

# ÇOCUK ve ERGENLERİN NÖROBİLİŞSEL GELİŞİMLERİNDE AEROBİK EGZERSİZİN ETKİLERİ

Asil Ali ÖZDOĞRU\*, Fatma Duygu KAYA YERTUTANOL\*\*

## ÖZET

**Amaç:** Yaşam boyu süren insan gelişimin temel evrelerini oluşturan çocukluk ve ergenlik dönemlerinde yapılacak çevresel iyileştirmeler arasında yer alan aerobik egzersiz, çocukların fiziksel gelişim alanlarının yanı sıra bilişsel gelişimlerine de katkıda bulunmaktadır. **Yöntem:** Bu çalışmada son 15 yıl içerisinde yayımlanmış görgül araştırmalar gözden geçirilerek aerobik egzersizin çocuk ve ergenlerin bilişsel işlev, akademik başarı ve ruh sağlıklarına etkileri incelenmiştir. **Sonuç:** Çocuk ve ergenlerin düzenli ve sürekli yaptıkları aerobik egzersizin; dikkat, konsantrasyon, tepki kararlılığı, bellek, bilişsel kontrol ve planlama gibi bir dizi yürütücü işlevi daha iyi seviyelere çıkarmada yardımcı olduğu görülmüştür. Bilişsel gelişimle yakından ilgili olan akademik başarının da aerobik egzersizden olumlu şekilde etkilendiği, dil ve matematik gibi derslerde ve genel zekâ testlerinde gözlenen puan artışlarıyla ortaya koyulmuştur. Farklı çalışmalarda aerobik egzersiz ve sporun çocuk ve ergenlerin depresyon ve dikkat eksikliği hiperaktivite bozukluğu gibi ruh sağlığı sorunlarında iyileşmeyle ilişkili olabildiği saptanmıştır. **Tartışma:** Bu çalışmada gözden geçirilen araştırmalar ışığında araştırmacı ve uygulamacılara bazı öneriler sunulmaktadır.

**Anahtar Sözcükler:** Aerobik egzersiz, Çocuk gelişimi, Ergen gelişimi, Sinirsel yollar

**SUMMARY: EFFECTS of AEROBIC EXERCISE on NEUROCOGNITIVE DEVELOPMENT of CHILDREN and ADOLESCENTS**

**Objective:** Described as among the environmental enrichments to be made during childhood and adolescence, that constitute foundational stages of human development across the lifespan, aerobic exercise has been identified to positively contribute to both physical and cognitive development of the child. **Methods:** In this study, relevant empirical research published within last 15 years that focused on the effects of aerobic exercise on cognitive function, academic achievement, and mental health of children and adolescents were reviewed. **Results:** Regular and continuous aerobic exercise was found to improve a series of executive functions such as attention, concentration, response resolution, memory, cognitive control, and planning, in children and adolescents. Closely related to cognitive development, academic achievement was also found to be positively influenced by aerobic exercise, as demonstrated by observed increases in test scores of courses such as linguistics and mathematics, as well as overall intelligence test scores. Various studies have associated aerobic exercise and sports with an improvement in common psychiatric problems of childhood and adolescence, such as depression and attention deficit and hyperactivity disorder. **Discussion:** Some recommendations for researchers and practitioners were presented in the light of research that has been covered and reviewed with this study.

**Key Words:** Aerobic exercise, Child development, Adolescent development, Neural pathways

**Gelis Tarih Received:** 01.19.2017 **Kabul Tarihi Accepted:** 09.09.2018

## GİRİŞ

İnsan hayatının ilk dönemleri olan çocukluk ve

ergenlik evrelerindeki gelişim bireyin sonraki dönemlerini de etkilemesi nedeniyle oldukça önemlidir. Çocuk ve ergenlerin fiziksel, bilişsel ve sosyo-duygusal gelişim alanlarındaki kazanımları yetişkinlik ve yaşlılık dönemlerini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu gelişim alanlarındaki değişimler de birbirlerinden etkilendiği için

\* Üsküdar Üniversitesi Psikoloji (İng.) Bölümü, İstanbul; asil.ozdogru@uskudar.edu.tr

\*\* Üsküdar Üniversitesi Psikoloji (İng.) Bölümü, İstanbul; fatmaduygu.kayayertutanol@uskudar.edu.tr

Makalenin gözden geçirilmesindeki yardımlarından dolayı Doç. Dr. Korkut ULUCAN, Kübra Nur ÇÖMLEKÇİ ve Seniha SALİHOĞLU'na teşekkür ederiz.

Çocuk ve Gençlik Ruh Sağlığı Dergisi : 25 (2) 2018

bir alanda yapılacak eğitim ve iyileştirmelerin diğer alanlar için de fayda sağlayacağı açıktır. Bu noktada beyin gelişimi kuşkusuz, en önemli gelişim süreçlerinden birisini oluşturmakta ve diğer gelişim süreçlerine de anlamlı etki sağlamaktadır.

Beyin esneklik (plastisite) gösteren, yani çevresel uyaranlarla hücresel düzeyde yapısal ve işlevsel değişime uğrayan bir organdır. Bu yüzden duyuşsal, fiziksel ve sosyal uyaranların yoğunluğu ve çeşitliliği nörobilişsel gelişim açısından özellikle çocukluk ve ergenlik döneminde olmak üzere yaşam boyu süren büyük öneme sahiptir. Şöyle ki; sinir sistemi sahip olduğu genetik potansiyelin ötesinde, zenginleştirilmiş bir çevreye yanıt olarak değişmekte ve gelişmektedir. Bu değişim, sinir sisteminin en önemli hücreleri olan nöronların sayılarındaki artma (nörogenez) ve/veya diğer nöronlarla yaptığı bağlantıların sayı ve gücünde artma (sinaptogenez) gibi yollarla gerçekleşmektedir. Diğer yandan çevresel faktörler, epigenetik yolla genlerin dizilimini değiştirmeden ifade edilme şekillerini etkileyebilmekte (Aguilera ve ark. 2010), bu sayede doğuştan gelen genetik mirasın bir kısmının canlı üzerindeki etkisi kısmen de olsa değiştirilebilmektedir. Bütün bu etkileşimler insan hayatında çok yönlü bir çevresel ortamın varlığının önemi ne işaret etmektedir.

### Tanımlar ve Kapsam

Zenginleştirilmiş çevreye katkıda bulunan önemli bir etken fiziksel aktivite ya da özellikle aerobik olmak üzere egzersizdir. Günlük kullanımda bu terimler birbiri yerine kullanılmakla birlikte tanımladıkları kavramlar farklıdır. Fiziksel aktivite, iskelet kasları tarafından üretilen ve enerji tüketimini gerektiren her türlü beden hareketiyken; egzersiz ise planlı, tekrarlayıcı, yapılandırılmış ve fiziksel iyilik halini iyileştirme ya da sürdürmeyi amaçlayan bir fiziksel aktivite türüdür (Caspersen ve ark. 1985). Aerobik egzersiz yüzme, koşma, bisiklet sürme gibi enerji ihtiyacını karşılamak için aerobik yani oksijenle

ilişkili metabolizmanın kullanıldığı bir egzersiz türünü tanımlamaktadır (Plowman ve Smith 2008). Anaerobik egzersiz ise enerji ihtiyacının oksijenden bağımsız şekilde görüldüğü ağırlık kaldırma ve zıplama gibi kısa ve yüksek yoğunluktaki egzersiz çeşitlerini içerir. Diğer yandan beyin, tüm bedenin toplam oksijen tüketiminin %25'ini kullanmakta olup aerobik egzersiz sırasında oksijene olan ihtiyacı daha da artmaktadır. Bu nedenle egzersizin beyine olan etkisi ile ilgili çalışmaların çoğu aerobik egzersiz üzerine odaklanmıştır. Anaerobik egzersizin beyin yapısı üzerine olan etkileri ile ilgili çalışmaların sonuçları ise çelişkilidir (Thomas ve ark. 2012).

Bu çalışmada aerobik egzersizin çocuk ve ergenlerin nörobilişsel gelişimlerine olan etkileri bilimsel alanyazında son 15 yıl içerisinde yayımlanmış görgül çalışmalar değerlendirilerek gözden geçirilmektedir. Yukarıda bahsedilen nedenlerden dolayı bu çalışmada sadece aerobik egzersiz üzerine odaklanılmıştır. Türkçe ve İngilizce alanyazında insan denekler kullanılarak yapılmış çalışmalar bu incelemeye dâhil edilmiştir. Tez ve derleme çalışmaları incelemeye dâhil edilmemiştir.

### AEROBİK EGZERSİZ VE NÖROBİLİŞSEL GELİŞİM

Egzersizin, insan yaşamının tüm evrelerinde fiziksel ve ruhsal sağlık üzerine olumlu etkilerinin olduğu çok geniş bir yazın desteğiyle gösterilmiş olup konuya ilişkin çalışmalar farklı disiplinlerce sürdürülmektedir. Bu olumlu etkilerin görüldüğü önemli organlardan birisi de beyindir. Beyin gelişimi sürecinde frontal, temporal ve parietal loblardaki gri madde ergenlik öncesinde artar ve sonrasında azalır (Sowell ve ark. 2003). Ergenlik sonrası görülen bu gri madde azalması dendritik dallanma ve budanma süreçleri ile yürütülen ve etkin olmayan nöral yolların elenip gerekli bağlantıların güçlenmesi amacına hizmet eden bir süreçtir (Andersen 2003). Bu anatomik değişimlerle paralel olacak şekilde beyin işlevleri de gelişim göstermektedir. Çocukluk ve ergenlik

boyunca böylesi yoğun bir değişime maruz kalması beynin, egzersiz gibi önemli çevresel uyarılardan da etkilenmesi anlamına gelmektedir.

Egzersizin nörolojik ve bilişsel gelişim üzerine mikro düzeydeki etkilerine dair veriler daha çok moleküler ve hücresel hayvan çalışmalarından gelmekte, makro düzeydeki veriler ise çoğunlukla insan çalışmalarından elde edilmektedir. Egzersiz; hayvan çalışmalarında gösterildiği üzere nörogenez, sinaptogenez, anjiogenez (yeni damar oluşumu), glial hücre işlevinde artma, dendritik diken sayısında artma, nörotrofin etkinliğinde artma gibi yollarla beyin işlevleri üzerine olumlu etkiler yapmaktayken; insan çalışmaları, nöropsikolojik testler ve nörogörüntüleme yöntemleri ile elde edilen verilere vurgu yapmaktadır (Voss ve ark. 2013). Bahsedilen değişikliklerin beyindeki hedef bölgelerinin hipokampus, bazal ganglia ve korteks olduğundan bahsedilmekle birlikte beynin global olarak da etkileniyor olması mümkün görünmektedir (Chaddock ve ark. 2010, Thomas ve ark. 2012). Merkezi sinir sistemindeki nörotrofik faktörlerden en önemlisi "beyin kaynaklı nörotrofik faktör" (BDNF; brain derived neurotrophic factor) olup sinir sistemindeki nöronal sağ kalım için çok kritiktir. BDNF'nin akut ve kronik egzersiz ile hem sıçan hem de insan beyninde ve kanında arttığı gösterilmiştir. Örneğin egzersiz yapan ve yapmayan ergenlerin karşılaştırıldığı bir çalışmada, egzersiz yapanların kanındaki BDNF seviyesinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Pareja-Galeano ve ark. 2013). Bu ve bunun gibi fizyolojik parametrelerin değerlendirilmesi sayesinde egzersizin beyin üzerindeki etkilerine dair elde edilen veriler her geçen gün artmaktadır.

Aerobik egzersizin çocuk ve ergenlerin nörobilişsel gelişimleri üzerindeki etkileri hakkında yapılan çalışmaları; yürütücü ve diğer bilişsel işlevler üzerindeki etkiler, akademik başarı üzerindeki etkiler ve ruh sağlığı üzerindeki etkiler olmak üzere üç kısımda özetlemek mümkündür.

## Bilişsel İşlevler Üzerine Olan Etkiler

Yürütücü işlevler olarak bilinen seçici dikkat, yanıt inhibisyonu, bilişsel esneklik, çalışma belleği, planlama ve problem çözme gibi önemli işlevler doğuştan gelmemekte, gelişimleri çocukluk ve ergenlik dönemi boyunca devam etmektedir. Bu işlevlerin gelişimi özellikle 3-5 yaş aralığında zirve yapmakta ve ergenlik-erken yetişkinlik dönemleri boyunca sürmektedir. Bahsedilen işlevlerdeki ilerleme frontal, parietal ve striatal beyin bölgelerindeki beyin devrelerinin işlevsel ve anatomik gelişimi ile paralellik göstermektedir (Bunge ve Crone 2009). Ancak katkının en çok frontal korteksten geldiği bilinmektedir. Çocuklarda yapılan fonksiyonel görüntüleme çalışmalarında bilişsel kontrolle ilgili istenen görevlerin yapılabilmesi için gerekli frontal korteks aktivasyonunun yetişkinlerden çok daha fazla olduğu gösterilmiştir (Booth ve ark. 2003, Velanova ve ark. 2008). Bu çalışmalarda yeterince olgunlaşmamış beyin alanlarının gerekli görevleri yapabilmek için aşırı aktifleştiği belirtilmiştir.

Çocukların bireysel ve akademik gelişimlerinde önemi olan kendini kontrol edebilme, esneklik, yaratıcılık gibi özellikleri edinebilmeleri için kritik olan yürütücü işlevler sadece okul aktiviteleri, sanat ve oyun ile değil sportif aktivitelerle de gelişmektedir (Diamond ve Lee 2011). Yapılan çok sayıdaki çalışma fiziksel aktivitenin nörobilişsel işlevleri güçlendirdiğine işaret etmektedir. Çocuklar üzerinde yapılan araştırmalar bilişsel işlevlerin özellikle yürütücü işlevlerin düzenli fiziksel aktiviteyle olumlu yönde etkilendiğini göstermiştir (Fisher ve ark. 2011, Syväoja ve ark. 2016, Van de Niet ve ark. 2014). Daha özelden aerobik egzersizle ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında da beyin üzerine olumlu etkilerin olduğu görülmektedir.

Aerobik egzersizin çocukların tepki süreleri, planlama ve benzeri bilişsel becerilerindeki etkileri farklı araştırmalarca tespit edilmiştir. Hill ve arkadaşlarının (2011) 8-12 yaş arası 552 çocukla yaptığı bir çalışmada; günlük 10-15 dakikalık

orta seviye aerobik fiziksel aktivitenin iki hafta sonunda bilişsel performansı arttırdığı, yazarların modifiye ettikleri ve temel olarak dikkati ölçen bir bilişsel test bataryası kullanılarak görülmüştür. Araştırmacılar bilişsel performanstaki bu artışın tekrarlı egzersizin bellek kullanımını arttırmasından da etkilenmiş olabileceğini belirtmişlerdir. Dokuz yaşındaki 94 fazla kilolu çocukla yapılan randomize kontrollü bir çalışmada ise yüksek dozda aerobik egzersiz (günde 40 dk., 5 gün, 15 hafta) yapan çocukların yapmayan kontrol grubundakilere göre daha yüksek bilişsel planlama puanları aldıkları bilişsel süreçleri ölçen standart bir test olan Bilişsel Değerlendirme Sistemi (CAS, Cognitive Assessment System) kullanılarak görülmüştür (Davis ve ark. 2007). Chaddock ve arkadaşları (2010), 9-10 yaş arası çocukları yüksek ve düşük aerobik uygunluk (fitness) düzeyi olanlar şeklinde birbiriyle karşılaştırdığı birçok önemli nörogörüntüleme çalışması yapmıştır. Aerobik uygunluk, kalp-akciğer sisteminin oksijeni azami düzeyde kullanma kapasitesi olarak bilinir ve düşük düzeyde yapılan egzersiz sırasında tüketilen oksijen miktarı değeri ile tanımlanır (Caspersen ve ark. 1985). Araştırmacıların 2010 yılında yaptığı çalışmada bu çocuklardan yüksek aerobik uygunluk düzeyi olanların, beynin anatomik yapısını gösteren bir nörogörüntüleme yöntemi olan manyetik rezonans görüntülemelerinde, temel olarak beyinde motor kontrol işlevi olan bazal gangliadaki bazı bölgelerin (kaudat nukleus, putamen, globus pallidus) ve dorsal striatum hacimlerinin daha büyük olduğu ve farklı bilişsel testlerde daha iyi dikkat, davranış inhibisyonu, bilişsel kontrol ve tepki kararlılığı gösterdikleri bulunmuştur. 9-10 yaş grubundaki 46 çocukla yapılan bir diğer çalışmada ise katılımcılar aerobik fiziksel uygunluk açısından değerlendirilerek yüksek uygunluk gösteren ve düşük uygunluk gösteren iki grup oluşturularak tek madde kodlama (ilişkisel olmayan) ve ilişkisel kodlama uygulamaları yapılmıştır. Sonuçlar, düşük aerobik uygunluğu olan çocuklarda ilişkisel kodlama sonrası hatırlama performansının yüksek aerobik uygunluğu olan çocuklardan daha zayıf olduğunu ancak ilişkisel olmayan kodlama sonrası ha-

tırlama performansının iki grup arasında farklı olmadığını göstermiştir (Chaddock ve ark. 2011). Yine aynı araştırmacıların yaptıkları yakın tarihli bir çalışmada, aynı grup çocuklarda difüzyon tensor görüntüleme beyaz madde bütünlüğünde artma olduğu da gösterilmiştir (Chaddock ve ark. 2014). Bu araştırmalarla fiziksel aktivitenin nörobilişsel gelişimde bütüncül bir etkiden ziyade seçili bölge ve işlevlerde faydalı olduğu ifade edilmiştir.

Fiziksel aktivitenin çocuklardaki yürütücü işlevler üzerine etki göstermesinin önemli bir nedeninin, yürütücü işlevlerden sorumlu olan prefrontal korteksin (PFK) çocuklarda henüz gelişim sürecinde olması olduğu düşünülmektedir. Çocuklarda nöronal miyelinizasyon ve budanma süreçlerine paralel şekilde uzun bir süreç içinde gelişen ve olgunlaşan bilişsel işlevler çevresel etkenlere çok açıktır. Bu noktada fiziksel aktiviteler içinde aerobik egzersizlerin, nörobilişsel gelişim üzerine olan etkileri özellikle vurgulanmaktadır. Aerobik egzersizlerin beyinde BDNF gibi nörotrofinlerin ve nörotransmitterlerin miktarını artırarak, beyin kan akımı ve anjiogenezi artırıp öğrenme ve belleği güçlendirerek bilişsel işlevleri geliştirdiği bildirilmekle birlikte; bunların yanı sıra egzersizin çocuktan beklediği (özellikle grup oyunlarında) bilişsel ve karmaşık motor taleplerin yürütücü işlevlere transfer edilerek onları da güçlendirdiği düşünülmektedir (Best 2010). Diğer yandan farklı yürütücü işlev bileşenlerinin gelişimi çocuklarda farklı zamansal süreçleri izlediğinden, bir dönemde belli bir bileşen aerobik egzersize daha duyarlı olabilirken diğeri daha az duyarlı olabilmektedir (Best 2010). Aynı şekilde, aynı yaş aralığındaki çocukların PFK'lerinin nöronal olgunlaşması da paralel olmayabildiği için egzersizin yürütücü işlevler üzerine olan etkilerini araştıran çalışmaların kesin sınırlarla çizilen sonuçlar ortaya koyması zor olmaktadır.

Egzersizin ergenlerin yürütücü ve diğer bilişsel işlevleri üzerindeki etkileri de çeşitli araştırmalarda ortaya konmuştur. 13-16 yaş aralığındaki

115 ergenle yapılan bir çalışmada akut koordine egzersizin ergenlerin dikkat ve konsantrasyon performanslarında kontrol grubuna göre bir artışa yol açtığı görülmüştür (Budde ve ark. 2008). Fiziksel uygunluk (fitness), kişinin aşırı yorgunluk hissetmeden günlük fiziksel görevleri ve rutin fiziksel aktiviteleri yapabilmesi olarak bilinir ve kalp-akciğer enduransı (dayanıklılığı), kas enduransı, kas gücü ve esneklik gibi bazı bileşenlerle tanımlanır (Caspersen ve ark. 1985). Ergenlerin olaya ilişkin potansiyellerinin ölçüldüğü beyin görüntüleme yöntemiyle yapılan bir diğer çalışmada ise akut egzersizden ziyade fiziksel uygunluğun göreve hazırlık sırasında uyarıcı kodlamaya ayrılan dikkatin artırılması yoluyla bilişsel işlemeyi iyileştirdiği saptanmıştır (Stroth ve ark. 2009). 13-14 yaş aralığındaki otuz ergenin elektroensefalografi (EEG) ile değerlendirildiği benzer bir diğer çalışmada akut aerobik egzersizin yine dikkati artırarak bilişsel işlevleri güçlendirdiği bildirilmiştir (Hogan ve ark. 2013). Bu çalışmada akut egzersiz yaptırılan grupta almayan gruba göre reaksiyon zamanında hızlanma olduğu ve egzersiz yaptırılmayan grupta verilen görevleri tamamlamak için dikkatle ilişkili beyin sistemlerine daha çok yüklendiklerini gösterecek şekilde bir EEG paterninin oluştuğu görülmüştür. Diğer yandan ergenlerde akut aerobik egzersizin yürütücü işlevler üzerine olan etkisinin değerlendirildiği bir diğer çalışma vardır (Soga ve ark. 2015). Bu çalışmada 55 Japon ergen koşu bandında yapılan orta yoğunluklu bir egzersiz olarak tanımlanan iki farklı hızdaki yürüyüş öncesinde, sırasında ve sonrasında değerlendirilmişlerdir. Buna göre ergenlerin kendilerine verilen görevler için, egzersiz sırasında inhibitör kontrollerinin değişmediği ama çalışma belleklerinin tepki süresinin uzadığı görülmüştür. Araştırmacılar egzersizin, ergenlerin bilişsel işlevleri üzerine olan etkilerinin dikkatli değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamışlardır.

### **Akademik Başarı Üzerine Etkiler**

Alanyazında egzersizin çocukların zekâ ve akademik başarısını olumlu yönde etkilediğine dair

birçok çalışma mevcuttur (Tomporowski ve ark. 2008). Yapılan araştırmalarda egzersizin hem sağlıklı hem de nörogelişimsel bozukluğu olan çocuklarda akademik ve davranışsal faydaları görülmektedir. Diğer yandan fiziksel aktivite ile akademik başarı arasındaki ilişkiyi inceleyen çoğu çalışmanın kesitsel nitelikte olmasının bu ilişkiyi kurmayı zorlaştırdığı bildirilmiştir (Howie ve Pate 2012). Buna göre, fiziksel aktivite ve akademik başarı arasındaki bağlantıyı göstermesi için yapılması gereken prospektif çalışmalar açısından alanyazında boşluk vardır. Buna ek olarak, akademik başarıyı artıracak fiziksel aktivitenin türü ve seviyesinin tam anlamıyla tanımlanamamış olması da alan uzmanlarınca araştırmalardaki eksikliklerden sayılmaktadır. Bu bağlamda sadece aerobik egzersizin etkilerini değerlendiren çalışmalara bakıldığında yöntemlerin daha tutarlı ve benzer olması nedeniyle sonuçların daha güvenilir olduğu düşünülebilir.

Randomize kontrollü deney deseni olup aerobik egzersiz ile artan akademik başarıya işaret eden çalışmalardan birinde 7-11 yaş arası fazla kilolu 171 çocuğa yaklaşık 3 aylık bir sürede günde 20 dk. veya 40 dk. olmak üzere aerobik egzersiz yaptırılmıştır. Çocuklar psikometrik testler ve fMRI ile değerlendirilmiş ve bilişsel ve akademik başarılarında (matematik başarısı) doza bağımlı bir iyileşme olduğu ifade edilmiştir (Davis ve ark. 2011). Bir diğer çalışma, 6-9 yaş arası 527 fazla kilolu çocuk üzerinde yürütülmüştür. Üç yıl boyunca haftada en az 45 dk. uygulanan aerobik egzersiz programının çocukların akademik başarısını artırdığı bildirilmiştir (Donnelly ve ark. 2009). Reed ve arkadaşlarının (2010) 7-10 yaş arası 155 çocuğa haftada 3 kez 30 dk. uygulattığı aerobik egzersizin zekâ testlerinde anlamlı yükselme sağladığı, ders başarısını ölçen testlerde ise anlamlı olmayan bir artışa da neden olduğu gösterilmiştir. Yeni bir çalışmada yüksek aerobik uygunluk (fitness) düzeyi olan 9-10 yaş çocuklarda aerobik egzersiz, kortikal kalınlık ve matematik başarısı arasında önemli bir ilişki bulunmuştur (Chaddock-Heyman ve ark. 2015). Yazarlar çocuklarda aerobik uygunluk düzeyinin

deki bireysel farkların beyin olgunlaşması sırasındaki kortikal kalınlaşmada önemli rolü olabileceğine vurgu yapmışlardır.

Çocuklarda akademik başarıyı etkileyen önemli patolojilerden birisi de dikkat eksikliği hiperaktivite bozukluğudur (DEHB). Bu bozuklukta görülen ana belirtiler olan dikkat eksikliği, hiperaktivite, dürtüsellik, görev organizasyonunda zorluk gibi belirtilerin büyük oranda işlevi bozulmuş olan dorsolateral PFK'ten kaynaklandığı düşünülmektedir. Tedavide kullanılan ilaçlar PFK'te dopaminerjik ve norepinefrinerjik nörotransmisyonu artırarak etki göstermektedir. Fiziksel egzersizin sıçanlarda beyin kan akımını artırdığı ve merkezi sinir sisteminde dopamin ve norepinefrinin sinaptik aralıkta artmasını sağladığı gösterilmiştir (Fulk ve ark. 2004, Swain ve ark. 2003). Bu sayede egzersizin DEHB olan çocuklarda dikkati ve dolayısıyla akademik başarıyı artırması olası görünmekle birlikte bunu destekleyen çalışmalar vardır. Tek seferde yapılan 20 dakikalık aerobik egzersizin, 8-10 yaşlarındaki DEHB olan ve olmayan çocukların dikkat kontrolü gerektiren görev performanslarında, olaya ilişkin potansiyel ölçümlerinde ve okuma ile aritmetik test puanlarında olumlu artışlarla ilişkilendiği görülmüştür (Pontifex ve ark. 2013).

Türkiye'de DEHB olan 8-12 yaş arası 7 çocukla yapılan bir çalışmada 15 haftalık folklor egzersizlerinin (haftada iki gün, günde 1,5 saat) çocukların tepki sürelerinde artış, DEHB ölçek puanlarında da düşüş sağladığı bildirilmiştir (Topçu ve ark. 2007). Başka bir çalışmada yine DEHB olan çocuklarda 30 dakikalık aerobik egzersiz sonrası işlem hızı ve inhibitör kontrol gibi yürütücü işlevlerde iyileşme olduğu gösterilmiştir (Piepmeier ve ark. 2015). Ancak yine bu çalışmaların bazılarında çocukların akademik başarılarının değerlendirildiği test ve ölçeklerin özellikleri ya da kısa takip süreleri çalışma kısıtlılığı olarak öne çıkmaktadır. Buna rağmen genel olarak, aerobik egzersizin çocukların akademik başarıları üzerinde önemli derecede olumlu etki sahibi olduğu büyük oranda kabul görmüş bir

bilgidir (Strong ve ark. 2005).

Egzersiz akademik başarı üzerine olan etkileri daha çok çocuklarda çalışılmış olup ergenler araştırmacıların ilgisini daha az çekmektedir. Ergenlerde yapılmış olan çalışmalarda çelişkili sonuçlar bildirilmiştir. Örneğin fiziksel aktivite ve akademik başarı arasındaki ilişki 255 ergende değerlendirilmiş ancak anlamlı bir doz-yanıt ilişkisi bulunmamıştır (Van Dijk ve ark. 2014). Yine farklı ülkelerde yapılmış çalışmalarda fiziksel aktivite ile akademik başarı arasında olumlu, olumsuz ya da karışık sonuçlar elde edilmiştir (Booth ve ark. 2014, Fox ve ark. 2010, Kwak ve ark. 2009, So W-Y 2012). Kısacası ergenlerde, egzersizin yürütücü işlevlerle olan ilişkisinin tartışmalı olmasına benzer şekilde akademik başarıyla olan ilişkisi de tam olarak anlaşılmamıştır. Bunun nedeni büyük olasılıkla ergenlik döneminin duygusal, sosyal ve biyolojik açıdan çok karmaşık ve değişken bir dönem olmasıdır. Ergenlik döneminin bu özelliği ergenlerde yapılan çalışmaların yönteminde zorluklara yol açıyor ve çelişkili sonuçların elde edilmesine neden oluyor görünmektedir.

### Ruh Sağlığı Üzerine Olan Etkiler

Alanyazında çocuklarda fiziksel aktivite ile ruh sağlığı arasında olumlu bir ilişki olduğunu belirten çalışmalar bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda genel olarak fiziksel aktivitenin depresyon, anksiyete, psikolojik stres, travma sonrası stres bozukluğu (TSSB), emosyonel rahatsızlık, kendine güven ve kendilik algısı üzerine olan etkileri değerlendirilmiştir (Fedewa ve Ahn 2011). Fiziksel aktivitenin çocuk ve ergenlerin benlik saygılarıyla olumlu ilişki içinde olduğuna dair güçlü bulgular saptanırken kaygı ve depresyon içinse sınırlı ama olumlu etkileri olduğu rapor edilmiştir (Biddle ve Asare 2011).

Bin iki yüz elli ergen kızla yapılan kesitsel bir çalışmada fiziksel aktivite ve spor katılımının kızların fiziksel benlik kavramını olumlu etkileyerek depresyon risklerini düşürebildiği sap-

tanmıştır (Dishman ve ark. 2006). Kız ergenlerde yapılan bir diğer çalışmada altı haftalık aerobik egzersizin beden imajı memnuniyetsizliğini azalttığı ve fiziksel kendilik algısını güçlendirdiği bildirilmiştir (Burgess ve ark. 2006). Obezitesi olan ergen kızlar üzerinde yapılan bir çalışmada ise aerobik egzersiz, anaerobik egzersiz, boş zaman aktiviteleri uygulanan gruplar kontrol grubu ile karşılaştırıldığında tüm egzersizlerin beden kitle indeksini düşürdüğü ancak sadece aerobik egzersizin depresyon puanlarının azalmasında anlamlı etkili olduğu bulunmuştur (Stella ve ark. 2005). Bu sonuçlar aerobik egzersizin kız ergenlerin emosyonel iyilik hali üzerinde olumlu etkisi olduğunu göstermektedir.

Çocuklarla yapılan çalışmalara bakıldığında da benzer sonuçlarla karşılaşmaktadır. Düşük gelirli 66 çocuk üzerinde bisiklete binme, koşu ve zıplama gibi kalp hızını artıran aerobik egzersizin, yetenek geliştirmeye yönelik basket atma ve yürüyüş gibi normal aktivite egzersizle karşılaştırıldığı altı haftalık bir çalışmanın sonunda, aerobik egzersiz grubundaki çocukların daha az depresyon ve daha fazla kendine güven bildirdiği gösterilmiştir (Crews ve ark. 2004). Bir başka çalışmada TSSB olan 11 çocuk sekiz hafta boyunca aerobik egzersiz programına alınmış ve sonunda TSSB, depresyon ve anksiyete belirtilerinin anlamlı olarak azaldığı görülmüştür (Newman ve Motta 2007). Bir diğer çalışmada aerobik egzersizin ergenlerdeki TSSB, depresyon ve anksiyete belirtileri üzerine olan etkileri değerlendirildiğinde, egzersizin depresyon ve anksiyete şiddeti üzerine bir etkisi olmadığı gösterilmiştir. Aynı çalışmada TSSB belirtilerinin şiddetinin egzersiz programı sonrası azaldığı bulunmuştur (Diaz ve Motta 2007).

Türkiye’de yapılan çalışmalarda da aerobik egzersizin çocuk ve ergenlerin ruh sağlıklarına olumlu etkilerde bulunduğu gösterilmiştir. Spor yapan ve yapmayan 502 ilköğretim okulu öğrencisinin karşılaştırıldığı bir çalışmada spor yapan çocukların depresyon puanlarının yapmayanlara göre daha düşük olduğu bulunmuş-

tur (Arslan ve ark. 2011). Ancak, aerobik veya anaerobik egzersizin kendine güven üzerine olan etkilerini değerlendiren çok sayıda çalışma olmasına rağmen bu çalışmaların büyük kısmında tartışmalı yöntemlerin kullanıldığı ve yanlılığın olduğu, bu nedenle de daha kaliteli yöntemlere sahip çalışmaların gerekliliği vurgulanmaktadır (Ekeland ve ark. 2005).

## SONUÇLAR

Yaşam boyu süren insan gelişiminin temel evrelerini oluşturan çocukluk ve ergenlik dönemlerinde yapılacak çevresel iyileştirmelerin fiziksel, bilişsel, duygusal ve sosyal gelişimde olumlu etkileri olmaktadır. Bu çevresel iyileştirmeler arasında yer alan aerobik egzersiz, çocukların diğer gelişim alanlarının yanı sıra nöral ve bilişsel gelişimlerine de katkıda bulunmaktadır. Bu çalışmada özetlenen araştırmalarda, aerobik egzersizin çocuk ve ergenlerin bilişsel işlevlerine, dolayısıyla akademik başarılarına ve ruh sağlıklarına olumlu etkilerde bulunduğunu ortaya koymaktadır.

Alanyazında tespit edilen ve önceki bölümlerde değinilen insanlarla yapılan birçok görgül çalışmada, aerobik egzersizin farklı beyin bölgeleri ve bilişsel süreçlere etkileri ortaya konmuştur. Çocuk ve ergenlerin düzenli ve sürekli yaptıkları aerobik egzersiz; dikkat, konsantrasyon, tepki kararlılığı, bellek, bilişsel kontrol ve planlama gibi bir dizi yürütücü işlevi daha iyi seviyelere çıkarmada yardımcı olabilmektedir. Bilişsel gelişimle yakından ilgili olan akademik başarının da aerobik egzersizden olumlu şekilde etkilendiği bahsi geçen çalışmalardaki dil ve matematik gibi derslerde ve daha genel zekâ testlerinde gözlenen puan artışlarıyla ortaya konmaktadır. Son olarak farklı çalışmalarda da aerobik egzersiz ve sporun çocuk ve ergenlerin depresyon ve dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğu gibi ruh sağlığı sorunlarında iyileşmeyle ilişkili olduğu saptanmıştır.

Bu çalışmada gözden geçirilen araştırmalar ışık-

ğında araştırmacı ve uygulamacılara bazı öneriler sunulabilir. Türkiye’de fiziksel aktivite ve egzersizin çocuk ve ergenlerin nörobilişsel gelişimindeki yeri konusunda daha çok sayıda kaliteli görgül bilimsel çalışmalara ihtiyaç vardır. İleriki çalışmalarda çocuk ve ergenlerin egzersiz ve nörobilişsel gelişimleri arasındaki ilişkileri daha sağlam ve net şekilde ortaya koyacak prospektif, boylamsal ve deneysel araştırmalara ihtiyaç devam etmektedir. Neden-sonuç ilişkisini daha açık şekilde saptayabilecek deneysel insan çalışmalarının yanı sıra yeni gelişen nörogörüntüleme teknolojilerinden de istifade eden gerçek zamanlı (real-time) ve uzun soluklu izleme çalışmaları faydalı olacaktır. Uygulamacılar açısından da çocuk ve ergenlerin fiziksel aktivite, egzersiz ve spora katılımlarının önündeki engellerin tespit edilip kaldırılması önemlidir. Bireye uygun egzersiz programları ve spor dalları geliştirilmeli ve bulunmalıdır. Çocuk ve ergenlerin okul içi ve dışı zamanlarda uygun fiziksel aktivite ve spora yönlendirilmeleri, katılımlarının teşvik edilmesi ve devamlılıklarının sağlanması yönünde eğitim ve danışmanlık desteklerinin sunulması önem arz etmektedir.

### KAYNAKLAR

Aguilera O, Fernández AF, Muñoz A ve ark. (2010) Epigenetics and environment. A complex relationship. *J Appl Physiol* 109:243-251.

Andersen SL (2003) Trajectories of brain development: Point of vulnerability or window of opportunity? *Neurosci Biobehav Rev* 27:3-18.

Arslan C, Güllü M, Tural V (2011) Spor yapan ve yapmayan ilköğretim öğrencilerinin depresyon durumlarının bazı değişkenlere göre incelenmesi. *Niğde Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi* 5:120-132.

Bunge SA, Crone EA (2009) Neural correlates of the development of cognitive control. *Neuroimaging in Developmental Clinical Neuroscience içinde*, J Rumsey ve M Ernst (ed) Cambridge University Press, Cambridge, s:22-37.

Best JR (2010) Effects of physical activity on children’s exe-

cutive function: Contributions of experimental research on aerobic exercise. *Developmental Review* 30:331-351.

Biddle SJH, Asare M (2011) Physical activity and mental health in children and adolescents: A review of reviews. *Br J Sports Med* 45:886-895.

Booth JN, Leary SD, Joinson C ve ark. (2014) Associations between objectively measured physical activity and academic attainment in adolescents from a UK cohort. *Br J Sports Med* 48:265-270.

Booth JR, Burman DB, Meyer JR ve ark. (2003) Neural development of selective attention and response inhibition. *Neuroimage* 20:737-751.

Budde H, Voelcker-Rehage C, Pietrafyik-Kendziorra S ve ark. (2008) Acute coordinative exercise improves attentional performance in adolescents. *Neurosci Lett* 441:219-223.

Burgess G, Grogan S, Burwitz L (2006) Effects of a 6-week aerobic dance intervention on body image and physical self-perceptions in adolescent girls. *Body Image* 3:57-66.

Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM (1985) Physical activity, exercise, and physical fitness: Definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep* 100:126-131.

Chaddock-Heyman L, Erickson KI, Holtrop JL ve ark. (2014) Aerobic fitness is associated with greater white matter integrity in children. *Front Hum Neurosci* 8:584.

Chaddock L, Erickson KI, Prakash RS ve ark. (2010) Basal ganglia volume is associated with aerobic fitness in preadolescent children. *Dev Neurosci* 32:249-256.

Chaddock L, Hillman CH, Buck SM ve ark. (2011) Aerobic fitness and executive control of relational memory in preadolescent children. *Med Sci Sports Exerc* 43:344-349.

Crews DJ, Lochbaum MR, Landers DM (2004) Aerobic physical activity effects on psychological well-being in low-income hispanic children. *Percept Mot Skills* 98:319-324.

Davis CL, Tomporowski PD, Boyle CA ve ark. (2007) Effects of aerobic exercise on overweight children’s cognitive functioning: A randomized controlled trial. *Res Q Exerc Sport* 78:510-519.



- Davis CL, Tomporowski PD, McDowell JE ve ark. (2011) Exercise improves executive function and achievement and alters brain activation in overweight children: A randomized, controlled trial. *Health Psychol* 30:91-98.
- Diamond A, Lee K (2011) Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old. *Science* 333:959-964.
- Diaz AB, Motta R (2007) The effects of an aerobic exercise program on posttraumatic stress disorder symptom severity in adolescents. *Int J Emerg Ment Health* 10:49-59.
- Dishman RK, Hales DP, Pfeiffer KA ve ark. (2006) Physical self-concept and self-esteem mediate cross-sectional relations of physical activity and sport participation with depression symptoms among adolescent girls. *Health Psychol* 25:396-407.
- Donnelly JE, Greene JL, Gibson CA ve ark. (2009) Physical Activity Across the Curriculum (PAAC): A randomized controlled trial to promote physical activity and diminish overweight and obesity in elementary school children. *Prev Med* 49(4):336-341.
- Ekeland E, Heian F, Hagen K ve ark. (2005) Can exercise improve self esteem in children and young people? A systematic review of randomised controlled trials. *Br J Sports Med* 39:792-798.
- Fedewa AL, Ahn S (2011) The effects of physical activity and physical fitness on children's achievement and cognitive outcomes: A meta-analysis. *Res Q Exerc Sport* 82:521-535.
- Fisher A, Boyle JM, Paton JY ve ark. (2011) Effects of a physical education intervention on cognitive function in young children: Randomized controlled pilot study. *BMC Pediatr* 11: 97.
- Fox CK, Barr-Anderson D, Neumark-Sztainer D ve ark. (2010) Physical activity and sports team participation: Associations with academic outcomes in middle school and high school students. *J Sch Health* 80:31-37.
- Fulk LJ, Stock HS, Lynn A ve ark. (2004) Chronic physical exercise reduces anxiety-like behavior in rats. *Int J Sports Med* 25:78-82.
- Hill LJ, Williams JH, Aucott L ve ark. (2011) How does exercise benefit performance on cognitive tests in primary-school pupils? *Dev Med Child Neurol* 53:630-635.
- Hogan M, Kiefer M, Kubesch S ve ark. (2013) The interactive effects of physical fitness and acute aerobic exercise on electrophysiological coherence and cognitive performance in adolescents. *Exp Brain Res* 229:85-96.
- Howie EK, Pate RR (2012) Physical activity and academic achievement in children: A historical perspective. *Journal of Sport and Health Science* 1:160-169.
- Kwak L, Kremers SP, Bergman P ve ark. (2009) Associations between physical activity, fitness, and academic achievement. *J Pediatr* 155:914-918.
- Newman CL, Motta RW (2007) The effects of aerobic exercise on childhood PTSD, anxiety, and depression. *International Journal of Emergency Mental Health* 9:133-158.
- Pareja-Galeano H, Brioché T, Sanchis-Gomar F ve ark. (2013) Impact of exercise training on neuroplasticity-related growth factors in adolescents. *Journal of Musculoskeletal Neuronal Interaction* 13:368-371.
- Piepmeyer AT, Shih CH, Whedon M ve ark. (2015) The effect of acute exercise on cognitive performance in children with and without ADHD. *Journal of Sport and Health Science* 4:97-104.
- Plowman SA, Smith DL (2008) *Exercise Physiology for Health, Fitness, and Performance* (2. Baskı). Williams & Wilkins, Lippincott.
- Pontifex MB, Saliba BJ, Raine LB ve ark. (2013) Exercise improves behavioral, neurocognitive, and scholastic performance in children with ADHD. *J Pediatr* 162:543-551.
- Reed JA, Einstein G, Hahn E ve ark. (2010) Examining the impact of integrating physical activity on fluid intelligence and academic performance in an elementary school setting: A preliminary investigation. *Journal of Physical Activity and Health* 7:343-351.
- Soga K, Shishido T, Nagatomi R (2015) Executive function during and after acute moderate aerobic exercise in adolescents. *Psychology of Sport and Exercise* 16:7-17.
- Sowell ER, Peterson BS, Thompson PM ve ark. (2003) Mapping cortical change across the human life span. *Nat Neurosci* 6:309-315.

## ÖZDOĞRU VE YERTUTANOL

- So W-Y (2012) Association between physical activity and academic performance in Korean adolescent students. *BMC Public Health* 12:258.
- Stella SG, Vilar AP, Lacroix C ve ark. (2005) Effects of type of physical exercise and leisure activities on the depression scores of obese Brazilian adolescent girls. *Braz J Med Biol Res* 38:1683-1689.
- Strong WB, Malina RM, Blimkie CJ ve ark. (2005) Evidence based physical activity for school-age youth. *J Pediatr* 146(6):732-737.
- Stroth S, Kubesch S, Dieterle K ve ark. (2009) Physical fitness, but not acute exercise modulates event-related potential indices for executive control in healthy adolescents. *Brain Res J* 269:114-124.
- Syvöoja HJ, Tammelin TH, Ahonen T ve ark. (2014) The associations of objectively measured physical activity and sedentary time with cognitive functions in school-aged children. *PLoS One* 9(7):e103559.
- Swain RA, Harris AB, Wiener EC ve ark. (2003) Prolonged exercise induces angiogenesis and increases cerebral blood volume in primary motor cortex of the rat. *Neuroscience* 117:1037-1046.
- Thomas AG, Dennis A, Bandettini PA ve ark. (2012) The effects of aerobic activity on brain structure. *Front Psychology* 3:86.
- Tomporowski PD, Davis CL, Miller PH ve ark. (2008) Exercise and children's intelligence, cognition, and academic achievement. *Educ Psychol Rev* 20:111-131.
- Topçu B, Yıldız S, Topçu Bilgen Z (2007) Dikkat eksikliği hiperaktivite bozukluğu olan çocuklarda folklor egzersizinin etkisi. *Genel Tıp Dergisi* 17(2):89-93.
- Van der Niet AG, Smith J, Scherder EJ ve ark. (2014) Associations between daily physical activity and executive functioning in primary school-aged children. *J Sci Med Sport* 18:673-677.
- Van Dijk ML, De Groot RH, Savelberg HH ve ark. (2014) The association between objectively measured physical activity and academic achievement in Dutch adolescents: Findings from The GOALS Study. *J Sport Exerc Psychol* 36:460-473.
- Velanova K, Wheeler ME, Luna B. (2008) Maturation changes in anterior cingulate and frontoparietal recruitment support the development of error processing and inhibitory control. *Cereb Cortex* 18:2505-2522.
- Voss MW, Vivar C, Kramer AF ve ark. (2013) Bridging animal and human models of exercise-induced brain plasticity. *Trends Cogn Sci* 17:525-544.