhibisyon, çalışma belleği ve planlama/organizasyon yetersizliklerinin ise DEHB ve DEHB benzeri klinik belirtilerle daha fazla ilişkili olduğu bildirilmiştir.

Yapılan çalışmalarda karşıt olma karşı gelme bozukluğu (KOKGB), DEHB'ye kıyasla sıcak yürütücü işlevlerle ilişkili bulunurken (Iowa Kumar Testi), soğuk yürütücü işlevlerdeki yetersizlikler DEHB'deki tablodan farklıdır (Antonini ve ark. 2015, Hobson ve ark. 2011, Yang ve ark. 2011). Ödül-ceza işlevinin DEHB belirtileriyle değil KOKGB ile ilişkili olduğu ileri sürülmüştür. Öte yandan, DEHB'de soğuk/sıcak yürütücü işlevlerdeki bozulmanın yanı sıra bilişsel gecikmenin yalnızca sıcak işlevlerle ilişkili olduğu gösterilmiştir (Rastikerdar ve ark. 2023). KOKGB, KOKGB+DEHB oluşan klinik grupların, soğuk yürütücü görevlerde (örn. planlama) ve sıcak yürütücü görevlerde (örn. hazzın ertelenmesi ve dışsallaştırma) sağlıklı gruplara kıyasla başarısız oldukları bildirilmiştir (Dolan ve Lennox 2013).

Barkley'e (2015) göre, öz denetim kapasitesi ile yürütücü işlevler arasında önemli bir bağ bulunmaktadır. Öz denetim becerisi, evrimsel olarak kendini savunma, sosyal değiş tokuş, işbirlikçi koalisyonlar ve dolaylı öğrenme gibi büyük ölçüde bir dizi sosyal işlev için ortaya çıkmış işlevsel bir özelliktir. Dolaylı öğrenme ve taklit, insan

ataların diğerlerinin deneyiminden en maliyetsiz şekilde faydalanma adına evrimsel bir avantaj yaratmaktadır (Barkley 2001). Bu bağlamda, DEHB'de öz düzenleme sorunları gibi sosyal işlev bozukluklarını anlamak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğu görülmektedir.

Diğer bir nörogelişimsel bozukluk olan ve frontostriatal işlev bozukluğundan kaynaklandığı düşünülen Tourette sendromunda kişiler durduramadıkları tekrarlayıcı davranışlar sergilerler (tikler vs.). Bu sendromla ilgili yapılan araştırmalarda da yürütücü işlev bozuklukları tespit edilmiştir. Yürütücü işlev bozukluklarının bu sendroma özgü olduğu, çoğunlukla ketleyici kontrol ve bilişsel esneklikle ilgili yetersizlikler gözlemlendiği ancak planlama ve karar vermede daha az şiddetli bozulmaların olduğu bildirilmiştir (Morand-Beaulieu ve ark. 2020).

Psikiyatrik Bozukluklarda Yönetici İşlevler

Sağlıklı bilgi işleme, sağlıklı işleyen yürütücü fonksiyonları gerektirmektedir. Dolayısıyla bu işlevlerdeki bozulma ve eksikliklerin birçok psikopatolojik durumun habercisi olduğu düşünülmektedir. Birçok araştırma yürütücü işlev sorunları ile psikiyatrik bozukluklar arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermiştir. Örneğin; şizofreni (Haugen ve ark. 2021), kişilik bozuklukları (Garcia-Villamizar ve ark. 2017, Gvirts ve ark. 2015), obsesif kompulsif bozukluk (Olley ve ark. 2007), major depresyon (Matsuo ve ark. 2007), anksiyete bozuklukları (Warren ve ark. 2021), yeme bozuklukları (Blume ve ark. 2019, Diaz-Marsa ve ark. 2023). Konuyla ilgili bir çalışmada, yaş ortalaması 15 olan, 1129 gençle yapılan bir fMRI çalışmasında psikotik belirtilerin sol dorsolateral prefrontal korteksteki hipoaktivasyonla; davranışsal belirtilerin ise frontoparietal korteks ve serebellumdaki hipoaktivasyonla ilişkili olduğu bulunmuştur. Öte yandan anksiyete/üzüntü belirtilerinin yürütücü işlev ağındaki hiperaktivasyonla bağlantılı olduğu tespit edilmiştir (Shanmugan ve ark. 2016).

Obsesif Kompulsif Bozukluk

Prefrontal işlev bozukluğu, obsesif kompulsif bozukluğunun (OKB) temel nedenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. OKB hastalarında planlama, karar verme, kavramsallaştırma ve sözel olmayan belleği kodlamadaki zorluklar yürütücü işlev bozukluğunu göstermektedir (Kashyap ve ark. 2013). Aktif semptomları olan OKB hastaları, remisyonundaki OKB hastaları ve panik atak hastalarının karşılaştırıldığı bir çalışmada OKB hastalarında set değiştirme ve inhibisyonunda yetersizlikler gözlenmiştir. Yapılan çalışmalarda OKB'nin dorsolateral prefrontal, superior medial prefrontal ve anterior singulat korteksteki bozukluklarla ilişkili olduğu bulunmuştur (Kashyap ve ark. 2013). OKB hastaları ile yapılan bir fMRI çalışmasında yürütücü görevler sırasında kortiko-striato-talamo-kortikal devre işlev bozukluğu saptanmıştır (Del Casale ve ark. 2015). OKB'deki yürütücü işlev yetersizliklerinin zaman içinde sabit kaldığı ve bu anlamda bu yetersizliklerin süreklilik (trait) özelliği kazandığı tespit edilmiştir (Bannon ve ark. 2006). Öte yandan bazı araştırmacılar, yürütücü işlevlerin yetersiz kullanımının OKB hastalarının daha fazla kaygı azaltıcı adaptif stratejiler (aşırı derecede kontrol) kullanmalarına neden olarak obsesif kompulsif belirtileri güçlendirdiğini ve hastaların sağaltıcı müdahalelerden yeterince yarar sağlayamamalarına yol açtığını iddia etmişlerdir (Synder ve ark. 2015).

Şizofreni

Şizofreni, pozitif (varsanılar, sanrılar, hareket bozuklukları vs.) ve negatif semptomlarla (içe kapanma, tekdüze duygulanım, asosyalite vs.) birlikte nöropsikolojik bozuklukların (dikkat, yürütücü işlevler vs.) görüldüğü ciddi bir ruhsal hastalıktır (Choudhury ve ark. 2009). Şizofrenide çalışma belleği ve yürütücü işlev bozukluklarına ilişkin beyin görüntüleme çalışmaları frontal ve medial temporal loblarda anormallikler tespit etmiştir (Raffard ve Bayard 2012). Pozitif belirtilerin baskın olduğu şizofreni hastaları sağlıklı bireylerle karşılaştırıldığında tüm soğuk yürütücü işlevlerde (çalışma belleği, planlama, bilişsel esneklik gibi) daha düşük performans göstermiştir (Ruiz Castañeda ve ark. 2022). Bununla birlikte, şizofreni hastalarının duyguları tanıma ve zihin kuramı gibi sıcak yürütücü işlevler açısından da yetersizliklere sahip olduğunu bildirilmiştir. Bu hastaların %81.5'inde dorsolateral, %77.8'inde anterior cingulate ve %59.3'ünde orbitofrontal sendrom olduğu tespit edilmiştir. Şizofrenide yürütücü işlev bozukluklarının oldukça heterojen olduğu kabul edilmektedir. Bazı hastalar üç görevde başarısızlık gösterirken, bazıları bir ya da iki görevde başarısız olmaktadır. Bu farklılıkların yürütücü işlevlerin çeşitliliğinden, entelektüel seviye ve genel işlem hızı gibi genel bilişsel faktörlerin etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Raffard ve Bayard 2012). Bu konuda yapılan bir araştırmada, birçok şizofreni hastasının yetersiz yürütücü işlevlerinden dolayı zayıf içgörüyü sahip oldukları saptanmıştır (Choudhury ve ark. 2009). Bu çalışmada katılımcıların yüzde 70'nin hastalıkları konusunda yeterli farkındalığa sahip olmadıkları gözlenmiştir.

Bipolar Bozukluk

Bipolar bozukluğu (BB) olan kişiler bilişsel ve duygusal birçok zorluklarla karşılaşmaktadır; bunların en önemlisi

ise yürütücü işlev bozukluğudur. Örneğin, manik bipolar hastalarının sıcak yürütücü işlevlerindeki bozulmanın ötimik bipolar hastalarına göre daha fazla olduğu bulunmuştur (Bernabei ve ark. 2018). Soğuk yürütücü işlev görevlerinde ise sağlıklı kontrollere göre manik hastaların anlamlı olarak daha kötü performans gösterdiği gözlenmiştir. Bu sonuçlar sıcak yürütücü işlevlerin soğuk işlevlere kıyasla duygu durumuyla daha yakından ilişkili olduğunu göstermektedir. Bipolar bozuklukla ilgili yapılan bir çalışmada, set değiştirmedeki bozulma ve risk almadaki artışın, frontolimbik bağlantı sorunlarıyla ilişkili olarak bipolar bozukluğun göstergeleri olarak yorumlanmıştır (Linke ve ark. 2013). Hastalığın evreleri ile ilgili olarak, depresif ve hipomanik/karma evresinde sözel akıcılık ve işlem hızının; manik döneminde ise ketleyici kontrolün kötüleştiği saptanmıştır (Ryan ve ark. 2012).

Kişilik Bozuklukları

Yürütücü işlevlerdeki bozulma, kişilik bozukluklarının etiolojisinde de önemli bir etkiye sahiptir. İntihar eğilimi, madde kullanımı, risk alma, intihar girişimi gibi belirtilerle karakterize olan sınır (borderline) kişilik bozukluğunda; başta planlama, çalışma belleği, dikkat ve problem çözme olmak üzere yürütücü işlevlerde sorunlar yaşandığı tespit edilmiştir (Gvirtz ve ark. 2012, Ruocco 2005). Sınır kişilikte görülen duygu düzenleme zorlukları bilişsel kontroldeki sorunlardan kaynaklanmaktadır. Bir beyin görüntüleme çalışmasında, olumsuz duygulanım sırasında sınır kişilik bozukluğu olan kişilerin amigdala, anterior singulat ve dorsolateral prefrontal korteks alanlarında sağlıklı katılımcılara kıyasla daha az aktivasyona rastlanılmıştır (Ruocco ve ark. 2013). Antisosyal kişilik bozukluğu tanısı alan kişilerde ise yüksek çıkar elde etme hedefinin neden olduğu bilişsel yükün, bilinçli ve bilinçsiz inhibisyon ve çalışma belleği sorunlarıyla birlikte, uyumsuz davranışlara yol açtığı bulunmuştur (Stuppy-Sullivan ve Baskin-Sommers 2019). Bununla birlikte, 21-35 yaş arası, 524 sağlıklı yetişkinle yapılan bir çalışmada yüksek düzeyde gözlenen antisosyal dürtüsellik ve korkusuzluk ağırlıklı psikopati özelliklerinin ciddi öz kontrol sorunlarıyla ilişkili olduğu bulunmuştur (Lantrip ve ark. 2016). Antisosyal dürtüsellik özelliklerinin, davranışı izleme (monitoring) sorunlarıyla kendini gösterdiği; dürtüsellüğün psikopatının genel bir özelliği olduğu sonucuna varılmıştır.

Nörolojik ve Fiziksel Hastalıklarda Yürütücü İşlevler

Yürütücü işlevlerdeki bozulmanın çeşitli demans türlerinde yaygın olduğu gözlenmektedir. Yapılan bir çalışmada yürütücü işlev bozukluğunun frontotemporal (FTD) demansın temel bir özelliği olarak kabul edilmesine rağmen, FTD ile aynı derecede olmasa da, Lewy cisimcikli demans (LCD) ile de ilişkili olduğu gösterilmiştir (Johns ve ark. 2009). Bir çalışmada, hafif-orta şiddette Alzheimer hastalığı (AD) ile vasküler demans (VD) hastalarında yürütücü işlevlerde ve çalışma belleğinde bozulmalar tespit edilmiş ancak iki hasta grubu arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir (McGuinness ve ark. 2010). Çalışma belleği, dikkat ve yürütücü işlevlerle ilgili yapılan başka bir çalışmada ise Alzheimer hastaları ile FTD hastaları arasında niteliksel farklılıklar olduğu gösterilmiştir (Stopford ve ark. 2012). Alzheimer hastalığında performansın bilgi yükü ve çalışma belleği kapasitesi açısından etkilendiği gözlenirken; FTD hastalarında görülen bozuklukların dikkat, set değiştirme ve tepki inhibisyonu gibi frontal yürütücü süreçlerle ilişkili olduğu bulunmuştur. Bu sonuçlar FTD'de frontal lob anormalliklerine; Alzheimer hastalığında ise temporoparietal anormalliklere işaret etmektedir.

Yürütücü İşlevlere Yönelik Evrimsel Açıklamalar

Evrimsel çizgide, insan ataları büyük bir beyin ve karmaşık bir sinir sistemine sahip olarak dik yürüme, alet üretme, ateşi kullanma ve konuşma yetisiyle ait olduğu primat ailesinin diğer soylarından farklılaşmaktadır. İnsanın ortaya çıkış merkezinin Afrika kıtası olduğu kabul edilmektedir. İlk insan türü olan Homo habilis'e (becerikli insan) ait fosillerin çoğu Doğu Afrika'da bulunmuştur. İlk aletlerin yapımla başlayan Paleolitik Çağ (Eski Taş), iki milyon yıl insanlığın yaşadığı en uzun ve en zor dönem olmuştur (Şimşek 2017). Üst Paleolitik dönemde ortaya çıkan ve avcı-toplayıcı topluluklarda sosyal gruplar halinde yaşayan Homo sapiens (bilge insan), yüzyıllar boyunca hızla dünyaya yayılmış, ülkeler, medeniyetler ve kültürler kurmuştur.

İnsan zihni evrimsel süreçlerin bir ürünü olarak kabul edilmektedir (Coolidge ve Wynn, 2001). Bilişsel arkeoloji, sosyal antropoloji ve evrimsel psikolojinin ortak amaçlarından biri, modern insan düşüncesinin evrimsel geçmişini bilimsel kanıtlarla birlikte açıklayabilmektedir. Paleoantropologlar, modern kültürün ritüel ve sanat gibi sembolik işaretlerine dayanarak bilişsel yetilerin evriminde Üst Paleolitik dönemin önemini vurgulasa da bu süreci kolayca açıklamak her zaman mümkün olmamıştır (Coolidge ve Wynn 2001). Diğer yandan, genetik bilimci Theodosius Dobzhansky'nin (1964) meşhur sözünü hatırlayacak olursak; "Evrimin ışığı olmaksızın, biyolojide hiçbir şeyin anlamı yoktur."

“Yürütücü işlevler insan beyninde adaptif problemlerin çözümü için ayırt edici özelliklere sahip evrimsel bir adaptasyon olarak evrensel, karmaşıktır, olasılık dışıdır ve bir amaç için tasarlandığını gösteren işaretlere sahiptir” (Barkley 2001). Yürütücü işlevler neden ve nasıl ortaya çıkmıştır?” sorusunu sosyal, kültürel faktörlerle açıklamak yetersizdir; bu sorular aynı zamanda evrimsel açıklamaları da gerektirmektedir. İnsan zihni adaptif problemleri çözmek için işlevsel olarak tasarlanmıştır ve bu problemleri anlamak insan zihninin nasıl çalıştığını keşfetmek için en iyi yoldur (Tooby ve Cosmides 1989). Bu bağlamda, primatlarda yürütücü işlevlerin neden ve nasıl ortaya çıktığını açıklamaya çalışan (spekülatif de olsa) birçok alternatif görüşün ileri sürüldüğü gözlenmektedir (Adornetti 2016, Ardila 2008, Barkley 2001, Coolidge ve Wynn 2001, Dunbar ve Schultz 2017, Rosati 2017). Aynı ayrı incelendiğinde bu farklı bakış açılarının karmaşık bir yapbozun farklı parçalarını bir araya getirdikleri halde yapbozu tamamlamada yetersiz kaldıkları görülmektedir. Gelecek çalışmalarda bilimsel kanıtlarla test edilen farklı faktöriyel modellerin bu konudaki bilgimizi ve anlayışımızı arttıracığı düşünülmektedir.

İnsanın evrimsel tarihinde yürütücü işlevlerin ortaya çıkışı, amaca yönelik bir davranış olarak alet yapımı ile ilişkilendirilmiştir. Beyin büyüklüğü, teknolojik gelişim düzeyi, nüfus ve coğrafi yerleşim yayılım artışı arasında anlamlı ilişkiler gösterilmiştir (Ambrose, 2001). Taş alet teknolojisini kullanan ilk insan türü Homo habilis, günlük hayatın sorunlarını çözmek için ve böylece hayatta kalmayı hedefleyen araçlar kullanmayı öğrenmiştir. Bilişsel evrim, bazı özelliklerin önce (örneğin, uzamsal biliş) bazılarının daha sonra ortaya çıktığı (örneğin, yürütücü işlevler) bir mozaik olarak düşünülmelidir (Wynn ve Coolidge 2016). Taşı yontmak, nihai bir hedefe ulaşmak için planlı bir şekilde geçmiş, şimdiki ve gelecekteki eylemlerin birbirleriyle nasıl ilişkili olduğunun izlenmesini gerektiren bir beceridir (Adornetti 2016). Alet yapma becerisi birçok alt görevin planlanmasını ve koordinasyonunu gerektirir ve bu anlamda, frontal lob işlevlerine paralel olarak geliştiği düşünülmektedir (Ambrose, 2001). Bununla birlikte alet yapımı, dil işlevini gerektirmeyen, çalışma belleğinin ileri seviyede gelişmiş görsel-uzamsal alt bellek kapasitesiyle ilişkilendirilmektedir (Coolidge ve Wynn 2005). Yürütücü sistemin sözel ve sözel olmayan çalışma belleği temelli birkaç evrimsel aşamadan geçerek şekillendiği varsayılmaktadır. Örneğin, alet yapmak için gerekli olan taklit becerisi sözel olmayan bir işleve sahiptir (Barkley 2001). Bu bağlamda, eylem kontrolü ve organizasyon kapasitesindeki artışın ilk izlerine Alt Paleolitik Dönemde (eski taş çağı) Homo ergaster ve Homo erectus’a ait Aşölyen taş kültüründe rastlandığını söyleyebiliriz.

Ardila (2016), 150.000 yıl önce Homo sapiensin hayatta kalabilmek için kazanmış olduğu bilişsel yetenekleri, gramatik dil ve yürütücü işlevler gibi yeni bilişsel yetilerin ön adaptasyonları olarak kabul etmektedir. Tarih öncesi taş aletlerin yapımı, temelde eylem organizasyonu düzeyiyle ve davranış kontrolüyle ilişkili olan söylem tutarlılığı (discourse coherence) sürecine dayandırılmaktadır (Adornetti 2015). Söylem tutarlılığı, planlama, kontrol ve organizasyon olmak üzere yürütücü işlevlerin aracılık ettiği dilin pragmatik işlevlerinden biridir. Tutarlılık ilkesinin, iletişim etkinliklerinin sırasını yapılandırmaya yardımcı olduğuna ve konuşmanın tutarlılığını artırarak insanlarda dil işlevinin evrimini desteklediğine inanılmaktadır. Diğer bir deyişle, yürütücü işlevler tarafından desteklenen ve dilin pragmatik özelliğini temsil eden söylem tutarlılığı dilbilgisinin (gramerin) ortaya çıkışının ön koşuludur (Adornetti 2016). Benzer şekilde, eylem algısı, insan evriminde aynı anda ortaya çıkan iki bilişsel beceri olan yürütücü işlevler ve dilbilgisi için bir ön adaptasyon olarak kabul edilmektedir (Ardila 2015, 2016). Dolayısıyla, Homo soyunda yürütücü işlevlerin ortaya çıkışı alet yapımı ve dilin kökeni arasındaki dolaylı ilişkilere dayandırılmaktadır.

Homo habilisin Alt Paleolitik dönemde ürettiği Oldowan kültürü (yontuk çakıl kültürü) başka bir taşla yontulmuş basit ilk taş aletlerden oluşmaktadır. Aşölyen teknolojisi ise kesme, parçalama gibi birçok amaç için kullanılabilen, çakmaktaşı gibi sert taşların yanı sıra kemik ve bitki gibi malzemelerden de üretilebilen, gelişmiş, ucu sivri aletlerden meydana gelmektedir. Oldowan’dan Aşölyen’e geçişle, ilk insanlarda yürütücü işlev kontrolünde ortaya çıkan farklılaşmaları anlamak amacıyla Oldowan ve Aşölyen teknolojisi uzmanlarından oluşan bir arkeolog ekipten bu aletlerin bir örneğini üretmeleri istenmiştir (Stout ve ark. 2008, Stout ve ark. 2010). Katılımcı arkeologların gerçekleştirdikleri bu taş yontma eylemi boyunca beyin aktivasyonları ölçüldüğünde, Oldowan alet üretimi sırasında posterior parietal ve ventral motor alanlarında aktivasyon kaydedilirken, prefrontal alanlarında anlamlı düzeyde aktivasyonun tespit edilmemesi Oldowan alet yapımının minimum düzeyde yürütücü işlev kontrolü gerektirdiğini göstermiştir (Stout ve ark. 2008). Aşölyen alet yapımı sırasında ise ventrolateral prefrontal kortekste gözlenen aktivasyon (dorsolateral prefrontal kortekste aktivasyon bulunmamıştır) Aşölyen alet yapımının hiyerarşik olarak daha fazla organize olmuş sensorimotor eylem dizilerini gerektirdiğini düşündürmüştür. Aşölyen alet yapımı daha fazla organizasyon ve planlama becerisi gerektirmekle birlikte, her iki hemisferdeki parietofrontal alanlar ile Broca alanında gözlenen aktivasyon artışı alet yapımı ile dil becerisi arasındaki güçlü bağlantılara işaret etmektedir. Alet yapımındaki aktivasyonun dil devreleriyle örtüşmesi bu iki becerinin hedefe yönelik eylem için daha karmaşık ve genel bir bilişsel temele

sahip olduğunu göstermiştir. Bu bulgular, alet yapımı ile yürütücü işlevlerin varlığı arasında dolaylı ilişkilerin kanıtları olarak değerlendirilmektedir.

Türlerin yaşadığı ekolojik ortamın karmaşıklığı ve yiyecek arama davranışları beyin evrimini belirleyen faktörlerden biri olarak kabul edilmektedir (Dunbar ve Schultz 2017). Avcı-toplayıcıların diğer primatlara göre daha büyük yaşam alanları tercih etmeleri ve benzersiz gıda kaynakları bulmak için uzak bölgeleri keşfetmek istemeleri bilişsel kapasitelerinin artışına ve güçlenmesine katkı sağlamıştır (Rosati 2017). Bu bakış açısına göre, avcı toplayıcıların yaşadıkları lokasyona dönmeden önce elde ettikleri gıdaları tüketme eğilimlerini bastırarak tepkilerini kontrol altına almaları (inhibisyon) doğal olarak sofistike yürütücü işlevlerin ortaya çıkmasına hizmet etmiş olabilir. Tepki inhibisyonu için en iyi örnek, hasat edilen ürünlerin gelecek ekim-dikim dönemi için saklandığı tarım faaliyeti olarak gösterilebilir. Coolidge ve Wynn'e (2005) göre, şimdilik yeterli bilimsel kanıtlara sahip olmadığımızdan dolayı Üst Paleolitik dönem için böyle bir tepki inhibisyonundan söz edebilmek mümkün değildir.

Yürütücü işlevler Homo türünün bilişsel evriminde geç ortaya çıkmış kazanımlardır. Bu bağlamda, özellikle Neanderthallerin sahip oldukları bilişsel kapasite üzerinde uzlaşma sağlanamamış bir konu olarak görünmektedir. Orta Paleolitik dönem boyunca yaşamış olan Neanderthallerin çalışma belleği kapasitesinin Homo sapiens'e kıyasla daha düşük olabileceği üzerinde durulmuştur (Wynn ve Coolidge, 2004). Yapılan nöroanatomik bir çalışmada dil, dikkat, çalışma belleği gibi bilgi işlemede önemli işlevleri olan serebellumda türler arasında farklılıklar görülmüş; Homo sapiens'in Neanderthallere göre daha büyük serebellar hemisferlere sahip olduğu bulunmuştur (Kochiyama ve ark. 2018). Bu bulguyu destekleyecek şekilde, Paleonörolojik kayıtlar Neandertallerde ve modern insanda parietal korteksteki büyümeye ve genişlemeye işaret ederken, bilişsel arkeoloji, Homo sapiensin Neanderthaller de dahil olmak üzere soyu tükenmiş tüm diğer insan türlerinden farklı olarak görsel uzamsal becerilerde ve çalışma belleği işlevlerinde uzmanlaşma sağlayan tek tür olduğunu göstermiştir (Bruner ve Colom 2022). Ambrose (2002), bu iddiaların aksine, Neanderthallerin Homo sapiens ile ortak ataları olan Homo heidelbergensis gibi konuşabildiğini, dolayısıyla Neanderthallerin anlamlı düzeyde yönetici işlevlere sahip olduğunu ve bu işlevleri evrimsel baskılara uyum sağlamak için kullandıklarını öne sürmüştür.

Doğadaki bilişsel üstünlük açısından karşılaştırıldığında insanlarda bulunan ve diğer hayvanlarda bulunmayan hiçbir özellik yoktur; aradaki farkı yaratan insanın daha esnek ve çok yönlü bilişsel özelliklere sahip olmasıdır (Laland ve Seed 2021). İnsan olmayan primatların maruz kaldıkları ekolojik koşullardaki farklılıklar da onların evrimsel süreçte güçlü yürütücü işlevler kazanmalarını desteklemiştir (Rosati 2017). Örneğin, şempanzelerle bonobolar besin elde etme rekabetleri açısından karşılaştırıldıklarında, bonoboların şempanzelerle göre daha düşük düzeyde sosyal engellemeye (inhibisyona) sahip olduğu bulunmuştur (Wobber ve ark. 2010). Şempanzelerle insanların çalışma belleği görevlerindeki performansını karşılaştıran bir çalışmada, prefrontal korteks yapısı açısından paralellikler görülse de şempanzelerde çalışma belleği uzamının 2 ± 1 , insanda ise ünlü Miller yasası olarak bilinen 7 ± 2 olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca şempanzelerin çalışma belleği performansının yaklaşık olarak insanda 4-5 yaşındaki çocukların çalışma belleği performansına tekabül ettiği tespit edilmiştir (Read ve ark. 2022).

Primatların bilişsel yeteneklerinin en iyi göstergesinin mutlak beyin büyüklüğü olduğunu gösteren araştırma sonuçları mevcuttur (Deaner ve ark. 2007, MacLean ve ark. 2014, Rosati 2017, Stevens 2014, Striedter 2005). On üç primat türünün (lemur, uzun kuyruklu makak, orangutan, bonobo, goril, şempanze vs. gibi) gecikmiş ödül için bekleme tepkileri beden büyüklüğü, mutlak beyin büyüklüğü, göreceli beyin büyüklüğü (beden büyüklüğüne göre beyin hacim oranı), ev aralığı mesafesi (grubun yaşadığı evler arasındaki mesafe), grup büyüklüğü gibi faktörler açısından değerlendirildiğinde incelenen değişkenler açısından farklı sonuçlar elde edilmiştir (Stevens 2014). Gecikmiş bir ödül (sıvı ya da katı gıdalar) bekleme istekliliği açısından türler arasında önemli farklılıklar bulunmuştur. Türlerin beden kütlesi, mutlak beyin büyüklüğü, ev aralıkları büyüklüğü ve yaşam süresi değişkenleri bekleme süresini anlamlı olarak yordarken; göreceli beyin büyüklüğü ve sosyal grup değişkenleri için böyle bir sonuç elde edilmemiştir. Bilişsel yetenek hipotezine göre, daha yüksek bilişsel yeteneklere sahip türlerin gecikmiş ödül için daha uzun bekleme süresine sahip olacağı beklenmiş ve elde edilen bulgularla bu hipotez desteklenmiştir. Bu sonuçlar, evrimsel baskıların karar verme ve bilişsel beceriler açısından farklı türler üzerinde farklı etkilere sahip olduğunu göstermektedir.

Türlerin beyin büyüklüklerini inceleyen bir çalışmada, yaşayan insan beyinleri ile hayvanat bahçesinde doğal nedenlerle ölmüş olan gorilla, şempanze, orangutan, şebek ve makakların beyinleri bir beyin görüntüleme ile karşılaştırılmıştır. En büyük beyin ve en büyük frontal lob mutlak hacminin insana ait olduğu (%30,8 makak, %31,8 şebek, %27,5 orangutan, %29,7 goril, %38,1 şempanze ve %35, insan); insanda göreceli frontal lob büyüklüğünün diğer primatlarla benzer olduğu bulunmuştur (%28,1 makak, %3,1 şebek, %35,3 orangutan,

%32,4 goril, %35,9 şempanze ve %36,7 insan). Ayrıca insanlarda frontal lobların dorsal, mesial ve orbital bölümleri açısından da göreceli bir büyüklük farkı gözlenmemiştir. İnsanların ve şempanzelerin göreceli frontal lob hacimleri neredeyse hiç farklılık göstermemiştir. Sonuç olarak, mutlak anlamda insanların çok daha büyük hemisferlere sahip olmasına rağmen, insan büyüklüğündeki bir primat beyninden beklenenden daha büyük bir frontal loba sahip olmadığı tespit edilmiştir (Semendeferi ve ark.1997).

Evrim açısından bakıldığında, primatlar arasındaki beyin büyüklüğü ile yürütücü işlev kapasitesi farklılıkları arasında gözlenen ilişkiler konuya farklı yaklaşımları gerektirmektedir. Dunbar ve Schultz'a (2007) göre beyin büyüklüğü arttıkça, yürütücü işlevler orantısız bir şekilde daha kullanılabilir hale gelmekte ve giderek daha karmaşık sosyal davranışların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Neokorteks büyüklüğünün (özellikle frontal alan) türlerde ekolojik adaptif baskıları karşılama kapasitesi, grup büyüklüğünü ve dolayısıyla sosyal davranışı belirlemektedir (Dunbar ve Schultz 2007). Yani, grup büyüklüğünün ve sosyal karmaşıklık düzeyinin primatlarda beyin hacmiyle bağlantılı olduğu ve beyin büyüklüğünün sosyal davranışı, sosyal davranışların da beyin gelişimini karşılıklı olarak etkilediği düşünülmektedir. Bu konuyla ilgili 44 araştırmanın incelenmesi sonucunda, türlerin sosyallik ve iş birliği düzeylerinin mutlak beyin hacmi, neokorteks büyüklüğü ve oranıyla, diğer yandan diyet bileşimi ve yaşam geçmişinin beynin göreceli büyüklüğü ile ilişkili olduğu bulunmuştur (Schultz ve Dunbar 2022). Ayrıca total beyin hacmi, türün yaşadığı ekolojik ortam özelliklerini, neokorteks ise sosyal grup büyüklüğünü önemli ölçüde yordamaktadır. Tüm bu bulgular ekolojik, sosyal ve biyolojik faktörlerin bilişsel evrimde farklı etkilere sahip olduğu anlamına gelmektedir. Çünkü beynin mutlak büyüklüğü, ön beynin göreceli büyüklüğü ve nöron sayısı, türlerin bilişsel ve sosyal özellikleriyle güçlü bir şekilde ilişkilidir (Schultz ve Dunbar 2022). Beynin göreceli büyüklüğü ile türlerin enerji ihtiyaçları ve yiyecek tercihleri arasında da önemli ilişkiler keşfedilmiştir.

İnsanın bilişsel üstünlüğünün en iyi göstergesinin, primatlar arasında en fazla nöron sayısına sahip olması olarak kabul edilmektedir. Büyük insansı maymunlar (ape soyu), Homo soyundan farklı olarak büyük bedenlerine karşın daha küçük beyin boyutuna sahipken; Homo soyu ise daha küçük beden yapılarına karşın daha fazla sayıda nöronlarıyla daha büyük beyin yapısıyla karakterize edilmektedir (Herculano-Houzel 2012). Bununla birlikte, insansı maymunlar daha fazla sayıda nöronu destekleyen metabolik maliyeti karşılayamadıkları için beden büyüklükleriyle orantılı beyin büyüklüklerine sahip olamamıştır. Beyin büyüklüğü daha fazla enerji gerektirdiğinden maliyetli ve pahalı bir özelliktir; bu nedenle akıllı toplayıcılık (smart foraging), orijinal gıda kaynağı keşfetme ve orijinal araçlar icat etme anlamında primatları primat olmayanlardan ayıran adaptif bir davranış olarak görülmektedir (Dunbar ve Schultz 2017). Bu bakımdan insanların yemek pişirmek için ateşi kullanması, gıdaları daha hızlı tüketmelerine yardımcı olmuş ve nöronlarının metabolik ihtiyaçlarını daha kolay karşılayabilmelerine olanak sağlamıştır. Böylece rekabet için diğer nöronlarını kullanabilme yeteneği insan türü için evrimsel bir avantaj yaratmıştır (Herculano-Houzel 2012).

Evrimsel geçmiş boyunca insan ataları, daha önce ortaya çıkan belirli çevresel seçim baskılarını karşılamak için gruplar halinde yaşayan bencil işbirlikçiler haline gelmiştir (Barkley 2001). Bu bağlamda, sosyallik, primatların beyin evrimini şekillendiren en önemli unsur olarak görülmektedir (Dunbar ve Schultz 2017, Schultz ve Dunbar 2022). İnsan zihninin tüm içerik özellikleri sosyal olarak inşa edilmiştir; insan zihni işlevsel olarak uzmanlaşmış, içeriğe bağlı bilişsel adaptasyonlardan oluşmaktadır (Cosmides ve Tooby 1992, 2013). Bu görüşleri destekleyecek şekilde Barkley (2001), yürütücü işlev sisteminin, grup yaşamının yarattığı şartlardan kaynaklanan sosyal sorunlar olarak ortaya çıkan adaptif baskıları (karşılıklı diğerkâmlık ve sosyal koalisyonlar, taklit, alet kullanımı, mimetik ve iletişim, sosyal etkiye karşı kendini savunma gibi) çözmek için ortaya çıktığını savunmaktadır. Sosyal gruplarda yaşamının gerektirdiği karşılıklı değiş tokuş (özellikle geciken) geçmişi hatırlamayı, geleceğe dair tahminlerde bulunmayı ve davranışları kontrol etmeyi gerektirdiğinden, prefrontal korteksin uyum sağlama işlevi için kritik bir öneme sahip olduğu gösterilmiştir (Barkley 2001).

Sonuç

“İnsanın bilişsel benzersizliği, hayvanlarda bulunmayan özelliklerden dolayı değil, özelliklerin birbirleriyle etkileşimlerinden, evrimleşen biyolojik farklılıkların üzerine temellenen ve onları güçlendiren kültürel ve gelişimsel faktörlerin sağladığı geri bildirimlerden kaynaklanmaktadır” (Laland ve Seed 2021). Bu anlamda, primat ailesinde evrimsel süreçte ortak olarak gözlenen yürütücü işlevler, amaca yönelik karmaşık davranış, düşünce ve eylem kontrolünden sorumlu bir dizi zihinsel bileşenden oluşan şemsiye bir kavram olarak ele alınmaktadır. Yürütücü işlevler genel olarak prefrontal kortekste düzenlenmektedir. Salt bilişsel yürütücü işlevlere (soğuk) karşın afektif temelli/ ödül merkezli (sıcak) işlevler arasında yapılan ayırım prefrontal kortekste tespit edilen nöral uzmanlaşmayla da gösterilmektedir. Soyutlama, problem çözme, planlama gibi salt bilişsel yürütücü süreçler dorsolateral prefrontal kortekste; afektif ve motivasyonel süreçler ise ventromedial ve

orbitofrontal alanlarla ilişkili bulunmuştur. Frontal lob lezyonları ve beyin görüntüleme çalışmalarından elde edilen bulgular psikiyatrik ve nörolojik bozuklukların mekanizması hakkındaki bilgilerimizi ve muhakememizi zenginleştirerek bu konudaki soru işaretlerimizi azaltmaya devam etmektedir.

Yürütücü işlevlerin modern düşüncenin gelişimine yol açan temel evrimsel kazanımlar olduğu öne sürülmektedir (Coolidge ve Wynn, 2001). Arkeolojik ve antropolojik bilgilerin ışığında geriye dönük değerlendirmeler sonucunda, insanın yürütücü işlevlerinin evrimsel geçmişte ortaya çıkışına ilişkin çeşitli bilimsel açıklamalar ileri sürülmüştür. Söz konusu açıklamalara bakacak olursak; ilk taş aletlerin yapımı ile dilin kökenleri arasındaki bağlantı, söylem tutarlılığı, türlerin yaşadığı ekolojik ortam farklılıkları, yiyecek arama stratejileri, beyin büyüklüğü, mevcut nöron sayısındaki farklılıklar, sosyallik ve sosyal gruplarda yaşamının yarattığı adaptif sorunlar gibi olası faktörlerin ön plana çıktığı gözlenmektedir. Gelecekteki araştırma modellerinin bu alternatif faktörlerden hangisinin yakın neden, hangisinin temel neden olduğunu netleştireceğine inanılmaktadır.

Evrimsel geçmiş boyunca insan soyunda ortaya çıkan ortak dikkat ve dil gibi önemli yenilikler, insan bilişinin diğer unsurlarının performansını geliştirirken, oyunun kurallarını da değiştirmiştir (Laland ve Seed 2021). Bu bağlamda, doğanın seçim baskılarının modern insanın davranış özelliklerini belirlemede önemli payı olmakla birlikte, bu özelliklere sadece bu açıdan yaklaşmak tek yönlü ve indirgemeci bir bakış olacaktır. Tooby ve Cosmides'e (1989) göre, evrimsel süreç, tarih ve kültür gelişimine göre daha yavaş ilerlemektedir. Neolitik sonrası dönemdeki nüfus artışıyla birlikte gıda üretimi ve hastalıkların önlenmesi gibi bazı tarihsel değişimlerin adaptasyonun başarısına katkıda bulunduğu kabul edilse de bunun tüm adaptasyonlar için geçerli olduğu iddia edilemez. Bu nedenle, doğal seçilimin düzeltici gücünün insan yıkıcılığının ortaya çıkardığı sapmaları, zayıf ve yavaş bir tarzda olsa da düzeltereğine inanılmaktadır.

Sonuç olarak, mevcut derleme makalesinde yürütücü işlevlerin evrimine ilişkin değerli ve ilginç bilimsel açıklamalara ulaşılmış olsa da birçok çalışmanın tutarlı bir açıklayıcı yapı ortaya koyamadığı; birçok noktanın birbiriyle çeliştiği, belirsiz, spekülatif veya eksik kaldığı gözlenmiştir. Bilişsel evrimin çok yönlü doğasından dolayı, mevcut ve olası unsurların göz önünde bulundurulduğu nedensel bir bakış açısıyla geliştirilen açıklayıcı sistemlere ihtiyaç duyulduğu düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Adornetti I (2015) The phylogenetic foundations of discourse coherence: A pragmatic account of the evolution of language. *Biosemiotics*, 8:421-441.
- Adornetti I (2016) On the phylogenesis of executive functions and their connection with language evolution. *Front Psychol*, 7:1426.
- Ambrose SH (2001) Paleolithic technology and human evolution. *Science*, 291:1748-1753.
- Anderson V, Anderson PJ, Jacobs R, Smith MS (2008) Development and assessment of executive function: from preschool to adolescence. In *Executive Functions and The Frontal Lobes: A Lifespan Perspective* (Eds V Anderson, R Jacobs, PJ Anderson):123-154. London, Taylor and Francis.
- Antonini TN, Becker SP, Tamm L, Epstein JN (2015) Hot and cool executive functions in children with attention-deficit/hyperactivity disorder and comorbid oppositional defiant disorder. *J Int Neuropsychol Soc*, 21:584-595.
- Ardila A (2008) On the evolutionary origins of executive functions. *Brain Cogn*, 68:92-99.
- Ardila A (2015) A proposed neurological interpretation of language evolution. *Behav Neurol*, 2015:872487.
- Ardila A (2016) The evolutionary concept of "preadaptation" applied to cognitive neurosciences. *Front Neurosci*, 10:103.
- Armitage SG (1946) *An Analysis of Certain Psychological Tests Used for The Evaluation of Brain Injury*. Washington D.C., American Psychological Association.
- Arslan-Çiftçi H, Uyanık G, Acar İH (2020) Çocukluk Dönemi Yürütücü İşlevler Envanteri Türkçe Formunun 48-72 aylık çocuklar için geçerlik ve güvenilirlik çalışması. *Erken Çocukluk Çalışmaları Dergisi*, 4:762-787.
- Atalay D, Cinan S (2007) Yetişkinlerde planlama becerisi: Londra Kulesi Testinin standardizasyon ve güvenilirlik çalışması. *Türk Psikoloji Dergisi*, 22:25-38.
- Bannon S, Gonsalvez CJ, Croft RJ, Boyce PM (2006) Executive functions in obsessive-compulsive disorder: State or trait deficits? *Aust N Z J Psychiatry*, 40:1031-1038.
- Barbey AK, Colom R, Grafman J (2013) Dorsolateral prefrontal contributions to human intelligence. *Neuropsychologia*, 51:1361-1369.
- Barkley RA (2001) The executive functions and self-regulation: An evolutionary neuropsychological perspective. *Neuropsychol Rev*, 11:1-30.
- Barkley RA (2015) *Attention-Deficit Hyperactivity Disorder: A Handbook for Diagnosis and Treatment*, 4th ed. New York, Guilford Press.
- Bechara A, Damasio AR, Damasio H, Anderson SW (1994) Insensitivity to future consequences following damage to human prefrontal cortex. *Cognition*, 50:7-15.

- Berg EA (1948) A simple objective technique for measuring flexibility in thinking. *J Gen Psychol*, 39:15-22.
- Bernabei L, Bersani FS, Delle Chiaie R, Pompili E, Casula S, D'Aniello G et al. (2018) A preliminary study on hot and cool executive functions in bipolar disorder and on their association with emotion regulation strategies. *Riv Psichiatri*, 53:331-335.
- Best JR, Miller PH (2010) A developmental perspective on executive function. *Child Dev*, 81:1641-1660.
- Bloemen AJP, Oldehinkel AJ, Laceulle OM, Ormel J, Rommelse NNJ, Hartman CA (2018) The association between executive functioning and psychopathology: General or specific? *Psychol Med*, 48:1787-1794.
- Blume M, Schmidt R, Hilbert A (2019) Executive functioning in obesity, food addiction, and binge-eating disorder. *Nutrients*, 11:54.
- Brogan A, Hevey D, Pignatti R (2010) Anorexia, bulimia, and obesity: shared decision-making deficits on the Iowa Gambling Task (IGT). *J Int Neuropsychol Soc*, 16:711-715.
- Bruner E, Colom R (2022) Can a Neandertal meditate? An evolutionary view of attention as a core component of general intelligence. *Intelligence*, 93:101668.
- Burdick JD, Roy AL, Raver CC (2013) Evaluating the Iowa Gambling Task as a direct assessment of impulsivity with low-income children. *Pers Individ Dif*, 55:771-776.
- Cangöz B, Karakoç E, Selekler K (2007) İz Sürme Testi'nin 50 yaş üzeri Türk yetişkin ve yaşlı örnekleme için standardizasyon çalışması. *Türk Geriatri Dergisi*, 10:73-82.
- Cangöz B (2009) Türkçe ve İngilizce alfabe kullanımı genç ve yaşlı yetişkinlerin İz Sürme Testi (İST) puanlarını etkiler mi? *Hacettepe Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Dergisi*, 26:49-59.
- Chan RCK, Shum D, Touloupoulou T, Chen EYH (2008) Assessment of executive functions: Review of instruments and identification of critical issues. *Arch Clin Neuropsychol*, 23:201-216.
- Choudhury S, Khesr CR, Bhattacharyya R, Sanyal D (2009) Insight in schizophrenia and its association with executive functions. *Indian J Psychol Med*, 31:71-76.
- Coolidge FL, Wynn T (2001) Executive functions of the frontal lobes and the evolutionary ascendancy of Homo sapiens. *Camb Archaeol J*, 11:255-260.
- Coolidge FL, Wynn T (2005) Working memory, its executive functions, and the emergence of modern thinking. *Camb Archaeol J*, 15:5-26.
- Cosmides L, Tooby J (1992) Cognitive adaptations for social exchange. In *The Adapted Mind: Evolutionary Psychology and The Generation of Culture* (Eds J Barkow, L Cosmides, J Tooby):163-228. New York, Oxford University Press.
- Crisci G, Caviola S, Cardillo R, Mammarella IC (2021) Executive functions in neurodevelopmental disorders: Comorbidity overlaps between attention deficit and hyperactivity disorder and specific learning disorders. *Front Hum Neurosci*, 15:594234.
- Deaner RO, Isler K, Burkart J, van Schaik C (2007) Overall brain size, and not encephalization quotient, best predicts cognitive ability across non-human primates. *Brain Behav Evol*, 70:115-124.
- Del Casale A, Rapinesi C, Kotzalidis GD, De Rossi P, Curto M, Janiri D et al. (2015) Executive functions in obsessive-compulsive disorder: an activation likelihood estimate meta-analysis of fMRI studies. *World J Biol Psychiatry*, 17:378-393.
- Diamond A (2013) Executive functions. *Annu Rev Psychol*, 64:135-168.
- Diamond A, Barnett WS, Thomas J, Munro S (2007) Preschool program improves cognitive control. *Science*, 318:1387-1388.
- Diaz-Marsa M, Pemau A, de la Torre-Luque A, Vaz-Leal F, Rojo-Moreno L, Beato-Fernandez L et al. (2023) Executive dysfunction in eating disorders: Relationship with clinical features. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*, 120:110649.
- Dobzhansky T (1964) Biology, molecular and organismic. *Am Zool*, 4:443-452.
- Doebel S (2020) Rethinking executive function and its development. *Perspect Psychol Sci*, 15:942-956.
- Dolan M, Lennox C (2013) Cool and hot executive function in conduct-disordered adolescents with and without co-morbid attention deficit hyperactivity disorder: Relationships with externalizing behaviours. *Psychol Med*, 43:2427-2436.
- Dunbar RIM, Shultz S (2007) Understanding primate brain evolution. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 362:649-658.
- Dunbar RIM, Shultz S (2017) Why are there so many explanations for primate brain evolution? *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 372:20160244.
- Ferguson HJ, Brunson VE, Bradford EE (2021) The developmental trajectories of executive function from adolescence to old age. *Sci Rep*, 11:1-17.
- Garcia-Villamizar D, Dattilo J, Garcia-Martinez M (2017) Executive functioning in people with personality disorders. *Curr Opin Psychiatry*, 30:36-44.
- Gioia GA, Isquith PK, Retzlaff PD, Espy KA (2002) Confirmatory factor analysis of the behavior rating inventory of executive function (BRIEF) in a clinical sample. *Child Neuropsychol*, 8:249-257.
- Gvirts HZ, Braw Y, Harari H, Lozin M, Bloch Y, Fefer K et al. (2015) Executive dysfunction in bipolar disorder and borderline personality disorder. *Eur Psychiatry*, 30:959-964.
- Gvirts HZ, Harari H, Braw Y, Shefet D, Shamay-Tsoory SG, Levkovitz Y (2012) Executive functioning among patients with borderline personality disorder (BPD) and their relatives. *J Affect Disord*, 143:261-264.

- Hamamcı B, Acar İ, Uyanık G (2021). Validity and reliability study of parent report of the childhood executive functioning inventory for preschoolers. *Eğitimde Kuram ve Uygulama*, 17:1-10.
- Happaney K, Zelazo PD, Stuss DT (2004) Development of orbitofrontal function: Current themes and future directions. *Brain Cogn*, 55:1-10.
- Harlow JM (1869) *Recovery from the Passage of an Iron Bar through the Head*. Boston, Clapp.
- Haugen I, Stubberud J, Ueland T, Haug E, Øie MG (2021) Executive dysfunction in schizophrenia: Predictors of the discrepancy between subjective and objective measures. *Schizophr Res Cogn*, 26:100201.
- Heidlmayr K, Kihlstedt M, Isel F (2020) A review on the electroencephalography markers of Stroop executive control processes. *Brain Cogn*, 146:105637.
- Herculano-Houzel S (2012) The remarkable, yet not extraordinary, human brain as a scaled-up primate brain and its associated cost. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 109:10661-10668.
- Hobson CW, Scott S, Rubia K (2011) Investigation of cool and hot executive function in ODD/CD independently of ADHD. *J Child Psychol Psychiatry*, 52:1035-1043.
- İçellioğlu S (2015) Iowa Kumar Testi: normatif veriler ve yürütücü işlevlerle ilişkisi. *Dusunen Adam*, 28:222-230
- Isquith PK, Roth RM, Gioia G (2013) Contribution of rating scales to the assessment of executive functions. *Appl Neuropsychol Child*, 2:125-132.
- Johns EK, Phillips NA, Belleville S, Goupil D, Babins L, Kelner N et al. (2009) Executive functions in frontotemporal dementia and Lewy body dementia. *Neuropsychology*, 23:765-777.
- Jurado MB, Rosselli M (2007) The elusive nature of executive functions: A review of our current understanding. *Neuropsychol Rev*, 17:213-233.
- Karakaş S, Erdoğan E, Sak L, Soysal AŞ, Ulusoy T, Yüceyurt Ulusoy İ et al. (1999) Stroop Testi TBAG Formu: Türk kültürüne standardizasyon çalışmaları, güvenilirlik ve geçerlik. *Klinik Psikiyatri Dergisi*, 2:75-88.
- Karakaş S, Irak M, Kurt M, Erzen Ö (1999) Wisconsin Kart Eşleme Testi ve Stroop Testi TBAG Formu: Ölçülen özellikler açısından karşılaştırmalı analiz. *3P Psikiyatri Psikoloji Psikiyatri Dergisi*, 7:179-192.
- Kashyap H, Kumar JK, Kandavel T, Reddy YC (2013) Neuropsychological functioning in obsessive-compulsive disorder: are executive functions the key deficit? *Compr Psychiatry*: 54:533-540.
- Kayhan E (2010) A validation study for the childhood executive functioning inventory: behavioral correlates of executive functioning (Yüksek lisans tezi). İstanbul, Boğaziçi Üniversitesi.
- Kaynak H, Erdeniz B (2019) Sağlıklı yetişkinlerde sinirsel geribildirim eğitiminin dikkat değişkenleri üzerindeki etkisi. *Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar*, 11(Suupl 1):79-90.
- Kopp B, Lange F, Steinke A (2021) The reliability of the Wisconsin Card Sorting Test in clinical practice. *Assessment*, 28:248-263.
- Batan SN, Tanör Öktem Ö, Kalem E (2011) Yönetici İşlevlere Yönelik Davranış Değerlendirme Envanterinin (YİYDDE) sağlıklı bir Türk örneklemede güvenilirlik ve geçerlilik çalışması. *İlköğretim Online*, 10:894-904.
- Laland K, Seed A (2021) Understanding human cognitive uniqueness. *Annu Rev Psychol*, 72:689-716.
- Lantrip C, Towns S, Roth RM, Giancola PR (2016) Psychopathy traits are associated with self-report rating of executive functions in the everyday life of healthy adults. *Pers Individ Dif*, 101:127-131.
- Lezak MD (1982) The problem of assessing executive functions. *Int J Psychol*, 17:281-97.
- Linke J, King AV, Poupon C, Hennerici MG, Gass S, Wessa M (2013) Impaired anatomical connectivity and related executive functions: differentiating vulnerability and disease marker in bipolar disorder. *Biol Psychiatry*, 74:908-916.
- Linnet J, Peterson E, Doudet DJ, Gjedde A, Møller A (2010) Dopamine release in ventral striatum of pathological gamblers losing money. *Acta Psychiatr Scand*, 122:326-333.
- Luria AR (1966) *Higher Cortical Function in Man*. New York, NY, Basic Books.
- Luria AR (1973) *The Working Brain: An Introduction to Neuropsychology*. New York, NY, Basic Books.
- Luria AR (1980) Neuropsychology in the local diagnosis of brain damage. *Clin Neuropsychol*, 2:1-7.
- MacLean EL, Hare B, Nunn CL, Adessi E, Amici F, Anderson RC et al. (2014) The evolution of self-control. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 111:E2140-E2148.
- Martel MM, Pan PM, Hoffmann MS, Gadelha A, do Rosário MC, Mari JJ et al. (2017) A general psychopathology factor (p factor) in children: structural model analysis and external validation through familial risk and child global executive function. *J Abnorm Psychol*, 126:137-148.
- Matsuo K, Glahn DC, Peluso MA, Hatch JP, Monkul ES, Najt P et al. (2007) Prefrontal hyperactivation during working memory task in untreated individuals with major depressive disorder. *Mol Psychiatry*, 12:158-166.
- Maurage P, de Timary P, Billieux J, Collignon M, Heeren A (2014) Attentional alterations in alcohol dependence are underpinned by specific executive control deficits. *Alcohol Clin Exp Res*, 38:2105-2112.
- McGuinness B, Barrett SL, Craig D, Lawson J, Passmore AP (2010) Executive functioning in Alzheimer's disease and vascular dementia. *Int J Geriatr Psychiatry*, 25:562-568.
- Michelin G, Barch DM, Tian Y, Watson D, Klein DN, Kotov R (2019) Delineating and validating higher-order dimensions of psychopathology in the Adolescent Brain Cognitive Development (ABCD) study. *Transl Psychiatry*, 9:1-15.

- Miyake A, Emerson MJ, Friedman NP (2000) Assessment of executive functions in clinical settings: Problems and recommendations. *Semin Speech Lang*, 21:169-183.
- Miyake A, Friedman NP, Emerson MJ, Witzki AH, Howerter A, Wager TD (2000) The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex Frontal Lobe tasks: a latent variable analysis. *Cogn Psychol*, 41:49-100.
- Morand-Beaulieu S, Leclerc JB, Valois P, Lavoie ME, O'Connor KP, Gauthier B (2017) A review of the neuropsychological dimensions of tourette syndrome. *Brain Sci*, 7:106.
- O'Hare ED, Sowell ER (2008) Imaging developmental changes in gray and white matter in the human brain. In *Handbook of Developmental Cognitive Neuroscience*. (Eds CA Nelson, M Luciana):23-28. Cambridge, MA, MIT Press.
- Olley A, Malhi G, Sachdev P (2007) Memory and executive functioning in obsessive-compulsive disorder: A selective review. *J Affect Disord*, 104:15-23.
- Otterman DL, Koopman-Verhoeff ME, White TJ, Tiemeier H, Bolhuis K, Jansen PW (2019) Executive functioning and neurodevelopmental disorders in early childhood: a prospective population-based study. *Child Adolesc Psychiatry Ment Health*, 13:1-12.
- Pedrero-Pérez EJ, Ruiz-Sánchez de León JM, Morales-Alonso S, Pedrero-Aguilar J, Fernández-Méndez LM (2015) Prefrontal clinical symptoms in daily living: screening assessment by means of the short Prefrontal Symptoms Inventory (PSI-20). *Rev Neurol*, 60:385-393.
- Poon K (2018) Hot and cool executive functions in adolescence: development and contributions to important developmental outcomes. *Front Psychol*, 8:2311.
- Raffard S, Bayard S (2012) Understanding the executive functioning heterogeneity in schizophrenia. *Brain Cogn*, 79:60-69.
- Rastikerdar N, Nejati V, Sammaknejad N, Fathabadi J (2023) Developmental trajectory of hot and cold executive functions in children with and without attention deficit-hyperactivity disorder (ADHD). *Res Dev Disabil*, 137:104514.
- Read DW, Manrique HM, Walker MJ (2022) On the working memory of humans and great apes: Strikingly similar or remarkably different? *Neurosci Biobehav Rev*, 134:104496.
- Romer AL, Pizzagalli DA (2022) Associations between brain structural alterations, executive dysfunction, and general psychopathology in a healthy and cross-diagnostic adult patient sample. *Biol Psychiatry Glob Open Sci*, 2:17-27.
- Romer AL, Pizzagalli DA (2021) Is executive dysfunction a risk marker or consequence of psychopathology? A test of executive function as a prospective predictor and outcome of general psychopathology in the adolescent brain cognitive development study. *Dev Cogn Neurosci*, 51:100994.
- Rosati AG (2017) The evolution of primate executive function: from response control to strategic decision-making. In *Evolution of Nervous Systems*, 2nd ed. (Eds J Kaas, L Krubitzer):423-437. Amsterdam, Elsevier.
- Ruiz-Castañeda P, Santiago Molina E, Aguirre Loaiza H, Daza González MT (2022) Positive symptoms of schizophrenia and their relationship with cognitive and emotional executive functions. *Cogn Res Princ Implic*, 7:78.
- Ruocco AC (2005) The neuropsychology of borderline personality disorder: A meta-analysis and review. *Psychiatry Res*, 137:191-202.
- Ruocco AC, Amirthavasagam S, Choi-Kain LW, McMains SF (2013) Neural correlates of negative emotionality in borderline personality disorder: An activation-likelihood-estimation meta-analysis. *Biol Psychiatry*, 73:153-160.
- Salehinejad MA, Ghanavati E, Rashid MHA, Nitsche MA (2021) Hot and cold executive functions in the brain: A prefrontal-cingular network. *Brain Neurosci Adv*, 5:1-19.
- Schneider B, Koenigs M (2017) Human lesion studies of ventromedial prefrontal cortex. *Neuropsychologia*, 107:84-93.
- Semendeferi K, Damasio H, Frank R (1997) The evolution of the frontal lobes: a volumetric analysis based on three-dimensional reconstructions of magnetic resonance scans of human and ape brains. *J Hum Evol*, 32:375-388.
- Serpell ZN, Esposito AG (2016) Development of executive functions: implications for educational policy and practice. *Policy Insights Behav Brain Sci*, 3:203-210.
- Shallice T (1982) Specific impairments of planning. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 298:199-209.
- Shanmugan S, Wolf DH, Calkins ME, Moore TM, Ruparel K, Hopson RD et al. (2016) Common and dissociable mechanisms of executive system dysfunction across psychiatric disorders in youth. *Am J Psychiatry*, 173:517-526.
- Shultz S, Dunbar RIM (2022) Socioecological complexity in primate groups and its cognitive correlates. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 377:1-13.
- Simon HA (1975) The functional equivalence of problem-solving skills. *Cogn Psychol*, 7:268-288.
- Stevens JR (2014) Evolutionary pressures on primate intertemporal choice. *Proc R Soc Lond B Biol Sci*, 281:20140499.
- Striedter GF (2005) *Principles of Brain Evolution*. Sunderland, MA, Sinauer Associates.
- Stopford CL, Thompson JC, Neary D, Richardson AM, Snowden JS (2012) Working memory, attention, and executive function in Alzheimer's disease and frontotemporal dementia. *Cortex*, 48:429-446.
- Stout D, Toth N, Schick K, Chaminade T (2008) Neural correlates of Early Stone Age toolmaking: technology, language, and cognition in human cognition. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 363:1939-1949.
- Stout D, Semaw S, Rogers MJ, Cauche D (2010) Technological variation in the earliest Oldowan from Gona, Afar, Ethiopia. *J Hum Evol*, 58:474-491.
- Stroop JR (1935) Studies of interference in serial verbal reactions. *J Exp Psychol*, 18:643-662.

- Stuppy-Sullivan A, Baskin-Sommers A (2019) Evaluating dysfunction in cognition and reward among offenders with antisocial personality disorder. *Personal Disord*, 10:416-426.
- Stuss DT, Alexander MP (2000) Executive functions and the frontal lobes: a conceptual view. *Psychol Res*, 63:289-298.
- Snyder HR, Kaiser RH, Warren SL, Heller W (2015) Obsessive-compulsive disorder is associated with broad impairments in executive function: a meta-analysis. *Clin Psychol Sci*, 3:301-330.
- Şimşek F (2017) Paleolitik dönemde insan türleri. *Amisos*, 2:66-85.
- Taşkın-Gökçe TG, Kandır A (2020) Çocuklarda Yönetici İşlevlerin Gelişimini Değerlendirme Ölçeği geçerlik güvenirlik çalışması. *Erken Çocukluk Çalışmaları Dergisi*, 4:49-65.
- Thorell LB, Nyberg L (2008) The Childhood Executive Functioning Inventory (CHEXI): A new rating instrument for parents and teachers. *Dev Neuropsychol*, 33:536-552.
- Tooby J, Cosmides L (1989) Evolutionary psychology and the generation of culture: I. Theoretical considerations. *Ethol Sociobiol*, 10:29-49.
- Völter CJ, Reindl E, Felsche E, Civelek Z, Whalen A, Lugosi Z et al. (2022) The structure of executive functions in preschool children and chimpanzees. *Sci Rep*, 12:6456.
- Yang BR, Chan RCK, Gracia N, Cao X, Zou XB, Jing J et al. (2011) Cool and hot executive functions in medication-naive attention deficit hyperactivity disorder children. *Psychol Med*, 41:2593-2602.
- Yuan P, Raz N (2014) Prefrontal cortex and executive functions in healthy adults: A meta-analysis of structural neuroimaging studies. *Neurosci Biobehav Rev*, 42:180-192.
- Warren SL, Heller W, Miller GA (2021) The structure of executive dysfunction in depression and anxiety. *J Affect Disord*, 279:208-216.
- Wobber V, Wrangham R, Hare B (2010) Bonobos exhibit delayed development of social behavior and cognition relative to chimpanzees. *Curr Biol*, 20:226-230.
- Wynn T, Coolidge FL (2004) The expert Neandertal mind. *J Hum Evo*, 46:467-487.
- Wynn T, Coolidge FL (2016) Archaeological insights into hominin cognitive evolution. *Evol Anthropol*, 25:200-201.
- Zainal NH, Newman MG (2023) Elevated anxious and depressed mood relates to future executive dysfunction in older adults: A longitudinal network analysis of psychopathology and cognitive functioning. *Clin Psychol Sci*, 11:218-238.
- Zelazo PD (2020) Executive function and psychopathology: A neurodevelopmental perspective. *Annu Rev Clin Psychol*, 16:14.1-14.24.
- Zelazo PD, Carlson SM (2012) Hot and cool executive function in childhood and adolescence: Development and plasticity. *Child Dev Perspect*, 6:354-360.
- Zelazo PD, Müller U (2002) Executive functions in typical and atypical development. In *Handbook of Childhood Cognitive Development* (Eds U Goswami):445-469. Oxford, UK, Blackwell.

Yazarların Katkıları: Çalışmaya önemli bir bilimsel katkı sağlandığı ve makalenin hazırlanmasında veya gözden geçirilmesinde yardımcı olduğu tüm yazar(lar) tarafından beyan edilmiştir.

Danışman Değerlendirmesi: Dış bağımsız

Çıkar Çatışması: Çıkar çatışması bildirilmemiştir.

Finansal Destek: Bu çalışma için finansal destek alındığı beyan edilmemiştir.

Authors Contributions: The author(s) have declared that they have made a significant scientific contribution to the study and have assisted in the preparation or revision of the manuscript

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: No conflict of interest was declared.

Financial Disclosure: No financial support was declared for this study.