

Yaşlanmada dikkat işlevlerindeki bozulmanın kaynağı: Bilgi işleme hızındaki azalma ya da yönetici işlevlerdeki yetersizlik

Çağdaş Kızgut¹ , Handan Can² 

Anahtar kelimeler

yönetici işlevler,
işleme hızı, bilişsel
yaşlanma, dikkat

Keywords

executive functions,
processing speed,
cognitive aging,
attention

Öz

Yaşlanma doğumla başlayan gelişimsel sürecin önemli bir evresidir ve bu süreçte fiziksel değişikliklerin yanında duygusal ve bilişsel işlevlerde bazı değişiklikler olmaktadır. Yaşlanmada gözlenen bilişsel işlevlerdeki değişimin, sıklıkla hafif bilişsel bozukluk ya da demans gibi hastalıklara evrilebildiği alanyazındaki çalışmalarla gösterilmiştir. Bu durum yaşlanmada bilişsel işlevlerdeki değişimi inceleyen çalışmaları giderek daha önemli hale getirmektedir. Yaşlanma sürecinde bozulan bilişsel işlev alanlarından biri de dikkattir. Mevcut derleme çalışmasında yaşlanma sürecinde dikkat işlevlerindeki değişim incelenmiş ve bu değişime etki eden temel değişkenler tartışılmıştır. Bu amaçla öncelikle temel dikkat kuramları gözden geçirilmiş ve bu kuramların getirdiği açıklamalar doğrultusunda, yaşlanma ve dikkat süreçleri ele alınmıştır. Yaşlanmanın seçici dikkat, bölünmüş dikkat ve dikkat kontrolü gibi en temel dikkat süreçleri üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Bunun yanında deneyim ve bir görevde otomatikleşmenin, dikkat işlevlerinde yaşlanmaya bağlı olarak ortaya çıkan bozucu etkilere karşı direnç oluşturmada etkileri de incelenmiştir. Davranışsal ölçümler ve görüntüleme tekniklerini temel alan çalışmalar birlikte gözden geçirilmiş; böylelikle yaşlanma ve dikkat arasındaki ilişkiyi açıklamada daha derinlikli bir kavrayış geliştirmeye çalışılmıştır. Bu derleme kapsamında yapılan gözden geçirmenin sonunda karşımıza temel bir soru çıkmaktadır. Yaşlanma sürecinde dikkat işlevlerindeki bozulma, bilgiyi işleme hızındaki değişimden mi yoksa yönetici işlevlerdeki yetersizlikten mi kaynaklanmaktadır? Mevcut derlemede, bu soruya alanyazındaki çalışmalardan elde edilen sonuçlar üzerinden açıklama getirilmeye çalışılmıştır.

Abstract

Processes affecting the deterioration of attentional functioning in aging: Decrease in information processing speed or impairment in executive functions

Aging is an important stage of the developmental process that begins with birth, and in this process, in addition to physical changes, some changes occur in emotional and cognitive functions. Studies in the literature have shown that the changes in cognitive functions observed in aging can often evolve into diseases such as mild cognitive impairment or dementia. These studies examining changes in cognitive functions in aging are increasingly important. One of the areas of cognitive function that deteriorates during aging is attention. The current review study examined the change in attention functions in the aging process, and the main variables affecting this change were discussed. For this purpose, firstly, fundamental attention theories were reviewed, and aging and attention processes were discussed in line with the explanations provided by these theories. The effects of aging on the most basic attentional processes, such as selective attention, divided attention, and attentional control, were evaluated; the effect of experience, specialization, and automatization in a task on building resistance against the deteriorating effects of aging on attentional processes was examined. Studies based on behavioral measures and imaging techniques were reviewed in order to reach a better understanding of the relationship between aging and attention. At the end of this review, a fundamental question arises. Does the deterioration in attentional functions during aging result from changes in the speed of information processing or from deficits in executive functions? In the present review, an attempt has been made to explain this question through the results obtained from the studies in the literature.

Atf için: Kızgut, Ç. ve Can, H. (2024). Yaşlanmada dikkat işlevlerindeki bozulmanın kaynağı: Bilgi işleme hızındaki azalma ya da yönetici işlevlerdeki. *Klinik Psikoloji Dergisi*, 8(3), 460-484.

Çağdaş Kızgut · cagdaskizgut@uludag.edu.tr | ¹Arş. Gör., ²Prof. Dr., Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Psikoloji Bölümü, Nilüfer/Bursa, Türkiye.

Geliş: 06.04.2023, **Düzeltilme:** 25.08.2023, **Kabul:** 19.09.2023



1. YAŞLANMA VE DİKKAT

İnsan yaşamı gelişimsel olarak ele alındığında dört dönemi içermektedir. Bu dönemlerin üçünü yetişkinlik yaşamı, yetişkinlik yaşamının önemli bir kısmını ise ileri yetişkinlik dönemi oluşturmaktadır. İkinci dönem olan ilk yetişkinlik evresi (20-50 yaş) gençlik yaşamını kapsarken üçüncü (60-79 yaş) ve dördüncü (80 yaş ve üzeri) dönemler ise ileri yetişkinlik yaşamını oluşturmaktadır (Baltes ve Smith, 2003; Willis ve Schaie, 2006). İlk yetişkinlikten ileri yetişkinliğe doğru ilerleyen yaşlanma süreci oldukça karmaşıktır. Biyolojik açıdan hücresel düzeyde meydana gelen bir dizi hasarın birikimi sonucunda ortaya çıkan bu süreç, yıllar içerisinde giderek fizyolojik kapasitede azalma ve hastalıkların görülme olasılığında artışa yol açmaktadır (Bilir, 2018). İleri yetişkinlikte bireysel kapasitede azalma ile birlikte gözlenen fiziksel değişikliklerin yanında, duygusal ve bilişsel işlevlerde de değişim olduğu görülmektedir. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de yaşlanan nüfus sayısı her gün hızla artmaktadır ve bu bağlamda yaşlanma sürecinde duygusal ve bilişsel süreçlerdeki değişimi anlama ve açıklamaya yönelik çalışmaların yapılması giderek daha çok önem kazanmaktadır.

Deneysel psikolojinin geleneksel araştırmalarında temel bilişsel kaynak olarak nitelendirilen dikkat işlevlerindeki gerileme (Kahneman, 1973; Norman ve Bobrow, 1975; Pashler, 1994), bilişsel işlevler açısından önemli bir rezerv kaybı olarak görülmekte ve bu durum araştırmacıların ilgisini çekmektedir. Yetişkinlerde dikkat ve bilişsel işlevlerdeki değişimin davranışsal ve beyin görüntüleme teknikleri ile incelendiği çalışmalar, dikkat ve yaşlanmanın birlikte ele alındığı çalışmaların odak noktasını oluşturmaktadır. Bu çalışmalar dikkat süreçlerinin doğasını açıklamaya yönelik kuramsal modellerin geliştirilmesinde ve bu modellerin getirdiği açıklamalar doğrultusunda yaşlanma sürecinin yeniden yorumlanmasında önemli bir rol oynamışlardır (Dennis ve Cabeza, 2008; Fair ve ark., 2008; Salthouse, 2018).

Dikkat çalışmaları, yaşlanma ve biliş arasındaki ilişkiyi inceleyen araştırmalar içerisinde önemli bir yer tutmaktadır. Dikkat kontrolü, seçici ve bölünmüş dikkat üzerine yürütülen araştırmaların, bunlar arasında en fazla çalışılan başlıklar olduğu görülmektedir. Yaşlanma ve dikkat ilişkisinin ele alındığı yakın dönem çalışmaları incelendiğinde ise bu çalışmalarda dikkatle ilişkili laboratuvar görevlerinde çoğunlukla bozucu etki yaratan faktörlerin incelendiği; dikkat kaynaklarının kullanımına ve dolayısı ile performans üzerindeki etkisine yoğunlaşıldığı anlaşılmaktadır (Bier ve ark., 2017; Verissimo ve ark., 2022). Buna karşın dikkat gerektiren görevlerde gözlenen yaşa bağlı bozulmanın, işleme hızındaki düşüşten mi yoksa yönetici işlevlerdeki bozulmadan mı kaynaklandığı konusu halen tartışmalı bir konu olmaya devam etmektedir. Bu bağlamda mevcut derleme çalışması kapsamın-

da, öncelikle bilişsel yaşlanmada dikkat modellerinden bahsedilmiş; bu kuramsal yaklaşımlar temelinde, yaşlanma ve dikkat işlevleri arasındaki ilişki incelenmiş ve bu süreçte dikkat alanındaki değişim farklı dikkat türleri açısından ele alınmış ve son olarak da dikkat işlevlerindeki bozulmanın, esas olarak işleme hızındaki yavaşlamadan mı yoksa yönetici işlevlerdeki bozulmadan mı kaynaklandığı tartışılmıştır.

2. BİLİŞSEL YAŞLANMA VE DİKKAT MODELLERİ

Dikkat süreçlerini açıklamak üzere farklı modeller geliştirilmiştir. Bu konuda çalışan araştırmacıları en fazla güdüleyen şey belki de dikkatin bilişsel bileşenlerin tümünün içerisinde yer alan bir bilişsel işlev alanı olmasıdır. Dikkat genel olarak bellek, zekâ, bilinç, imgeleme, öğrenme, problem çözme ve akıl yürütme gibi birçok bilişsel bileşen üzerinde doğrudan ya da dolaylı olarak etkili olan bir bilişsel işlevdir. Dikkatin en çok ilgi gösterilen bilişsel işlev alanlarından biri olmasına yol açan bu durum, dikkatin ne olduğu ve nasıl işlediğine ilişkin birçok farklı kuramın geliştirilmesine yol açmıştır. Örneğin Dikkat Ağları Modeli (Attention Networks Model; Petersen ve Posner, 2012; Posner ve Petersen, 1990) gibi kuramsal yaklaşımlarda, dikkat korteks boyunca uzanan farklı ağ gruplarının küresel etkileşimi sonucunda oluşan karmaşık bir ağ grubu ve hatta organ sistemi olarak ele alınmıştır. Bağlamsal Model'de (Contextual Model; Braver ve Barch, 2002) ise dikkat, belirli bir bağlam içerisindeki içsel ve dışsal uyaranlara yanıt olarak üretilen nörofizyolojik tepkiler olarak tanımlanmaktadır. Kaynak (Resource Models; Macht ve Buschke, 1983; Madden, 1990) ya da Dar Boğaz Modelleri'nde (Bottleneck Models; Pashler, 1994) ise dikkat, sınırlı bir rezerve sahip ve bundan dolayı uyaranların dikkat kaynaklarının kullanımını konusunda rekabet içinde olduğu temel bilişsel kaynak olarak tanımlanmaktadır. Dikkate ilişkin farklı tanımlamalar getirmeye çalışmalarına karşın, bu kuramsal modellerin tümünün, yaşlanmanın dikkat süreçlerinde bozulmaya yol açtığı ortak fikrini paylaştıkları görülmektedir.

Dikkat işlevindeki bozulmanın temel nedenlerinden biri yaşlanmaya bağlı olarak ortaya çıkan genel yavaşlamadır (Birren, 1974). Yaşlanmaya bağlı olarak gelişen yavaşlama, bilişsel yaşlanma kuramları üzerinde önemli etkisi olan köklü bir görgül fenomendir (Greenwood, 2000). Bu yavaşlamanın hem gri hem de beyaz madde hacmi ve bütünlüğünde yaşa bağlı olarak ortaya çıkan azalmadan kaynaklandığı bilinmektedir. Gri ve beyaz madde hacmi önden arkaya (anteriordan posteriora) seyreden bir azalma göstermektedir; bu nedenle yaşa bağlı düşüşler genellikle prefrontal korteks alanlarında daha belirgindir (Head ve ark., 2004; Raz ve ark., 2005; Salat ve ark., 2005). Buna karşın bu değişiklikler frontal lob ile sınırlı olmayıp, korteks boyunca dağılmış tüm ağları kapsamaktadır (Green-

wood, 2000; Tisserand ve Jolles, 2003). Yaşlanma sürecinde dikkat süreçlerinde gözlenen bu değişimin tepki süresi (reaction time) açısından incelendiği araştırmaların sonuçları ise yeni bir soruyu gündeme getirmektedir. Burada cevap aranan soru yaşlanma sürecinde dikkat işlevlerindeki bozulmanın, verilen görevlerin artık eskisi kadar hızlı yapılamaması ile ne ölçüde ilişkili olduğudur.

Hız, bilgi işleme sürecinin temel özelliğidir ve bu bağlamda işleme hızının genellikle dikkat kapasitesi olarak adlandırılan yapıyla eş ya da benzer yapılar olabileceği düşünülmektedir (Salthouse, 1988, 2017). Dikkatin beyinde yaygın biçimde dağılmış sinir ağları ile temsil edildiğini varsayarsak, bu ağın verimliliği bileşenler arasındaki iletişimin hızına bağlıdır ve bu da bilginin işleme hızının önemli olduğuna ilişkin kanıtları desteklemektedir (Salthouse, 1990). Bilgi işlemede yaşlanma ile ortaya çıkan bu yavaşlamanın, merkezi sinir sisteminin temel bir özelliği olduğunu vurgulayan çalışmalar da bulunmaktadır (Birren, 1974). Özetle, yaşlanma ile işleme hızı ve kortikal yapılarda gözlenen değişikliklerin, dikkat performansı üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Bu bağlamda mevcut derlemede yaşlanma sürecinde bilişsel performans etki eden bu değişkenler, dikkat kuramları ve bu kuramların yaşlanma ile meydana gelen değişikliklere ilişkin getirdiği açıklamalar kapsamında ele alınmaktadır.

2.1 Bilişsel Kaynak ve Darboğaz Modelleri

Bilişsel kaynak düşüncesinin temelinde bir görev uygulanırken kullanabilecek bilişsel kaynakların sınırlı olduğu kabulü yatmaktadır; nitekim bilişsel kaynaklar sınırsız değildir ve mevcut görevlere en uygun şekilde dağıtılmalıdır. Dikkatin odaklanma ve çaba gerektiren bir doğası olduğu iddiası (Kahneman, 1973) üzerinden oluşturulan bu kuramsal modeller, dikkat deneyiminin kendisine vurgu yapan dikkat kaynakları kavramının alanyazına yerleşmesine yol açmıştır. Bilişsel işlevlerin tümü içerisinde temel bir kaynak olarak yer alan dikkat, öncül araştırmaların bazılarında bilişsel kaynak dağıtımının merkezi olarak görülmektedir (Norman ve Bobrow, 1975; Pashler, 1994; Posner, 1978; Treisman, 1982). Nitekim her görevin bilişsel kaynakların kullanımına getirdiği belirli bir maliyet vardır; ancak görevi yerine getirmek için gerekli olan kaynağın miktarı kesin ve değişmez değildir. Bunun yanında bireyin geçmiş deneyimleri ve görevin zorluğu gibi faktörler de göreve ilişkin kaynak talebini etkilemektedir. Birden fazla görevi aynı anda gerçekleştirmenin, daha fazla kaynak gerektireceği düşüncesinden yola çıkan araştırmacılar, ikili ve çoklu görev paradigmatları kullanmışlardır (DiGirolamo ve ark., 2001; Wickens, 2002).

Kısa süreli bellek (KSB) görevlerindeki yaşa bağlı düşüş özellikle ikili görev koşulları altında daha belirgin hale gelmektedir. Bu durum dikkat kaynaklarının

kapasitesi ve dağıtımındaki yaşa bağlı bozulmalar ile açıklanmaktadır (Craik ve McDowd, 1987; Macht ve Buschke, 1983). Buna karşın dikkat görevlerinden elde edilen bu sonuçların, başta beyin olmak üzere sinir sistemine ait tüm bileşenlerin yaşlanma ile daha verimsiz hale geldiğini öne süren Genel Yavaşlama Modeli (General Slowing Model; Salthouse, 1990, 2018) ile her zaman uyumlu olmadığı görülmektedir. İkili görevlerin kullanıldığı ileri yetişkinlerle yapılan araştırmalar üzerinden yürütülen bir meta-analiz çalışmasında Verhaeghen ve arkadaşları (2003), yaşlanmanın tepki süresi ölçümleri üzerindeki etkisinin Genel Yavaşlama Modelinde yordanandan daha büyük olduğunu bulmuşlardır. Bir diğer meta-analiz çalışmasında da dikkat görevlerindeki negatif hazırlama etkisinin (1) (negative priming effect), ileri yetişkinler ve gençlerde oldukça benzer olduğu; Stroop etkisinin (2) (Stroop effect) ise ileri yetişkinlerde neredeyse iki katı büyüklüğe ulaştığı bildirilmiştir (Verhaeghen, 2015). Genel Yavaşlama Modelinin tek başına yeterli bir açıklama gücüne sahip olmadığını gösteren bu çalışmaların sonuçları, yaşlanma sürecinde dikkat performansındaki bozulmanın, dikkatin ve görevin kendi doğasından kaynaklanabileceğini düşündürmüştür. Bir başka ifade ile genç ve ileri yetişkin grupları arasında ortaya çıkan farklılıkların, görevin oluşturduğu bilişsel yük ve kaynak talebinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Bilişsel kaynak modellerinde görev performansının niteliği (hem doğru hem de hızlı yapılması), dikkat kaynaklarına yönelen arz ve talebin bir işlevi olarak gösterilmiş (Tsang, 2013); ancak bu kaynakların tanımı ve içeriği konusunda yapılan açıklamalar yetersiz kalmıştır. Başlangıçta zaman da bir bilişsel kaynak olarak tartışılmış; performanstaki düşüşün zaman sınırlılığından kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Buna karşın bu yaklaşım görevin zorluğunu ve olası başka kaynakları dışarıda bırakmasından dolayı yeterli düzeyde bir açıklama sağlamamıştır. Wickens'a göre (2002) sınırlı olan kaynak zaman olsaydı eşit zamansal uzamda gerçekleştirilen tüm görevlerin benzer bozucu etkilere sahip olması beklenebilirdi. Bu hipotezi temel alan Wickens (1984), çoklu görev koşulunda yürüme, parmaklarını bir zemine vurma gibi bir görev ile not alma ya da bir telefon numarasını ezberleme gibi bir görevin diğer görevler üzerindeki bozucu etkilerinin benzer olmadığını göstermiş ve bilişsel kaynaklardaki kısıtlılığın sadece zaman sınırlamasından kaynaklanamayabileceği ve bu sürece etki edebilecek farklı kaynakların da olabileceği üzerinde durmuştur. Bu durum farklı bilişsel süreçlerin kendine özgü farklı kaynaklarının olabileceğini düşündürmüştür. Nitekim Kattowitz ve Knight'ın (1976) bulguları da bilişsel kaynak talebinin, görevin zorluğunun ve öncelik düzeyinin yanı sıra görevin işlemlendiği bilgi-işleme süreçlerinin yapısal özelliklerinden de (bkz., Wickens, 1984) etkilendiğini ortaya koymuştur. Bu sonuçlar da farklı bilişsel kaynaklar olduğu ve her bir görevin

kendi özelliklerine göre bu kaynaklar tarafından işlemlendiği hipotezini desteklemiştir.

Bilişsel kaynak modellerine göre, yaşlanma ile birlikte dikkat alanında meydana gelen bozulma, görevlere ilişkin kaynak talebi arttıkça, yükselen rekabete yanıt verme becerisinin azalmasından kaynaklanmaktadır (Wickens, 2002). Wickens'in (1984) Yapıya Özgü Kaynak Modeli'ne (Structure-Specific Resource Model) göre görev performansı, görev sırasında ortaya çıkan kaynak talebi yoğunluğundan ve eş zamanlı görevlerin yapısal benzerliğinden etkilenmektedir. Örnek iki koşul üzerinden hareket edildiğinde, eş zamanlı mekânsal işleme gerektiren iki görevin bulunduğu koşul hem mekânsal hem de sözel işlemlemeyi içeren diğer koşula göre çok daha fazla kaynak talebi oluşturmaktadır. Yapısal benzerliğin fazla olduğu durumlar, kaynak paylaşımında rekabete yol açmakta ve bu durum performansta düşüşe neden olmaktadır.

Artan kaynak talebinin performanstaki düşüşü daha fazla yordaması her zaman geçerli değildir. Bu durumun iyi bir örneği kaynak modelleri şemsiyesi altında yer alan Algısal Yük Kuramının (Perceptual Load Theory; Lavie ve Tsai, 1994) yaşlanma çalışmalarına uyarlanmasıdır. Algısal yükün değiştiği bu çalışmalarda düşük ve yüksek olmak üzere farklı algısal yük koşulları bulunmaktadır. Kurama göre, algısal yükün düşük olduğu (hedef uyarının kısa süreli taranmasını gerektiren ve çeldirici uyarılar arasında daha kolay seçilebilmesini sağlayan) koşullarda az miktarda dikkat kaynağına ihtiyaç duyulmaktadır ve arda kalan dikkat kaynakları çeldirici uyarı tarafından çekilmektedir. Bu nedenle düşük algısal yük koşulu altında çeldirici uyarının etkisini inhibe etmek zordur. Yüksek algısal yük altında ise dikkat kaynakları sonuna kadar kullanıldığı için çeldirici uyarıya ayrılacak bir kaynak kalmamakta ve bu uyarıyı bastırmak kolaylaşmaktadır (Lavie ve ark., 2004; Maylor ve Lavie, 1998). Maylor ve Lavie (1998) Algısal Yük Kuramının beklentilerinin yaşlanma ve seçici dikkat arasındaki ilişkiyi yakalamada başarılı olduğunu göstermiştir. Algısal yük etkisi genç yetişkinlerde ileri yetişkinlere göre daha belirgindir; ancak algısal yük düştükçe uyumsuz çeldirici uyarıdan kaynaklanan parazit etkisi ileri yetişkinlerde artmaktadır. Bu durum da seçici dikkatte yaşa bağlı bir düşüş olduğunu göstermektedir. Maylor ve Lavie'nin (1998) ulaştığı çapıcı bir bulgu da düşüşün hem seçici dikkat performansında hem de toplam dikkat kapasitesinde gözlenmiş olmasıdır. Bu doğrultuda artan algısal yük toplam dikkat kapasitesinin bir ölçüsü olarak kullanılmış ve nispeten daha az algısal yük ile ileri yetişkinlerin işleme sınırlarına ulaşıldığı sonucuna ulaşılmıştır (Maylor ve Lavie, 1998).

Madden ve Langley (2003) çalışmalarının, Maylor ve Lavie'in (1998) sonuçlarını seçici dikkat bağlamında desteklerken; yaş farklılıkları bağlamında desteklemediğini bildirmiştir. Araştırmacılar yaşa bağlı farklılıkların sadece belirli deneysel koşullarda ortaya

çıktığını ve dahası çeldirici uyarının neden olduğu parazit etkisini ortadan kaldırmak için gereken algısal yük artışının hem genç hem de ileri yetişkinler için aynı olduğunu rapor etmişlerdir. Burada gözlenen çeldirici etkinin yanıt rekabetinden daha çok düzenli olarak ortaya çıkan daha genel bir inhibisyon işlevinden kaynaklandığı ifade edilmektedir (Madden ve ark., 2004). Bu kanı inhibisyon işlevlerinin yaşa bağlı farklılıkları açıklamada daha etkili olduğunu gösteren araştırmalarla da desteklenmiştir (Read ve ark., 2015; Rodrigues ve Pandeirada, 2015). Yönetici işlevlerin rolüne atıfta bulunan bu durum seçici dikkat görevlerinde değil; ayrıca bölünmüş dikkat görevlerinde de belirgindir. Nitekim eş zamanlı görevler sırasında, ileri yetişkinlerin gençlere göre daha kötü performans sergilediği görülmektedir. Bu çalışmalarda tek görevli performansla benzerlik gösteren eş zamanlı görev performansındaki düşüşün, işleme hızından kaynaklandığı (McDowd ve Craik, 1988; Salthouse, 1982); ancak düşüş çok daha fazla ise bu durumun yönetici işlevlerdeki yetersizlikten kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Fraser ve ark., 2010; Kramer ve Madden, 2008; Salthouse ve ark., 2002). Bier ve arkadaşları (2017) görsel izleme (3) (visual tracking) ve işitsel sayı uzamı (4) (auditory digit span) görevlerinin eş zamanlı olarak kullanıldığı bir bölünmüş dikkat görevi üzerinden genç ve ileri yetişkinleri karşılaştırmışlardır. Bu çalışmalarında, ikili görev performansında yaşlanmaya bağlı farklar oluştuğunu; ancak görevin artan zorluğunun her iki grubu da benzer biçimde etkilediğini bulmuşlardır. Dikkat kaynakları kavramı bilişsel işlevlerdeki düşüşün yanı sıra yürüyüş ve motor kontrol gibi günlük yaşam aktivitelerindeki yaşa bağlı düşüşü açıklamak gibi birçok noktada kullanılsa da (Killane ve ark., 2014; Melzer ve Oddsson, 2004; Sparrow ve ark., 2002); kaynak modellerinin açıklama gücünü sınırlayan durumlar mevcuttur. Yukarıda tanımlanan çalışmaların bulguları, yaşlanmaya bağlı olarak dikkat performansında ortaya çıkan düşüşü, sadece bilişsel kaynaklara artan talep ve görev maliyetindeki artış ile açıklamanın yeterli olmadığını göstermesi açısından önemlidir.

Yaşlanma ile dikkat süreçleri arasındaki ilişkiye açıklama getirmeye çalışan bir diğer bilişsel yaklaşım ise Darboğaz Modelleri'dir (Response Selection Bottleneck Model; Pashler, 1984). Darboğaz Modellerine göre yaşlanma genel olarak artan bir darboğaz ile ilişkilendirilmekte (Allen ve ark., 1998) ve bilgi işleme sürecinde dikkat adeta bir darboğaz oluşturmaktadır. Bilgi işleme süreci, erken algısal, merkezi ve yanıt seçme aşaması olmak üzere üç aşamalı bir süreçtir ve darboğazın merkezi aşamada oluştuğu düşünülmektedir (Pashler, 1994); ancak darboğazın gerçekleştiği aşamanın sabit olmadığını öne süren çalışmalar da bulunmaktadır (Meyer ve Kieras, 1997). Yanıt seçme Darboğaz Modeline göre görevlerin nasıl işleneceği, görevin doğasından etkilenmekte ve darboğazın oluştuğu aşamaya göre değişmektedir.

Darboğaz yaklaşımlarının varsayımları, psikolojik

doygunluk dönemi (psychological refractory period; Pashler ve Johnston, 1998) paradigması kullanılarak da sınımlanmaktadır. Bu paradigmada iki farklı uyaran zamansal yakınlık içerisinde sunulmakta ve uyaran başlangıç uyumsuzluğu (stimulus onset asynchrony) oluşturulmaktadır. Farklı iki göreve ait uyarıların, başlangıç zamanları birbirine ne kadar yakın ise ikinci göreve verilen tepki süresi o kadar artmaktadır. Psikolojik doygunluk dönemi etkisi olarak adlandırılan bu durum, tek kanallı bir darboğaza kanıt oluşturmaktadır (Pashler ve Johnston, 1998). Psikolojik doygunluk döneminin yaşla olan ilişkisini inceleyen çalışmalardan (örn., Allen ve ark., 1998; Hartley, 2001; Hartley ve Little, 1999; Lien ve ark., 2006) elde edilen sonuçlar, ileri yetişkinlerin, bazı görevlerle ilgili yaşam deneyimlerinin, bu görevlerin işlenmesini kolaylaştırdığı ya da paralel olarak işlenmesine olanak sağladığı düşüncesini ortaya çıkarmıştır.

Kaynak ve darboğaz modelleri, bilginin işlenmesi sırasında meydana gelen kısıtlılıkları (kaynak rekabeti ya da artan darboğaz) merkeze alan bilişsel süreç modelleridir. Dikkat süreçlerini açıklamaya yönelik birçok farklı araştırmanın yapılmasına temel teşkil etmiş olmakla birlikte, bu modellerde darboğazın oluşma aşaması ile kaynak bileşenleri ve farklı kaynaklara ilişkin nörobiyolojik mekanizmalara yeterli bir açıklama getirilememiştir.

2.2 Bağlamsal Model

Yaşlanmaya bağlı olarak dikkat işlevlerinde ortaya çıkan değişimi açıklamak üzere geliştirilen Bağlamsal Model (Braver ve Barch, 2002), yaşlanma sürecindeki bu değişimin bağlamsal ipuçlarını kullanma becerisinde oluşan gerilemeden kaynaklandığını öne sürmektedir. Bağlamsal Model nörobiyolojik mekanizmalara ve matematiksel hesaplamalara dayanan bir modeldir. Modeldeki hesaplanabilirlik, Rumelhart ve McClelland'ın (1986) Paralel Dağılımlı Bilgi İşleme Modeli'ne (Parallel Distributed Information Processing Model) dayanmaktadır. Dikkat ve bellek gibi multimodal bilişsel süreçlerdeki işleyişin bağlam tarafından kontrol edildiğini öne süren bu modelin merkezinde herhangi bir bilişsel yapıdan ziyade bağlamlar kendisi yer almaktadır. Bağlam, görevin gereksinimleri ve önceki olaylarla ilişkisi ile göreve ilişkin hedeflerin bir arada işlenmesini içermektedir (Braver ve ark., 2001).

Bağlamsal Modelin en güçlü taraflarından biri nörofizyolojik açıklamalar sunmasıdır. Bağlamların bilişsel temsillerinin oluşturulması ve sürdürülmesinin, dorsolateral prefrontal korteks aktivitesinden kaynaklandığı hipotezine dayanan bu modele göre, bağlamı düzenleyen mekanizma dorsolateral alana yansıyan dopaminergic yollarıdır (Braver ve ark., 2001; Zanto ve ark., 2011). Yaşlanma ile dopaminergic yollarındaki bozulma, bağlamsal işleme görülen bozulmaya temel teşkil etmektedir (Zanto ve Gazzaley, 2014). Bu

model, Yaşlanmanın Frontal Lob Teorisi (Frontal Lobe Theory of Aging) ile örtüşmektedir. West ve Schwarb (2006) tarafından önerilen Yaşlanmanın Frontal Lob Teorisi, yaşa bağlı bilişsel bozulmaların prefrontal korteks alanlarına özgü yapısal ve işlevsel değişikliklere bağlı olarak ortaya çıktığını iddia etmektedir. CPT (Continuous Performance Task; Sürekli Performans Testi) ve fMRG ile yapılan karşılaştırmalı çalışmalardan elde edilen sonuçlar, bağlamsal ipuçları kullanımının gençlerde sol dorsolateral prefrontal korteks aktivasyonunda artışa yol açtığını; ancak ileri yetişkinlerde bu bölgede aktivasyonun yine de azaldığını göstermiştir (Braver ve Barch, 2002).

Braver ve arkadaşları (2001) CPT ile Bağlamsal Modeli test ettikleri çalışmalarında, genç ve ileri yetişkinlerin görev performanslarını karşılaştırmışlardır. Görevde katılımcılara sunulan ipucu, bağlamların kendisidir. Bu bağlamı oluşturmak için katılımcılardan A harfinden sonra gelen X harfine tepki vermeleri söylenirken, B harfinden sonra gelen X harfine ya da A harfinden sonra gelen Y harfine tepki vermemeleri istenmekte ve A harfi bağlam için hazırlayıcı konumuna getirilmektedir. Böylece bağlama güvenmenin BX denemelerinde hata oranını azaltırken, AY denemeleri için hata oranını artırması beklenmektedir. Beklenildiği gibi bu çalışmanın sonuçları bağlamsal bilginin yoğun kullanımını gerektiren (interferans) koşulda, ileri yetişkinlerin, gençlere kıyasla bağlamsal (A) ipuçlarını kullanmadığını ve doğrudan hedef uyarıcılara yöneldiklerini göstermiştir (daha fazla BX hatası). Buna karşın bağlamsal bilgiye daha az başvurulmasını gerektiren koşulda, genç katılımcılardan elde edilen sonuçlar oldukça çarpıcıdır. Bu koşulda genç katılımcılar z denemelerinde BX denemelerine göre daha yavaş tepki süresi gösterirken; ileri yetişkinlerin AY ve BX denemelerindeki tepki süreleri arasında böyle bir fark bulunmamıştır. Bu bulgu, genelleştirilmiş yavaşlama modeli ile tam olarak açıklanamamaktadır; ancak bağlamsal model ile tutarlıdır.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, ileri yetişkinlerde bağlamsal ipuçlarının kullanımında azalma olduğunu gösteren diğer açıklamalar ile uyumludur (West ve Schwarb, 2006; Zanto ve Gazzaley, 2014). Bu bağlamda ileri yetişkinlerin açık ipuçlarını kullanmada gösterdikleri başarısızlığın, yaşlanmada yordamaya dayalı ipuçlarının kullanımındaki azalma ile açıklanabileceği düşünülmüştür. Zanto ve arkadaşları (2011), gençlere kıyasla ileri yetişkinlerin, dikkat işlevlerinin etkin bir biçimde yürütülmesi için gerekli olan zamansal ipuçlarını kullanmada da oldukça başarısız olduklarını bildirmişlerdir. İleri yetişkinlerde gözlenen dikkat performansındaki bu düşüş, basit algısal görevlerden karmaşık bilişsel görevlere kadar birçok testte gösterilmiştir (Dempster, 1992; Farkas ve Hoyer, 1980; Folk ve Hoyer, 1992). Hem nörofizyolojik açıklamalar getirmesi hem de bilginin ağlar üzerindeki temsiliyi içeren bir model (Rumelhart ve McClelland, 1986) ile desteklenmesi, bağlamsal modelin açıklama

gücü yüksek bir model olduğunu düşündürmektedir.

2.3 Dikkat Ağları Modeli

Posner ve Petersen (1990) dikkati birleşik bir yapı olmaktan ziyade farklı alt bileşenlerden oluşan bir üst yapı olarak tanımlamışlardır. Dikkat Ağları Modeli'ne göre, anatomik ve işlevsel olarak farklı ağ gruplarının oldukça karmaşık olarak tanımlanabilecek etkileşimi sonucunda dikkat oluşmaktadır. Kendi işlevsel anatomisine sahip bir organ sistemi olarak tanımlanan dikkatin (Posner ve Fan, 2008), farklı dikkat işlevlerinden sorumlu üç bağımsız dikkat ağından oluştuğu öne sürülmektedir (Petersen ve Posner, 2012). Bunlardan Uyarılmışlık Dikkat Ağı (Alerting Attention Network), çevresel uyaranlara karşı yüksek duyarlılığa ulaşılmasını ve bu durumun sürdürülmesini sağlamaktadır. Yönelim Dikkat Ağı (Orienting Attention Network), duyuşal girdiden gelen bilginin seçiminden sorumludur. Yönetici Dikkat Ağı (Executive Attention Network) ise düşünce, duyuş ve yanıt oluşturma arasındaki çatışmayı izlemek ve çözmek için gerekli olan mekanizmaları içermektedir (Posner ve Fan, 2008; Rueda ve Posner, 2013).

Fizyolojik olarak gelişen ilk ağ olan Uyarılmışlık Dikkat Ağı, aynı zamanda yaşlanma sürecinde ilk önce bozulmaya başlayan ağdır (Posner ve Rothbart, 2007). Yaşlanma genellikle ağ performansı ve verimliliğindeki düşüş ile ilişkilidir. Yönetici işlevlere ilişkin performanstan sorumlu olduğu düşünülen bu ağların etkinliğinde yaşlanma ile birlikte azalma olmaktadır (Andrews-Hana ve ark., 2007; Fair ve ark., 2008; Zhang ve ark., 2014). Uyarıcı dikkat ağı, locus coeruleus, sağ frontal lob ve parietal korteks gibi beyin alanlarından oluşmakta olup, noradrenalin bu ağda nöromodülatör olarak görev yapmaktadır. Salthouse (2005) genç ve ileri yetişkinler üzerinden yürüttüğü çalışmada, ileri yetişkinlerin dikkat ağı ile ilişkili faaliyetlerindeki düşüşün, problem çözme yeteneği ve kristalize zekâdaki azalmayla ilişkili olduğunu bulmuştur. Pardo ve arkadaşlarının (2007) elde ettiği sonuçlar, yaşlanmadan en çok etkilenen beyin bölgesinin anterior singulat korteks (anterior cingulate cortex; ACC) olduğunu göstermiştir. ACC, uyarıcı ve yönetici dikkat ağları için merkezi konumdadır ve bu nedenle buradaki aktivasyon düşüşü ile ağ performansı arasındaki ilişki çok önemlidir (Rueda ve Posner, 2013).

Yönelim Dikkat Ağı daha çok duyuşal uyaranlara verilen istemli tepkilerle ilişkilendirilmekle birlikte, aynı zamanda istemsiz tepkilerle de ilişkili bir dikkat ağıdır. Bilinç düzeyinde farkındalığa etki etmekte olan bu ağın (Posner, 2012) etkinliğinin yaşlanma ile birlikte giderek azaldığı düşünülmektedir (Zanto ve ark., 2011). Buna karşın çevresel uzamsal ipuçlarını değerlendirmede ileri yetişkinlerin, gençler kadar iyi olduğunu gösteren birçok çalışma da bulunmaktadır (Folk ve Hoyer, 1992; Greenwood ve ark., 1993; Hartley ve ark., 1990; Lincourt ve ark., 1997). Parietotemporal kavşak ve süperior parietal lob ile frontal göz alanları,

süperior kolikuli ve pulvinar çekirdek olmak üzere bazı subkortikal alanları kapsayan bu ağın, genel yaşlanmadan da etkilenmediği düşünülmektedir (Jennings ve ark., 2007). Asetilkolinin etkin nöromodülatör olduğu bu ağın (Posner ve Rothbart, 2007), önceki bulguların aksine yaşlanmadan en az etkilenen ağ olduğu ve görece korunduğu düşünülmektedir. Bu üç dikkat ağı arasında en kritik ağ olarak tanımlanan ağ ise Yönetici Dikkat Ağıdır (Posner ve Rothbart, 2014). Bu ağ, dikkatin birden fazla uyarana dağıtılması, uyarılar arası girdilerin yarattığı çatışmaların çözümü, uygunsuz uyaranların bastırılması, dikkat ve çalışma belleği arasındaki koordinasyonun sağlanması gibi yönetici işlev bileşenleri ile ilişkilendirilmektedir.

Ayrıca yönetici dikkatin duyguların, düşüncelerin ve eylemlerin düzenlenmesinde yer aldığı düşünülmektedir (Posner ve Rothbart, 2007, 2014). Dopaminin nöromodülatör olduğu Yönetici Dikkat Ağı, ACC, lateral ventral alan, prefrontal korteks ve bazal ganglia yapılarından oluşan bir ağdır. Yönetici dikkat ağında yaşlanma ile birlikte dramatik düşüşler gözlenmeye başlamakta bu da ileri yetişkinlerin öz düzenlemede yaşamaya başladıkları zorluklara temel teşkil etmektedir. Tüm ağların işlevselliğinde yaşla birlikte belirgin bir düşüş olmakla birlikte (örn., Andrews-Hanna ve ark., 2007; Fair ve ark., 2008; Fernandez-Duque ve Black, 2006; Mahoney ve ark., 2010; Pardo ve ark., 2007; Zhou ve ark., 2011) en fazla düşüşün yönetici ağda olduğu düşünülmektedir.

3. YAŞLANMANIN FARKLI DİKKAT TÜRLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Yaşlanmanın dikkat süreçleri üzerindeki etkisi sıklıkla laboratuvar ortamında uygulanmak üzere geliştirilen dikkat görevleri üzerinden incelenmiştir. Genç ve ileri yetişkinler üzerinden yürütülen bu çalışmalarda, genellikle yaşlanmaya bağlı değişimin, yaş grupları üzerinden karşılaştırmalı olarak incelendiği görülmektedir. Yaşlanmaya bağlı olarak dikkat işlevlerinde gözlenen bu değişimin incelenmesi, bu süreçte dikkat ve diğer bilişsel işlevlerdeki değişimin anlaşılması açısından çok önemlidir. Bu durum aynı zamanda dikkat ve diğer tüm bilişsel süreçlerin doğasının anlaşılması açısından da önem arz etmektedir; çünkü dikkat diğer tüm bilişsel işlevlerle etkileşen temel bilişsel işlevlerden biridir.

3.1 Seçici Dikkat

Seçici dikkat bir nesneye ya da uyarana odaklanma ve onu detaylı bir biçimde işleme sürecini içermektedir. Seçici dikkat durumunda dikkatin belirli bir göreve yönlendirilmesi ve o görev ile ilgisiz uyaranların ketlenmesi (inhibition) söz konusudur (Kahneman, 1973). İlgili uyaranların seçilmesi ve ilgisiz uyaranların yok sayılması, seçici dikkat sürecinin niteliğini belirleyen davranışsal ölçütler olarak kabul edilmektedir (Kramer ve ark., 2001). Seçici dikkatle ilişkili ilk yaş-

lanma çalışmalarını yürüten Rabbitt (1965), ilişkisiz bilgi ve uyarıları görmezden gelme becerisi olarak da ifade edilen seçici dikkatin yaşlanmaya paralel bir düşüş gösterdiğini bulmuştur.

Aşağıdan yukarıya ve yukarıdan aşağıya dikkat süreçlerine dayandığı öne sürülen görsel arama görevi (Barha ve ark., 2017) sırasında, dikkatin bölündüğü koşullarda, gençlere göre ileri yetişkinlerin frontoparietal ağlarında daha fazla aktivasyon gözlenirken, görme ile ilişkili kortikal alanlarda daha az aktivasyon olduğu bildirilmiştir (Madden ve ark., 1997). Yaşlanma sürecinde görsel arama performansında gözlenen düşüş de bilgi işleme sürecindeki yavaşlamanın göstergesidir (Farkas ve Hoyer, 1980) ve bu bulgu ardıl çalışma bulguları ile de desteklenmiştir (Gilmore ve ark., 1985; Watson ve Maylor, 2002; Wecker ve ark., 2000). Yaşlanmaya bağlı olarak bilginin aşağıdan yukarıya işlenmesi sırasında gözlenen bu düşüşü, ileri yetişkinlerin frontoparietal aktivasyonu artırarak telafi etmeye çalıştıkları düşünülmektedir (Dennis ve Cabeza, 2008). Madden ve arkadaşları (2007), bilginin aşağıdan yukarıya işlenmesi sırasında gözlenen bu yetersizliği telafi etmek üzere, ileri yetişkinlerin dikkat süreçlerinde yukarıdan aşağıya işlemeye daha fazla başvurduklarını göstermişlerdir (yukarıdan-aşağıya ve aşağıdan-yukarıya işleme için dikkat kontrolü bölümüne bakınız).

Seçici dikkatteki bozulmanın değerlendirilmesinde Stroop testi, özellikle yaşa bağlı farklılıkları yakalamada etkin bir ölçüm aracı olarak kabul edilmektedir (Verhaeghen, 2015; Verhaeghen ve ark., 2003). Farklı versiyonları olan Stroop testi uygulamasında ortaya çıkan Stroop etkisi ve yaşlanma arasındaki ilişki, kullanılan versiyona göre değişkenlik gösterse de Ludwig ve arkadaşları (2010) en güçlü etkinin testin klasik forumunda yakalandığını bildirmişlerdir. Uyarılardaki uyumsuzluğu ketleme becerisini merkeze alan (örn., kırmızı mürekkeple yazılmış mavi kelimesini okumak) bu nöropsikolojik testin sonuçlarına bakıldığında, Stroop etkisinin yaş ile dramatik bir biçimde arttığı görülmektedir. Nicosia ve arkadaşları (2021) da Stroop etkisinin, yaşlanma ile beraber güçlü bir artış gösterdiğini bildirmiş ve yine Verhaegen'in (2015) yürüttüğü meta-analiz çalışması da bu bulguları desteklemiştir. Verhaegen (2015), Stroop etkisinin neden olduğu tepki süresindeki artışın, gençlere kıyasla ileri yetişkinlerde yaklaşık iki kat daha büyük olduğunu bulmuştur. Davidson ve arkadaşları da (2003) çalışmalarında, genç ve ileri yetişkinlerin Stroop etkisi açısından farklılaştığını saptamıştır; ancak uygulanan eğitim sonrasında gruplar arası farkın ortadan kalktığı belirlenmiştir. Sonuç olarak yaşlanma ile birlikte, seçici dikkat performansında genellikle bir azalma gözlenmekle birlikte, performanstaki bu düşüş görevin zorluk düzeyinden (Bechi-Gabrielli ve ark., 2018; Hein ve Schubert, 2004) etkileniyor gibi görünmektedir. Görevin zorluk düzeyine göre farklılaştığı anlaşılan bu sonuçlar, ileri yetişkinlerde seçici dikkat alanı-

na ilişkin kayıpların belirli ölçülerde telafi edilebilmesinin mümkün olduğunu düşündürmektedir.

3.2 Bölünmüş Dikkat

Seçici dikkat, aynı anda birden fazla nesne ya da konum arasından ilgilenilen belirli bir uyarana odaklanmayı gerektirirken; bölünmüş dikkat birden fazla görevin bulunduğu koşulda dikkatin bölünmesidir. Dikkatin aynı anda birden çok görev arasında paylaşılmasını gerektiren bölünmüş dikkat, bilişsel kaynak modellerine ilişkin varsayımları test etmek için sıklıkla kullanılmıştır.

Birden fazla görevin eş zamanlı olarak uygulanması ile ortaya çıkan bölünmüş dikkat performansı yaşlanma sürecinden etkilenmektedir (Castel ve Craik, 2003; Verhaeghen, 2015). İkili görevin aynı anda yapılmasından kaynaklanan performanstaki düşüşler hem görsel hem de işitsel dikkat görevlerinde gösterilmiştir. Getzmann ve arkadaşları (2016) bölünmüş dikkat koşulunda yürüttükleri çalışmalarında, ileri yetişkinlere kıyasla genç yetişkinlerin, aynı anda birden fazla işitsel uyarıcıya dikkatlerini yönlendirme becerilerinin daha yüksek olduğunu göstermişlerdir. Buna karşın birden fazla görevle karşılaşılacak her durumda, dikkati tahsis etme becerisinde dramatik bir düşüş yaşanması gerekmez. Eğer görevlerden birisi geçmiş öğrenme deneyimleri sonucu otomatikleşmişse, bu görev sırasında daha az bilişsel kaynağa ihtiyaç duyulacaktır. Nitekim laboratuvar deneyleri ile kıyaslandığında, bu durum gerçek yaşam senaryolarına daha uygundur; çünkü gerçek yaşam görevleri, zaten daha önce birçok kez tekrar edilmiş olmalarından dolayı otomatikleşmişlerdir.

Birden fazla görevin eş zamanlı yapılmasını gerektiren bölünmüş dikkat deneylerinde görevin zorluk düzeyi de önemli bir faktördür. Bu bağlamda aynı anda yapılan görevlerden bir ya da birkaçının otomatik bir süreç haline gelmesi önem kazanmaktadır. Her ne kadar elde edilen sonuçlar, ileri yetişkinlerin kendilerine verilen görevlerde otomatikleşmelerinin her zaman mümkün olmayabileceğini gösterse de ileri yetişkinlik öncesi dönemde otomatikleşen süreçlerin korunduğunu gösteren çok sayıda çalışma da bulunmaktadır. Bu çalışmalar arasında yer alan Salthouse'un (1984) çalışması, uzman daktilo kâtiplerinin bu becerilerini yaşlılık dönemlerinde de koruduğunu göstermiştir. Benzer şekilde Krampe ve Ericsson (1996) da çalışmalarında uzman piyanistlerin bu becerilerini yaşlılık döneminde de muhafaza edebildiklerini rapor etmişlerdir. Başka bir çalışmada ise ileri yetişkinlerin zihinsel sözlüklerine ulaşmada daha iyi olabileceği (daha hızlı ya da eşit hızda ise daha yüksek doğruluk) ön kabulüne dayanan araştırmacılar, ileri yetişkinlerin sözcüksel karar görevinde (5) (lexical decision task) gençlerden daha iyi performans sergilediklerini göstermişlerdir (Lien ve ark., 2006). Buna karşın ileri yetişkinlerin yine de daha fazla kaynağa ihtiyaç duyduk-

ları aşıkârdır. Hatta genç yetişkinler ile kıyaslandığında, ileri yetişkinlerin çok daha kolay görevlerde bile otomatikleşme kazanamadıkları belirlenmiştir (Rogers ve Fisk, 2000). Bu görevler ayrı ayrı gerçekleştirildiğinde, ileri ve genç yetişkin gruplar arasında bir fark bulunmazken; eş zamanlı görevlerde ileri yetişkinlerin tepki sürelerinin uzadığı görülmüştür (Maquestiaux, 2016). Bu durum aynı anda birden çok görevi yerine getirmek durumunda kalan ileri yetişkinlerin, daha fazla kaynak ihtiyacı içinde olduklarının da önemli bir göstergesidir (Hartley ve Little, 1999; Hein ve Schubert, 2004; Verhaghen ve ark., 2003).

Bölünmüş dikkat sürecinde yaşlanmaya bağlı olarak ortaya çıkan bozulma, Dikkat Arttırma Etkisi (6) (Attentional Boost Effect) olarak isimlendirilen bir fenomende de gözlenmektedir. Bu durumda bölünmüş dikkat gerektiren bir ikili görevin çalışılması, hemen ardından gelen bağımsız bir başka görevin performansında artışa neden olmaktadır. Dikkat arttırma etkisinin yaşlanma ile olan ilişkisini inceleyen Bechi-Gabrielli ve arkadaşları (2018) gençlerde bu etkiyi gözlemişler; ancak aynı etkiyi ileri yetişkinlerde bulamamışlardır. Bölünmüş dikkat sırasında ortaya çıkan bu etki, yaşlanma ile beraber azalmakta ya da kaybolmaktadır.

Sonuç olarak ileri yetişkinlerin yeni bilgileri öğrenme ve yeni beceriler edinmede zorlandıkları görülmekle birlikte, var olanı sürdürmede daha iyi oldukları anlaşılmaktadır. Nitekim dikkatin bölündüğü durumlar, ileri yetişkinler için daha fazla bilişsel kaynak gerektiren koşullardır. Bu nedenle ileri yetişkinler, bölünmüş dikkat görevleri sırasında daha fazla performans düşüşü gösterecek ve telafi edici mekanizmaları daha fazla kullanmak zorunda kalacaklardır.

3.3 Dikkat Kontrolü

Seçici dikkat, belirli bir uyarana seçici olarak odaklanıp ilgisiz uyanları filtreleme yeteneği olarak tanımlanırken; dikkat kontrolü dikkat kaynaklarının etkili bir şekilde yönetilmesini ve farklı görevlere tahsis edilmesini sağlayan yönetici bilişsel mekanizmaları içeren şemsiye bir terimdir. Bunun yanında, dikkat kontrolü, görevler arasında geçiş yapma ve dikkat kaynaklarının farklı görevlere dağıtılması başta olmak üzere odaklanma ve sürdürme gibi yönetici işlevler ile ilişkilidir (Rueda, 2018). Özet olarak dikkat kontrolü, dikkatin istemli olarak belirli bir görev ya da uyarana yönlendirilmesini ve ilgisiz uyanların ihmal edilmesini içermektedir. Bir başka ifade ile görsel ya da işitsel algı alanına giren çok sayıda uyarandan hangisine ve ne kadar dikkat edileceği dikkat kontrolüne göre belirlenmektedir. Bazı durumlarda dikkat kaynakları amaçlı bir şekilde belirli bir uyarana ya da göreve yoğun bir biçimde tahsis edilirken, bazen de ilgisiz bir uyarana, bir anda tüm dikkat kaynaklarının kullanımını gerektirebilmektedir. Yukarıdan-aşağıya dikkat kontrol süreçleri etkin hale geldiğinde, gözlemcinin bilgi ve deneyimlerini kullanarak çevresel olaylara

katılım süreci, olaylar hakkındaki beklentilerine göre belirlenmektedir. Aşağıdan-yukarıya dikkat kontrolü ise gözlemcinin deneyimlerinden ve niyetinden bağımsızdır. Bu durumda dikkat çevresel ortamın bazı özelliklerine göre yönlendirilmektedir. Kokteyl Parti Fenomeni (7) gibi gündelik yaşam benzeri senaryoların uygulandığı koşullarda, bu iki süreç genellikle eş zamanlı ve birlikte çalışmaktadır (Albinet ve ark., 2012; McCabe ve ark., 2010). Dikkatin uzun süre bir göreve odaklanması ya da bir görevden diğerine geçerken dikkatin kaydırılması sırasında, her iki dikkat sürecinin de etkili olduğu kabul edilmekte (Kramer ve ark., 2001) ve bu nedenle dikkat kontrolü aynı zamanda yönetici dikkat olarak da adlandırılmaktadır.

Dikkat kontrolü, bir görevin uzun süreli olarak yüksek performans düzeyinde sürdürülmesini ya da bir görevden/uyarandan diğerine kaydırılmasını sağlamaktadır. Bu özelliklerinden dolayı dikkat kontrol süreçlerinin, çalışma belleği ile benzer nöral temelleri paylaşan ve etkileşim içinde olan süreçler olduğu düşünülmektedir. Bu durum hem görüntüleme hem de davranışsal çalışmalardan elde edilen sonuçlarla da desteklenmiştir (Baddeley, 1986; Conway ve ark., 2003; Klingberg ve ark., 2005). Dikkatin yönetici işlevlerin bir bileşeni olarak ele alındığı bu yaklaşıma göre, dikkat kontrolü, çalışma belleği görevle ilgili temsillerini ve içeriğini sınırlamakta, gerektiğinde çalışma belleği ihtiyaç duyduğu bir uyarana öncelik verilmesini sağlayabilmektedir (Miyake ve ark., 2000). Nitekim West (1996) çalışmasında, çalışma belleği performansında yaşlanmaya bağlı olarak gözlenen düşüşün, dikkat süreçleri ile ilişkili olduğunu bildirmiştir. Stroop Testi'nin fMRG eşliğinde uygulandığı çalışmalarında Milham ve arkadaşları (2002), yaşlanmanın dikkat kontrolü üzerinde bozucu etkisi olduğunu göstermişlerdir. Bu çalışmadan elde edilen fMRG bulguları, gençlere kıyasla ileri yetişkinlerde, dorsolateral prefrontal korteks ve parietal korteks alanlarında aktivasyonda azalma olduğunu; buna karşın ileri yetişkinlerin temporal lobun bazı kısımlarında ve ventral prefrontal korteks alanlarında aktivasyonun arttığını göstermiştir. Bu aktivasyon artışı aslında ketlenmesi gereken ilişkisiz girdilerin, çalışma belleğine erişim sağladığını düşündürmektedir. Prakash ve arkadaşlarının (2009) Stroop uygulaması sırasında, fMRG ile beyin aktivasyonunu inceledikleri çalışmaları da ileri yetişkinlere kıyasla gençlerde prefrontal alanda daha fazla aktivasyon olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlardan da anlaşılacağı gibi ileri yetişkinlere kıyasla gençlerde, prefrontal korteksin dikkat kontrol sürecine katılımı daha yüksektir. Bunun yanında genç yetişkinlerde, prefrontal alanlarındaki aktivasyonun görevin zorluğuna daha duyarlı olduğu; bir başka ifade ile görev taleplerine göre farklılaştığı bulunmuştur. Tüm bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar, dikkat taleplerindeki artışın, ileri yetişkinlerin yönetici dikkat ağını esnek bir biçimde kullanabilme yeteneklerinde bozulmaya yol açtığı biçiminde yorumlanmıştır.

Sylvain-Roy ve arkadaşları (2015), yaşlanma ve

dikkat kontrolü arasındaki ilişkiyi daha kapsamlı biçimde ele almış ve dikkat kontrolünün bileşenleri olarak adlandırılan ketleme (inhibition), kaydırma (shifting) ve güncelleme (updating) bileşenleri ile yaşlanma arasındaki ilişkiyi farklı yaş gruplarında incelemişlerdir. Gençler Hanoi Kulesi Testi sırasında ketlemeyi (Miyake ve ark., 2000) ve Wisconsin Kart Eşleme Görevi'nde kaydırmayı kullanmışlardır. Buna karşın, ileri yetişkinlerin her iki görevde de güncelleme bileşeni üzerinden hareket ettikleri saptanmıştır. Bu sonuç Hull ve arkadaşlarının (2008) çalışmaları ile de uyumludur.

İleri ve genç yetişkinlerin, aynı görevler sırasında farklı dikkat kontrolü mekanizmaları kullanması telafi süreçleri ile de açıklanmaktadır. Telafi süreçlerini ele alan bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar, ileri yetişkinlerin ketleme işlevlerindeki bozulmayı, göreceli sağlam kalmış olan güncelleme ile telafi ettiklerini düşündürmektedir (Sylvain-Roy ve ark., 2015). Alanyazın incelendiğinde yaşlanmaya bağlı olarak ortaya çıkan dikkat kontrolündeki bozulmanın, çoğunlukla görsel algı görevleri ile çalışıldığı görülmektedir; ancak işitsel algı süreçleri açısından inceleyen çalışmalar da bulunmaktadır. Passow ve arkadaşları (2012), ileri yetişkinlerin gençlere göre işitsel girdileri düzenlemede daha az esneklik gösterdiğini bulmuşlardır.

Bu çalışmalardan elde edilen bulgular, dikkat işlevlerinde yaşlanma ile birlikte ortaya çıkan kayıpları ortaya koymaktadır; ancak yaşlanma ile birlikte tüm dikkat türleri bozulmamaktadır. Ruthruff ve Lien'e göre (2016) yaşlanma sonucu dikkat alanında meydana gelen kayıplar, çoklu görevlerin gerçekleştirilmesi, rekabet halindeki semantik temsillerin ketlenmesi ve bir görev için otomatiklik kazanılması gibi bilişsel görevler sırasında daha belirgindir. Bununla birlikte, mekânsal dikkati kaydırma, yaşamın erken döneminde otomatikleşen görevleri sürdürme ve daha basit görevler arasında geçişler yapmayı gerektiren durumlarda dikkat işlevinin göreceli olarak daha iyi kaldığı anlaşılmaktadır. Daha iyi korunmuş olmasına karşın, bu görevlerde de karmaşıklık arttıkça dikkat performansı bozulmaktadır (Hertzog ve ark., 2008). CRUNCH (Compensation-Related Utilization of Neural Circuits Hypothesis; Sinir Devrelerinin Telafi Süreçleri ile İlişkili Biçimde Kullanımı Hipotezi; Reuter-Lorenz ve Cappel, 2008) bu duruma güzel bir örnek teşkil etmektedir. CRUNCH'a göre ileri yetişkinlerin, genç yetişkinlerle eşdeğer performans gösterdiği görevlerde, özellikle prefrontal kortekste daha fazla aktivasyon gözlenmektedir (Reuter-Lorenz ve Cappel, 2008). Bu durumda yaşlanma ile ortaya çıkan bilişsel bozulmanın, yukarıdan aşağıya işleme kaynaklarının daha fazla kullanılması yolu ile telafi edildiğini söylemek mümkündür. Bu telafi mekanizmasından dolayı, görece kolay görevlerde ileri yetişkinler, genç yetişkinlerle eşdeğer düzeyde performans gösterebilirler de göreve ilişkin taleplerin artması durumunda ileri ve genç yetişkin grupları arasındaki performans farkı art-

maktadır (Ruthruff ve Lien, 2016).

Yönetici işlevlerin dikkat süreçlerindeki bu yetersizlikleri gidermek için bir telafi mekanizması oluşturduğunu iddia eden CRUNCH, dikkat ve çalışma belleğini yönetici işlevlerin bir bileşeni olarak tanımlayan yaklaşımlar göz önüne alındığında (Diamond, 2013; Klingberg ve ark., 2005) çok da sıra dışı söylemler içermemektedir. Bu durum yaşlanmaya bağlı olarak dikkat süreçlerinde ortaya çıkan kaybın doğasını ve altında yatan mekanizmaları anlamak açısından önemlidir. İleri yetişkinlerde, yukarıdan-aşağıya doğru yönetici işlevlerin daha aktif olmasından dolayı telafi mekanizmaları aşırı düzeyde çalışmaktadır. Bu durum aynı işlemi otomatikleştirerek ve daha az kaynak kullanarak yapılmasını sağlayan mekanizmaların çok fazla bozulmuş olmasıyla açıklanmaktadır (Ruthruff ve Lien, 2016).

4. YAŞLAMADA DİKKAT İŞLEVLERİNDEKİ BOZULMANIN KAYNAĞI NEDİR? İŞLEM-LEME HIZI MI YOKSA YÖNETİCİ İŞLEVLER Mİ?

Mevcut derleme çalışmasında bahsedilen dikkat ile ilişkili kuramlar ve çalışmalardan elde edilen bulgular, dikkat ve ilgili süreçlerin doğasını açıklamaya çalışan bir araştırma geleneğinden gelmektedir. Bu nedenle bu çalışmalarda her ne kadar yaşlanma ve dikkat birlikte ele alınmış olsa da, bunların çoğunluğunda temel amaç, yaşlanmadan çok dikkatin doğasını anlamaya yönelik bilgiler elde etmektir. Yaşlanma ile bozulan ya da korunan yapılar ve görevlerden bahsedilmekle birlikte, bunların çoğunda bilişsel süreçlere etki eden yaşlanma dışındaki diğer değişkenlerden bahsedilmemektedir. Bu çalışmalarda dikkat işlevlerindeki düşüşe aracılık eden farklı mekanizmaların da tartışılmadığı görülmektedir. Borella ve arkadaşları (2009), ileri yetişkinlerde bilişsel performansa aracılık eden bu değişkenleri işleme hızı, çalışma belleği ve yönetici işlevler olarak tanımlamışlardır. Bilişsel performans-taki düşüşün, yaşlanmanın bu yapılar üzerinde yarattığı aşındırmadan kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu bölümde bilişsel performansa aracılık eden bu bilişsel yapıların, dikkat süreçlerinde ortaya çıkan düşüş ile ilişkisi tartışılmaktadır.

Bilişsel performanstaki yaşlanmaya bağlı düşüşü açıklamak üzere geliştirilmiş çok sayıda kuramsal model arasında, Bilgi İşleme Hızı Modeli (Information Processing Model; Salthouse, 1996) ve Prefrontal-Yönetici Teori (Prefrontal-Executive Theory; Dempster, 1992) oldukça ilgi görmüş ve birçok araştırmacı tarafından benimsenmiştir. Bir grup araştırmacı yaşlanmaya bağlı bilişsel performanstaki düşüşten, işleme hızının sorumlu olduğunu öne sürerken, bazı araştırmacılar da yönetici işlevlerdeki kaybı dikkat performansındaki düşüşün merkezine yerleştirmişlerdir.

Bilgiyi işleme hızının tüm bilişsel görevlerde-

ki performansı sınırladığına inanılmakta; bu nedenle de işleme hızının, yüksek bilişsel işlevlerle ilgili genel bir kaynak olduğu düşünülmektedir (Salthouse, 1996). İşleme hızını merkeze alan kuramlar, yaşlanma temelli bilişsel düşüşlerin bilişsel işleme-deki genel bir yavaşlamadan kaynaklanabileceğini öne sürmektedirler. Bu yaklaşım, yavaşlamanın beyindeki beyaz cevher bütünlüğünün ve işlevselliğinin bozulmasından dolayı ortaya çıktığını iddia etmektedir. Beyaz cevher yapısındaki bozulma, temel düzeydeki bilişsel işlemlerin aşırı yavaşlamasına neden olmakta ve yüksek düzeyli bilişsel işlemler için gerekli olan işlenmiş bilgi miktarını azaltmaktadır. Bir diğer ifade ile işleme hızındaki yavaşlamaya bağlı olarak işlenen bilgi miktarında da azalma olmaktadır (Salthouse, 1996, 2018). Nitekim beyaz cevher bütünlüğündeki yaşa bağlı farklılıkların, farklı bilişsel işlevleri ve özellikle işlem hızını etkilediği bilinmektedir (Madden ve ark., 2009). Sonuç olarak bu genel yavaşlama, bilişsel performansın süreç içerisinde giderek daha fazla bozulmasına ve niteliğinin düşmesine yol açmaktadır. Farklı bilişsel görevler sırasında, işlem hızının kontrol edildiği çalışmalar, genç ve ileri yetişkinlerin bilişsel performans açısından farklılaşmadığını; genç ve ileri yetişkinlerin bellek (Clarys ve ark., 2002), genel zekâ ve muhakeme (Hertzog ve Bleckley, 2001) ve mekânsal yetenekler (Finkel ve ark., 2007) gibi bilişsel işlevler açısından değişiklik göstermediğini bulgulamıştır. İşleme hızındaki tüm bu bilişsel süreçleri kapsayan genel düşüş, dikkat performansındaki yaşa bağlı düşüşün de nedeni olarak gösterilmekte (Aichele ve Rabbitt, 2017; Kail ve Salthouse, 1994) ve birçok çalışma bulgusu ile de desteklenmektedir (Gilsoul ve ark., 2019; Penning ve ark., 2021; Roth ve ark., 2015). Yaşlanma ile birlikte işleme hızında meydana gelen değişimler, bilişsel performanstaki düşüşün açıklanmasında önemli bir yere sahiptir; ancak bu süreçte gözlenen düşüşü sadece işleme hızıyla açıklamak mümkün değildir (Keys ve White, 2000).

Bilişsel performanstaki düşüşü sadece işleme hızındaki yavaşlama ile açıklama eğilimine karşı yapılmış çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmaların sonuçları epizodik bellek (Baudouin ve ark., 2009); zekâ (Charlton ve ark., 2008); çalışma belleği, karar verme ve strateji oluşturma (Cepeda ve ark., 2013; Guerrero ve ark., 2021) gibi bilişsel işlevlerde, yönetici işlevlerin işleme hızından daha etkili olduğunu göstermiştir. Yaşlanmada bilişsel süreçlerde gözlenen bu düşüşten sorumlu olduğu düşünülen diğer bilişsel işlev alanı da yönetici işlevlerdir (örn., Bouazzaoui ve ark., 2010; Fisk ve Sharp, 2004; Vaughan ve Giovanello, 2010).

Yönetici işlevler, başlangıçta çalışma belleği, merkezi yönetici (Baddeley, 1986) ve Denetleyici Dikkat (Supervisory Attention; Norman ve Shallice, 1986) sistemi olarak tanımlanmış ve temelde frontal lobun bir işlevi olarak ele alınmıştır. Ardıl süreçte bir-

çok araştırmacının ilgisini çeken ve tanımlanmaya çalışılan yönetici işlevler (Damasio, 1995; Miyake ve ark., 2000; Stuss ve Benson, 1986), Dempster (1992) ve West (1996) tarafından bilişsel yaşlanmayı açıklayan bir teorik model olarak ele alınmıştır. Phillips ve Henry (2008) bu modeli, frontal beyin bölgeleri ile ilişkili temel bilişsel işlemlerin ve yüksek düzeyde bilişsel kontrol içeren yönetici işlevlerin, yaşlanma etkilerine karşı daha fazla duyarlı olması üzerine temellendirilmiş bir model olarak yorumlamışlardır. Nitekim nöropsikolojik bataryalar ve nörogörüntüleme çalışmalarından elde edilen bulgular da bu yorumu destekler nitelikte olup yönetici işlevlerle ilişkili frontal alanların, yaşlanmaya karşı en savunmasız alanlar olduğunu doğrulamaktadır (örn., Paap ve Sawi, 2014; Raz ve ark., 2007; Solesio-Jofre ve ark., 2012).

İşleme hızı süreçleri kadar açık ve net bir şekilde tanımlanmamış olan yönetici işlevlerin yapısal özellikleri henüz oldukça tartışmalıdır (Albinet ve ark., 2012). Bu tartışmanın merkezinde yönetici işlevlerin birleşik tek bir yapı mı yoksa farklı alt bileşenlerden oluşan bir üst yapı mı olduğu sorusu yer almaktadır (Miyake ve ark., 2001; Ortega ve ark., 2012; Stuss ve Alexander, 2000). Beyin hasarlı hastalarla yapılan vaka analizleri ve sağlıklı örneklem çalışmalarının sonuçları ketleme, kaydırma, güncelleme ve ikili görev (dual-task) gibi yönetici işlevlerin farklı alt bileşenleri olduğunu göstermektedir (Collette ve ark., 2005). Buna karşın ilgisiz bir uyarı baskılama, algısal odağı bir uyarandan diğerine kaydırma, duyuşsal alandan gelen bilgileri güncelleme ya da ikili görev performansı sergileyebilme, dikkat süreçlerinden bağımsız olarak gerçekleşmesi pek mümkün olmayan görevlerdir. Rueda'ya göre (2018) yönetici işlevler, akıcı zekâ, muhakeme ve problem çözme gibi üst düzey alt bilişsel bileşenleri de kapsayan şemsiye bir terimdir ve tüm bu bileşenler, yönetici dikkatin etkisi altındadır.

Yönetici işlevler ve dikkat kontrolünün sadece davranış örüntüleri açısından değil; kortikal düzeyde de örtüştüğü ifade edilmektedir. Yönetici dikkat, çalışma belleği ve yönetici işlevlere ilişkin kortikal alanların büyük oranda çakıştığı; bu çakışmanın merkezin de ACC olduğu söylenmektedir (Conway ve ark., 2003; Klingberg ve ark., 2005). Nitekim Pardo ve arkadaşlarının (2007) PET çalışması sonuçları da bu bilgiyi doğrular niteliktedir. Bu çalışmanın sonuçları, yaşlanmaya bağlı olarak gözlenen en büyük düşüşün gerçekleştiği beyin bölgesinin ACC olduğunu göstermektedir. ACC hem yönetici dikkat hem de yönetici işlevler açısından önemli bir yapı olarak kabul edilmektedir. Tüm bulgular, çalışma belleği, dikkat ve yönetici işlevlerin frontal lobla yakından ilişkili olduğuna işaret etmektedir (Kane ve Engle, 2002; Osaka ve ark., 2003). Hem davranışsal hem de kortikal işlevler açısından birbiri ile örtüşen alanlar olduğu düşünüldüğünde yönetici işlevlerdeki bozulmanın, dikkat işlevlerinde de bozulmaya yol açabileceğini düşünmek kaçınılmazdır. Nitekim yönetici işlevlerdeki bo-

zulmanın, ileri yetişkinlerin dikkat performanslarındaki düşüşe aracılık ettiğini gösteren araştırma bulguları da mevcuttur (Hommel ve ark., 2004; McAvinue ve ark., 2012).

Alanyazın incelendiğinde hem Frontal-Yönetici İşlevler Yaşlanma Hipotezi'ni hem de Bilgi İşleme Hızı Modeli'ni destekleyen çok sayıda araştırma bulunmaktadır (Gilsoul ve ark., 2019; Manard ve ark., 2014; Paap ve Sawi, 2014; Perbal ve ark., 2002; Salt-house, 2009); ancak bu bilişsel işlev alanlarının birlikte incelendiği çalışmaların sayısı çok azdır. Bu nedenle bu tür çalışmalara daha fazla ihtiyaç duyulmaktadır. Bu iki yaklaşımın her biri dikkat işlevlerindeki yaşa bağlı düşüşü açıklayabilme gücüne sahiptir; ancak yaşlanmaya bağlı olarak ortaya çıkan bilişsel değişimi açıklayabilmek için her iki modelin birlikte kullanılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir. Dikkat performansının sinaptik ağlardaki işlem hızından etkilenmemesi mümkün gözükmemektedir; bununla birlikte dikkat ağının yönetici işlevler şemsiyesi altında yer aldığı düşünüldüğünde (Posner ve ark., 2014; Posner ve DiGirolamo, 1998; Rueda, 2018), yönetici işlevlerde ortaya çıkabilecek bir kaybın dikkat performansını etkilemesi aynı şekilde beklendiği bir durumdur. Bu tarz yaklaşımı benimseyen bir çalışmada Pires ve arkadaşları (2019) yönetici işlevler ve işleme hızı arasında karşılıklı güçlü bir ilişki olduğunu; fakat bunların birbirinden ayrı yapılar olduğunu göstermiştir.

Bu bulguyu destekleyen bir başka çalışmada Glinka ve arkadaşları (2020), ileri yetişkinlerde yaşlanma sonucunda görülen duygulanım bozukluklarının işleme hızı ile yönetici işlevlerin ortak etkisi sonucu meydana geldiğini bildirmiştir. Nitekim bu sonuçlar Albinet ve arkadaşları (2012) tarafından önerilen kuramsal çerçeve ile de oldukça tutarlıdır. Araştırmacılara göre işleme hızının yapısı ve ne olduğu, yönetici işlevlere göre daha açık bir şekilde tanımlanmıştır. Bununla birlikte işleme hızı çalışmalarında kullanılan görevlerin çoğu yönetici işlevleri içermekte olup çok iyi kontrol edilmemiştir ve genellikle saf işleme hızından fazlasını yansıtmaktadır. Bu nedenle işleme hızı ve bilişsel yaşlanmanın prefrontal-yönetici teorileri birbirini dışlamamaktadır; tam tersine bu iki yaklaşımın ortak açıklama gücü daha yüksektir (Albinet ve ark., 2012).

Introzzi ve arkadaşlarının (2020) çalışma bulguları hem işleme hızı hem de yönetici işlevlerin, yaşlanmaya bağlı olarak dikkat işlevlerinde ortaya çıkan bozulmadan sorumlu olduğunu; ancak yaşlanma sürecinde gözlenen bu değişimi açıklamada ketlemenin işleme hızına kıyasla daha etkili olduğunu ortaya koymuşlardır. İşlem hızının kademeli olarak yavaşlaması, seçici dikkatin azalmasına katkıda bulunsa da yönetici işlevlerdeki yetersizliğin, dikkat üzerindeki etkisi daha fazladır. Baudouin ve arkadaşlarının (2019) çalışmasından elde edilen sonuçlar da bu sonuçlarla tutarlıdır ve işleme hızına kıyasla yönetici

işlevlerin, yaşlanmada bilişsel performansta ortaya çıkan bozulmanın nedenlerini açıklamada daha fazla öne çıktığına işaret etmektedir. Bu çalışmanın önemli bir sonucu da işleme hızı ve ketleme etkisi ortadan kalktığına genç ve ileri yetişkinler arasındaki performansın oldukça benzer düzeylere gelmiş olduğunu göstermesidir. Özetle, mevcut çalışmalar yönetici işlevlerin bu süreçte daha etkili olduğuna işaret etmektedir. Bununla birlikte yaşlanma ile dikkat işlevleri arasındaki ilişkinin açıklanmasında göz ardı edilmemesi gereken diğer önemli bilişsel bileşenin de bilgi işlem hızı olduğu alanyazınındaki çalışmalarda bildirilmektedir.

5. SONUÇ

Mevcut derleme çalışmasının temel amacı, yaşlanma ile dikkat arasındaki ilişkiyi incelemek ve bu süreçte ortaya çıkan değişimin nedenlerini tartışmaktır. Bu kapsamda yapılan gözden geçirme ile yaşlanma ve dikkat arasındaki ilişki, alanyazındaki çalışmalardan elde edilen bulgular ışığında ele alınmış; bu süreçte dikkat işlevlerinde gözlenen değişim ve bunun nedenleri üzerine yapılan tartışma anlamlı bir noktaya getirilmiştir.

Dikkat, yaşlanma sürecine karşı oldukça duyarlı bir bilişsel işlev alanıdır. Yaşlanmanın dikkat süreçleri üzerindeki etkisini açıklamak üzere geliştirilen tüm kuramlar, dikkat işlevlerindeki bu bozulmayı ya işleme hızı ya da yönetici işlevler şemsiyesi altında açıklamaktadırlar. Alanyazındaki çalışmalardan elde edilen bulgular da bu iki sürecin birbirini dışlamadığını ve hatta birçok durumda yaşlanmaya bağlı değişimden her ikisinin de sorumlu olduklarını göstermektedir. Bu bağlamda dikkat işlevlerinde yaşa bağlı değişimi tartışırken bu iki bilişsel işlevden birinin merkeze çekilip diğerinin dışarıda bırakılması çok da doğru bir yaklaşım değildir. Nitekim hem işleme hızı hem de yönetici işlevler dikkatteki yaşa bağlı düşüşü açıklamada önemlidir. Yine de bu derlemede gözden geçirilen çalışmaların incelenmesi ardından ulaşılan nihai sonuç, işleme hızına kıyasla yönetici işlevlerin, dikkat işlevlerinde yaşlanmaya bağlı gözlenen bu düşüşü açıklamada daha etkili olduğudur.

Bu derleme kapsamında yapılan gözden geçirmenin işaret ettiği diğer önemli bir husus ise değerlendirmelere konu olan tüm çalışmaların laboratuvar ortamında gerçekleştirilen araştırmaların sonuçlarına dayanıyor olmasıdır. Dikkat işlevlerindeki yaşa bağlı bu düşüş ve bu düşüşe kaynaklık eden temel mekanizmayı açıklamada kullanılan laboratuvar deneylerinin, gerçek dünyayı yeterince temsil edemiyor olma olasılığı, bu süreçte karşımıza bir sınırlılık olarak çıkmaktadır. Mesleki uzmanlaşmanın bazı dikkat işlevlerini, yaşlanmaya karşı seçici olarak koruduğunu gösteren çalışmaların varlığı da bu kanıyı güçlendirmektedir (Dollinger ve Hoyer, 1996; Hanna-Plady ve MacKay, 2011; Hoyer ve Ingolfsdottir, 2003). Nitekim labora-

tuvar görevlerinde daha düşük dikkat işlevleri sergileyen ileri yetişkinlerin, trafiğe aktif olarak katıldıkları gerçek dünya görevlerinde genç yetişkinlerle benzer sonuçlar elde ettiğini gösteren araştırma bulguları da bulunmaktadır (Kramer ve Hillman, 2006; Svetina, 2016). Bu bağlamda yaşlanma ve dikkat işlevleri arasındaki ilişki ile bu süreçteki değişimin daha iyi anlaşılmasında, laboratuvar görevleri ile birlikte dış dünya ile benzeşim gösteren dikkat görevleri ve testlerin kullanılmasının, gelecek çalışmalarda daha tutarlı ve net sonuçlara ulaşılmasında faydalı olacağı düşünülmektedir. Bunun yanında, yaşlanmada dikkat işlevlerindeki bozulmanın algı, bellek, görsel mekânsal işlevler, dil ve yönetici işlevler gibi tüm bilişsel işlev alanlarını etkileme biçimini anlamaya yönelik daha kapsamlı çalışmaların da gelecekte yapılması önerilmektedir.

BEYANLAR

Etik Kurul Onayı Etik izin gerektirmeyen, derleme bir çalışmadır.

Çıkar Çatışması Beyanı Bu makalenin tüm yazarları, makaleye ilişkin herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Onam Formu. Araştırma türüne uygun değildir.

Proje/Ödenek Bilgisi: Bu çalışma herhangi bir proje kapsamında gerçekleştirilmemiş ve herhangi bir fon veya ödenek kullanılmamıştır.

Data Paylaşımı/Uygunluğu Çalışma kapsamında katılımcılardan elde edilen herhangi bir veri yoktur.

Yazar(lar)ın Katkısı Yazarlar çalışmanın kavramsallaştırılmasına ve tasarımına birlikte katkıda bulunmuştur. [ÇK] literatür taramasını ve makalenin yazımını gerçekleştirmiş [HC] makalede düzeltmeler önermiş ve makalenin uygunluğunu değerlendirmiştir. Yazarlar makalenin son halini gözden geçirmiş ve onaylamıştır.

KAYNAKLAR

- Albinet, C. T., Boucard, G., Bouquet, C. A. ve Audiffren, M. (2012). Processing speed and executive functions in cognitive aging: How to disentangle their mutual relationship? *Brain and Cognition*, 79(1), 1-11.
- Allen, P. A., Smith, A. F., Vires-Collins, H. ve Sperry, S. (1998). The psychological refractory period: Evidence for age differences in attentional time-sharing. *Psychology and Aging*, 13(2), 218-229.
- Andrews-Hanna, J. R., Snyder, A. Z., Vincent, J. L., Lustig, C., Head, D., Raichle, M. E. ve Buckner, R. L. (2007). Disruption of large-scale brain systems in advanced aging. *Neuron*, 56(5), 924-935.
- Baddeley, A. (1986). *Working memory*. Clarendon Press/Oxford University Press.
- Baltes, P. B. ve Smith, J. (2003). New frontiers in the future of aging: From successful aging of the young old to the dilemmas of the fourth age. *Gerontology*, 49, 124-135.
- Barha, C. K., Falck, R. S., Davis, J. C., Nagamatsu, L. S. ve Liu-Ambrose, T. (2017). Sex differences in aerobic exercise efficacy to improve cognition: A systematic review and meta-analysis of studies in older rodents. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 46, 86-105.
- Baudouin, A., Clarys, D., Vanneste, S. ve Isingrini, M. (2009). Executive functioning and processing speed in age-related differences in memory: Contribution of a coding task. *Brain and Cognition*, 71(3), 240-245.
- Baudouin, A., Isingrini, M. ve Vanneste, S. (2019). Executive functioning and processing speed in age-related differences in time estimation: A comparison of young, old, and very old adults. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 26(2), 264-281.
- Bechi Gabrielli, G., Spataro, P., Pezzuti, L. ve Rossi-Arnaud, C. (2018). When divided attention fails to enhance memory encoding: The attentional boost effect is eliminated in young-old adults. *Psychology and Aging*, 33(2), 259-272.
- Bier, B., Lecavalier, N. C., Malenfant, D., Peretz, I. ve Belleville, S. (2017). Effect of age on attentional control in dual-tasking. *Experimental Aging Research*, 43(2), 161-177.
- Bilir, N. (2018). Yaşlılık tanımı, yaşlılık kavramı, epidemiyolojik özellikler hastalıkları. A. Ertürk ve A. Bahadır (Ed.), *Yaşlılık ve solunum hastalıkları içinde* (s. 13-32). Tüsad Eğitim Kitapları Serisi.
- Birren, J. E. (1974). Translations in gerontology: From lab to life: Psychophysiology and speed of response. *American Psychologist*, 29(11), 808-815.
- Borella, E., Delaloye, C., Lecerf, T., Renaud, O. ve De Ribaupierre, A. (2009). Do age differences between young and older adults in inhibitory tasks depend on the degree of activation of information? *European Journal of Cognitive Psychology*, 21(2-3), 445-472.
- Bouazzaoui, B., Isingrini, M., Fay, S., Angel, L., Vanneste, S. ve Clarys, D. (2010). Aging and self-reported internal and external memory strategy uses: The role of executive functioning. *Acta Psychologica*, 135(1), 59-66.
- Braver, T. S., Barch, D. M., Keys, B. A., Carter, C. S., Cohen, J. D., Kaye, J. A., Janowsky, K. Y., Taylor, S. F., Yesavage, J. A., Mumenthaler, W. S., Jagust, W. S. ve Reed, B. R. (2001). Context processing in older adults: Evidence for a theory relating cognitive control to neurobiology in healthy aging. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(4), 746-763.
- Braver, T. S. ve Barch, D. M. (2002). A theory of cognitive control, aging cognition, and neuromodulation. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 26, 809-817.
- Castel, A. D. ve Craik, F. I. M. (2003). The effects of aging and divided attention on memory for item and associative information. *Psychology and Aging*, 18(4), 873-885.
- Cepeda, N. J., Blackwell, K. A. ve Munakata, Y. (2013). Speed isn't everything: Complex processing speed measures mask individual differences and developmental changes in executive control. *Developmental Science*, 16(2), 269-286.
- Charlton, R. A., Landau, S., Schiavone, F., Barrick, T. R., Clark, C. A., Markus, H. S. ve Morris, R. G. (2008). A structural equation modeling investigation of age-related variance in executive function and DTI measured white matter damage. *Neurobiology of Aging*, 29(10), 1547-1555.
- Clarys, D., Isingrini, M. ve Gana, K. (2002). Mediators of age-related differences in recollective experience in recognition memory. *Acta Psychologica*, 109(3), 315-329.

- Collette, F., Van der Linden, M., Laureys, S., Delfiore, G., Degueldre, C., Luxen, A. ve Salmon, E. (2005). Exploring the unity and diversity of the neural substrates of executive functioning. *Human Brain Mapping, 25*(4), 409-423.
- Conway, A. R. A., Kane, M. J. ve Engle, R. W. (2003). Working memory capacity and its relation to general intelligence. *Trends in Cognitive Sciences, 7*(12), 547-552.
- Craik, F. I. ve McDowd, J. M. (1987). Age differences in recall and recognition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 13*(3), 474-479.
- Damasio, A. R. (1995). On some functions of the human prefrontal cortex. *Annals of the New York Academy of Sciences, 769*, 241-252.
- Davidson, D. J., Zacks, R. T. ve Williams, C. C. (2003). Stroop interference, practice, and aging. *Aging, Neuropsychology, and Cognition, 10*(2), 85-98.
- Dempster, F. N. (1992). The rise and fall of the inhibitory mechanism: Toward a unified theory of cognitive-development and aging. *Developmental Review, 12*(1), 45-75.
- Dennis, N. A. ve Cabeza, R. (2008). Neuroimaging of healthy cognitive aging. F. I. M. Craik ve T. A. Salthouse (Ed.), *The handbook of aging and cognition* içinde (s. 1-54). Psychology Press.
- Diamond A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology, 64*, 135-168.
- DiGirolamo, G. J., Kramer, A. F., Barad, V., Cepeda, N., Weissman, D. H., Wszalek, T. M., Cohen, N. J., Banich, N. T., Webb, A., Belopolsky, A. V. ve McAuley, E. (2001). General and task-specific frontal lobe recruitment in older adults during executive processes: A fMRI investigation of task switching. *NeuroReport, 12*, 2065-2072.
- Dollinger, S. M. C. ve Hoyer, W. J. (1996). Age and skill differences in the processing demands of visual inspection. *Applied Cognitive Psychology, 10*(3), 225-239.
- Fair, D. A., Cohen, A. L., Dosenbach, N. U., Church, J. A., Miezin, F. M., Barch, D. M. ve Schlaggar, B. L. (2008). The maturing architecture of the brain's default network. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 105*(10), 4028-4032.
- Farkas, M. S. ve Hoyer, W. J. (1980). Processing consequences of perceptual grouping in selective attention. *Journal of Gerontology, 35*, 207-216.
- Fernandez-Duque, D. ve Black, S. E. (2006). Attentional networks in normal aging and Alzheimer's disease. *Neuropsychology, 20*(2), 133-143.
- Finkel, D., Reynolds, C. A., McArdle, J. J. ve Pedersen, N. L. (2007). Age changes in processing speed as a leading indicator of cognitive aging. *Psychology and Aging, 22*(3), 558-568.
- Fisk, J. E. ve Sharp, C. A. (2004). Age-related impairment in executive functioning: Updating, inhibition, shifting, and access. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 26*(7), 874-890.
- Folk, C. L. ve Hoyer, W. J. (1992). Aging and shifts of visual spatial attention. *Psychology and Aging, 7*(3), 453-465.
- Fraser, S. A., Li, K. Z. ve Penhune, V. B. (2010). Dual-task performance reveals increased involvement of executive control in fine motor sequencing in healthy aging. *Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences, 65*(5), 526-535.
- Getzmann, S., Golob, E. J. ve Wascher, E. (2016). Focused and divided attention in a simulated cocktail-party situation: ERP evidence from younger and older adults. *Neurobiology of Aging, 41*, 138-149.
- Gilmore, G. C., Tobias, T. R. ve Royer, F. L. (1985). Aging and similarity grouping in visual search. *Journal of Gerontology, 40*, 586-592.
- Gilsoul, J., Simon, J., Hogge, M. ve Collette, F. (2019). Do attentional capacities and processing speed mediate the effect of age on executive functioning? *Neuropsychology, Development, and Cognition. Section B, Aging, Neuropsychology and Cognition, 26*(2), 282-317.
- Glinka, K., Staudinger, U. M., Voelcker-Rehage, C. ve Godde, B. (2020). Neural processing of arousing emotional information is associated with executive functioning in older adults. *Emotion, 20*(4), 541-556.
- Greenwood, P. M. (2000). The frontal aging hypothesis evaluated. *Journal of the International Neuropsychological Society, 6*, 705-726.
- Greenwood, P. M., Parasuraman, R. ve Haxby, J. V. (1993). Changes in visuospatial attention over the adult lifespan. *Neuropsychologia, 31*(5), 471-485.
- Guerrero, L., Isingrini, M., Angel, L., Fay, S., Tacconat, L. ve Bouazzaoui, B. (2021). Effect of self-reported internal memory strategy use on age-related episodic and working memory decline: Contribution of control processes. *Canadian Journal of Experimental Psychology, 75*(4), 348-361.
- Hanna-Pladdy, B. ve MacKay, A. (2011). The relation between instrumental musical activity and cognitive aging. *Neuropsychology, 25*(3), 378-386.
- Hartley, A. A. (2001). Age differences in dual-task interference are localized to response-generation processes. *Psychology and Aging, 16*(1), 47-54.
- Hartley, A. A., Kieley, J. M. ve Slabach, E. H. (1990). Age differences and similarities in the effects of cues and prompts. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 16*(3), 523-537.
- Hartley, A. A. ve Little, D. M. (1999). Age-related differences and similarities in dual-task interference. *Journal of Experimental Psychology, 128*(4), 416-421.
- Head, D., Buckner, R. L., Shimony, J. S., Williams, L. E., Akbudak, E., Conturo, T. E., McAvoy, M., Morris, J. C. ve Snyder, A. Z. (2004). Differential vulnerability of anterior white matter in nondemented aging with minimal acceleration in dementia of the alzheimer type: Evidence from diffusion tensor imaging. *Cerebral Cortex, 14*, 410-423.
- Hein, G. ve Schubert, T. (2004). Aging and input processing in dual-task situations. *Psychology and Aging, 19*(3), 416-432.
- Hertzog, C., Kramer, A. F., Wilson, R. S. ve Lindenberger, U. (2008). Enrichment effects on adult cognitive development: Can the functional capacity of older adults be preserved and enhanced? *Psychological Science in the Public Interest, 9*(1), 1-65.
- Hertzog, C. ve Bleckley, M. K. (2001). Age differences in the structure of intelligence influences of information processing speed. *Intelligence, 29*(3), 191-217.
- Hommel, B., Li, K. Z. ve Li, S. C. (2004). Visual search across the life span. *Developmental Psychology, 40*(4), 545-549.
- Hoyer, W. J. ve Ingolfsdottir, D. (2003). Age, skill, and con-

- textual cuing in target detection. *Psychology and Aging*, 18(2), 210-218.
- Hull, R., Martin, R. C., Beier, M. E., Lane, D. ve Hamilton, A. C. (2008). Executive function in older adults: A structural equation modeling approach. *Neuropsychology*, 22(4), 508-522.
- Introzzi, I., Zamora, E., Aydmune, Y., Richard's, M. M., Comesaña, A. ve Canet-Juric, L. (2020). The change processes in selective attention during adulthood. Inhibition or processing speed? *The Spanish Journal of Psychology*, 23, e37.
- Jennings, J. M., Dagenbach, D., Engle, C. M. ve Funke, L. J. (2007). Age-related changes and the attention network task: An examination of alerting, orienting, and executive function. *Neuropsychology, Development, and Cognition. Section B, Aging, Neuropsychology and Cognition*, 14(4), 353-369.
- Kahneman, D. (1973). Attention and effort. Prentice-Hall.
- Kail, R. ve Salthouse, T. A. (1994). Processing speed as a mental capacity. *Acta Psychologica*, 86(2-3), 199-225.
- Kane, M. J. ve Engle, R. W. (2002). The role of prefrontal cortex in working-memory capacity, executive attention, and general fluid intelligence: An individual-differences perspective. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(4), 637-671.
- Kantowitz, B. H. ve Knight Jr, J. L. (1976). Testing tapping timesharing, II: Auditory secondary task. *Acta Psychologica*, 40(5), 343-362.
- Keys, B. A. ve White, D. A. (2000). Exploring the relationship between age, executive abilities, and psychomotor speed. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 6(1), 76-82.
- Killane, I., Donoghue, O. A., Savva, G. M., Cronin, H., Kenny, R. A. ve Reilly, R. B. (2014). Relative association of processing speed, short-term memory and sustained attention with task on gait speed: A study of community-dwelling people 50 years and older. *Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences*, 69(11), 1407-1414.
- Klingberg, T., Fernell, E., Olesen, P. J., Johnson, M., Gustafsson, P., Dahlström, K., Gillberg, C. G., Forssberg, H. ve Westerberg, H. (2005). Computerized training of working memory in children with ADHD-A randomized, controlled trial. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 44(2), 177-186.
- Kramer, A. F., Cepeda, N. J. ve Cepeda, M. L. (2001). Methylphenidate effects on task-switching performance in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 40(11), 1277-1284.
- Kramer, A. F. ve Hillman, C. H. (2006). Aging, physical activity, and neurocognitive function. E. Acevedo ve P. Ekekakis (Ed.), *Psychobiology of physical activity* içinde (s. 45-60) Human Kinetics.
- Kramer, A. F. ve Madden, D. (2008). Attention. F. I. M. Craik ve T. A. Salthouse (Ed.), *The handbook of aging and cognition* içinde (s. 189-249). Lawrence Erlbaum.
- Krampe, R. T. ve Ericsson, K. A. (1996). Maintaining excellence: Deliberate practice and elite performance in young and older pianists. *Journal of Experimental Psychology: General*, 125(4), 331-359.
- Lavie, N. Hirst, A., de Fockert, J. W. ve Viding, E. (2004). Load theory of selective attention and cognitive control. *Journal of Experimental Psychology*, 133(3), 339-354.
- Lavie, N. ve Tsai, Y. (1994). Perceptual load as a major determinant of the locus of selection in visual attention. *Perception & Psychophysics*, 56(2), 183-197.
- Lien, M.-C., Allen, P. A., Ruthruff, E., Grabbe, J., McCann, R. S. ve Remington, R. W. (2006). Visual word recognition without central attention: Evidence for greater automaticity with advancing age. *Psychology and Aging*, 21(3), 431-447.
- Lincourt, A. E., Folk, C. L. ve Hoyer, W. J. (1997). Effects of aging on voluntary and involuntary shifts of attention. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 4(4), 290-303.
- Ludwig, C., Borella, E., Tettamanti, M. ve De Ribaupierre, A. (2010). Adult age differences in the color stroop test: A comparison between an item-by-item and a blocked version. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 51(2), 135-142.
- Macht, M. L. ve Buschke, H. (1983). Age differences in cognitive effort in recall. *Journal of Gerontology*, 38(6), 695-700.
- Madden, D. J., Bennett, I. J. ve Song, A. W. (2009). Cerebral white matter integrity and cognitive aging: Contributions from diffusion tensor imaging. *Neuropsychology Review*, 19(4), 415-435.
- Madden, D. J., Spaniol, J., Whiting, W. L., Bucur, B., Provenzale, J. M., Cabeza, R., White, L. E. ve Huettel, S. A. (2007). Adult age differences in the functional neuroanatomy of visual attention: A combined fMRI and DTI study. *Neurobiology of Aging*, 28, 459-476.
- Madden, D. J., Turkington, T. G., Provenzale, J. M., Hawk, T. C., Hoffman, J. M. ve Coleman, R. E. (1997). Selective and divided visual attention: Age-related changes in regional cerebral blood flow measured by H2 15O PET. *Human Brain Mapping*, 5, 389-409.
- Madden, D. J. ve Langley, L. K. (2003). Age-related changes in selective attention and perceptual load during visual search. *Psychology and Aging*, 18(1), 54-67.
- Madden, D. J., Whiting, W. L., Cabeza, R. ve Huettel, S. A. (2004). Age-related preservation of top-down attentional guidance during visual search. *Psychology and Aging*, 19(2), 304-309.
- Mahoney, J. R., Verghese, J., Goldin, Y., Lipton, R. ve Holtzer, R. (2010). Alerting, orienting, and executive attention in older adults. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 16(5), 877-889.
- Manard, M., Carabin, D., Jaspard, M. ve Collette, F. (2014). Age-related decline in cognitive control: The role of fluid intelligence and processing speed. *BMC Neuroscience*, 15, 7.
- Maquestiaux, F. (2016). Qualitative attentional changes with age in doing two tasks at once. *Psychonomic Bulletin & Review*, 23, 54-61.
- Maylor, E. A. ve Lavie, N. (1998). The influence of perceptual load on age differences in selective attention. *Psychology and Aging*, 13(4), 563-573.
- McAvinue, L. P., Vangkilde, S., Johnson, K. A., Habekost, T., Kyllingsbæk, S., Robertson, I. H. ve Bundesen, C. (2012). The relationship between sustained attention, attentional selectivity, and capacity. *Journal of Cognitive Psychology*, 24(3), 313-328.
- McCabe, D. P., Roediger, H. L., McDaniel, M. A., Balota, D. A. ve Hambrick, D. Z. (2010). The relationship between working memory capacity and executive functioning: Evidence for a common executive attention construct. *Neuropsychology*, 24(2), 222-243.

- McDowd, J. M. ve Craik, F. I. M. (1988). Effects of aging and task difficulty on divided attention performance. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 14(2), 267-280.
- Melzer, I. ve Oddsson, L. I. (2004). The effect of a cognitive task on voluntary step execution in healthy elderly and young individuals. *Journal of the American Geriatrics Society*, 52, 1255-1262.
- Meyer, D. E. ve Kieras, D. E. (1997). A computational theory of executive cognitive processes and multiple-task performance: Basic mechanisms. *Psychological Review*, 104(1), 3-65.
- Milham, M. P., Erickson, K. I., Banich, M. T., Kramer, A. F., Webb, A., Wszalek, T., ve Cohen, N. J. (2002). Attentional control in the aging brain: Insights from an fMRI study of the stroop task. *Brain and Cognition*, 49(3), 277-296.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A. ve Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex frontal lobe tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49-100.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Rettinger, D. A., Shah, P. ve Hegarty, M. (2001). How are visuospatial working memory, executive functioning, and spatial abilities related? A latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(4), 621-640.
- Nicosia, J., Cohen-Shikora, E. R. ve Balota, D. A. (2021). Re-examining age differences in the Stroop effect: The importance of the trees in the forest (plot). *Psychology and Aging*, 36(2), 214-231.
- Norman, D. A. ve Bobrow, G. (1975). On data-limited and resource-limited processes. *Cognitive Psychology*, 7, 44-64.
- Norman, D. A. ve Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behaviour. R. J. Davidson., G. E. Schwartz ve D. E. Shapiro (Ed.), *Consciousness and self-regulation* içinde (s. 1-14). Plenum Press.
- Ortega, A., Gómez-Ariza, C. J., Román, P. ve Bajo, M. T. (2012). Memory inhibition, aging, and the executive deficit hypothesis. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 38(1), 178-186.
- Osaka, M., Osaka, N., Kondo, H., Morishita, M., Fukuyama, H., Aso, T. ve Shibasaki, H. (2003). The neural basis of individual differences in working memory capacity: An fMRI study. *NeuroImage*, 18(3), 789-797.
- Paap, K. R. ve Sawi, O. (2014). Bilingual advantages in executive functioning: Problems in convergent validity, discriminant validity, and the identification of the theoretical constructs. *Frontiers in Psychology*, 5, 962-978.
- Pardo, J. V., Lee, J. T., Sheikh, S. A., Surerus-Johnson, C., Shah, H., Munch, K. R., Carlis, J. V., Lewis, S. M., Kuskowski, M. A. ve Dysken, M. W. (2007). Where the brain grows old: Decline in anterior cingulate and medial prefrontal function with normal aging. *NeuroImage*, 35(3), 1231-1237.
- Pashler, H. (1984). Processing stages in overlapping tasks: Evidence for a central bottleneck. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 10(3), 358-377.
- Pashler, H. (1994). Dual-task interference in simple tasks: Data and theory. *Psychological Bulletin*, 116(2), 220-244.
- Pashler, H. ve Johnston, J. C. (1998). Attentional limitations in dual-task performance. H. Pashler (Ed.), *Attention* içinde (s. 155-189). Psychology Press/Erlbaum.
- Passow, S., Westerhausen, R., Wartenburger, I., Hugdahl, K., Heekeren, H. R., Lindenberger, U. ve Li, S. C. (2012). Human aging compromises attentional control of auditory perception. *Psychology and Aging*, 27(1), 99-105.
- Penning, M. D., Ruiz-Rizzo, A. L., Redel, P., Müller, H. J., Salminen, T., Strobach, T. ve Finke, K. (2021). Alertness training increases visual processing speed in healthy older adults. *Psychological Science*, 32(3), 340-353.
- Perbal, S., Droit-Volet, S., Isingrini, M. ve Pouthas, V. (2002). Relationships between age-related changes in time estimation and age-related changes in processing speed, attention, and memory. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 9(3), 201-216.
- Petersen, S. E. ve Posner, M. I. (2012). The attention system of the human brain: 20 years after. *Annual Review of Neuroscience*, 35, 73-89.
- Phillips, L. H. ve Henry, J. D. (2008). Adult aging and executive functioning. V. Anderson, R. Jacobs ve P. J. Anderson (Ed.), *Executive functions and the frontal lobes: A lifespan perspective* içinde (s. 57-79). Taylor & Francis.
- Pires, L., Moura, O., Guerrini, C., Buekenhout, I., Simoes, M. R. ve Leitao, J. (2019). Confirmatory factor analysis of neurocognitive measures in healthy young adults: The relation of executive functions with other neurocognitive functions. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 34(3), 350-365.
- Posner, M. I. (1978). *Chronometric explorations of mind*. Lawrence Erlbaum.
- Posner, M. I. (2012). Imaging attention networks. *NeuroImage*, 61(2), 450-456.
- Posner, M. I., Rothbart, M. K., Sheese, B. E. ve Voelker, P. (2014). Developing attention: Behavioral and brain mechanisms. *Advances in Neuroscience*, 2014, 405094.
- Posner, M. I. ve DiGirolamo, G. J. (1998). Executive attention: Conflict, target detection, and cognitive control. R. Parasuraman (Ed.), *The attentive brain* içinde (s. 401-423). The MIT Press.
- Posner, M. I. ve Fan, J. (2008). Attention as an organ system. J. Pomerantz (Ed.), *Topics in integrative neuroscience: From cells to cognition* içinde (s. 31-61). Cambridge University Press.
- Posner, M. I. ve Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 25-42.
- Posner, M. I. ve Rothbart, M. K. (2007). *Educating the human brain*. American Psychological Association.
- Posner, M. I. ve Rothbart, M. K. (2014). Attention to learning of school subjects. *Trends in Neuroscience and Education*, 3(1), 14-17.
- Prakash, R. S., Erickson, K. I., Colcombe, S. J., Kim, J. S., Voss, M. W. ve Kramer, A. F. (2009). Age-related differences in the involvement of the prefrontal cortex in attentional control. *Brain and Cognition*, 71(3), 328-335.
- Rabbitt, P. (1965). An age-decrement in the ability to ignore irrelevant information. *Journal of Gerontology*, 20, 233-238.
- Raz, N., Lindenberger, U., Rodrigue, K. M., Kennedy, K.

- M., Head, D., Williamson, A., Dahle, C., Gerstorf, D. ve Acker, J. D. (2005). Regional brain changes in aging healthy adults: General trends, individual differences and modifiers. *Cerebral Cortex*, 15, 1676-1689.
- Raz, N., Rodrigue, K. M., Kennedy, K. M. ve Acker, J. D. (2007). Vascular health and longitudinal changes in brain and cognition in middle-aged and older adults. *Neuropsychology*, 21(2), 149-157.
- Read, C. A., Rogers, J. M. ve Wilson, P. H. (2015). Working memory binding of visual object features in older adults. *Aging, Neuropsychology and Cognition*, 23(3), 263-281.
- Reuter-Lorenz, P. A. ve Cappell, K. A. (2008). Neurocognitive aging and the compensation hypothesis. *Current Directions in Psychological Science*, 17(3), 177-182.
- Rodrigues, P. F. ve Pandeirada, J. N. (2015). Attention and working memory in elderly: The influence of a distracting environment. *Cognitive Processing*, 16(1), 97-109.
- Rogers, W. A. ve Fisk, A. D. (2000). Human factors, applied cognition, and aging. F. I. M. Craik ve T. A. Salthouse (Ed.), *The handbook of aging and cognition* içinde (s. 559-591). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Rueda, M. R. (2018). Attention in the heart of intelligence. *Trends in Neuroscience and Education*, 13, 26-33.
- Rueda, M. R. ve Posner, M. I. (2013). Development of attention networks. P. D. Zelazo (Ed.), *The Oxford handbook of developmental psychology (Vol. 1): Body and mind* içinde (s. 683-705). Oxford University Press.
- Rumelhart, D. E. ve McClelland, J. L. (1986). *Parallel distributed processing: Explorations in the microstructure of cognition*. MIT Press.
- Ruthruff, E. ve Lien, M. C. (2016). Aging and attention. N. A. Pachana (Ed.), *Encyclopedia of geropsychology* içinde (s. 1-7). Springer.
- Salat, D. H., Tuch, D. S., Greve, D. N., van der Kouwe, A. J., Hevelone, N. D., Zaleta, A. K., Rosen, B. R., Fischl, B., Corkin, S., Diana Rosas, H. ve Dale, A. M. (2005). Age-related alterations in white matter microstructure measured by diffusion tensor imaging. *Neurobiology of Aging*, 26, 1215-1227.
- Salthouse, T. A. (1982). Duration estimates of two information processing components. *Acta Psychologica*, 52(3), 213-226.
- Salthouse, T. A. (1984). Effects of age and skill in typing. *Journal of Experimental Psychology: General*, 113(3), 345-371.
- Salthouse, T. A. (1988). Resource-reduction interpretations of cognitive aging. *Developmental Review*, 8, 238-272.
- Salthouse, T. A. (1990). Influence of experience on age differences in cognitive functioning. *Human Factors*, 32, 551-569.
- Salthouse, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, 103(3), 403-428.
- Salthouse, T. A. (2005). Effects of aging on reasoning. K. J. Holyoak ve R. G. Morrison (Ed.), *The Cambridge handbook of thinking and reasoning* içinde (s. 589-605). Cambridge University Press.
- Salthouse, T. A. (2005). Relations between cognitive abilities and measures of executive functioning. *Neuropsychology*, 19(4), 532-545.
- Salthouse, T. A. (2009). When does age-related cognitive decline begin? *Neurobiology of Aging*, 30(4), 507-514.
- Salthouse, T. A. (2017). Neural correlates of age-related slowing. R. Cabeza, L. Nyberg ve D. C. Park (Ed.), *Cognitive neuroscience of aging: Linking cognitive and cerebral aging* içinde (s. 259-272). Oxford University Press.
- Salthouse, T. A. (2018). Why is cognitive change more negative with increased age? *Neuropsychology*, 32(1), 110-118.
- Salthouse, T. A., Berish, D. E. ve Miles, J. D. (2002). The role of cognitive stimulation on the relations between age and cognitive functioning. *Psychology and Aging*, 17(4), 548-557.
- Solesio-Jofre, E., Lorenzo-López, L., Gutiérrez, R., López-Frutos, J. M., Ruiz-Vargas, J. M. ve Maestú, F. (2012). Age-related effects in working memory recognition modulated by retroactive interference. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 67(6), 565-572.
- Sparrow, W. A., Bradshaw, E. J., Lamoureux, E. ve Tirosh, O. (2002). Ageing effects on the attention demands of walking. *Human Movement Science*, 21(5-6), 961-972.
- Stuss, D. T. ve Alexander, M. P. (2000). Executive functions and the frontal lobes: A conceptual view. *Psychological Research*, 63(3-4), 289-298.
- Stuss, D. T. ve Benson, D. F. (1986). *The frontal lobes*. Raven Press.
- Svetina, M. (2016). The reaction times of drivers aged 20 to 80 during a divided attention driving. *Traffic Injury Prevention*, 17(8), 810-814.
- Sylvain-Roy, S., Lungu, O. ve Belleville, S. (2015). Normal aging of the attentional control functions that underlie working memory. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 70(5), 698-708.
- Tisserand, D. J. ve Jolles, J. (2003). On the involvement of prefrontal networks in cognitive ageing. *Cortex*, 39, 1107-1128.
- Treisman, A. (1982). Perceptual grouping and attention in visual search for features and for objects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 8(2), 194-214.
- Tsang, P. S. (2013). Ageing and attentional control. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 66(8), 1517-1547.
- Vaughan, L. ve Giovanello, K. (2010). Executive function in daily life: Age-related influences of executive processes on instrumental activities of daily living. *Psychology and Aging*, 25(2), 343-355.
- Verhaeghen, P. (2015). Aging and executive control: Reports of a demise greatly exaggerated. *Current Directions in Psychological Science*, 20, 174-180.
- Verhaeghen, P., Steitz, D. W., Sliwinski, M. J. ve Cerella, J. (2003). Aging and dual-task performance: A meta-analysis. *Psychology and Aging*, 18, 443-460.
- Verissimo, J., Verhaeghen, P., Goldman, Weinstein, M. ve Ullman, M. T. (2022). Evidence that ageing yields improvements as well as declines across attention and executive functions. *Nature Human Behaviour*, 6, 97-110.
- Watson, D. G. ve Maylor, E. A. (2002). Aging and visual marking: Selective deficits for moving stimuli. *Psychology and Aging*, 17(2), 321-339.
- Wecker, N. S., Kramer, J. H., Wisniewski, A., Delis, D. C. ve Kaplan, E. (2000). Age effects on executive ability. *Neuropsychology*, 14(3), 409-414.

- West, R. L. (1996). An application of prefrontal cortex function theory to cognitive aging. *Psychological Bulletin*, 120(2), 272-292.
- West, R. ve Schwarb, H. (2006). The influence of aging and frontal function on the neural correlates of regulative and evaluative aspects of cognitive control. *Neuropsychology*, 20(4), 468-481.
- Wickens, C. D. (1984). Processing resources in attention. R. Parasuraman ve D. R. Davies (Ed.), *Varieties of attention* içinde (s. 63-102). Academic.
- Wickens, C. D. (2002). Multiple resources and performance prediction. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 3(2), 159-177.
- Willis, S. L. ve Schaie, K. W. (2006). A constructionist view of third age: The case of cognition. *Annual Review of Gerontology and Geriatrics*, 26, 131-152.
- Zanto, T. P., Pan, P., Liu, H., Bollinger, J., Nobre, A. C. ve Gazzaley, A. (2011). Age-related changes in orienting attention in time. *Journal of Neuroscience*, 31(35), 12461-12470.
- Zanto, T. P. ve Gazzaley, A. (2014). Attention and ageing. A. C. Nobre ve S. Kastner (Ed.), *The Oxford handbook of attention* içinde (s. 927-971). Oxford University Press.
- Zhang, H. Y., Chen, W. X., Jiao, Y., Xu, Y., Zhang, X. R. ve Wu, J. T. (2014). Selective vulnerability related to aging in large-scale resting brain networks. *PLoS one*, 9(10), e108807.
- Zhou, S. S., Fan, J., Lee, T. M., Wang, C. Q. ve Wang, K. (2011). Age-related differences in attentional networks of alerting and executive control in young, middle-aged, and older Chinese adults. *Brain and Cognition*, 75(2), 205-210.

Processes affecting the deterioration of attentional functioning in aging: Decrease in information processing speed or impairment in executive functions

Çağdaş Kızgut¹ , Handan Can² 

Keywords

executive functions,
processing speed,
cognitive aging,
attention

Abstract

Aging is an important stage of the developmental process that begins with birth, and in this process, in addition to physical changes, some changes occur in emotional and cognitive functions. Studies in the literature have shown that the changes in cognitive functions observed in aging can often evolve into diseases such as mild cognitive impairment or dementia. These studies examining changes in cognitive functions in aging are increasingly important. One of the areas of cognitive function that deteriorates during aging is attention. The current review study examined the change in attention functions in the aging process, and the main variables affecting this change were discussed. For this purpose, firstly, fundamental attention theories were reviewed, and aging and attention processes were discussed in line with the explanations provided by these theories. The effects of aging on the most basic attentional processes, such as selective attention, divided attention, and attentional control, were evaluated; the effect of experience, specialization, and automatization in a task on building resistance against the deteriorating effects of aging on attentional processes was examined. Studies based on behavioral measures and imaging techniques were reviewed in order to reach a better understanding of the relationship between aging and attention. At the end of this review, a fundamental question arises. Does the deterioration in attentional functions during aging result from changes in the speed of information processing or from deficits in executive functions? In the present review, an attempt has been made to explain this question through the results obtained from the studies in the literature.

The aging process is characterized by accumulated damage at the cellular level, decreasing physiological capacity over time and increasing the risk of disease (Bilir, 2018). Attention is a crucial component of this aging process, both physiologically and psychologically, and highly influences cognitive functions (Dennis & Cabeza, 2008; Fair et al., 2008; Salthouse, 2018). The primary trend in the cognitive aging literature is to understand and explain the allocation of attentional resources and the effects of age-related impairments in attention on cognitive performance (Bier et al., 2017; Veríssimo et al., 2022). However, studies on the root cause of age-related deterioration in attention are scarce, and their findings are highly controversial. Discussions on the underlying mechanisms responsible for the deterioration and decline of attention identify either a decline in processing speed or impairments in executive functions as the responsible mechanisms. To understand age-related attentional impairment, this review first discusses attention models in cognitive aging, examines the relationship between aging and different attentional functions, and finally discusses the impact of information processing speed and executive functions. At the point of understanding the changes in attention with aging, explanations of

various attention models will strengthen our understanding of this issue. Theoretical models such as Resource Models (Macht & Buschke, 1983), Bottleneck Models (Pashler, 1994), Attention Network Models (Petersen & Posner, 2012; Posner & Petersen, 1990), and Contextual Models (Braver & Barch, 2002) effectively explain the changes in attention due to aging.

The impact of aging on attentional processes is studied comparatively in younger and older age groups using attention tasks in controlled laboratory settings, and this research contributes to the understanding of changes in attention in aging and the nature of general cognitive functions. For example, studies on selective attention have shown that selective attention decreases with aging. The Stroop Test, a selective attention test, is also effective in capturing age-related differences (Nicosia et al., 2021). The relationship between the Stroop effect and aging may vary depending on the test version, but it is generally seen to increase in older individuals (Ludwig et al., 2010). This increase is supported by meta-analyses showing that reaction times are twice as long as in younger people due to the Stroop effect (Verhaeghen, 2015; Verhaeghen et al., 2003). Davidson et al. (2003) also showed that age-related differences in the Stroop ef-

Atf için: Kızgut, Ç., & Can, H. (2024). Processes affecting the deterioration of attentional functioning in aging: Decrease in information processing speed or impairment in executive functions. *Journal of Clinical Psychology Research*, 8(3), 460-484.

Çağdaş Kızgut · cagdaskizgut@uludag.edu.tr | ¹Res. Asst., ²Prof. Dr., Department of Psychology, Bursa Uludağ University, Nilüfer/Bursa, Türkiye.

Received Apr 6, 2023, Revised Aug 25, 2023, Accepted Sep 19, 2023

fect disappeared due to training programs. In conclusion, although a general decline in selective attention is observed with aging, this decline in performance is influenced by the difficulty level of the task (Bechi-Gabrielli et al., 2018; Hein & Schubert, 2004). These results suggest that selective attentional deficits in older adults can be compensated for to some extent. For example, visual search tasks revealed that older adults activated more frontoparietal regions and less activation in visual processing areas (Barha et al., 2017). This decline has been associated with the slowing down of information processing (Gilmore et al., 1985; Watson & Maylor, 2002; Wecker et al., 2000). With aging, it has been discovered that frontoparietal activations are increased to compensate for this decline in the bottom-up processing of information (Dennis & Cabeza, 2008).

While selective attention refers to focusing on a specific stimulus, divided attention requires multitasking. Aging also affects divided attention performance. In particular, a decline in dual tasks was observed in visual and auditory attention tasks (Getzmann et al., 2016). However, in some automatized tasks, the aging effect may diminish. For example, expert typists and pianists can maintain these skills into old age (Krampe & Ericsson, 1996; Salthouse, 1984). Older adults require more cognitive resources in non-automatized tasks than younger adults. While older adults often have longer reaction times on divided attention tasks, they may perform similarly to young adults when these tasks are performed sequentially rather than simultaneously (Maquestiaux, 2016). Moreover, the deterioration in divided attention with aging is also observed in a phenomenon called the Attention Enhancement Effect. According to this effect, a dual task requiring divided attention can improve the performance of a subsequent independent task, but this effect is often reduced or lost in older adults (Bechi-Gabrielli et al., 2018). While aging poses challenges in learning new knowledge, it may be more successful in maintaining existing knowledge and skills. Older adults may have more difficulty with tasks requiring divided attention and may use compensatory mechanisms more.

Selective attention is the ability to focus on a specific stimulus and filter out irrelevant stimuli. At the same time, attentional control involves cognitive mechanisms that effectively manage and allocate attentional resources to different tasks. Attentional control involves voluntarily directing attention to a specific task or stimulus and neglecting irrelevant stimuli. Attentional control is said to have two main processes: top-down and bottom-up attentional control. Top-down control determines the process of attending to environmental events using the observer's experiences, while bottom-up control directs attention according to some features of environmental events. In real-life scenarios, these two processes often work together (Albinet et al., 2012; McCabe et al., 2010).

When the effect of attentional control on the aging process is examined, it is observed that older adults tend to use more attentional resources than younger adults (Milham et al., 2002). These findings may be explained by the fact that older adults use attentional control in tasks that require more effort (Prakash et al., 2009). However, there are also some losses in attentional control with the aging process. In particular, older adults' performance may decline during tasks such as multitasking, inhibition of competing semantic representations, and acquisition of automaticity (Ruthruff & Lien, 2016). The decline is evident in visual tasks and auditory attention tasks (Passow et al., 2012).

Attentional control enables the long-term maintenance of a task at a high-performance level or shifting from one task/stimulus to another. Due to these features, attention control processes are thought to share similar neural bases with working memory and executive functions and to interact with these structures (Baddeley, 1986; Conway et al., 2003; Klingberg et al., 2005). In this direction, studies examining inhibition, shifting, and updating, which are executive function components, have shown that older adults compensate for their losses in attention control functions with these executive function units (Hull et al., 2008; Miyake et al., 2000; Sylvain-Roy et al., 2015). The effects of aging on attentional functions are particularly evident in complex tasks such as multitasking and competition of semantic representations (Hertzog et al., 2008). However, older adults' performance is better maintained on spatial attention tasks and automatic tasks (Ruthruff & Lien, 2016). According to CRUNCH (Compensation-Related Utilization of Neural Circuits Hypothesis; Reuter-Lorenz & Cappell, 2008), aging losses are compensated by increased activation in the prefrontal cortex. Therefore, with the help of the compensation mechanism, the elderly and the young perform similarly on relatively easy tasks, but as task complexity increases, the elderly have more difficulty. Compensation mechanisms are overworked in older adults because top-down executive functions are more active. This is explained by the fact that the mechanisms that enable the same process to be done by automating it and using fewer resources are highly impaired (Ruthruff & Lien, 2016).

Most studies on attention and aging have focused on understanding the nature of attention. Moreover, there are almost no attempts to explain the fundamental mechanisms underlying the changes in attention due to aging. Borella et al. (2009) examined the cognitive decline associated with aging and identified that processing speed, working memory, and executive functions mediate cognitive performance in older ages. The decline in attentional performance is likely to result from the negative effects of aging on these cognitive structures. While some researchers argue that the cognitive declines of aging are due to a general slowdown based on processing speed (Salthouse,

1996, 2018), others place the loss of executive functions at the center of the decline in attention performance (Dempster, 1992; West, 1996).

It is believed that the processing speed of information limits performance on all cognitive tasks; therefore, processing speed is a general source of higher cognitive functioning, and a decrease in processing speed reduces cognitive performance (Salthouse, 1996). This approach argues that slowing down is caused by disrupting white matter integrity and functionality in the brain. The disruption in the white matter structure causes an excessive slowing down of basic cognitive processes and reduces the amount of processed information required for higher-level cognitive processes (Madden et al., 2009). Studies controlling for processing speed during different cognitive tasks have found that young and older adults do not differ in cognitive performance; young and older adults do not differ in cognitive functions such as memory (Clarys et al., 2002), general intelligence and reasoning (Hertzog & Bleckley, 2001), and spatial abilities (Finkel et al., 2007). The general decline in processing speed, which encompasses all these cognitive processes, is also shown to be the cause of the age-related decline in attention performance (Aichele & Rabbitt, 2017; Kail & Salthouse, 1994) and is supported by the findings of many studies (Gilsoul et al., 2019; Penning et al., 2021; Roth et al., 2015). However, studies also show that executive functions are more effective than processing speed. Therefore, there is also evidence that the cognitive decline associated with aging cannot be explained solely by processing speed (Keys & White, 2000).

A decline in executive functions has been shown to lead to a decline in attentional processes (Hommel et al., 2004; McAvinue et al., 2012). Executive functions and attentional control overlap at the behavioral and cortical levels. The anterior cingulate cortex (ACC) has been reported to be at the center of this overlap. Imaging studies have shown that age-related decline in ACC mediates decreased executive functions and attentional performance (Pardo et al., 2007).

Researchers such as Dempster (1992) and West (1996) have suggested that these functions are essential in understanding the aging process. Executive functions associated with frontal brain regions at older ages are thought to be more sensitive to the effects of aging. Neuropsychological research supports these (Paap & Sawi, 2014; Raz et al., 2007; Solesio-Jofre et al., 2012). Executive functions and attentional control overlap at the behavioral and cortical levels. In particular, the anterior cingulate cortex (ACC) region is considered a central component of these functions. Age-related declines in ACC suggest that age-related declines in executive functions and attentional performance influence each other.

The Frontal-Executive Functions Aging Hypothesis and the Information Processing Speed Model are

the two main approaches used to explain age-related attention decline. Although there is a tendency to position them as opposing explanations in the literature, these two approaches are not mutually exclusive. Considering that both processing speed and executive functions affect attentional performance, it may be more meaningful to combine these two models. Therefore, it is important to investigate the interrelationship between executive functions and processing speed, and some studies suggest a strong relationship between these two constructs. However, it should be noted that these are separate constructs (Glinka et al., 2020; Pires et al. 2019). The two theories are not mutually exclusive, and their explanatory power is enhanced when used together. In such a study, the difference between the elderly and young adults loses significance when the variables of age-related attention, information processing speed, and inhibition are controlled. However, the effect of executive functions was still reported to be greater (Baudoin et al., 2019). In another study, Introzzi and colleagues (2020) found similar results and revealed that inhibition was more effective than processing speed. Although the gradual slowing of processing speed contributes to the decrease in selective attention, it has been reported that deficits in executive functions have a greater effect on attention. Attention is an area of cognitive function that is highly sensitive to the aging process, and this deterioration in attentional functions is explained under the umbrella of either processing speed or executive functions. The findings obtained from the studies in the literature show that these two processes are not mutually exclusive, and in many cases, both are responsible for age-related changes. In this context, when discussing age-related changes in attentional functions, it would not be a correct approach to focus on one of these cognitive functions and exclude the other. Indeed, processing speed and executive functions are essential in explaining the age-related decline in attention. Nevertheless, the conclusion reached in this review is that executive functions are more effective in explaining this age-related decline in attentional functions than processing speed.

DECLARATIONS

Ethics Committee Approval N/A

Conflict of Interest Statement All authors of this article declare that there is no conflict of interest related to the article.

Informed Consent Form N/A

Project/Funding Information This study was not conducted as part of any project, and no funding or grants were used.

Data Sharing/Availability N/A

Authors' Contributions [ÇK] and [HC] contributed to the conceptualization and design of the study. [ÇK] performed literature review and writing of the article. [HC] suggested

corrections for and supervised the article. All authors reviewed and approved the final version of the article.

REFERENCES

- Albinet, C. T., Boucard, G., Bouquet, C. A. ve Audiffren, M. (2012). Processing speed and executive functions in cognitive aging: How to disentangle their mutual relationship? *Brain and Cognition*, 79(1), 1-11.
- Allen, P. A., Smith, A. F., Vires-Collins, H. ve Sperry, S. (1998). The psychological refractory period: Evidence for age differences in attentional time-sharing. *Psychology and Aging*, 13(2), 218-229.
- Andrews-Hanna, J. R., Snyder, A. Z., Vincent, J. L., Lustig, C., Head, D., Raichle, M. E. ve Buckner, R. L. (2007). Disruption of large-scale brain systems in advanced aging. *Neuron*, 56(5), 924-935.
- Baddeley, A. (1986). *Working memory*. Clarendon Press/Oxford University Press.
- Baltes, P. B. ve Smith, J. (2003). New frontiers in the future of aging: From successful aging of the young old to the dilemmas of the fourth age. *Gerontology*, 49, 124-135.
- Barha, C. K., Falck, R. S., Davis, J. C., Nagamatsu, L. S. ve Liu-Ambrose, T. (2017). Sex differences in aerobic exercise efficacy to improve cognition: A systematic review and meta-analysis of studies in older rodents. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 46, 86-105.
- Baudouin, A., Clarys, D., Vanneste, S. ve Isingrini, M. (2009). Executive functioning and processing speed in age-related differences in memory: Contribution of a coding task. *Brain and Cognition*, 71(3), 240-245.
- Baudouin, A., Isingrini, M. ve Vanneste, S. (2019). Executive functioning and processing speed in age-related differences in time estimation: A comparison of young, old, and very old adults. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 26(2), 264-281.
- Bechi Gabrielli, G., Spataro, P., Pezzuti, L. ve Rossi-Arnaud, C. (2018). When divided attention fails to enhance memory encoding: The attentional boost effect is eliminated in young-old adults. *Psychology and Aging*, 33(2), 259-272.
- Bier, B., Lecavalier, N. C., Malenfant, D., Peretz, I. ve Belleville, S. (2017). Effect of age on attentional control in dual-tasking. *Experimental Aging Research*, 43(2), 161-177.
- Bilir, N. (2018). Yaşlılık tanımı, yaşlılık kavramı, epidemiyolojik özellikler hastalıkları. A. Ertürk ve A. Bahadır (Ed.), *Yaşlılık ve solunum hastalıkları içinde* (s. 13-32). Tüsad Eğitim Kitapları Serisi.
- Birren, J. E. (1974). Translations in gerontology: From lab to life: Psychophysiology and speed of response. *American Psychologist*, 29(11), 808-815.
- Borella, E., Delaloye, C., Lecerf, T., Renaud, O. ve De Ribaucourt, A. (2009). Do age differences between young and older adults in inhibitory tasks depend on the degree of activation of information? *European Journal of Cognitive Psychology*, 21(2-3), 445-472.
- Bouazzaoui, B., Isingrini, M., Fay, S., Angel, L., Vanneste, S. ve Clarys, D. (2010). Aging and self-reported internal and external memory strategy uses: The role of executive functioning. *Acta Psychologica*, 135(1), 59-66.
- Braver, T. S., Barch, D. M., Keys, B. A., Carter, C. S., Cohen, J. D., Kaye, J. A., Janowsky, K. Y., Taylor, S. F., Yesavage, J. A., Mummenthaler, W. S., Jagust, W. S. ve Reed, B. R. (2001). Context processing in older adults: Evidence for a theory relating cognitive control to neurobiology in healthy aging. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(4), 746-763.
- Braver, T. S. ve Barch, D. M. (2002). A theory of cognitive control, aging cognition, and neuromodulation. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 26, 809-817.
- Castel, A. D. ve Craik, F. I. M. (2003). The effects of aging and divided attention on memory for item and associative information. *Psychology and Aging*, 18(4), 873-885.
- Cepeda, N. J., Blackwell, K. A. ve Munakata, Y. (2013). Speed isn't everything: Complex processing speed measures mask individual differences and developmental changes in executive control. *Developmental Science*, 16(2), 269-286.
- Charlton, R. A., Landau, S., Schiavone, F., Barrick, T. R., Clark, C. A., Markus, H. S. ve Morris, R. G. (2008). A structural equation modeling investigation of age-related variance in executive function and DTI measured white matter damage. *Neurobiology of Aging*, 29(10), 1547-1555.
- Clarys, D., Isingrini, M. ve Gana, K. (2002). Mediators of age-related differences in recollective experience in recognition memory. *Acta Psychologica*, 109(3), 315-329.
- Collette, F., Van der Linden, M., Laureys, S., Delfiore, G., Degueldre, C., Luxen, A. ve Salmon, E. (2005). Exploring the unity and diversity of the neural substrates of executive functioning. *Human Brain Mapping*, 25(4), 409-423.
- Conway, A. R. A., Kane, M. J. ve Engle, R. W. (2003). Working memory capacity and its relation to general intelligence. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(12), 547-552.
- Craik, F. I. ve McDowd, J. M. (1987). Age differences in recall and recognition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13(3), 474-479.
- Damasio, A. R. (1995). On some functions of the human prefrontal cortex. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 769, 241-252.
- Davidson, D. J., Zacks, R. T. ve Williams, C. C. (2003). Stroop interference, practice, and aging. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 10(2), 85-98.
- Dempster, F. N. (1992). The rise and fall of the inhibitory mechanism: Toward a unified theory of cognitive development and aging. *Developmental Review*, 12(1), 45-75.
- Dennis, N. A. ve Cabeza, R. (2008). Neuroimaging of healthy cognitive aging. F. I. M. Craik ve T. A. Salthouse (Ed.), *The handbook of aging and cognition içinde* (s. 1-54). Psychology Press.
- Diamond A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168.
- DiGirolamo, G. J., Kramer, A. F., Barad, V., Cepeda, N., Weissman, D. H., Wszalek, T. M., Cohen, N. J., Banich, N. T., Webb, A., Belopolsky, A. V. ve McAuley, E. (2001). General and task-specific frontal lobe recruitment in older adults during executive processes: A fMRI investigation of task switching. *NeuroReport*, 12, 2065-2072.
- Dollinger, S. M. C. ve Hoyer, W. J. (1996). Age and skill differences in the processing demands of visual inspection. *Applied Cognitive Psychology*, 10(3), 225-239.

- Fair, D. A., Cohen, A. L., Dosenbach, N. U., Church, J. A., Miezin, F. M., Barch, D. M. ve Schlaggar, B. L. (2008). The maturing architecture of the brain's default network. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(10), 4028-4032.
- Farkas, M. S. ve Hoyer, W. J. (1980). Processing consequences of perceptual grouping in selective attention. *Journal of Gerontology*, 35, 207-216.
- Fernandez-Duque, D. ve Black, S. E. (2006). Attentional networks in normal aging and Alzheimer's disease. *Neuropsychology*, 20(2), 133-143.
- Finkel, D., Reynolds, C. A., McArdle, J. J. ve Pedersen, N. L. (2007). Age changes in processing speed as a leading indicator of cognitive aging. *Psychology and Aging*, 22(3), 558-568.
- Fisk, J. E. ve Sharp, C. A. (2004). Age-related impairment in executive functioning: Updating, inhibition, shifting, and access. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 26(7), 874-890.
- Folk, C. L. ve Hoyer, W. J. (1992). Aging and shifts of visual spatial attention. *Psychology and Aging*, 7(3), 453-465.
- Fraser, S. A., Li, K. Z. ve Penhune, V. B. (2010). Dual-task performance reveals increased involvement of executive control in fine motor sequencing in healthy aging. *Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 65(5), 526-535.
- Getzmann, S., Golob, E. J. ve Wascher, E. (2016). Focused and divided attention in a simulated cocktail-party situation: ERP evidence from younger and older adults. *Neurobiology of Aging*, 41, 138-149.
- Gilmore, G. C., Tobias, T. R. ve Royer, F. L. (1985). Aging and similarity grouping in visual search. *Journal of Gerontology*, 40, 586-592.
- Gilsoul, J., Simon, J., Hogge, M. ve Collette, F. (2019). Do attentional capacities and processing speed mediate the effect of age on executive functioning? *Neuropsychology, Development, and Cognition. Section B, Aging, Neuropsychology and Cognition*, 26(2), 282-317.
- Glinka, K., Staudinger, U. M., Voelcker-Rehage, C. ve Godde, B. (2020). Neural processing of arousing emotional information is associated with executive functioning in older adults. *Emotion*, 20(4), 541-556.
- Greenwood, P. M. (2000). The frontal aging hypothesis evaluated. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 6, 705-726.
- Greenwood, P. M., Parasuraman, R. ve Haxby, J. V. (1993). Changes in visuospatial attention over the adult lifespan. *Neuropsychologia*, 31(5), 471-485.
- Guerrero, L., Isingrini, M., Angel, L., Fay, S., Tacconat, L. ve Bouazzaoui, B. (2021). Effect of self-reported internal memory strategy use on age-related episodic and working memory decline: Contribution of control processes. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 75(4), 348-361.
- Hanna-Pladdy, B. ve MacKay, A. (2011). The relation between instrumental musical activity and cognitive aging. *Neuropsychology*, 25(3), 378-386.
- Hartley, A. A. (2001). Age differences in dual-task interference are localized to response-generation processes. *Psychology and Aging*, 16(1), 47-54.
- Hartley, A. A., Kieley, J. M. ve Slabach, E. H. (1990). Age differences and similarities in the effects of cues and prompts. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16(3), 523-537.
- Hartley, A. A. ve Little, D. M. (1999). Age-related differences and similarities in dual-task interference. *Journal of Experimental Psychology*, 128(4), 416-421.
- Head, D., Buckner, R. L., Shimony, J. S., Williams, L. E., Akbudak, E., Conturo, T. E., McAvoy, M., Morris, J. C. ve Snyder, A. Z. (2004). Differential vulnerability of anterior white matter in nondemented aging with minimal acceleration in dementia of the alzheimer type: Evidence from diffusion tensor imaging. *Cerebral Cortex*, 14, 410-423.
- Hein, G. ve Schubert, T. (2004). Aging and input processing in dual-task situations. *Psychology and Aging*, 19(3), 416-432.
- Hertzog, C., Kramer, A. F., Wilson, R. S. ve Lindenberger, U. (2008). Enrichment effects on adult cognitive development: Can the functional capacity of older adults be preserved and enhanced? *Psychological Science in the Public Interest*, 9(1), 1-65.
- Hertzog, C. ve Bleckley, M. K. (2001). Age differences in the structure of intelligence influences of information processing speed. *Intelligence*, 29(3), 191-217.
- Hommel, B., Li, K. Z. ve Li, S. C. (2004). Visual search across the life span. *Developmental Psychology*, 40(4), 545-549.
- Hoyer, W. J. ve Ingolfsdottir, D. (2003). Age, skill, and contextual cuing in target detection. *Psychology and Aging*, 18(2), 210-218.
- Hull, R., Martin, R. C., Beier, M. E., Lane, D. ve Hamilton, A. C. (2008). Executive function in older adults: A structural equation modeling approach. *Neuropsychology*, 22(4), 508-522.
- Introzzi, I., Zamora, E., Aydmune, Y., Richard's, M. M., Comesaña, A. ve Canet-Juric, L. (2020). The change processes in selective attention during adulthood. Inhibition or processing speed? *The Spanish Journal of Psychology*, 23, e37.
- Jennings, J. M., Dagenbach, D., Engle, C. M. ve Funke, L. J. (2007). Age-related changes and the attention network task: An examination of alerting, orienting, and executive function. *Neuropsychology, Development, and Cognition. Section B, Aging, Neuropsychology and Cognition*, 14(4), 353-369.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Prentice-Hall.
- Kail, R. ve Salthouse, T. A. (1994). Processing speed as a mental capacity. *Acta Psychologica*, 86(2-3), 199-225.
- Kane, M. J. ve Engle, R. W. (2002). The role of prefrontal cortex in working-memory capacity, executive attention, and general fluid intelligence: An individual-differences perspective. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(4), 637-671.
- Kantowitz, B. H. ve Knight Jr, J. L. (1976). Testing tapping timesharing, II: Auditory secondary task. *Acta Psychologica*, 40(5), 343-362.
- Keys, B. A. ve White, D. A. (2000). Exploring the relationship between age, executive abilities, and psychomotor speed. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 6(1), 76-82.
- Killane, I., Donoghue, O. A., Savva, G. M., Cronin, H., Kenny, R. A. ve Reilly, R. B. (2014). Relative association of processing speed, short-term memory and sustained attention with task on gait speed: A study of community-dwelling people 50 years and older. *Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medi-*

- cal Sciences*, 69(11), 1407-1414.
- Klingberg, T., Fernell, E., Olesen, P. J., Johnson, M., Gustafsson, P., Dahlström, K., Gillberg, C. G., Forssberg, H. ve Westerberg, H. (2005). Computerized training of working memory in children with ADHD-A randomized, controlled trial. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 44(2), 177-186.
- Kramer, A. F., Cepeda, N. J. ve Cepeda, M. L. (2001). Methylphenidate effects on task-switching performance in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 40(11), 1277-1284.
- Kramer, A. F. ve Hillman, C. H. (2006). Aging, physical activity, and neurocognitive function. E. Acevedo ve P. Ekekakis (Ed.), *Psychobiology of physical activity içinde* (s. 45-60) Human Kinetics.
- Kramer, A. F. ve Madden, D. (2008). Attention. F. I. M. Craik ve T. A. Salthouse (Ed.), *The handbook of aging and cognition içinde* (s. 189-249). Lawrence Erlbaum.
- Krampe, R. T. ve Ericsson, K. A. (1996). Maintaining excellence: Deliberate practice and elite performance in young and older pianists. *Journal of Experimental Psychology: General*, 125(4), 331-359.
- Lavie, N. Hirst, A., de Fockert, J. W. ve Viding, E. (2004). Load theory of selective attention and cognitive control. *Journal of Experimental Psychology*, 133(3), 339-354.
- Lavie, N. ve Tsal, Y. (1994). Perceptual load as a major determinant of the locus of selection in visual attention. *Perception & Psychophysics*, 56(2), 183-197.
- Lien, M.-C., Allen, P. A., Ruthruff, E., Grabbe, J., McCann, R. S. ve Remington, R. W. (2006). Visual word recognition without central attention: Evidence for greater automaticity with advancing age. *Psychology and Aging*, 21(3), 431-447.
- Lincourt, A. E., Folk, C. L. ve Hoyer, W. J. (1997). Effects of aging on voluntary and involuntary shifts of attention. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 4(4), 290-303.
- Ludwig, C., Borella, E., Tettamanti, M. ve De Ribaupierre, A. (2010). Adult age differences in the color stroop test: A comparison between an item-by-item and a blocked version. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 51(2), 135-142.
- Macht, M. L. ve Buschke, H. (1983). Age differences in cognitive effort in recall. *Journal of Gerontology*, 38(6), 695-700.
- Madden, D. J., Bennett, I. J. ve Song, A. W. (2009). Cerebral white matter integrity and cognitive aging: Contributions from diffusion tensor imaging. *Neuropsychology Review*, 19(4), 415-435.
- Madden, D. J., Spaniol, J., Whiting, W. L., Bucur, B., Provenzale, J. M., Cabeza, R., White, L. E. ve Huettel, S. A. (2007). Adult age differences in the functional neuroanatomy of visual attention: A combined fMRI and DTI study. *Neurobiology of Aging*, 28, 459-476.
- Madden, D. J., Turkington, T. G., Provenzale, J. M., Hawk, T. C., Hoffman, J. M. ve Coleman, R. E. (1997). Selective and divided visual attention: Age-related changes in regional cerebral blood flow measured by H2 15O PET. *Human Brain Mapping*, 5, 389-409.
- Madden, D. J. ve Langley, L. K. (2003). Age-related changes in selective attention and perceptual load during visual search. *Psychology and Aging*, 18(1), 54-67.
- Madden, D. J., Whiting, W. L., Cabeza, R. ve Huettel, S. A. (2004). Age-related preservation of top-down attentional guidance during visual search. *Psychology and Aging*, 19(2), 304-309.
- Mahoney, J. R., Verghese, J., Goldin, Y., Lipton, R. ve Holtzer, R. (2010). Alerting, orienting, and executive attention in older adults. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 16(5), 877-889.
- Manard, M., Carabin, D., Jaspar, M. ve Collette, F. (2014). Age-related decline in cognitive control: The role of fluid intelligence and processing speed. *BMC Neuroscience*, 15, 7.
- Maquestiaux, F. (2016). Qualitative attentional changes with age in doing two tasks at once. *Psychonomic Bulletin & Review*, 23, 54-61.
- Maylor, E. A. ve Lavie, N. (1998). The influence of perceptual load on age differences in selective attention. *Psychology and Aging*, 13(4), 563-573.
- McAvinue, L. P., Vangkilde, S., Johnson, K. A., Habekost, T., Kyllingsbæk, S., Robertson, I. H. ve Bundesen, C. (2012). The relationship between sustained attention, attentional selectivity, and capacity. *Journal of Cognitive Psychology*, 24(3), 313-328.
- McCabe, D. P., Roediger, H. L., McDaniel, M. A., Balota, D. A. ve Hambrick, D. Z. (2010). The relationship between working memory capacity and executive functioning: Evidence for a common executive attention construct. *Neuropsychology*, 24(2), 222-243.
- McDowd, J. M. ve Craik, F. I. M. (1988). Effects of aging and task difficulty on divided attention performance. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 14(2), 267-280.
- Melzer, I. ve Oddsson, L. I. (2004). The effect of a cognitive task on voluntary step execution in healthy elderly and young individuals. *Journal of the American Geriatrics Society*, 52, 1255-1262.
- Meyer, D. E. ve Kieras, D. E. (1997). A computational theory of executive cognitive processes and multiple-task performance: Basic mechanisms. *Psychological Review*, 104(1), 3-65.
- Milham, M. P., Erickson, K. I., Banich, M. T., Kramer, A. F., Webb, A., Wszalek, T., ve Cohen, N. J. (2002). Attentional control in the aging brain: Insights from an fMRI study of the stroop task. *Brain and Cognition*, 49(3), 277-296.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A. ve Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex frontal lobe tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49-100.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Rettinger, D. A., Shah, P. ve Hegarty, M. (2001). How are visuospatial working memory, executive functioning, and spatial abilities related? A latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(4), 621-640.
- Nicosia, J., Cohen-Shikora, E. R. ve Balota, D. A. (2021). Re-examining age differences in the Stroop effect: The importance of the trees in the forest (plot). *Psychology and Aging*, 36(2), 214-231.
- Norman, D. A. ve Bobrow, G. (1975). On data-limited and resource-limited processes. *Cognitive Psychology*, 7, 44-64.
- Norman, D. A. ve Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behaviour. R. J. Davidson., G. E. Schwartz ve D. E. Shapiro (Ed.), *Consciousness and self-regulation içinde* (s. 1-14). Plenum Press.
- Ortega, A., Gómez-Ariza, C. J., Román, P. ve Bajo, M. T.

- (2012). Memory inhibition, aging, and the executive deficit hypothesis. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 38(1), 178-186.
- Osaka, M., Osaka, N., Kondo, H., Morishita, M., Fukuyama, H., Aso, T. ve Shibasaki, H. (2003). The neural basis of individual differences in working memory capacity: An fMRI study. *NeuroImage*, 18(3), 789-797.
- Paap, K. R. ve Sawi, O. (2014). Bilingual advantages in executive functioning: Problems in convergent validity, discriminant validity, and the identification of the theoretical constructs. *Frontiers in Psychology*, 5, 962-978.
- Pardo, J. V., Lee, J. T., Sheikh, S. A., Surerus-Johnson, C., Shah, H., Munch, K. R., Carlis, J. V., Lewis, S. M., Kuskowski, M. A. ve Dysken, M. W. (2007). Where the brain grows old: Decline in anterior cingulate and medial prefrontal function with normal aging. *NeuroImage*, 35(3), 1231-1237.
- Pashler, H. (1984). Processing stages in overlapping tasks: Evidence for a central bottleneck. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 10(3), 358-377.
- Pashler, H. (1994). Dual-task interference in simple tasks: Data and theory. *Psychological Bulletin*, 116(2), 220-244.
- Pashler, H. ve Johnston, J. C. (1998). Attentional limitations in dual-task performance. H. Pashler (Ed.), *Attention* içinde (s. 155-189). Psychology Press/Erlbaum.
- Passow, S., Westerhausen, R., Wartenburger, I., Hugdahl, K., Heekeren, H. R., Lindenberger, U. ve Li, S. C. (2012). Human aging compromises attentional control of auditory perception. *Psychology and Aging*, 27(1), 99-105.
- Penning, M. D., Ruiz-Rizzo, A. L., Redel, P., Müller, H. J., Salminen, T., Strobach, T. ve Finke, K. (2021). Alertness training increases visual processing speed in healthy older adults. *Psychological Science*, 32(3), 340-353.
- Perbal, S., Droit-Volet, S., Isingrini, M. ve Pouthas, V. (2002). Relationships between age-related changes in time estimation and age-related changes in processing speed, attention, and memory. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 9(3), 201-216.
- Petersen, S. E. ve Posner, M. I. (2012). The attention system of the human brain: 20 years after. *Annual Review of Neuroscience*, 35, 73-89.
- Phillips, L. H. ve Henry, J. D. (2008). Adult aging and executive functioning. V. Anderson, R. Jacobs ve P. J. Anderson (Ed.), *Executive functions and the frontal lobes: A lifespan perspective* içinde (s. 57-79). Taylor & Francis.
- Pires, L., Moura, O., Guerrini, C., Buekenhout, I., Simoes, M. R. ve Leitao, J. (2019). Confirmatory factor analysis of neurocognitive measures in healthy young adults: The relation of executive functions with other neurocognitive functions. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 34(3), 350-365.
- Posner, M. I. (1978). *Chronometric explorations of mind*. Lawrence Erlbaum.
- Posner, M. I. (2012). Imaging attention networks. *NeuroImage*, 61(2), 450-456.
- Posner, M. I., Rothbart, M. K., Sheese, B. E. ve Voelker, P. (2014). Developing attention: Behavioral and brain mechanisms. *Advances in Neuroscience*, 2014, 405094.
- Posner, M. I. ve DiGirolamo, G. J. (1998). Executive attention: Conflict, target detection, and cognitive control. R. Parasuraman (Ed.), *The attentive brain* içinde (s. 401-423). The MIT Press.
- Posner, M. I. ve Fan, J. (2008). Attention as an organ system. J. Pomerantz (Ed.), *Topics in integrative neuroscience: From cells to cognition* içinde (s. 31-61). Cambridge University Press.
- Posner, M. I. ve Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 25-42.
- Posner, M. I. ve Rothbart, M. K. (2007). *Educating the human brain*. American Psychological Association.
- Posner, M. I. ve Rothbart, M. K. (2014). Attention to learning of school subjects. *Trends in Neuroscience and Education*, 3(1), 14-17.
- Prakash, R. S., Erickson, K. I., Colcombe, S. J., Kim, J. S., Voss, M. W. ve Kramer, A. F. (2009). Age-related differences in the involvement of the prefrontal cortex in attentional control. *Brain and Cognition*, 71(3), 328-335.
- Rabbitt, P. (1965). An age-decrement in the ability to ignore irrelevant information. *Journal of Gerontology*, 20, 233-238.
- Raz, N., Lindenberger, U., Rodrigue, K. M., Kennedy, K. M., Head, D., Williamson, A., Dahle, C., Gerstorf, D. ve Acker, J. D. (2005). Regional brain changes in aging healthy adults: General trends, individual differences and modifiers. *Cerebral Cortex*, 15, 1676-1689.
- Raz, N., Rodrigue, K. M., Kennedy, K. M. ve Acker, J. D. (2007). Vascular health and longitudinal changes in brain and cognition in middle-aged and older adults. *Neuropsychology*, 21(2), 149-157.
- Read, C. A., Rogers, J. M. ve Wilson, P. H. (2015). Working memory binding of visual object features in older adults. *Aging, Neuropsychology and Cognition*, 23(3), 263-281.
- Reuter-Lorenz, P. A. ve Cappell, K. A. (2008). Neurocognitive aging and the compensation hypothesis. *Current Directions in Psychological Science*, 17(3), 177-182.
- Rodrigues, P. F. ve Pandeirada, J. N. (2015). Attention and working memory in elderly: The influence of a distracting environment. *Cognitive Processing*, 16(1), 97-109.
- Rogers, W. A. ve Fisk, A. D. (2000). Human factors, applied cognition, and aging. F. I. M. Craik ve T. A. Salthouse (Ed.), *The handbook of aging and cognition* içinde (s. 559-591). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Rueda, M. R. (2018). Attention in the heart of intelligence. *Trends in Neuroscience and Education*, 13, 26-33.
- Rueda, M. R. ve Posner, M. I. (2013). Development of attention networks. P. D. Zelazo (Ed.), *The Oxford handbook of developmental psychology (Vol. 1): Body and mind* içinde (s. 683-705). Oxford University Press.
- Rumelhart, D. E. ve McClelland, J. L. (1986). *Parallel distributed processing: Explorations in the microstructure of cognition*. MIT Press.
- Ruthruff, E. ve Lien, M. C. (2016). Aging and attention. N. A. Pachana (Ed.), *Encyclopedia of geropsychology* içinde (s. 1-7). Springer.
- Salat, D. H., Tuch, D. S., Greve, D. N., van der Kouwe, A. J., Hevelone, N. D., Zaleta, A. K., Rosen, B. R., Fischl, B., Corkin, S., Diana Rosas, H. ve Dale, A. M. (2005). Age-related alterations in white matter microstructure measured by diffusion tensor imaging. *Neurobiology of*

- Aging*, 26, 1215-1227.
- Salthouse, T. A. (1982). Duration estimates of two information processing components. *Acta Psychologica*, 52(3), 213-226.
- Salthouse, T. A. (1984). Effects of age and skill in typing. *Journal of Experimental Psychology: General*, 113(3), 345-371.
- Salthouse, T. A. (1988). Resource-reduction interpretations of cognitive aging. *Developmental Review*, 8, 238-272.
- Salthouse, T. A. (1990). Influence of experience on age differences in cognitive functioning. *Human Factors*, 32, 551-569.
- Salthouse, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, 103(3), 403-428.
- Salthouse, T. A. (2005). Effects of aging on reasoning. K. J. Holyoak ve R. G. Morrison (Ed.), *The Cambridge handbook of thinking and reasoning* içinde (s. 589-605). Cambridge University Press.
- Salthouse, T. A. (2005). Relations between cognitive abilities and measures of executive functioning. *Neuropsychology*, 19(4), 532-545.
- Salthouse, T. A. (2009). When does age-related cognitive decline begin? *Neurobiology of Aging*, 30(4), 507-514.
- Salthouse, T. A. (2017). Neural correlates of age-related slowing. R. Cabeza, L. Nyberg ve D. C. Park (Ed.), *Cognitive neuroscience of aging: Linking cognitive and cerebral aging* içinde (s. 259-272). Oxford University Press.
- Salthouse, T. A. (2018). Why is cognitive change more negative with increased age? *Neuropsychology*, 32(1), 110-118.
- Salthouse, T. A., Berish, D. E. ve Miles, J. D. (2002). The role of cognitive stimulation on the relations between age and cognitive functioning. *Psychology and Aging*, 17(4), 548-557.
- Solesio-Jofre, E., Lorenzo-López, L., Gutiérrez, R., López-Frutos, J. M., Ruiz-Vargas, J. M. ve Maestú, F. (2012). Age-related effects in working memory recognition modulated by retroactive interference. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 67(6), 565-572.
- Sparrow, W. A., Bradshaw, E. J., Lamoureux, E. ve Tirosh, O. (2002). Ageing effects on the attention demands of walking. *Human Movement Science*, 21(5-6), 961-972.
- Stuss, D. T. ve Alexander, M. P. (2000). Executive functions and the frontal lobes: A conceptual view. *Psychological Research*, 63(3-4), 289-298.
- Stuss, D. T. ve Benson, D. F. (1986). *The frontal lobes*. Raven Press.
- Svetina, M. (2016). The reaction times of drivers aged 20 to 80 during a divided attention driving. *Traffic Injury Prevention*, 17(8), 810-814.
- Sylvain-Roy, S., Lungu, O. ve Belleville, S. (2015). Normal aging of the attentional control functions that underlie working memory. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 70(5), 698-708.
- Tisserand, D. J. ve Jolles, J. (2003). On the involvement of prefrontal networks in cognitive ageing. *Cortex*, 39, 1107-1128.
- Treisman, A. (1982). Perceptual grouping and attention in visual search for features and for objects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 8(2), 194-214.
- Tsang, P. S. (2013). Ageing and attentional control. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 66(8), 1517-1547.
- Vaughan, L. ve Giovanello, K. (2010). Executive function in daily life: Age-related influences of executive processes on instrumental activities of daily living. *Psychology and Aging*, 25(2), 343-355.
- Verhaeghen, P. (2015). Aging and executive control: Reports of a demise greatly exaggerated. *Current Directions in Psychological Science*, 20, 174-180.
- Verhaeghen, P., Steitz, D. W., Sliwinski, M. J. ve Cerella, J. (2003). Aging and dual-task performance: A meta-analysis. *Psychology and Aging*, 18, 443-460.
- Verissimo, J., Verhaeghen, P., Goldman, Weinstein, M. ve Ullman, M. T. (2022). Evidence that ageing yields improvements as well as declines across attention and executive functions. *Nature Human Behaviour*, 6, 97-110.
- Watson, D. G. ve Maylor, E. A. (2002). Aging and visual marking: Selective deficits for moving stimuli. *Psychology and Aging*, 17(2), 321-339.
- Wecker, N. S., Kramer, J. H., Wisniewski, A., Delis, D. C. ve Kaplan, E. (2000). Age effects on executive ability. *Neuropsychology*, 14(3), 409-414.
- West, R. L. (1996). An application of prefrontal cortex function theory to cognitive aging. *Psychological Bulletin*, 120(2), 272-292.
- West, R. ve Schwarb, H. (2006). The influence of aging and frontal function on the neural correlates of regulative and evaluative aspects of cognitive control. *Neuropsychology*, 20(4), 468-481.
- Wickens, C. D. (1984). Processing resources in attention. R. Parasuraman ve D. R. Davies (Ed.), *Varieties of attention* içinde (s. 63-102). Academic.
- Wickens, C. D. (2002). Multiple resources and performance prediction. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 3(2), 159-177.
- Willis, S. L. ve Schaie, K. W. (2006). A constructionist view of third age: The case of cognition. *Annual Review of Gerontology and Geriatrics*, 26, 131-152.
- Zanto, T. P., Pan, P., Liu, H., Bollinger, J., Nobre, A. C. ve Gazzaley, A. (2011). Age-related changes in orienting attention in time. *Journal of Neuroscience*, 31(35), 12461-12470.
- Zanto, T. P. ve Gazzaley, A. (2014). Attention and ageing. A. C. Nobre ve S. Kastner (Ed.), *The Oxford handbook of attention* içinde (s. 927-971). Oxford University Press.
- Zhang, H. Y., Chen, W. X., Jiao, Y., Xu, Y., Zhang, X. R. ve Wu, J. T. (2014). Selective vulnerability related to aging in large-scale resting brain networks. *PLoS one*, 9(10), e108807.
- Zhou, S. S., Fan, J., Lee, T. M., Wang, C. Q. ve Wang, K. (2011). Age-related differences in attentional networks of alerting and executive control in young, middle-aged, and older Chinese adults. *Brain and Cognition*, 75(2), 205-210.