



Research article

# AN INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN PHYSICAL ACTIVITY LEVEL, MOTOR COMPETENCE AND COGNITIVE FUNCTIONS IN ADOLESCENTS

Selim ESGİYAYLA<sup>1</sup>, Ali Mert ŞENDİL<sup>1</sup>, Barış ÖNGÖREN<sup>1</sup>, Zeynep DOĞAN<sup>1</sup>, Fatma ÇELİK DİNÇ<sup>2</sup>, Esra GÜNDOĞDU<sup>2</sup>, Umut CANLI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Tekirdağ Namık Kemal University, Sport Sciences Faculty

<sup>2</sup> Tekirdağ Provincial Directorate of National Education

## ARTICLE INFO

### Article history:

Received: 25 April 2025

Received in revised form: 13 May 2025

Accepted: 14 June 2025

Available online: 31 June 2025

### Keywords

Physical activity level

Motor competence

Cognitive functions

Adolescents

DOI: 10.55376/ijtsep.1682791

## ABSTRACT

This study aims to examine the relationship between physical activity level, motor competence and cognitive functions in adolescents. The study group consisted of 40 volunteer male students (age =  $14.38 \pm 0.40$ ) studying in a public high school. The physical activity levels of the participants were determined using the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ). The Körperkoordinations Test für Kinder (KTK3)+ test battery was used to determine the level of motor competence. In the evaluation of cognitive functions; Go/No-go test was used to measure inhibition control and Mental Rotation test was used for spatial-spatial cognition. Statistical analysis of the data in the study was performed using SPSS 18.0. In the analysis of the data, descriptive statistics (mean, standard deviation) were used to describe the characteristics of the research group. Pearson product-moment rank correlation coefficient analysis was used to determine the relationships between variables. The results of the study showed that there was no significant difference between physical activity level and cognitive functions ( $p > 0.05$ ). A statistically significant ( $p < 0.05$ ) and negative correlation was found between the lateral movement skill (KTK<sub>MOVESIDEWAYS</sub>), which is an important component of locomotor movement skills, and the correct reaction time (RT-go), which represents inhibition. In conclusion, the data obtained in this study provide limited but significant clues that there may be potential relationships between some subcomponents of motor competence and cognitive functions.

*Araştırma makalesi***ERGENLERDE FİZİKSEL AKTİVİTE DÜZEYİ İLE MOTOR YETERLİLİK VE BİLİŞSEL FONKSİYONLAR ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ**

Selim ESGİYAYLA<sup>1</sup>, Ali Mert ŞENDİL<sup>1</sup>, Barış ÖNGÖREN<sup>1</sup>, Zeynep DOĞAN<sup>1</sup>, Fatma ÇELİK DİNÇ<sup>2</sup>, Esra GÜNDOĞDU<sup>2</sup>, Umut CANLI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi

<sup>2</sup> Tekirdağ İl Milli Eğitim Müdürlüğü

*MAKALE BİLGİSİ*

*Makale geçmişi:*

Gönderim: 25 Nisan 2025

Düzeltilme: 13 Mayıs 2025

Kabul: 14 Haziran 2025

Online yayınlama: 31 Haziran 2025

*Anahtar kelimeler*

Fiziksel aktivite düzeyi

Motor yeterlilik

Bilişsel işlevler

Ergenler

*ÖZET*

Bu çalışma ergenlerdeki fiziksel aktivite düzeyinin motor yeterlilik ve bilişsel fonksiyonlar arasındaki ilişkiyi incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışma grubunu bir devlet lisesinde öğrenim görmekte olan 40 gönüllü erkek öğrenci (yaş =  $14.38 \pm 0.40$ ) oluşturmaktadır. Katılımcıların fiziksel aktivite düzeyleri Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi (IPAQ) kullanılarak belirlenmiştir. Motor yeterlilik düzeyinin belirlenmesinde ise Körperkoordinations Test für Kinder (KTK3)+ test bataryası kullanılmıştır. Bilişsel işlevlerin değerlendirilmesinde; inhibisyon kontrolün ölçümü için Go/No-go testi, uzamsal-mekânsal biliş için ise Mental Rotasyon testi kullanılmıştır. Çalışmadaki verilerin istatistiksel analizleri SPSS 18.0 kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Verilerin analizinde, araştırma grubunun özelliklerini tanımlamak için tanımlayıcı istatistikler (ortalama, standart sapma) kullanılmıştır. Değişkenler arasındaki ilişkileri belirlemek için Pearson momentler çarpımı sıra korelasyon katsayısı analizi yapılmıştır. Çalışmanın sonuçları fiziksel aktivite düzeyi ile bilişsel işlevler arasında anlamlı bir farklılık bulunmadığı tespit edilmiştir ( $p > 0.05$ ). Lokomotor hareket becerilerinin önemli bir bileşeni olan lateral hareket becerisi (KTK TAŞIMA) ile inhibisyonu temsil eden doğru tepki süresi (RS-go) arasında istatistiksel olarak anlamlı ( $p < 0.05$ ) ve negatif yönlü bir korelasyon bulunduğu görülmüştür. Sonuç olarak, bu çalışmada elde edilen veriler, motor yeterliliğin özellikle bazı alt bileşenleriyle bilişsel fonksiyonlar arasında potansiyel ilişkiler olabileceğine dair sınırlı fakat anlamlı ipuçları sunmaktadır.

## Giriş

Fiziksel aktivite programına katılım sağlamak, çocuklar ve gençler için çok çeşitli fizyolojik ve psikolojik faydalar sağlamaktadır (Andersen ve ark., 2016). Ancak, günümüzde dijitalleşmenin ve teknolojik cihazların kullanımının artmasıyla birlikte, çocuklar ve ergenler giderek daha hareketsiz bir yaşam tarzına yönelmektedir. Bu durum, fiziksel aktivite düzeylerinde gözle görülür bir azalmaya neden olmakta ve bu azalma, genç bireylerin hem fiziksel hem de zihinsel gelişim süreçlerini olumsuz yönde etkilemektedir (Yang ve ark., 2023). Özellikle ergenlik döneminde fiziksel aktivitenin azalması, motor yeterlilik düzeylerinde düşüşe yol açmakta ve bu durumun bilişsel işlevler ile akademik başarı üzerinde de olumsuz etkiler yarattığı belirtilmektedir (Kontomaa ve ark., 2013; Donnelly ve ark., 2016).

Fiziksel aktiviteye düzenli olarak katılmanın ergenlerde bilişsel becerilerini ve stratejilerini geliştirebileceklerini ve beyinde çok sayıda iyileştirici fayda sağladıklarını öne sürmektedirler (Singh ve ark., 2019; Shi ve Feng, 2022; Donnelly ve ark., 2016). Bununla beraber fiziksel aktivite çocuk ve gençlerin motor yeterlilik unsurları üzerinde önemli gelişmeler sağlamaktadır (Shi ve Feng, 2022). Motor yeterlilik kavramı, bireylerin çeşitli motor becerileri gerçekleştirme yeteneğini ifade edilmektedir (Cattuzzo ve ark., 2016; Hulthe ve ark., 2018; De Meester ve ark., 2020). Tüm bu özelliklerin dışında, bu aktiviteler bireylerin kendilerini daha iyi hissetmelerine yardımcı olarak var olan hareket yetkinliklerini geliştirilmesine ve karmaşık becerilerin öğrenilmesine katkı sağlamaktadır (Janssen ve LeBlanc, 2010). İlaveten, yapılan çalışmalar motor yeterliliğin, fiziksel ve psikososyal gelişimde önemli bir faktör olduğunu belirtmekle beraber (Adolph ve Hoch, 2019), ergenlik dönemindeki çocuklarda fiziksel aktivitelere katılımın temelini oluşturduğunu vurgulamaktadır (Goodway ve ark., 2019; Rudd ve ark., 2020).

Yapılan çalışmalar, fiziksel aktivitelerde daha fazla zaman geçiren çocuk ve ergenlerin, dikkat odaklı görevlerde hareketsiz olanlara göre daha etkin kıldığı fikrini desteklemekle birlikte akademik performansında olumlu etkilere sahip olduğunu göstermektedir (Ayers ve Sariscsany, 2010; Guillaumon ve ark., 2020). Örneğin, çocuk ve ergenler üzerinde yapılan egzersiz çalışmalarının bir meta-analiz çalışmasının sonuçlarında, fiziksel aktivite ile inhibitör kontrol arasında pozitif bir ilişki olduğunu göstermiştir (Xue ve ark., 2019). Başka bir çalışma ise fiziksel aktiviteye katılımın görsel uzamsal zekayı olumlu yönde etkilediği belirtilmiştir (Voyer ve Jansen, 2017). Ayrıca, literatürde motor yeterlilik ve bilişsel fonksiyonlar arasındaki ilişkiyi inceleyen araştırmalar da mevcuttur. Yapılan bir çalışmada, çocuklarda motor yeterlilik

fonksiyonlarının bilişsel süreçlere ve akademik başarı üzerine anlamlı düzeyde etkisinin olduğu belirlenmiştir (Kantomaa ve ark., 2013). Başka bir araştırmada ise; 9 yıllık müdahale çalışmasının motor yeterlilik düzeyinde eksikliği olan çocukların, eksikliği olmayan çocuklara göre akademik testlerde daha kötü performans gösterdiği belirlenmiştir (Ericsson ve Karlsson, 2014). Chenglin ve Xinhong (2021) yaptığı çalışmada, motor becerilerin çocukların ve ergenlerin bilişsel faydaları üzerinde özel bir niteliğe sahip olduğunu vurgulamaktadır. Geertsen ve arkadaşlarının (2016) yaptığı bir çalışmada ise ince ve kaba motor becerilerinin çocukların bilişsel fonksiyonları üzerinde anlamlı etkiye sahip olduğu ilişkilendirilmiştir. Ancak literatür incelendiğinde fiziksel aktivite, motor yeterlilik ve bilişsel fonksiyon parametrelerinden inhibisyon ile görsel uzamsal zekanın ayrı ayrı incelendiği çalışmalar olsa da bu parametrelerin birlikte kullanıldığı çalışmaya rastlanılmamıştır. Dolayısıyla bu çalışma ergenlerde fiziksel aktivite düzeyi ile motor yeterlilik ve bilişsel fonksiyonlar arasındaki ilişkinin incelenmesini değerli görülmüştür.

## **Yöntem**

### **Çalışma Tasarımı ve Çalışma Grubu**

Bu araştırma, nicel araştırma yöntemi kullanılarak, kesitsel desen ile tasarlanmıştır. Araştırma grubunun oluşturulmasında, çalışma amacına uygun olarak kolayda örnekleme yöntemi tercih edilmiştir. Bu doğrultuda, çalışmaya katılım için belirlenen liseden toplam 52 erkek öğrenci davet edilmiştir. Ancak uygunluk kriterlerini karşılayan ve araştırma prosedürünün tüm aşamalarına düzenli olarak katılım sağlayan 40 öğrenci (yaş =  $14.38 \pm 0.40$ ) nihai örnekleme dahil edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada herhangi bir güç analizi yapılmamış olup, örneklem belirleme süreci kolayda örnekleme yöntemi kapsamında ve belirli uygunluk ölçütlerine dayalı olarak yürütülmüştür (Creswell ve Creswell, 2017; Emerson, 2021). Kolayda örnekleme yöntemi, araştırmacının erişiminin kolay olduğu, gönüllü katılım sağlayabilen bireyler üzerinden veri toplamasına olanak tanıyan olasılıksız örnekleme türlerinden biridir. Bu yöntem, özellikle zaman, kaynak veya erişim kısıtlarının bulunduğu koşullarda sıkça tercih edilir (Etikan, Musa ve Alkassim, 2016). Ancak bu yaklaşım, seçilen örneklemin evreni tam olarak temsil etmeme olasılığı nedeniyle genellenebilirlik açısından sınırlıdır. Bununla birlikte, örnekleme yöntemine ve araştırma tasarımına bağlı olası metodolojik sınırlılıklar, çalışmanın tartışma bölümünde ele alınmıştır. Çalışma, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulu tarafından onaylanmıştır (Araştırma protokol numarası: 2023.165.09.15). İlk aşamada araştırmanın yapılacağı lisenin yönetiminden araştırma izni alınmış, daha sonra

okulun bağı olduğu Milli Eğitim Müdürlüğü'nden de resmi izin alınmıştır (Referans Numarası: E-89875381-44-84582395, Tarih: 20/09/2023). Okul yönetimine, öğretmenlere ve öğrenci gruplarına araştırma protokolü ve süreci detaylı şekilde açıklanmıştır. Tüm öğrencilere gönüllü katılım ve ebeveyn onam formları dağıtılmış; yalnızca ebeveynlerinden veya yasal vasilerinden bilgilendirilmiş onam alınan öğrenciler çalışmaya dahil edilmiştir. Ayrıca, dahil edilme kriterleri kapsamında, çalışmaya aynı yaşlarda (14 yaş), düzenli okul devamlılığı gösteren, gelişimsel açıdan tipik seyir izleyen ve gönüllü katılım sağlamaya istekli olan öğrenciler dâhil edilmiştir. Dışlama kriterleri ise tipik olarak gelişmekte olan çocukların seçilmesini sağlamış ve nörolojik veya kas-iskelet sistemi bozuklukları gibi fiziksel, bilişsel veya motor gelişimi etkileyen belgelenmiş tıbbi durumları olanları hariç tutmuştur. Ayrıca, hastalık veya diğer sağlık sorunları nedeniyle gerekli değerlendirmeleri tamamlayamayan, veri toplamının kritik aşamalarında bulunmayan veya çalışmadan çekilen çocuklar hariç tutulmuştur.

### **Araştırma Prosedürü**

Bu kesitsel çalışma, Katılımcıların yorgunluğunu azaltmak ve toplanan verilerin kalitesini artırmak için art arda iki gün boyunca birden fazla değerlendirme yapılmasını içermektedir. Çalışma, veri toplamada tutarlılık ve güvenilirlik sağlamak için tanımlanmış zaman aralıkları ile sabit bir test sırası izlemiştir. Araştırmacılar, değerlendirmelerden önce katılımcılara test ve ölçüm protokollerinin hem teorik hem de pratik açıklamalarını yapmıştır. Her iki gün de veri toplama işlemleri, sirkadiyen ritimlerin performans sonuçları üzerindeki etkilerini en aza indirmek için tüm testler 09:30–11:00 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir. İlk gün, katılımcılar tanımlayıcı özelliklerini içeren bir form doldurmuş, ardından fiziksel aktivite düzeylerinin belirlemek için Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi Kısa Formu, inhibitör kontrol özelliğini değerlendirmek için Go/No-Go testi, ruh halini belirlemek için Brunel Ruh Hali Ölçeği, uzamsal/mekânsal biliş özelliğinin belirlenmesinde ise Mental Rotasyon testi uygulanmıştır. İkinci gün ise boy ve vücut ağırlığını içeren antropometrik ölçümler kaydedilmiştir. Ardından, motor yeterliliğin değerlendirmesi için KTK3+ test bataryası uygulanmış; öncesinde 5 dakika koşu + 5 dakika dinamik esneme içeren bir ısınma, sonrasında ise soğuma egzersizleri yapılmıştır. Veri toplama sürecine eksiksiz katılım sağlayamayan katılımcılar, önceden tanımlanan dışlama kriterleri doğrultusunda analiz dışı bırakılmıştır. Tüm analizler yalnızca eksiksiz veri sağlayan katılımcılar üzerinden yürütülmüştür.

## Veri Toplama Araçları

### Vücut Kompozisyonu Değerlendirmesi

Katılımcıların boy uzunluğu ayakkabısız ve ayaklar bitişik bir şekilde başın konumu Frankfort düzleminde stadiometre kullanılarak santimetre (cm) cinsinden ölçülmüştür. Katılımcıların vücut ağırlığı ayakkabısız, tişört ve şort ile dijital bir baskül kullanılarak kilogram (kg) cinsinden ölçülmüştür. Vücut kitle indeksi (VKİ) ( $\text{kg/m}^2$ ), vücut kitlesinin (kg) vücut boyunun karesine ( $\text{m}^2$ ) bölünmesiyle hesaplanmıştır.

### Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi Kısa Formu (IPAQ):

Katılımcıların fiziksel aktivite düzeylerini belirlemek için Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi'nin (IPAQ) kısa form versiyonu kullanılmıştır. Bu ankette fiziksel aktivite düzeyi dakika, gün ve MET değeri çarpılarak "MET-(dakika/hafta)" skoru ile tanımlamaktadır. Bilimsel raporlara göre 1 MET yaklaşık olarak 1kg vücut ağırlığı başına dakikada 3.5ml oksijen tüketimine eşittir.

Yoğun fiziksel aktivite 8 MET, orta fiziksel aktivite 4 MET ve tempolu yürüyüşün 3 MET olduğu belirlenmiştir. Fiziksel aktivite düzeyleri üç şekilde sınıflandırılır. Yetersiz fiziksel aktivite düzeyi (<600 MET-dakika/hafta), düşük fiziksel aktivite düzeyi (600-3000 MET-dakika/hafta) ve yeterli fiziksel aktivite düzeyi (>3000 MET-dk/hafta) (Craig ve ark., 2003)

### İnhibitör kontrol değerlendirme

İnhibitör kontrol, yürütücü işlevlerin temel bileşenlerinden biridir (Diamond, 2013) ve planlanmış ya da devam eden motor tepkileri durdurabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır (Aron ve ark., 2014). Aynı zamanda odağı korumak için dikkat dağıtıcılara veya alışkanlıklara direnme yeteneğini içerir (Diamond, 2013; Barkley, 2001). Hedefe yönelik davranışları gerçekleştirmek için gerekli süreçleri organize etmede rol oynayan temel bir bileşendir (Friedman ve Miyake, 2004). IC değerlendirmesinde en yaygın kullanılan Go/No-go testidir (Houben ve Jansen, 2011). Bu çalışmada bilgisayar tabanlı bir Go/No-go testi uygulanmıştır. Test toplam beş bölümden oluşmaktadır. Her bölüm 40 denemeden oluşmaktadır ve her bölümde 20 adet X (go) uyarı ve 20 adet O (no-go) uyarı bulunmaktadır. Bölümler arasında 10sn dinlenme süresi verilmiştir. Uygulamada toplam 100 adet X (Go), 100 adet O (No-go) uyarı bulunmaktadır. Bu uyarılar ekranda 50 milisaniye boyunca görüntülenir ve sonrasında 1450 milisaniyelik siyah bir ekran görüntüsü vardır. Bu nedenle bir uyarının başlangıcından diğer uyarının başlangıcına kadar geçen süre 1500 milisaniyedir.

Katılımcılardan “X” uyarısını gördüklerinde olabildiğince hızlı bir biçimde farenin sol tıkına basmalarını, “O” uyarısını gördüklerinde ise sadece beklemeleri söylenmiştir. Test yaklaşık 5 dakika 40 saniye sürmektedir. X (Go) uyarısında farenin sol tuşuna tıklanması doğru tepki puanıdır. Eğer uyarana tepki verilmezse yanlış tepki puanıdır. Hedef uyarana verilen doğru tepkilerin tepki süresi doğru tepki gecikmesidir. O (No-go) uyarısında ise uyarana tepki verilmemesi doğru tepki puanıdır. Eğer uyarana farenin sol tuşu ile tepki verilirse bu yanlış tepki puanıdır. Test sonucu doğru ve yanlış sayısı tepki süreleriyle birlikte kaydedilmiştir.

### **Mental Rotasyon Testi**

Mental rotasyon iki veya üç boyutlu bir nesnenin uzaydaki pozisyonu ve hareketini zihinde canlandırabilme becerisi olarak tanımlanmaktadır (Kızıltan ve ark., 2013). Mental rotasyon ile harekete hazırlığın premotor kortekste ortak mekanizmalara sahip olabileceğini gösteren nörogörüntüleme çalışmaları sonucu mental rotasyon test performansı ile fiziksel aktivite arasında bağlantı olduğu öne sürülmüştür (Tomasino ve Gremese, 2016; Zacks, 2008). Bu çalışmada bilgisayar tabanlı bir mental rotasyon testi kullanılmıştır. Test toplam 16 denemeden oluşmaktadır. Ekranda dört görsel gözükmekte olup bu görseller 10 adet küpün uç uca eklenmesiyle oluşturulmuştur. Soldaki görsel referans olmakla beraber diğer üç görselden sadece biri referans görselin 3 boyutlu uzayda döndürülmüş görünümü şeklindedir. Diğer iki görsel ise referans görselin ayna görüntüsü şeklindedir. İlk sekiz sorudaki doğru cevaplar X ekseninde diğer sekiz sorudaki doğru cevaplar ise Z ekseninde döndürülmüştür. Döndürme işlemi her iki eksen için  $0^{\circ}$ - $180^{\circ}$  arasındadır ve her soruda  $30^{\circ}$  artmış şeklindedir. Klavyeden “1”, “2” ve “3” tuşları kullanılarak doğru görselin seçilmesi istenmektedir. Testin tamamlanması için 5 dakika süre verilmiştir ve en kısa sürede bitirilmesi istenmiştir. Test sonucunda doğru ve yanlış sayısı cevaplama süresiyle birlikte milisaniye (ms) olarak kaydedilir (Kızıltan ve ark., 2013).

### **KTK3+ Test Bataryası**

Çocuklar İçin Vücut Koordinasyon Testi (Körperkoordinations Test für Kinder) yani kısaca KTK, çocuklarda motor koordinasyon ve hareket becerilerini değerlendirmek amacıyla 1974 yılında Kiphard ve Schilling tarafından geliştirilmiştir. Daha sonra Platvoet ve arkadaşları (2018) tarafından yenilenerek KTK-3+ adını almıştır. Bataryanın toplam uygulama süresi ortalama 10-15 dakika olmakta birlikte dört farklı testten oluşmaktadır. Bunlar geri yürüme, yana sıçrama, yana taşıma ve el-göz koordinasyonu testleridir.

**KTK Denge Testi:** Test materyali üç farklı tahta çitadan oluşmaktadır. Uzunlukları 3m, yükseklikleri 5cm olmakla birlikte genişlikleri sırasıyla 6cm, 4.5cm ve 3cm dir. Herhangi bir süre kısıtlaması bulunmamaktadır. Tahta çitaların başlangıç noktalarında kare plakalar vardır. Katılımcının başlangıç pozisyonunda ilk adım tahta çitanın üzerinde olacak şekildedir ve her adım sonrası arkadaki ayak topuğu öndeki ayağının parmak ucuna değecek şekilde aralarında boşluk kalmaması konusunda bilgilendirilir. Ölçüm sırası geniş tahtadan ince tahtaya doğrudur. Her tahtanın ön kısmından başlanır ve bu katılımcının denemesi içindir. Tahtanın sonuna geldiğinde katılımcıdan geri yürümesi istenir. Tahtada uçtan uca veya 8 adıma kadar puanlanır ve 8 tam puandır. Öncesinde düştüyse düşmeden önceki adım sayısı kadardır. Tüm katılımcıların iki deneme hakkı vardır.

**KTK Yana Sıçrama Testi:** Test materyali 60cm uzunluğunda 4cm genişliğinde ve 2cm yüksekliğinde tahta bir çitadan oluşmaktadır. Katılımcılardan ölçüm boyunca ortada bulunan tahta çitanın üzerinden olabildiğince çok sayıda sağa ve sola doğru çift ayak adımlarıyla sıçraması istenir. Ölçüm süresi 15 saniyedir ve iki deneme hakkı bulunmaktadır. Ölçümler arasında 1-3 dakika dinlenme süresi verilmiştir.

**KTK Taşıma Testi:** Test materyali 2cm yüksekliğinde, köşelerinde 4 adet 3,7cmlik destek ayakları bulunan, 2 adet 25x25cm ahşap kare plakalardan oluşmaktadır. Katılımcılardan seçtiğin yöne doğru plakaları iki eliyle taşıması söylenir ve kaç adet taşıdığı sesli olarak sayılır. Katılımcının tek el kullanarak taşıma yapması durumunda “İki elini kullanmalısın!” talimatı verilmiştir. Ölçüm 20 saniye sürmüştür ve “Dur!” komutu ile sonlandırılmıştır. Katılımcıların 2 deneme hakkı bulunmaktadır. 2 ölçüm arası 1-3 dakika dinlenme süresi verilmiştir.

**KTK Yakalama Testi:** Test el-göz koordinasyonunu ölçmektedir. Katılımcı, düz bir duvara 1 metre uzaklıkta ve yönü duvara doğru ayakta pozisyon almaktadır. Katılımcıdan topu attıktan sonra tersteki eli ile yakalanması söylenir. Topun duvara atılmasıyla birlikte kronometre başlatılmaktadır. Test süresi 30 saniye olup katılımcıların 2 hakkı bulunmaktadır.

### **Verilerin Analizi**

Çalışmadaki verilerin istatistiksel analizleri SPSS 18.0 kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Verilerin analizinde, araştırma grubunun özelliklerini tanımlamak için tanımlayıcı istatistikler (ortalama, standart sapma, medyan, min-maks değer, oran ve frekans dahil) kullanılmıştır; bunlar tablolar halinde ifade edilmiştir. Çalışma verilerinin normal dağılıp dağılmadığını belirlemek için basıklık ve çarpıklık değerleri incelenmiştir. Bu değerler -1,5 ile +1,5



arasındadır; veriler normal dağılım göstermiş, bu ölçülerin dışındaki değerler ise normal dağılım göstermemiştir (Tabachnick ve Fidell, 2013). Tüm verilerin normal dağılım gösterdiği bu çalışmada, değişkenler arasındaki ilişkileri belirlemek için Pearson momentler çarpımı sıra korelasyon katsayısı analizi yapılmıştır. P değerleri  $<0.05$  istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

## Bulgular

**Tablo 1.** Katılımcıların yaş ve antropometrik özelliklerine ilişkin tanımlayıcı veriler

| Tanımlayıcı veriler     | X      | Ss    |
|-------------------------|--------|-------|
| Yaş (yıl)               | 14.38  | 0.40  |
| Boy (cm)                | 170.84 | 6.58  |
| Vücut ağırlığı (kg)     | 62.86  | 12.76 |
| VKİ ( $\text{kg/m}^2$ ) | 21.57  | 4.44  |

*VKİ = vücut kütle indeksi*

**Tablo 2.** Katılımcıların fiziksel aktivite düzeyi, motor yeterlik ve bilişsel fonksiyonlarına ilişkin tanımlayıcı veriler

| Değişkenler                     | X         | Ss       |
|---------------------------------|-----------|----------|
| <b>Fiziksel Aktivite Düzeyi</b> |           |          |
| IPAQ                            | 4025.86   | 2695.75  |
| <b>KTK3+ Testi</b>              |           |          |
| KTK DENGİ                       | 37.50     | 12.58    |
| KTK SIÇRAMA                     | 70.12     | 11.10    |
| KTK TAŞIMA                      | 45.8438   | 9.11     |
| KTK YAKALAMA                    | 51.93     | 11.28    |
| <b>Go/No-Go Testi</b>           |           |          |
| DS (go) (n)                     | 90.65     | 15.44    |
| RS (go) (ms)                    | 285.83    | 48.44    |
| DS (no-go) (n)                  | 85.12     | 12.09    |
| <b>Mental Rotasyon Testi</b>    |           |          |
| Doğru sayısı                    | 7.71      | 3.31     |
| Yanlış sayısı                   | 7.81      | 3.16     |
| Toplam süre (ms)                | 167010.41 | 66657.26 |
| Ortalama süre (ms)              | 10772.78  | 4809.12  |

*DS = doğruluk sayısı, RS = reaksiyon süresi*

Tablo 2’de araştırma grubunun fiziksel aktivite düzeyleri incelendiğinde IPAQ ortalaması MET-dk/hafta>3000 olduğundan dolayı yüksek derecede aktif oldukları tespit edilmiştir.

**Tablo 3.** Katılımcıları fiziksel aktivite düzeyi ve motor yeterlik unsurları ile bilişsel fonksiyonları arasındaki ilişkilere ait veriler

| Değişkenler     |   | AC<br>(go) | RT (go)        | AC (no-go) | Doğru<br>sayısı | Yanlış<br>sayısı | Toplam<br>süre | Ortalama<br>süre |
|-----------------|---|------------|----------------|------------|-----------------|------------------|----------------|------------------|
| <b>IPAQ</b>     | r | -0.125     | -0.019         | -0.060     | 0.077           | -0.057           | -0.060         | -0.089           |
|                 | p | 0.496      | 0.917          | 0.746      | 0.674           | 0.758            | 0.744          | 0.627            |
| <b>KTK</b>      | r | -0.043     | -0.274         | -0.291     | 0.116           | -0.011           | -0.107         | -0.177           |
| <b>DENGE</b>    | p | 0.817      | 0.130          | 0.106      | 0.528           | 0.954            | 0.559          | 0.334            |
| <b>KTK</b>      | r | 0.059      | -0.250         | -0.024     | -0.272          | 0.334            | 0.034          | -0.023           |
| <b>SIÇRAMA</b>  | p | 0.746      | 0.167          | 0.898      | 0.133           | 0.062            | 0.852          | 0.901            |
| <b>KTK</b>      | r | 0.271      | <b>-0.372*</b> | -0.045     | -0.181          | 0.141            | 0.177          | 0.136            |
| <b>TAŞIMA</b>   | p | 0.134      | <b>0.036</b>   | 0.809      | 0.322           | 0.442            | 0.333          | 0.458            |
| <b>KTK</b>      | r | -0.014     | 0.058          | 0.038      | -0.098          | 0.094            | 0.204          | 0.173            |
| <b>YAKALAMA</b> | p | 0.939      | 0.753          | 0.835      | 0.594           | 0.611            | 0.263          | 0.342            |

**p<0.05\***

Tablo 3’te fiziksel aktivite düzeyi ve motor yeterlilik unsurları ile bilişsel işlev parametreleri arasındaki ilişki incelendiğinde fiziksel aktivite ile bilişsel işlev parametreleri arasında bir ilişki tespit edilmemiştir. Ancak motor yeterlilik unsurlarından KTK TAŞIMA ile inhibisyonu temsil eden RS (go) parametresi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu ve negatif yönlü bir korelasyon bulunduğu görülmüştür.

## Tartışma

Bu çalışma, ergen çocuklarda fiziksel aktivite düzeyi ve motor yeterliliğin; görsel uzamsal zekâ ile inhibisyon gibi bilişsel fonksiyonlar arasındaki ilişkiyi incelemeyi amaçlamaktadır. Güncel araştırmalar, çocuklarda fiziksel aktivite ve egzersize katılım ile bilişsel fonksiyonlar arasındaki ilişkinin incelenmesine yönelik ilginin giderek arttığını göstermektedir. Buna karşın alanda gerçekleştirilen çalışmaların sayıca sınırlı olduğu gözlemlenmektedir (Bidzan-Bluma & Lipowska, 2018). Bu durum göz önüne alındığında, çalışmamızın ergenlik dönemindeki bireylerde bu ilişkileri bir arada ele alması literatüre anlamlı bir katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Çalışma bulguları, fiziksel aktivite düzeyi ile bilişsel fonksiyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olmadığını ortaya koymuştur. Kapsamlı literatür bulguları, düzenli fiziksel

aktiviteye katılımın bilişsel süreçler arasında faydalı ilişkiler olduğunu öne sürerken, bazı çalışmalar da fiziksel aktivite ile bilişsel işlevler arasındaki ilişkilerin belirsiz olduğunu öne sürmektedir (Wassenaar ve ark., 2020). Yapılan çalışmalar incelendiğinde, 2018 yılında Fiziksel Aktivite Kılavuzları Dayanışma Komitesi tarafından yayımlanan raporda, ergenlik döneminde fiziksel aktiviteye katılımın bilişsel işlevler ile olan ilişkilere dair kanıtların tutarsız olduğu belirtilmiştir (ABD Sağlık ve İnsan Hizmetleri Bakanlığı, 2018). 2019 yılında güncellenen kılavuzda ise ergenlik döneminde fiziksel aktivite katılımının bilişsel işlevler ile olan ilişkisi halen sınırlı düzeyde olmak ile birlikte umut verici kanıtlarla desteklendiği ifade edilmiştir (Erickson ve ark., 2019). Benzer şekilde, Marrero-Rivera ve ark. (2024) Latin kökenli çocuklar ve ergenleri kapsayan çalışmalara yönelik kapsamlı incelemelerinde, yüksek düzeyde fiziksel aktiviteye katılımın bilişsel ve akademik çıktılarla ilişkili olduğuna dair tutarlı kanıtlar sunulduğu belirtilmiştir. İlaveten, Rodrigues ve ark. (2024) Portekizli ergenler üzerinde yaptıkları bir çalışmada, okul dönemi boyunca fiziksel aktivite düzeylerinin takibi yapılmış ve yüksek yoğunluklu fiziksel aktiviteye katılımın okul yılı boyunca bilişsel fonksiyonları önemli ölçüde iyileştirdiğini gözlemlemiştir. Güncel literatür bulguları, ergenlerde fiziksel aktivite düzeyinin bilişsel fonksiyonlar üzerindeki önemini vurgulamaktadır. Çalışmamızda, fiziksel aktivite düzeyi ile bilişsel fonksiyonlar arasında anlamlı bir korelasyon saptanmamış olmakla birlikte, bu çalışma ilişkisel düzeyde tasarlanmış olup değişkenler arasındaki ilişkileri tanımlayıcı bir bakış açısıyla ele almıştır; dolayısıyla bulgular, nedensellikten ziyade ilişki temelli yorumlarla sınırlandırılmalıdır. Öte yandan literatür bulgularıyla birlikte, fiziksel aktivite düzeyi ile bilişsel süreçler arasındaki ilişkinin tek başına katılım miktarıyla sınırlı olamayabileceğini; söz konusu ilişkinin aktivitenin niteliği, süresi, bağlamsal yapısı ve bireysel özellikler gibi değişkenler çerçevesinde daha derinlemesine incelenmesi gerektiğini düşündürmektedir (Diamond ve Ling, 2016; Dzhambov ve ark., 2023; Tomporowski ve Pesce, 2019; Vorraber Lawson ve ark., 2025). Bu noktada, Esteban-Cornejo ve ark., (2015), ergenlerde fiziksel aktivite ve biliş arasındaki ilişkilere yönelik gerçekleştirdikleri sistematik incelemede, fiziksel aktivitenin bilişsel işlevler ile ilişkili olduğu belirtilmiş; ancak, bu ilişkinin doğasının daha iyi anlaşılabilmesi açısından cinsiyet, fiziksel aktivite yoğunluğu ve türü gibi diğer önemli bileşenlerin rolünü ele alan daha fazla araştırma ihtiyaç duyulduğu vurgulanmıştır. Buna ek olarak, ergen popülasyonunda fiziksel aktivite düzeyi ile bilişsel fonksiyonlar arasındaki ilişkileri inceleyen çalışmaların sayıca sınırlı olması, bu konunun daha fazla araştırılmasını gerekli kılmaktadır.

Çalışmamızda odaklandığımız diğer unsurlar ise motor yeterlilik ile bilişsel işlevler içerisinde bulunan inhibisyon ve görsel uzamsal zekâ arasındaki ilişkidir. Bulgularımızda, motor yeterliliğin genel düzeyinin bilişsel işlevlerle istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki göstermediği, ancak lokomotor hareket becerilerinin önemli bir bileşeni olan lateral hareket becerisi (KTK TAŞIMA) ile inhibisyonu temsil eden doğru tepki süresi (RS-go) arasında istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönlü bir korelasyon bulunduğu görülmüştür. Bilişsel işlevlerin temel bileşenlerinden biri olan inhibisyon, bireyin içsel dürtülerini, otomatik tepkilerini veya çevresel uyaranlara karşı gelişen uygunsuz davranışlarını bastırmasını sağlayan yürütücü bir süreçtir (Miyake ve ark., 2000). Dikkatin sürdürülebilmesi, uygun tepkilerin seçilmesi ve davranışların kontrol altında tutulması açısından kritik bir öneme sahiptir (Diamond, 2013). Özellikle ergenlik döneminde inhibisyon becerileri, akademik başarı (Jacob ve Parkinson, 2015), ruhsal iyi oluş (Best ve Miller, 2010) ve problem davranışların önlenmesi (Suarez ve ark., 2024) gibi çok sayıda gelişimsel ve psikososyal alanın temelinde yer almaktadır. Literatürde, bu yaş grubuna yakın bireylerde motor yeterliliği yüksek olanların, inhibisyona dayalı bilişsel süreçleri daha etkili şekilde yönetebildikleri vurgulanmaktadır (Ludyga ve ark., 2019). Buna ek olarak, motor yeterliliğin temel bileşenlerinden biri olan motor koordinasyon ile bilişsel fonksiyonlar arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar, ergenlerde bu ilişkiyi destekleyen bulgular sunmuştur (Geertsen ve ark., 2016; Rigoli ve ark., 2012). Bu durumu destekler nitelikte, yakın dönemde gerçekleştirilen bir sistematik inceleme ve meta-analiz çalışması, ergen bireylerde motor yeterlilik ile inhibisyon da dahil olmak üzere üst düzey bilişsel süreçleri kapsayan yürütücü işlevler arasında küçükten orta düzeye kadar pozitif yönlü ilişkiler bulunduğunu ortaya koymuştur (Bao ve ark., 2024). Çalışmamız genel olarak motor yeterlilik ile bilişsel fonksiyonlar arasında anlamlı ilişkiler göstermese de güncel literatür bulguları, motor yeterliliğin bilişsel fonksiyonlar üzerindeki önemini vurgulamaktadır. Bu bağlamda, özellikle motor yeterliliğin içerisinde yer alan lateral hareket performansı (KTK TAŞIMA) ile inhibisyonun bir bileşeni olan doğru tepki süresi (RS-go) arasında ortaya çıkan anlamlı ilişki, motor yeterliliğin bilişsel fonksiyonlar ile ilişkili olabileceğine dair ipuçları sunmaktadır. Ancak burada, daha önce de ifade edildiği gibi, çalışmamızın ilişkisel düzeyde tasarlanmış olması nedeniyle, elde edilen verilerin yalnızca değişkenler arasındaki ilişkileri tanımlamaya yönelik olduğu unutulmamalıdır. Bu çerçevede, motor yeterlilik ile bilişsel fonksiyonlar arasındaki ilişkinin yönü ya da etkisinin derecesine ilişkin kesin çıkarımlar yapmak, araştırmamızın yöntemsel kapsamının ötesindedir. Buna ek olarak, çalışmada kullanılan kolayda örnekleme yöntemi, örneklemin evreni temsil etme gücünü sınırlamaktadır. Bu durum, araştırma

bulgularının genellenebilirliğini azaltmakta ve elde edilen ilişkilerin yalnızca benzer özellikler taşıyan örneklem grupları için geçerli olabileceği anlamına gelmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışmada elde edilen veriler, motor yeterliliğin özellikle bazı alt bileşenleriyle bilişsel fonksiyonlar arasında potansiyel ilişkiler olabileceğine dair sınırlı fakat anlamlı ipuçları sunmaktadır. Gelecekte bu konuda yapılacak araştırmaların, farklı yaş gruplarını kapsayan, motor yeterliliğin alt boyutlarını ayrıntılı biçimde ele alan ve bilişsel fonksiyonların kapsamlı şekilde farklı bileşenlerine odaklanan daha gelişmiş yöntemlerle yürütülmesi, bu ilişkinin doğasının daha kapsamlı bir şekilde anlaşılmasına katkı sağlayabilir. Ayrıca, motor yeterlilik ve bilişsel fonksiyonların ergenlik dönemi boyunca gelişimsel olarak eş zamanlı biçimde değişim gösterdiği göz önüne alındığında, bu iki yapının uzunlamasına tasarımlarla izlenmesi, gelişimsel etkileşim dinamikleri açısından farklı ve kapsamlı bir bakış açısı sağlayabilir.

## Kaynakça

- Adolph, K. E. ve Hoch, J. E. (2019). Motor development: embodied, embedded, enculturated, and enabling. *Annual Review of Psychology*, 70(1), 141–164. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010418-102836>
- Andersen, L. B., Mota, J. ve Di Pietro, L. (2016). Update on the global pandemic of physical inactivity. *Lancet*, 388(10051), 1255–1256. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)30960-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30960-6)
- Aron, A. R., Robbins, T. W. ve Poldrack, R. A. (2014). Inhibition and the right inferior frontal cortex: one decade on. *Trends in Cognitive Sciences*, 18(4), 177–185. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2013.12.003>
- Bao, R., Wade, L., Leahy, A. A., Owen, K. B., Hillman, C. H., Jaakkola, T. ve diğ. (2024). Associations between motor competence and executive functions in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 54(8), 2141–2156. <https://doi.org/10.1007/s40279-024-01833-7>
- Barkley, R. A. (2001). The executive functions and self-regulation: an evolutionary neuropsychological perspective. *Neuropsychology Review*, 11(1), 1–29. <https://doi.org/10.1023/A:1009085417776>
- Best, J. R. ve Miller, P. H. (2010). A developmental perspective on executive function. *Child Development*, 81(6), 1641–1660. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2010.01499.x>
- Bidzan-Bluma, I. ve Lipowska, M. (2018). Physical activity and cognitive functioning of children: a systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(4), 800. <https://doi.org/10.3390/ijerph15040800>
- Cattuzzo, M. T., dos Santos Henrique, R., Ré, A. H. N., de Oliveira, I. S., Melo, B. M., de Sousa Moura, M. ve diğ. (2016). Motor competence and health related physical fitness in youth: a systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(2), 123–129. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.12.004>
- Chenglin, Z. ve Xinhong, J. (2021). Theory and practice of sports to promote learning efficiency from the perspective of brain science. *Journal of Shanghai University of Sport*, 45(1), 20–28. <https://doi.org/10.16099/j.sus.2021.01.003>

- Craig, C. L., Marshall, A. L., Sjöström, M., Bauman, A. E., Booth, M. L., Ainsworth, B. E. ve diğ. (2003). International Physical Activity Questionnaire: 12-country reliability and validity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(8), 1381–1395. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000078924.61453.FB>
- Creswell, J. W. ve Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage publicati
- De Meester, A., Barnett, L. M., Barnett Brian, A., Bowe, S. J., Jiménez-Díaz, J., Van Duyse, F. ve diğ. (2020). The relationship between actual and perceived motor competence in children, adolescents and young adults: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 50(11), 2001–2049. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01336-2>
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135–168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Diamond, A. ve Ling, D. S. (2016). Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 18, 34–48. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2015.12.004>
- Donnelly, J. E., Hillman, C. H., Castelli, D., Etnier, J. L., Lee, S., Tomporowski, P. ve diğ. (2016). Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in children: a systematic review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(6), 1197–1222. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000933>
- Dzhambov, A. M., Lercher, P., Vincens, N., Waye, K. P., Klatte, M., Leist, L. ve diğ. (2023). Protective effect of restorative possibilities on cognitive function and mental health in children and adolescents: a scoping review including the role of physical activity. *Environmental Research*, 233, 116452. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.116452>
- Emerson, R. W. (2021). Convenience sampling revisited: Embracing its limitations through thoughtful study design. *Journal of visual impairment & blindness*, 115(1), 76-77. <https://doi.org/10.1177/0145482X20987707>
- Erickson, K. I., Hillman, C. H., Stillman, C. M., Ballard, R. M., Bloodgood, B., Conroy, D. E. ve diğ. (2019). Physical activity, cognition, and brain outcomes: a review of the 2018

- Physical Activity Guidelines. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 51(6), 1242–1251. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001938>
- Ericsson, I. ve Karlsson, M. K. (2014). Motor skills and school performance in children with daily physical education in school – a 9-year intervention study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(2), 273–278. <https://doi.org/10.1111/sms.12050>
- Esteban-Cornejo, I., Tejero-Gonzalez, C. M., Sallis, J. F. ve Veiga, O. L. (2015). Physical activity and cognition in adolescents: a systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18(5), 534–539. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.11.004>
- Etikan, I., Musa, S. A. ve Alkassim, R. S. (2016). Comparison of convenience sampling and purposive sampling. *American journal of theoretical and applied statistics*, 5(1), 1-4. <https://doi.org/10.11648/j.ajtas.20160501.11>
- EY, Yang, J., Shen, Y. ve Quan, X. (2023). Physical activity, screen time, and academic burden: a cross-sectional analysis of health among Chinese adolescents. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(6), 4917. <https://doi.org/10.3390/ijerph20064917>
- Friedman, N. P. ve Miyake, A. (2004). The relations among inhibition and interference control functions: a latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133(1), 101–135. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.133.1.101>
- Geertsen, S. S., Thomas, R., Larsen, M. N., Dahn, I. M., Andersen, J. N., Krause-Jensen, M. ve diğ. (2016). Motor skills and exercise capacity are associated with objective measures of cognitive functions and academic performance in preadolescent children. *PLoS One*, 11(8), e0161960. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161960>
- Goodway, J. D., Ozmun, J. C. ve Gallahue, D. L. (2019). Understanding motor development: infants, children, adolescents, adults. Jones & Bartlett Learning.
- Houben, K. ve Jansen, A. (2011). Training inhibitory control: a recipe for resisting sweet temptations. *Appetite*, 56(2), 345–349. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2010.12.017>
- Hulteen, R. M., Morgan, P. J., Barnett, L. M., Stodden, D. F. ve Lubans, D. R. (2018). Development of foundational movement skills: a conceptual model for physical activity



- across the lifespan. *Sports Medicine*, 48, 1533–1540. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0929-6>
- Jacob, R. ve Parkinson, J. (2015). The potential for school-based interventions that target executive function to improve academic achievement: a review. *Review of Educational Research*, 85(4), 512–552. <https://doi.org/10.3102/0034654314561899>
- Janssen, I. ve LeBlanc, A. G. (2010). Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 7, 40. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-7-40>
- Kantomaa, M. T., Stamatakis, E., Kankaanpää, A., Kaakinen, M., Rodriguez, A., Taanila, A. ve diğ. (2013). Physical activity and obesity mediate the association between childhood motor function and adolescents' academic achievement. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(5), 1917–1922. <https://doi.org/10.1073/pnas.1218864110>
- Kızıltan, E. C., Yazıcı, A. C., Aktaş, G., Aladağ, A., Ergene, M., Turanoğlu, M. A. ve Yılmaz, M. S. (2013). Klinik öncesi eğitim sürecinde mental rotation becerilerinin değerlendirilmesi: Başkent Üniversitesi örneği. *Tıp Eğitimi Dünyası*, 37, 37.
- Kiphard, E. J. ve Schilling, V. F. (1974). Korper-koordinations-test für kinder KTK: manual von Fridhelm Schilling. Beltz Test.
- Ludyga, S., Pühse, U., Gerber, M. ve Herrmann, C. (2019). Core executive functions are selectively related to different facets of motor competence in preadolescent children. *European Journal of Sport Science*, 19(3), 375–383. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1553528>
- Marrero-Rivera, J. P., Sobkowiak, O., Jenkins, A. S., Bagnato, S. J., Kline, C. E., Gordon, B. D. ve diğ. (2024). The relationship between physical activity, physical fitness, cognition, and academic outcomes in school-aged Latino children: a scoping review. *Children*, 11(3), 363. <https://doi.org/10.3390/children11030363>
- 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. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Platvoet, S., Faber, I., De Niet, M., Pion, J., Kannekens, R., Elferink-Gemser, M. ve diğ. (2018). Development of a tool to assess fundamental movement skills in applied settings. *Frontiers in Education*, 3, 75. <https://doi.org/10.3389/feduc.2018.00075>
- Rigoli, D., Piek, J. P., Kane, R. ve Oosterlaan, J. (2012). An examination of the relationship between motor coordination and executive functions in adolescents. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 54(11), 1025–1031. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2012.04338.x>
- Rodrigues, A., Antunes, H., Sabino, B., Sousa, D., Correia, A. L., Alves, R. ve diğ. (2024). The effect of physical activity levels on cognitive performance: research in Portuguese adolescents. *Sports*, 12(6), 146. <https://doi.org/10.3390/sports12060146>
- Rosa Guillamón, A., García Cantó, E. ve Martínez García, H. (2020). Motor coordination and academic performance in primary school students. *Revista Española de Pedagogía*, 78(277), 245–261. <https://doi.org/10.22550/REP78-2-2020-10>
- Rudd, J. R., Pesce, C., Strafford, B. W. ve Davids, K. (2020). Physical literacy – a journey of individual enrichment: an ecological dynamics rationale for enhancing performance and physical activity in all. *Frontiers in Psychology*, 11, 1904. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01904>
- Shi, P. ve Feng, X. (2022). Motor skills and cognitive benefits in children and adolescents: relationship, mechanism and perspectives. *Frontiers in Psychology*, 13, 1017825. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1017825>
- Singh, A. S., Saliasi, E., Van Den Berg, V., Uijtdewilligen, L., De Groot, R. H. ve Jolles, J. (2019). Effects of physical activity interventions on cognitive and academic performance in children and adolescents: a novel combination of a systematic review and recommendations from an expert panel. *British Journal of Sports Medicine*, 53(10), 640–647. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099982>
- Smith-Ayers, S. F. ve Sariscsany, M. J. (2010). Physical education for lifelong fitness: the physical best teachers guide. Human Kinetics.

- Soylu, Y., Arslan, E. ve KiLiT, B. (2022). Psychometric properties of the Brunel Mood Scale in Turkish adult and adolescent athletes. *SPORMETRE: Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 20(2), 56–67. <https://doi.org/10.33689/spormetre.1060329>
- Suarez, G. L., Shaw, D. S., Wilson, M. N., Lemery-Chalfant, K. ve Hyde, L. W. (2024). Inhibitory control in late childhood as a predictor of antisocial behavior in adolescence and the role of social context. *Prevention Science*, 25(1), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s11121-023-01598-7>
- Tabachnick, B. G. ve Fidell, L. S. (2013). Using multivariate statistics (6th ed.). Pearson.
- Tomasino, B. ve Gremese, M. (2016). Effects of stimulus type and strategy on mental rotation network: an activation likelihood estimation meta-analysis. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, 693. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00693>
- Tomporowski, P. D. ve Pesce, C. (2019). Exercise, sports, and performance arts benefit cognition via a common process. *Psychological Bulletin*, 145(9), 929–948. <https://doi.org/10.1037/bul0000194>
- US Department of Health and Human Services. (2018). *2018 Physical Activity Guidelines Advisory Committee Scientific Report*. [https://health.gov/sites/default/files/2019-09/PAG\\_Advisory\\_Committee\\_Report.pdf](https://health.gov/sites/default/files/2019-09/PAG_Advisory_Committee_Report.pdf)
- Vorraber Lawson, G., Ugrinowitsch, C., Costa, R. ve Lamas, L. (2025). Effects of different types of chronic physical activities and sports on executive functions among children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, 43(6), 565–579. <https://doi.org/10.1080/02640414.2025.1123456>
- Voyer, D. ve Jansen, P. (2017). Motor expertise and performance in spatial tasks: A meta-analysis. *Human movement science*, 54, 110–124. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2017.04.004>
- Wassenaar, T. M., Williamson, W., Johansen-Berg, H., Dawes, H., Roberts, N., Foster, C. ve diğ. (2020). A critical evaluation of systematic reviews assessing the effect of chronic physical activity on academic achievement, cognition and the brain in children and adolescents: a systematic review. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 17, 1–13. <https://doi.org/10.1186/s12966-020-00971-6>

- Xue, Y., Yang, Y. ve Huang, T. (2019). Effects of chronic exercise interventions on executive function among children and adolescents: a systematic review with meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 53(22), 1397–1404. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099974>
- Zacks, J. M. (2008). Neuroimaging studies of mental rotation: a meta-analysis and review. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(1), 1–19. <https://doi.org/10.1162/jocn.2008.20013>