

# ÇOCUKLAR ÜZERİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR ÇERÇEVESİNDE AEROBİK EGZERSİZ, FİZİKSEL AKTİVİTE VE YÖNETİCİ İŞLEVLER

Perican BAYAR<sup>1</sup>, Erdem ÇAKALOĞLU<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ankara Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi

Geliş Tarihi:21.05.2018

Kabul Tarihi:21.06.2018

SPORMETRE, 2018,16(2),6-15

**Öz:** Aerobik egzersizin fiziksel faydalarının yanında bilişsel faydalarına olan ilgi giderek artmaktadır. Bu çerçevede aerobik egzersizin, prefrontal korteks ile ilişkili yönetici işlevler üzerine olan etkileri son zamanlarda en çok çalışılan konular arasında yer almaktadır. Bu çalışmanın amacı; yönetici işlevler kavramına ve literatürde yer alan paradigmalara değinmek, çocuklar üzerinde yapılan çalışmalar çerçevesinde fiziksel aktivite ve aerobik egzersizin yönetici işlevler üzerine etkilerini ve potansiyel etki mekanizmalarını özetlemektir. Çalışmada literatürde yer alan ve çocuklar üzerinde gerçekleştirilen araştırmalar çerçevesinde, aerobik egzersiz ve fiziksel aktivitenin yönetici işlevler üzerine olan etkileri incelenmiştir. Sonuç olarak aerobik egzersiz ve fiziksel aktivite çocukların yönetici işlevleri üzerine olumlu etkilere sahiptir ve bu olumlu etkilerin olası mekanizmalarını inceleyen daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

**Anahtar Kelimeler:** Aerobik Egzersiz, Etki Mekanizması, Fiziksel Aktivite, Yönetici İşlevler

## AEROBIC EXERCISE, PHYSICAL ACTIVITY AND EXECUTIVE FUNCTIONS IN THE FRAMEWORK OF STUDIES ON CHILDREN

**Abstract:** There is an increasing interest in the physical benefits as well as the cognitive benefits of aerobic exercise. In this context, the effects of aerobic exercise on the executive functions associated with the prefrontal cortex have recently been among the most studied topics. The purpose of this study is; explaining the concept of executive functions and the paradigms in the literature, summarizing the effects of physical activity and aerobic exercise on executive functions in children and potential mechanisms of the effects. The effects of aerobic exercise and physical activity on executive functions were investigated in the literature on studies conducted on children. As a result, aerobic exercise and physical activity have positive effects on the children's executive functions, and further research is needed to examine the possible mechanisms of these positive effects.

**Key Words:** Aerobic Exercise, Executive Functions, Mechanism of Effect, Physical Activity

## GİRİŞ

Egzersizin kasları geliştirmekten ve kalp hastalıklarını engellemekten daha fazlasını bizlere sunduğunu düşünen araştırmacılar, yakın geçmişte egzersizin bilişsel süreçler üzerine etkilerini araştırmaya başlamışlardır (Hillman ve ark, 2008; Tomporowski, 2003). Bu alanda yapılan çalışmaların öncülerinden olan Spirduso ve Clifford (1978), egzersiz yapan sağlıklı yaşlıların reaksiyon zamanlarının sedanter gençlerden daha hızlı olduğunu saptamışlardır. Çalışma bu haliyle, egzersiz yardımıyla yaşlanma sürecinin geciktirilebileceğini ve bir yetenek olan reaksiyon zamanının egzersizden etkilendiğinin mesajını vermiştir.

Aerobik egzersiz ve bilişsel süreçleri ele alan çalışmalarda genel olarak aerobik egzersizin yönetici işlevler üzerine etkisi incelenmiştir. Li ve ark. (2014), yaşları 19-22 arasındaki 15 kişi üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmada, 20 dakikalık orta şiddetli aerobik egzersizin yönetici işlevlerin bir fonksiyonu olan çalışma belleği üzerine etkilerini fMRI görüntüleme tekniği kullanarak araştırmışlar ve aerobik egzersizin

kortikal aktiviteyi arttırdığını bulmuşlardır. Pontifex ve ark. (2009), yaş ortalamaları 20 olan 21 kişi üzerinde, 30 dakikalık aerobik egzersizin çalışma belleğine etkilerini araştırmışlar ve aerobik egzersizin çalışma belleğini olumlu etkilediği sonucuna ulaşmışlardır. Kao ve ark. (2017) yaşları 18-24 arasında yer alan 64 kişi ile yürüttükleri çalışmada 20 dakikalık orta şiddetli aerobik egzersizin yönetici işlevler üzerine etkilerini incelemişler ve aerobik egzersizin yönetici işlevler üzerinde etkili olduğunu ve işlevini hızlandırdığını bulmuşlardır. Benzer şekilde Dunsky ve ark. (2017), yaş ortalamaları 52 olan 39 kişi üzerinde 30 dakikalık orta şiddetli aerobik egzersizin yönetici işlevler üzerine etkisini ele aldıkları çalışmalarında önceki çalışmalara benzer şekilde yönetici işlevleri olumlu etkilediği sonucuna ulaşmışlardır. Chen ve ark (2016), 10 yaşındaki 9 çocuk katılımcı üzerinde yaptıkları araştırmada, orta şiddetli aerobik egzersiz sonrasında fMRI tarama tekniğini kullanarak aerobik egzersizin çalışma belleği üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında aerobik egzersizin çalışma belleği fonksiyonunu olumlu etkilediğini saptamışlardır.

Adı geçen çalışmalarda da görüldüğü gibi araştırmalar farklı yaş gruplarında yürütülmüştür. Aerobik egzersizin ve fiziksel aktivitenin çocuklar üzerine etkilerine verilen önem, çeşitli müdahale çalışmalarını da beraberinde getirmiştir. Ludyga ve ark (2018a), 8 haftalık, okul sonrası 20 dakikadan oluşan fiziksel aktivite programının yönetici işlevler üzerine etkisini inceledikleri çalışmada fiziksel aktivite programının yönetici işlevleri desteklediğini bildirmişlerdir.

Amerikan Spor Hekimliği Koleji (ACSM) bu alandaki gelişmeleri dikkatli bir şekilde takip ederek 2016 yılında bilişsel süreçler ve egzersiz ilişkisine yönelik bir durum raporu yayınlamıştır. Bu raporda çocuklar üzerinde yapılan araştırmalardan yola çıkarak özellikle egzersizin bilişsel süreçlere ne şekilde etki edebileceğine yer vermişlerdir (Donnelly ve ark., 2016).

Ülkemizde çocuklar üzerinde bu alanda gerçekleştirilmiş çalışmaların olmaması göz önüne alındığında, yurt dışındaki araştırmaları kapsayan bir derlemenin alana yarar sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca akut aerobik egzersizin ve fiziksel aktivitenin yönetici işlevler üzerine etki eden potansiyel mekanizmalarının ele alınması alana kazandırılacak çalışmalar için önemli bir dayanak noktası oluşturabilecektir. Bu çalışmanın amacı; yönetici işlevler kavramına ve literatürde yer alan paradigmalara değinmek, çocuklar üzerinde yapılan çalışmalar çerçevesinde fiziksel aktivite ve aerobik egzersizin yönetici işlevlere akut etkilerini ve potansiyel etki mekanizmalarını özetlemektir.

## **YÖNETİCİ İŞLEVLER KAVRAMI**

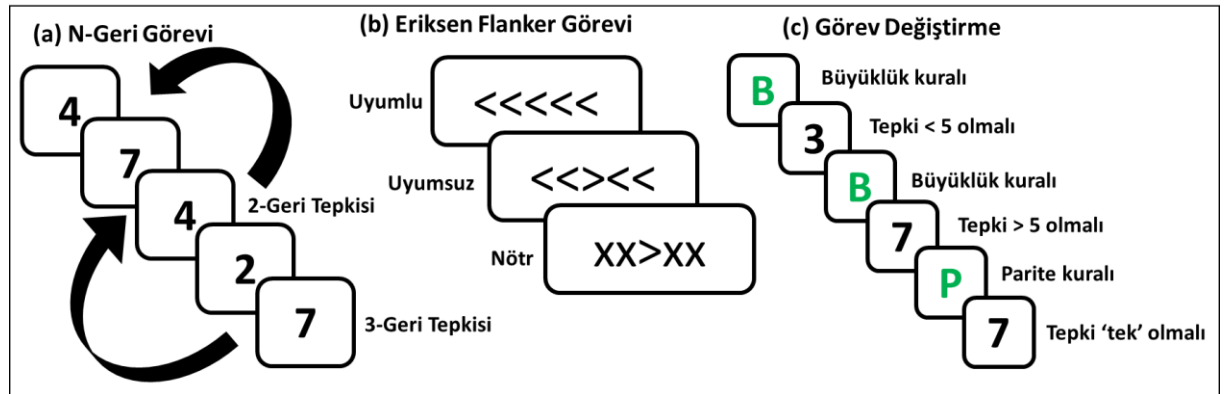
Yönetici işlevler, prefrontal korteks ile ilişkili, amaca yönelik işlemlerin kontrolünden ve organizasyonundan sorumlu bilişsel süreçleri kapsayan bir terimdir. Bu bilişsel süreçler; kavramsallaştırma, akıl yürütme, problem çözme, bilişsel esneklik, yaratıcılık, karar verme, planlama, bozucu etkiye karşı koyabilme ve tepki ketlemesi (engellemesi) yapabilmeyi içerir (Banich, 2009). Bir başka tanıma göre yönetici işlevler; seçici dikkat ve seçici engellemeyi içeren, zamanda ve mekânda organize olma, tepki vermek için hazır bulunma, belirli bir hedefe ulaşmak için plan yapma ve bilişsel esneklik gibi becerileri içeren eşsiz bir alan olarak tanımlanmaktadır (Pennington ve Ozonoff, 1996).

Miyake ve ark. (2000) yaptıkları faktör analizi sonucunda yönetici işlevlerin üç temel bileşenden oluştuğunu belirtmişlerdir. Bu bileşenler çalışma belleği, ketleme (engelleme) ve bilişsel esnekliktir. Çalışma belleği, dili kavrama, öğrenme ve akıl yürütme gibi karmaşık bilişsel görevler için gerekli bilgilerin geçici olarak saklanması ve manipüle edilmesini sağlayan bir beyin sistemini ifade etmektedir. Çalışma belleğinin eş zamanlı olarak bilgiyi depoladığı ve işlediği bildirilmiştir (Baddeley, 1992). Ketleme kavramı; güçlü bir içsel yatkınlığı ya da dışsal bir uyarı geçersiz kılmak için dikkat, davranış, düşünce ve/veya duyguların kontrol edilmesidir (Diamond, 2013). Başka bir deyişle, bir görevdeki uyarılara ilişkin baskın bir tepkinin engellenmesinin yanında, rekabet halinde ve çatışan bir alt-baskın (subdominant) tepkinin seçilmesini ve yürütülmesini ifade eder (Kipp, 2005). Bilişsel esneklik ise mekânsal (Örn: Bir nesneye farklı bir açıdan bakınca nasıl görülebileceğini düşünmek) ve kişilerarası (Örn: Bir durumu başkasının bakış açısıyla değerlendirmeye çalışmak) perspektifin değiştirilmesini içerir. Buna ek olarak bilişsel esneklik çalışma belleği ve ketleme üzerine de kurulmuştur. Yani perspektifleri değiştirmek için daha önceki bakış açısının ketlenmesini ve başka bir perspektifin çalışma belleği aracılığıyla işlenmesini gerektirir (Diamond, 2013).

Bu kavramlardan hareketle yönetici işlevleri ele alan çalışmalarda kullanılan paradigmlar: (1) bellekte bulunan bilgilerin devamlı olarak güncellenmesini gerektiren görevler (çalışma belleği paradigmları), (2) baskın (dominant) ya da hazırlanmış olan tepkinin bastırılmasını gerektiren ketleme (inhibisyon) görevleri ve (3) bir ya da daha fazla uyarı-tepki çiftlerine göre ayarlama yapmayı gerektiren değiştirme (shifting) (bilişsel esneklik paradigmları) görevleridir.

## ÇALIŞMALARDA KULLANILAN PARADİGMALAR

Çalışmalarda kullanılan paradigmları Diamond (2013) şekil 1 de görüldüğü gibi ifade etmektedir. Genel olarak bakıldığında üç farklı paradigma dikkat çekmektedir.



Şekil 1: Çalışmalarda Kullanılan Paradigmlar (Diamond, 2013)

### *Çalışma Belleği Paradigmları:*

Bu paradigmlar, mevcut uyarı özelliklerinin işlenmesi ve aynı zamanda çalışma belleğinde tutulmasını gerektirir. Başka bir deyişle, bilgilerin eş zamanlı olarak korunması ve güncellenmesi sırasında karar almayı gerektirir. Buna iyi bir örnek N-geri görevidir (Şekil 1a). N-geri görevinde katılımcılara bir dizi uyarıcı (Örn: kelimeler, şekiller, sayılar) verilir. Görevin adında yer alan “N” kaç deneme önceki uyarıya göre

cevap verileceğini ifade eder. Yani 1-geri görevinde katılımcı önünde yer alan mevcut uyarın ile sadece bir önceki uyarının aynı olup olmadığına (2-geri görevinde 2, 3-geri görevinde 3 deneme öncesine göre) karar verecektir. Bilişsel yük, çalışma belleğinde tutulması gereken dizinin uzunluğunun arttırılarak manipüle edilebilir (Örn: 3-geri, 2-geri'den daha yüksek bir yüke ve 4-geri'den daha düşük bir yüke sahiptir).

#### *Ketleme Paradigmaları:*

Bu paradigmalarda, görevle ilgili ve ilgili olmayan uyarın özellikleri ve/veya uyarın yanıtı arasında çatışma (çelişki) oluşturan denemeler yer alır. Burada çatışma, farklı yanıtlarla ilişkili özellikleri içeren uyarınların sunulmasıyla sağlanır. Bu paradigmaya iyi bir örnek, Eriksen Flanker (Şekil 1b) görevidir (Eriksen & Eriksen, 1974). Bu görevde katılımcılardan ortada yer alan ok hangi yönü gösteriyorsa, ona göre tepki vermeleri istenir. Fakat ortada yer alan okun etrafında başka uyarınlar ( < ve X ) da bulunur. Tepki verilecek okun etrafındakiler ok ile aynı yönü gösteriyorsa (Örn: <<<<<) uyumlu, farklı yönü gösteriyorsa (Örn: <<<><<) uyumsuz, ilgisiz ise (Örn: XX<XX) nötr bir denemedir. Bu görevde uyumsuz denemeler bir çatışma yaratacaktır. Çatışmanın yer aldığı denemelerde de genellikle daha yavaş reaksiyon zamanı ve daha fazla hata oranı gözlemlenir.

#### *Bilişsel Esneklik Paradigmaları:*

Bu paradigmalarda, hedefler veya görev kümeleri arasında geçiş yapmak için gerekli bilişsel kontrol mekanizmalarını hedefler. Bu görevlerde belirli bir ipucuna göre görev değişir. Örneğin, ipuçlarına göre sayıları pariteye (tek-çift oluşuna) göre veya 5'ten büyük-küçük oluşuna göre sınıflamak (Şekil 1c). Bu görevde katılımcıdan örneğin sayıdan önce "P" harfi gelirse pariteye göre, "B" harfi gelirse büyüklüğe göre cevap vermesi istenir. Böylece görevdeki kural sürekli olarak değişir. Katılımcı da bu değişime sürekli olarak ayak uydurmaya çalışır. Tüm bunlara ek olarak verilen ipucu dışsal (ipucu bir harf olabilir) ya da içsel (her 2 denemede bir kuralı değiştiriniz yönergesinin verilebilir) olabilir (Gratton ve ark., 2018).

## **ÇOCUKLARDA AEROBİK EGZERSİZ VE YÖNETİCİ İŞLEVLERE YÖNELİK İLİŞKİLERİ İNCELEYEN ÇALIŞMALAR**

Literatürde yer alan ve her yaş grubunu kapsayan çalışmaların bir kısmı aerobik egzersizin yönetici işlevler üzerinde olumlu etkilere sahip olduğunu bildirirken (Chang ve ark., 2015; Chen ve ark., 2014; Chen ve ark., 2016; Coetsee ve Terblanche, 2017; Lerche ve ark., 2018; Ludyga ve ark., 2018a; Ludyga ve ark., 2018b; Tsukamoto ve ark., 2016), bir kısmı da anlamlı bir fark bulunmadığını (Castelli ve ark., 2007; Li ve ark., 2014; Lindheimer ve ark., 2017; Nagamatsu ve ark., 2012) bildirmiştir.

Çalışmalar arasındaki temel farklar katılımcıların yaşları, sağlık durumları, fiziksel uygunlukları, kullanılan testler, egzersiz süre ve şiddeti, bilişsel testlerin uygulanma süreleri ve kullanılan deney desenlerinden kaynaklanmaktadır. Görüldüğü üzere birçok faktör egzersizin yönetici işlevler üzerinde etkilidir. Chang ve arkadaşlarının (2012) yapmış olduğu meta-analize göre en az 20 dakikalık orta şiddetli aerobik egzersizin, yönetici işlevler üzerine olumlu etkilere sahip olduğu bildirilmiştir. Bu olumlu etkilerinde daha çok egzersiz bitiminden sonraki 12-20 dakika içerisinde ortaya çıktığı görülmektedir.

Çocuklar üzerinde yapılan çalışmalar ele alındığında; Tomporowski ve ark. (2008) 7-11 yaş arası katılımcıları dahil ettikleri çalışmalarında 23 dakikalık yürüyüşün bilişsel esneklik üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışma bulgularına göre düşük şiddetli egzersizin bilişsel esneklik üzerine anlamlı düzeyde etki göstermediği bulunmuştur. Bu bulguya paralel başka çalışmalar da literatürde yer almaktadır (Coles ve Tomporowski, 2007; Kubesch ve ark., 2003; Tomporowski ve Ganio, 2006). Bu bağlamda, hangi tür ve hangi şiddetteki egzersizin bilişsel esneklik üzerine etkili olduğu konusunda daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulduğu görülmektedir.

Drollette ve ark. (2012), 9-11 yaş aralığında, 36 katılımcıyla yaptıkları çalışmada düşük şiddetli yürüyüş ve istirahatın çocukların yönetici işlevleri (ketleme ve çalışma belleği) üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışma bulgularına göre katılımcıların istirahat koşulu sonrası Flanker testi doğruluk oranlarında anlamlı düzeyde düşüş gözlemlenirken, yürüme koşulu sonrası anlamlı bir farka rastlanmamıştır. N-geri testinde ise her iki koşulda da anlamlı bir farka rastlanmamıştır.

Chen ve ark. (2014), 9 yaşındaki 3. Sınıf öğrencileri (n=34) ve 11 yaşındaki 5. Sınıf öğrencileri (n=49) ile yapmış oldukları çalışmalarında 30 dakikalık grup halinde orta şiddetli koşunun yönetici işlevler üzerine etkisini incelemişlerdir. Egzersizin bitirilmesinden ortalama 20 dakika sonra katılımcılara bilişsel testler (Eriksen Flanker test ve 2-Geri görevi) uygulanmıştır. Her iki bilişsel testte de doğruluk oranlarının değişmediği, fakat Eriksen Flanker testinde reaksiyon zamanlarının orta şiddetli egzersiz koşulunda kontrol koşuluna göre anlamlı olarak azaldığı bulunmuştur.

Jager ve ark. (2015), 11 yaşındaki 219 çocuk üzerinde yapmış oldukları çalışmada, katılımcıları 4 gruptan (fiziksel oyun, aerobik egzersiz, sedanter bilişsel oyun, istirahat) birine seçkisiz olarak atamışlardır. 20 dakikalık orta şiddetli fiziksel oyun ya da aerobik egzersizin hemen sonrasında alınan yönetici işlevler testleri (N-geri, Flanker ve blok eklenmiş Flanker) sonuçlarına göre, koşullar arası anlamlı bir farka rastlanmamıştır. Benzer şekilde Best (2011), 20 dakikalık teknoloji destekli aktif oyun (exergame) seansının 10 yaşındaki çocuklarda yönetici işlevler üzerine etkisi araştırmıştır. Teknoloji destekli aktif oyun (TDAO) adını egzersiz ve oyunun birleşiminden alan, oyun sırasında katılımcının hareket ettiği yeni jenerasyon bir oyun sistemidir. Oyunun bitiminin hemen ardından alınan Flanker testlerine göre TDAO koşulunda yer alan deneklerin test performansları diğer koşullardakilere göre geliştiği bulunmuştur. Ayrıca TDAO koşulundaki deneklerin, basit egzersiz yapan deneklere göre daha fazla keyif aldıklarını bildirmişlerdir (Yüksel ve Tuncel, 2017). Bu çalışma günümüzde fiziksel aktivite ile teknolojinin birleşiminin, akut olarak çocuklarda yönetici işlevler üzerine etki edebileceğinin göstergesi olabileceği söylenebilir. Ancak bu alanda henüz ülkemizde bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Drollette ve ark. (2014), 9-10 yaşındaki 40 katılımcıyı Flanker test performanslarına göre yüksek ve düşük başarı gruplarına ayırmışlardır. Sonrasında katılımcılar, karşıt dengeli olarak 20 dakikalık orta şiddetli egzersiz ve istirahat koşullarına alınmışlardır. Bu koşulların hemen sonrasında Flanker testi uygulanmıştır. Düşük test performansına sahip bireylerin egzersiz sonrası doğruluk oranları, dinlenme koşuluna ve yüksek test performansı grubuna göre anlamlı düzeyde artış göstermiştir.

Vazou ve Smiley-Oyen (2014)'in 9-11 yaş aralığındaki 35 obez ve normal kilodaki çocuğun yer aldığı çalışmalarında, matematik çalışmasına entegre edilmiş 10 dakikalık aerobik fiziksel aktivitenin yönetici işlevler üzerine etkileri incelenmişlerdir. Matematik çalışması arasında yapılan 10 dakikalık aerobik fiziksel aktivitenin, yönetici işlevler üzerine pozitif etkilerinin olduğunu bildiren araştırmacılar, buna ek olarak katılımcıların oturarak matematik çalışmaya göre fiziksel aktivitenin dahil edildiği çalışmadan daha fazla keyif aldıklarını belirtmişlerdir.

Lambrick ve ark. (2016) devamlı ve aralıklı aerobik egzersizin 8-10 yaş grubu (n=9) çocuklarında yönetici işlevler üzerine etkisini incelemişlerdir. Çalışmada ketleme fonksiyonunu ölçmek için Stroop testi kullanılmıştır. Stroop ölçümleri egzersiz öncesinde, hemen sonrasında, 15 ve 30 dakika sonrasında alınmıştır. Araştırmacılar, katılımcıların Stroop testi reaksiyon zamanlarının hem devamlı hem de aralıklı aerobik egzersiz sonrasında başlangıca göre anlamlı düzeyde düştüğünü ve bu pozitif etkilerin egzersiz bitiminden 30 dakika sonrasına kadar devam ettiğini bildirmişlerdir.

Chen ve ark (2016), 10 yaşındaki 9 katılımcı üzerinde yaptıkları araştırmada, orta şiddetli aerobik egzersiz sonrasında N-geri görevi ve fMRI tarama tekniğini kullanmışlardır. Kontrol koşulu ile karşılaştırıldığında 30 dakikalık orta şiddetli aerobik egzersiz sonrası yapılan (egzersizden hemen sonra ve 30. dakikada) N-geri görevlerinde beyin bölgelerinin (bilateral parietal korteks, sol hipokampus ve bilateral serebellum) daha fazla aktive olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca egzersiz koşulu sonrası 2-geri görevi reaksiyon zamanı, kontrol koşuluna göre anlamlı olarak azalmıştır.

Chu ve ark. (2017), 20 çocuk ve 20 yetişkinin katıldığı çalışmalarında 30 dakikalık orta şiddetli aerobik egzersizin ketleme üzerine etkilerini incelemişlerdir. Ketleme fonksiyonunu ölçmek için Stroop testi kullanılmıştır. Çalışmanın bulgularına göre araştırmacılar, orta şiddetli aerobik egzersizin yetişkinlerde, çocuklara göre daha fazla pozitif etkileri olduğunu bildirmişlerdir.

Chen ve ark. (2016) 10 yaşında 9 çocuk üzerinde yapmış oldukları çalışmada, 30 dakikalık orta şiddetli aerobik egzersizin yönetici işlevler üzerine etkisini incelemenin yanı sıra fMRI ölçümlerinden de yararlanarak yönetici kontrol ağını araştırmışlardır. Araştırmanın sonuçlarına göre katılımcıların egzersiz sonrası Flanker testi reaksiyon zamanı ve doğruluk oranında artışlar meydana gelmiştir. Ayrıca fMRI bulgularına göre aerobik egzersiz sonrası yönetici kontrol ağında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde bağlantı artışı meydana gelmiştir. Araştırmacılar yönetici işlev performansındaki iyileşmeleri, aerobik egzersizin yönetici kontrol ağındaki fonksiyonel organizasyonu kolaylaştırdığı şeklinde yorumlamışlardır.

## **AEROBİK EGZERSİZİN YÖNETİCİ İŞLEVLER ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ALTINDA YATAN MEKANİZMALAR**

Aerobik egzersizin yönetici işlevler üzerine etkisini belirten mekanik bir açıklama henüz ortaya konamamıştır. Bu nedenle alanda yapılmış çalışmalardan faydalanılarak, egzersiz ve fiziksel aktivite sonrasında ortaya çıkan pozitif etkilerin bazı olası mekanizmalarına bu bölümde yer verilmiştir.

Aerobik egzersizin hem çocuk hem de yetişkinlerde, egzersiz sonrası yönetici işlev görevlerinde ortaya çıkardığı performans artışlarının, prefrontal korteks aktivitesi ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Tsuji ve ark., 2013). Coetsee ve Terblanche (2017) 16 haftalık bir müdahale programı sonrasında, orta ve yüksek şiddetli aerobik egzersiz yapan katılımcılarda kontrol grubuna göre kortikal aktivasyon sırasında serebral oksijenasyonun daha verimli gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Başka bir deyişle aerobik egzersiz sonrası serebral oksijenasyon ve prefrontal korteks aktivasyonunun artması yoluyla bilişsel faydalar sağlanıyor olabilir.

Pereira ve ark. (2007) kronik aerobik egzersizin hem ratlarda hem de insanlarda hipokampusun belirli bölgelerindeki serebral kan hacmini (CBV) arttırdığını bildirmişlerdir. Ludyga ve arkadaşları (2018b), ilkökul düzeyindeki çocuklarla yaptıkları çalışmada, okul sonrasına 8 hafta süreyle düzenli olarak yapılan 20 dakikalık aerobik egzersizin etkisini incelemişlerdir. Yapılan EEG ölçümlerinden elde edilen sonuçlara göre, katılımcıların dikkat ile ilişkili olan P300 bileşenlerinde 8 hafta sonrasında artış olduğu gözlemlenmiştir. Chang ve arkadaşları (2017) genç yetişkinler üzerinde yaptıkları çalışmada 30 dakikalık orta şiddetli aerobik egzersizin ketleme performansında artışa neden olduğunu bulmuşlardır.

Aerobik egzersizin yönetici işlevler üzerine etkilerini inceleyen bir başka çalışma da BDNF (Beyinden türetilen büyüme faktörü) üzerinedir. Araştırmacılar, aerobik egzersizin hem BDNF sentezi üzerinde etkili olduğunu hem de öğrenme ile ilişkilendirilebileceğini ortaya koymuşlardır (Colcombe ve ark., 2004).

McMorris ve ark. (2016), akut egzersiz-biliş ilişkisi için bir katekolamin hipotezi önermişlerdir. Bu önerme, egzersizin noradrenalin ve dopaminin beyin konsantrasyonlarındaki değişiklikler yoluyla dikkat ve algıda kolaylaştırıcı bir etkiye neden olabileceğini düşündürmektedir.

## SONUÇ

Aerobik egzersiz yönetici işlevler üzerinde olumlu etkilere sahip olduğu görünmektedir fakat egzersizin şiddeti, egzersizin türü ve yönetici işlevlere etki zamanlaması konusunda henüz bilinmeyen birçok şey mevcuttur. Ayrıca bu faydaların gözlenmesine neden olan mekanizmalar da tam olarak ortaya konabilmiş değildir. Bu nedenle çeşitli beyin görüntüleme tekniklerinin ve kan parametrelerinin dahil edildiği çalışmalara ihtiyaç olduğu söylenebilir. Bu alanda yeni çalışmalara gereksinim olmasına rağmen ülkemizde yapılan çalışma sayısı oldukça azdır. Bunun temel sebeplerinden biri bilişsel ölçümler için testlerin hazırlanışının zor oluşu ve egzersiz-öğrenme ilişkisinin öneminin henüz yeterince anlaşılabilmiş olması olabilir. Ayrıca ölçüm yapılan cihazların maliyetinin yüksek oluşu da bir başka neden olarak karşımıza çıkmaktadır. Ülkemizdeki genç ve çocuk nüfusun fazlalığı göz önünde bulundurulduğunda, daha üretken bir toplum yaratabilmek adına öğrenme kapasitesinin artırılmasına yönelik olan egzersiz ve bilişsel süreçlerine ilişkin çalışmaların ve projelerin yapılması ve artırılmasının yararlı olduğu söylenebilir.

## KAYNAKÇA

1. Baddeley A (1992): Working memory. *Science*, 255(5044), 556-559.
2. Banich MT (2009): Executive function. The search for an integrated account. *Current directions in psychological science*, 18(2), 89-94.
3. Best JR (2012): Exergaming immediately enhances children's executive function. *Developmental psychology*, 48(5), 1501.
4. Castelli DM, Hillman CH, Buck SM, & Erwin HE (2007): Physical fitness and academic achievement in third- and fifthgrade students. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 29(2), 239–252.
5. Chang YK, Alderman BL, Chu CH, Wang CC, Song TF, & Chen FT (2017): Acute exercise has a general facilitative effect on cognitive function: A combined ERP temporal dynamics and BDNF study. *Psychophysiology*, 54(2), 289-300.
6. Chang YK, Chu CH, Wang CC, Wang YC, Song TF, Tsai CL, & Etnier JL (2015): Dose–response relation between exercise duration and cognition. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 47(1), 159-165.
7. Chang YK, Labban JD, Gapin JI, & Etnier JL (2012): The effects of acute exercise on cognitive performance: a meta-analysis. *Brain research*, 1453, 87-101.
8. Chen AG, Yan J, Yin HC, Pan CY, & Chang YK (2014): Effects of acute aerobic exercise on multiple aspects of executive function in preadolescent children. *Psychology of Sport and Exercise*, 15(6), 627-636.
9. Chen AG, Zhu LN, Yan J, & Yin HC (2016): Neural basis of working memory enhancement after acute aerobic exercise: fMRI study of preadolescent children. *Frontiers in psychology*, 7.
10. Chu CH, Kramer AF, Song TF, Wu CH, Hung TM, & Chang YK (2017): Acute Exercise and Neurocognitive Development in Preadolescents and Young Adults: An ERP Study. *Neural plasticity*, 2017.
11. Coetsee C & Terblanche E (2017): Cerebral oxygenation during cortical activation: the differential influence of three exercise training modalities. A randomized controlled trial. *European journal of applied physiology*, 117(8), 1617-1627.
12. Colcombe SJ, Kramer AF, Erickson KI, Scalf P, McAuley E, Cohen NJ, ... & Elavsky, S. (2004): Cardiovascular fitness, cortical plasticity, and aging. *Proceedings of the National academy of Sciences of the United States of America*, 101(9), 3316-3321.
13. Coles K & Tomporowski PD (2008): Effects of acute exercise on executive processing, short-term and long-term memory. *Journal of sports sciences*, 26(3), 333-344.
14. Diamond A (2013): Executive functions. *Annual review of psychology*, 64, 135-168.
15. Donnelly JE, Hillman CH, Castelli D, Etnier JL, Lee S, Tomporowski, P, ... & Szabo-Reed AN (2016): Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in children: a systematic review. *Medicine and science in sports and exercise*, 48(6), 1197.
16. Dunsy A, Abu-Rukun M, Tsuk S, Dwolatzky T, Carasso R, & Netz Y (2017): The effects of a resistance vs. an aerobic single session on attention and executive functioning in adults. *PloS one*, 12(4), e0176092.
17. Eriksen BA & Eriksen CW (1974): Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & psychophysics*, 16(1), 143-149.
18. Gratton G, Cooper P, Fabiani M, Carter CS, & Karayanidis, F (2018): Dynamics of cognitive control: Theoretical bases, paradigms, and a view for the future. *Psychophysiology*, 55(3), e13016.
19. Hillman CH, Erickson KI, & Kramer AF (2008): Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature reviews neuroscience*, 9(1), 58.
20. Jäger K, Schmidt M, Conzelmann A, & Roebbers CM (2015): The effects of qualitatively different acute physical activity interventions in real-world settings on executive functions in preadolescent children. *Mental Health and Physical Activity*, 9, 1-9.
21. Kao SC, Westfall DR, Sonesson J, Gurd B & Hillman CH. (2017): Comparison of the acute effects of high-intensity interval training and continuous aerobic walking on inhibitory control. *Psychophysiology*, 54(9), 1335-1345.
22. Kipp, K. (2005): A developmental perspective on the measurement of cognitive deficits in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Biological Psychiatry*, 57(11), 1256-1260.



23. Kubesch S, Bretschneider V, Freudenmann R, Weidenhammer N, Lehmann M, Spitzer, M & Gron G (2003): Aerobic endurance exercise improves executive functions in depressed patients. *Journal of Clinical Psychiatry*, 64(9), 1005-1012.
24. Lambrick D, Stoner L, Grigg R & Faulkner J (2016): Effects of continuous and intermittent exercise on executive function in children aged 8–10 years. *Psychophysiology*, 53(9), 1335-1342.
25. Lerche S, Gutfreund A, Brockmann, K, Hobert MA, Wurster, I, Sünkel, U., ... & Berg, D. (2018): Effect of physical activity on cognitive flexibility, depression and RBD in healthy elderly. *Clinical neurology and neurosurgery*.
26. Li L, Men WW, Chang YK, Fan MX, Ji L & Wei GX (2014): Acute aerobic exercise increases cortical activity during working memory: a functional MRI study in female college students. *PloS one*, 9(6), e99222.
27. Lindheimer JB, O'connor PJ, Mccully KK & Dishman RK (2017): The effect of light-intensity cycling on mood and working memory in response to a randomized, placebo-controlled design. *Psychosomatic medicine*, 79(2), 243-253.
28. Lindheimer JB, O'Connor PJ, McCully KK, & Dishman RK (2017): The effect of light-intensity cycling on mood and working memory in response to a randomized, placebo-controlled design. *Psychosomatic medicine*, 79(2), 243-253.
29. Ludyga S, Gerber M, Herrmann C, Brand S & Pühse, U (2018a): Chronic effects of exercise implemented during school-break time on neurophysiological indices of inhibitory control in adolescents. *Trends in Neuroscience and Education*, 10, 1-7.
30. Ludyga S, Gerber M, Kamijo K, Brand S & Pühse U (2018b): The effects of a school-based exercise program on neurophysiological indices of working memory operations in adolescents. *Journal of Science and Medicine in Sport*.
31. McMorris T, Collard K, Corbett J, Dicks M & Swain JP (2008): A test of the catecholamines hypothesis for an acute exercise–cognition interaction. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 89(1), 106-115.
32. Miyake A, Friedman NP, Emerson MJ, Witzki AH, Howerter, A & Wager TD (2000): The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41 (1), 49–100.
33. Nagamatsu LS, Handy TC, Hsu CL, Voss M, Liu-Ambrose T (2012): Resistance training promotes cognitive and functional brain plasticity in seniors with probable mild cognitive impairment. *Arch. Intern. Med.* 172, 666–668.
34. Pennington BF & Ozonoff S (1996): Executive functions and developmental psychopathology. *Journal of child psychology and psychiatry*, 37(1), 51-87.
35. Pereira AC, Huddleston DE, Brickman AM, Sosunov AA, Hen R, Mckhann GM, Et Al (2007): An in vivo correlate of exercise-induced neurogenesis in the adult dentate gyrus. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 104, 5638–5643.
36. Pereira AC, Huddleston DE, Brickman AM, Sosunov AA, Hen R, McKhann GM ... & Small SA (2007): An in vivo correlate of exercise-induced neurogenesis in the adult dentate gyrus. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(13), 5638-5643.
37. Pontifex MB, Hillman CH, Fernhall BO, Thompson KM & Valentini TA (2009): The effect of acute aerobic and resistance exercise on working memory. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(4), 927-934.
38. Spirduso WW & Clifford P (1978): Replication of age and physical activity effects on reaction and movement time. *Journal of Gerontology*, 33(1), 26-30.
39. Tomporowski PD (2003): Effects of acute bouts of exercise on cognition. *Acta psychologica*, 112(3), 297-324.
40. Tomporowski PD & Ganio MS (2006): Short-term effects of aerobic exercise on executive processing, memory, and emotional reactivity. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 4(1), 57-72.
41. Tomporowski PD, Davis CL, Miller PH & Naglieri, JA (2008): Exercise and children's intelligence, cognition, and academic achievement. *Educational psychology review*, 20(2), 111.
42. Tsujii T, Komatsu K & Sakatani K (2013): Acute Effects Of Physical Exercise On Prefrontal Cortex Activity In Older Adults: A Functional Near-Infrared Spectroscopy Study. In *Oxygen Transport To Tissue XXXIV* (Pp. 293-298). Springer, New York, Ny.

43. Tsujii T, Komatsu K & Sakatani K (2013): Acute effects of physical exercise on prefrontal cortex activity in older adults: a functional near-infrared spectroscopy study. In *Oxygen transport to tissue XXXIV* (pp. 293-298). Springer, New York, NY.
44. Tsukamoto H, Suga T, Takenaka S, Tanaka D, Takeuchi T, Hamaoka T & Ashimoto T (2016): Greater impact of acute high-intensity interval exercise on post-exercise executive function compared to moderate-intensity continuous exercise. *Physiology & behavior*, 155, 224-230.
45. Vazou S & Smiley-Oyen A (2014): Moving and academic learning are not antagonists: acute effects on executive function and enjoyment. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 36(5), 474-485.
46. Yüksel HS, Tuncel F (2017): Experiences of 5th Grade Students Participating in Active Gaming-Assisted Physical Education Lessons. *Journal of Education and Training Studies*, 5(13), 19-31.