

Geliş Tarihi (Received): 02.10.2019
Kabul Tarihi (Accepted): 09.12.2019
SPORMETRE, 2019,17(4),275-284
DOI: 10.33689/spormetre.641112

ELİT TÜRK GÜREŞÇİLERİNİN ANJİOTENSİN I-DÖNÜŞTÜRÜCÜ ENZİM GEN POLİMORFİZMİ VE VO₂MAX DÜZEYLERİ İLE ATLETİK PERFORMANS ARASINDAKİ İLİŞKİNİN BELİRLENMESİ¹

Melahat KURTULUŞ¹, Mehmet GÜNAY², Çağrı ÇELENK³, İbrahim CİCİOĞLU², Tahsin KESİCİ⁴

¹Gazi Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Ankara

²Gazi Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Ankara

³Erciyes Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Kayseri

⁴TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Ankara

Öz: Anjiotensin I-dönüştürücü enzim gen polimorfizmi fiziksel aktivite ile ilişkili önemli genlerden biridir. Bu çalışmanın amacı, elit Türk güreşçilerde ADE I/D gen polimorfizmi ile atletik performans ve ADE geni genotip dağılımı ile maksimum oksijen tüketimi (Vo₂max) arasında bir ilişki olup olmadığını belirlemektir. ADE I/D gen polimorfizmi 46 elit Türk güreşçi ve 58 sağlıklı sedanter bireyde araştırıldı. Elit güreşçilerin Vo₂max değerleri mekik koşu testi ile ölçüldü. Elit güreşçi ve sedanter bireylerin DNA'sı periferel kandan elde edildi. ADE I/D gen polimorfizmi alel frekansları ve genotip dağılımı polimeraz zincir reaksiyonu ile belirlendi. Elit güreşçi ve sedanter bireylerin ACE I/D gen polimorfizmi alel frekansları ve genotip dağılımı karşılaştırıldı ve elit güreşçi ve sedanter bireyler arasında önemli bir fark bulunmadı (P>0.05). Elit güreşçilerin ADE I/D gen polimorfizmi genotip dağılımı ile Vo₂max düzeyleri arasında bir fark tespit edilmedi (P>0.05). DD, ID ve II genotipli elit güreşçilerde Vo₂max'ın benzer dağılım gösterdiği belirlendi. Bu araştırma, elit Türk güreşçilerinde ADE I/D gen polimorfizmi ile spor performansı ve ACE I/D gen polimorfizmi genotipleri ile Vo₂max arasında anlamlı bir ilişki olmadığını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Anjiotensin Dönüştürücü Enzim, Atletik Performans, Güreş, Polimorfizm, Vo₂max

DETERMINATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN ANGIOTENSIN I-CONVERTING ENZYME GENE POLYMORPHISM AND VO₂MAX LEVELS AND ATHLETIC PERFORMANCE IN ELITE TURKISH WRESTLERS

Abstract: The polymorphism of angiotensin I-converting enzyme gene is one of the important genes associated with physical activity, The aim of this study is to determine whether there is a relationship between ACE I/D gene polymorphism and athletic performance and genotype distribution of the ACE gene and maximum oxygen consumption (Vo₂max) in the elite Turkish wrestlers. ACE I/D gene polymorphism is investigated in 46 elite Turkish wrestlers and 58 healthy sedentary individuals. Vo₂max values in elite wrestlers were measured by a progressive shuttle run test. DNA of elite wrestlers and sedentary individuals was obtained from peripheral blood. The allele frequencies and genotype distribution of ACE I/D gene polymorphism determined by polymerase chain reaction. Allele frequencies and genotype distribution of ACE I/D gene polymorphism in the elite wrestlers and sedentary individuals were compared and no significant difference was found between elite wrestlers and sedentary individuals (P>0.05). There was also no difference between the genotype distribution of the ACE I/D gene polymorphism and Vo₂max levels in the elite wrestlers (P>0.05). It was determined that Vo₂max showed similar distribution in elite wrestlers with DD, ID and II genotypes. The present study demonstrated that there was no significant relationship between the ACE I/D gene polymorphism and sports performance and genotypes of ACE I/D gene polymorphism and Vo₂max in elite Turkish wrestlers.

Key Words: Angiotensin Converting Enzyme, Athletic Performance, Wrestling, Polymorphism, Vo₂max

¹ Araştırma Gazi Üniversitesi BAP Birimi tarafından desteklenmiştir (02/2010-33).

GİRİŞ

Fiziksel performans genetik, eğitim ve beslenme gibi birçok çevresel faktörün etkilediği multifaktöriyel bir özelliktir (Lucia ve ark., 2010). Genetik bilgi vücut şeklini belirler, kas-iskelet sisteminde kas kitlesi ve kas liflerinin bileşiminde, kuvvet ve dayanıklılık özelliklerinde, akciğer kapasitesinde ve aynı zamanda anaerobik eşikte önemlidir (Ostrander ve ark., 2009; Macarthur ve ark., 2005). İkiizlerle yapılan bir çalışmada, genetik faktörlerin %66 oranında atletik başarıyı etkilediği belirtilmiştir (De Moor ve ark., 2007). Kromozom ve mitokondriyel DNA'da ~200 genetik polimorfizmin fiziksel performans ve fitnes özellikleri ile ilişkisi açıklanmıştır. Bu genetik varyantlardan ~20'sinin atletik performansla ilişkisi bildirilmiştir (Guth ve ark., 2013; Bray ve ark., 2009).

Gen polimorfizmi ile atletik performans ilişkisini açıklayan çok sayıda araştırma vardır. PPAR- α ve PPARGC1A gen varyantlarının dayanıklılık performansı ve alfa-aktinin-3 geninin güç-odaklı performansla ilişkisi belirlenmiştir (Tural ve ark., 2014; Druzhevskaya ve ark., 2008). İnsanlardaki genetik farklılıkların çeşitli yapısal ve fonksiyonel özellikleri etkilediği bilinmektedir. DNA dizilerindeki farklılıklar elit sporcuların genetik yapısının belirlenmesinde önemli rol oynar. Egzersiz sırasında metabolik bir rolü olan anjiyotensin-dönüştürücü enzim (ADE) iskelet kası gibi çeşitli insan dokularında bulunur. Sıklıkla araştırılan performans genlerinden biri ADE insersiyon/delesyon (ADE I/D) gen polimorfizmidir (Puthuchery ve ark., 2011). Bu polimorfizm işlevsel olmadığı düşünülen bir intronda meydana gelir ve bu nedenle ADE aktivitesinde güçlü ve tutarlı bir belirteç olma özelliğine sahiptir (Jones ve ark., 2002). Serum ve dokudaki düşük ADE aktivitesi ile II genotipi ve yüksek ADE aktivitesi ile DD genotipi ilişkilendirilmiştir (Danser ve ark., 1995; Rigat ve ark., 1990).

Renin-anjiyotensin sisteminde (RAS) önemli bir enzim olan ADE anjiyotensin I'in aktif form anjiyotensin II'ye dönüşümünü katalizler (Rigat ve ark., 1990). ADE insanda 17. kromozomda (17q23) bulunan 21 kbç uzunluğunda, 26 ekson ve 25 introndan oluşan bir gen dir (Mattei ve ark., 1989). Rigat ve ark., (1992) plazma ADE düzeylerini belirleyen ve kontrolünde etkili olan ADE geninin 16. intronunda 287 bç büyüklüğündeki Alu-dizisi insersiyon fragmentinin varlığı (insersiyon, I aleli) veya yokluğu (delesyon, D aleli) ile bilinen bir varyant veya polimorfizm tanımlamışlardır (Rigat ve ark., 1992). Elit sporcuların iskelet kas gücü üzerinde ADE I/D gen polimorfizminin etkisi bilinmektedir (Costa ve ark., 2009; Cieszczyk ve ark., 2009). Ayrıca bu polimorfizm uzun mesafe koşucularının kardiyovasküler sistem morfolojisinde ve sol ventrikül hipertrofisinde önemli bir role sahiptir (Nagashima ve ark., 2000).

Önceki çalışmalar, ADE geni I alelinin dayanıklılık performansı ile ilişkisini göstermiştir. Diğer genotiplere göre; sıklıkla I aleli Polonyalı ve Avustralyalı ulusal elit kürekçiler ve Japon koşucularında tespit edilmiştir (Cieszczyk ve ark., 2009; Gayagar ve ark., 1998; Min ve ark., 2009). Kısa mesafe yüzücüleri ve kısa mesafe koşucularında ADE geni D aleli ile güç-odaklı performans arasında önemli bir ilişki gösterilmiştir (Costa ve ark. 2009; Nazarov ve ark., 2001; Woods ve ark., 2001). DD genotipi ile güç gerektiren sporların ve dayanıklılık sporları ile II genotipinin ilişkisi belirlenmiştir (Grealı ve ark., 2015). Aksine, bazı çalışmalar ADE I/D gen polimorfizminin atletik performansla ilişkisini gösterememiştir (Kothari ve ark., 2012; Rankinen ve ark., 2000b).

Maksimum oksijen tüketimi ($V_{O_{2max}}$) yoğun egzersiz esnasında vücudun aldığı, taşıdığı ve kullandığı en yüksek oksijen miktarıdır (Levine, 2008). $V_{O_{2max}}$ yaş, cinsiyet, vücut ölçüleri ve egzersiz tipine bağlı olarak değişebilen bir değerdir. Genetik ve çevresel faktörlerden etkilenen

bir özelliktir. Düzenli yapılan fiziksel aktivite, yoğun dayanıklılık antrenmanı gibi çevresel faktörler ve genetik yatkınlık VO_{2max} düzeyine önemli katkı sağlamaktadır (Fagard ve ark., 1991). Gen ve çevrenin birlikte VO_{2max} 'a etkisinin %51 olduğu açıklanmıştır (Bouchard ve ark., 1998). Çevrenin etkisi çıkarıldıktan sonra genetik bileşenin gerçek etkisinin daha düşük olması muhtemeldir (Rankinen ve ark., 2000a)

Aktif sağlıklı genç bireylerin VO_{2max} seviyesinden % 50-100 daha yüksek VO_{2max} dayanıklılık sporcularından şampiyon olanlarında belirlenmiştir. Antremanla yüksek VO_{2max} seviyelerine ulaşılmasında kalp atım hacminin, kan hacminin, kapiller ve mitokondriyal yoğunluk artışının etkisi görülmüştür (Costill ve ark., 1976). Kardiyo-solunum sistemi antreman esnasında vücuda oksijen alınması ve dağıtılması ile ilişkilidir. Antreman performansının değerlendirilmesinde yaygın olarak VO_{2max} kullanılmaktadır (Levine, 2008). Uzun mesafe dayanıklılık sporları, aerobik veya kardiyo-solunum performansı ile ilişkisi bilinen VO_{2max} elit düzeyde dayanıklılık performansının önemli bir belirteçidir (Joyner ve ark., 2008). Kas hızına bağlı anaerobik aktiviteler kısa-mesafe sürat koşucusu ve güç performansı ile ilişkilidir (Ostrander ve ark., 2009). Kasikcioglu ve ark., (2004) elit Kafkasyalı güreşçilerin VO_{2max} seviyelerini ADE I/D gen polimorfizm genotip dağılımı ile karşılaştırdıklarında DD genotipli güreşçilerde daha yüksek VO_{2max} tespit etmişlerdir (Kasikcioglu ve ark., 2004).

Bu araştırmanın amacı; bir grup elit Türk güreşçisinde ADE I/D gen polimorfizmi ve güç-odaklı performans arasındaki ilişkiyi araştırmak ve güreşçilerin ADE geni genotip dağılımı ile VO_{2max} düzeyleri arasında bir ilişki olup olmadığını belirlemektir.

YÖNTEM

Araştırma grubu

Türkiye'de ulusal ve/veya uluslararası yarışmalara katılan elit Türk güreşçiler (46) ve sedanter bireyler (58) araştırma grubunu oluşturdu. Toplam 104 kişiden kan örnekleri alındı. Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesinden etik kurul onay belgesi alınma işlemi tamamlandı.

VO_{2max} ölçümü

Her bir güreşçiye maksimum oksijen tüketimini (VO_{2max}) belirlemek için 20 m mekik koşu testi uygulandı (Polat ve ark. 2005). Sporculara 20 m mesafe gidiş-dönüş olarak koşturuldu. Koşu hız denetimi belli aralıklarla sinyal veren bir teyple yapıldı. Sporcu birinci sinyal sesi ile koşuya başladı ve ikinci sinyal sesine kadar koşuya devam etti. İkinci sinyal sesi ile geri dönerek başlangıç çizgisine ulaştı ve sinyal seslerine göre koşuya devam etti. Pistin bir ucundan diğer ucuna ulaşacak şekilde birinci sinyal sesi ile ikinci sinyal sesi arasındaki koşu hızını sporcu kendisi ayarladı. Sporcu bir sinyal sesini kaçırdığında ikincisine yetiştiğinde teste devam ettirildi. Üst üste iki sinyal sesini kaçırdığında ise teste son verildi. Testin bir kez uygulanmasından sonra her bir sporcunun ölçümleri maksimum oksijen tüketim tablosu ile ml/kg/dk cinsinden değerlendirildi.

ADE I/D gen polimorfizminin belirlenmesi

Kan örneklerinin DNA'sı fenol-kloroform yöntemi kullanılarak elde edildi (Sambrook ve ark., 1989). ADE geninin alel frekansları ve genotip dağılımı PZR tekniğiyle belirlendi. Güreşçi ve sedanter bireylerin DNA'ları intron 16 bölgesini kapsayan F- 5' CTGGAGACCACTCCCATCCTTCT 3' ve R- 5' GATGTGGCCATCACATTCGTCAGAT 3' primerleriyle çoğaltıldı. Amplifikasyon; her bir döngü, denaturasyon 94°C 1 dakika, yapışma 58°C 1 dakika ve uzama 72°C 2 dakika olacak şekilde 30 döngü şeklinde tamamlandı. %2'lik

agaroz jel elektroforezinde; 190 bp büyüklüğündeki bant ADE geni D aleli ve 490 bp büyüklüğündeki ise I aleli olarak değerlendirildi (Rigat ve ark., 1992).

D alelinin tercihli çoğalması, heterozigot I/D genotipinin homozigot D/D olarak hatalı sınıflandırılmasına neden olabilmektedir. Genotiplemenin özgüllüğünü arttırmak amacıyla D/D genotipli tüm örnekler, insersiyon-spesifik fragmentindeki (HACE) primerlerle; F-5'TGGGACCACAGCGCCCGCCACTAC3' - R-5'TCGCCAGCCCTCCCATGCCATAA3' tekrar çoğaltıldı. DD genotipli bireylerin DNA'ları ADE amplifikasyon programına benzer, yapışma derecesi 67°C olan ayrı bir PZR programı ile çoğaltıldı (Lindpaintner ve ark., 1995). 335 bp'lik bant (I aleli) saptanan bazı D/D genotipli örneklerin genotipi I/D olarak değiştirildi.

İstatistiksel analiz

Güreşçiler ve sedanter bireylerin ADE I/D gen alel frekansları ve genotip dağılımı Ki-Kare testi ile karşılaştırıldı. $P < 0.05$ değerinin istatistiksel olarak önemli olduğu kabul edildi. Güreşçi ADE geni genotip dağılımı ile Vo_{2max} seviyeleri Minitab istatistik programı kullanılarak değerlendirildi.

BULGULAR

Bu çalışmada 46 elit Türk güreşçi ve 58 sedanter birey olmak üzere toplam 104 bireyin ADE I/D gen polimorfizm alel frekansları ve genotip dağılımı polimeraz zincir reaksiyonu tekniği ile belirlendi. Güreşçilerin genotip dağılımı ve alel frekansları (%50 DD, %33 ID, %17 II, D alel frekansı 0.66) sedanter bireylerin frekanslarına benzer bulundu (%40 DD, %45 ID, %15 II, D alel frekansı 0.62) (Tablo 1). Ki-Kare testi ile güreşçiler ve sedanter bireylerin ADE I/D gen polimorfizm genotip dağılımı ve alel frekansları karşılaştırıldı ve gruplar arasında bir fark olmadığı belirlendi ($p > 0.05$).

Tablo 1. Elit Türk güreşçi ve sedanter bireylerin ADE I/D gen polimorfizmi alel frekansları ve genotip dağılımı

	N	Genotip Frekansı, N (%)			Alel Frekansı		P-value
		DD	ID	II	D	I	
Güreşçi	46	23 (50)	15 (33)	8 (17)	0.66	0.34	0.528
Sedanter	58	23 (40)	26 (45)	9 (15)	0.62	0.38	0.439

Elit güreşçilerin Vo_{2max} değerleri mekik koşu testi ile ölçüldü. Güreşçilerin ADE genotip dağılımı ile Vo_{2max} değerleri karşılaştırıldı ve ADE genotip ve Vo_{2max} arasında önemli bir fark görülmedi ($p > 0.05$). DD, ID ve II genotipli güreşçilerde Vo_{2max} seviyelerinin benzer bir dağılım gösterdiği tespit edildi (Tablo 2).

Tablo 2. Elit Türk güreşçilerinin ADE genotiplerindeki Vo_{2max} seviyelerinin dağılımı

ADE Genotip	N	Vo_{2max} , ml. $kg^{-1} \cdot min^{-1}$
DD	23	51.99 ± 0.863
ID	15	52.55 ± 1.37
II	8	51.29 ± 1.97

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, elit Türk güreşçilerinde PZR tekniği ile ADE I/D gen polimorfizmi alel frekansları ve genotip dağılımı belirlenmiş ve sedanter bireylerle yapılan karşılaştırmada, güç-odaklı performansla ADE I/D gen polimorfizmi arasında bir ilişki belirlenmemiştir. Ayrıca, güreşçilerin mekik koşu testi ile ölçülen VO_{2max} seviyeleri ADE I/D gen polimorfizmi genotip dağılımı ile karşılaştırılmıştır. ADE I/D gen polimorfizmi ile VO_{2max} arasında bir ilişki olmadığı gösterilmiştir ($p>0.05$). Kasikcioglu ve ark., (2004) DD genotipli elit Kafkasyalı güreşçilerde VO_{2max} seviyesinin diğer genotipli güreşçilerden daha yüksek seviyede olduğunu tespit etmiş ve anaerobik performansla önemli bir ilişkisi olabileceğini açıklamışlardır (Kasikcioglu ve ark., 2004).

VO_{2max} genetik ve çevresel faktörlerin etkilediği multifaktöriyel bir fenotiptir. Çevresel faktörlerden en önemlisi düzenli fiziksel aktivitedir ve bu nedenle egzersizin VO_{2max} üzerindeki etkisinin daha iyi anlaşılabilmesi için gruplar arasında egzersiz protokollerinin standardizasyonuna ihtiyaç duyulmaktadır. Bazı çalışmalar antremana yanıt konusunda belirgin bireysel farklılıklar olduğunu bildirmiştir. Ailesel faktörler antreman yanıtındaki değişkenliğe önemli katkı sağlamaktadır (Bouchard ve Rankinen 2001).

VO_{2max} ve performans ilişkisi tam olarak açıklanamamıştır (di Prampero, 2003). Ağır anaerobik koşullarda antreman kısa-zamanlı performansı önemli ölçüde etkilemektedir (Simoneau ve ark., 1986; Roberts ve ark., 1982). Kısa-zamanlı performans (süresi 20 s'den az) anaerobik performans belirteçlerinin genetik etkisi aynı soydan dizigotik ve monozigotik ikizlerde anlamlı bulunmuştur. Kısa-zamanlı performans gerektiren koşucularda genetiğin katkısının %45 ve %90 olduğu tespit edilmiştir (Bouchard ve Malina, 1983).

ADE genotipleri ile VO_{2max} arasındaki ilişki incelenmiş ve çelişkili kanıtlar elde edilmiştir. ADE homozigot II genotipli kadınların VO_{2max} değerlerinin diğer ADE genotipli kadınlardan yüksek değerlerde olması ADE genotipleri ile VO_{2max} arasında önemli bir ilişki olduğunu göstermiştir. 58 kadında kişiler arası VO_{2max} varyasyonun % 71'ini fiziksel aktivite seviyeleri belirlemiştir. Ayrıca ADE genotipinin varyasyona %12 oranında ek bir artış sağladığı ve ADE genotipleri arasındaki VO_{2max} farklılığının maksimal arteriyovenöz oksijen farkından ($a-vD_{O_2}$) kaynaklanabileceği bildirilmiştir. ADE genindeki değişimlerin fiziksel performans, fiziksel antremana verilen yanıt ve her iki durumda etkili olabileceği gösterilmiştir. Bir bireyin genetik yapısı çevresel uyarının etkisinde kaldığında farklı fizyolojik etkiler gösterebilmektedir (Hagberg ve ark., 1998). Fiziksel performans ile ADE genotipleri arasındaki ilişkiyi araştıran bazı çalışmaların etnik orijinli veya coğrafi çeşitliliği olan populasyonlarda yapılmış olması genetik varyantların öngörülen gücüne önemli sınırlama getirmiştir. Bu sınırlama incelenen populasyonun genetik alt yapısının bir fonksiyonundan kaynaklı olabilmektedir (Sonna ve ark., 2001).

Antremana başlamadan önce ve 20 haftalık yoğun denetimli bir antreman sonrası VO_{2max} gibi bir dizi kardiyorespiratuvar fitness fenotipleri sağlıklı, sedanter Kafkasyalılar ($n=476$) ve siyah ($n=248$) bireylerde değerlendirilmiştir. Antremandan önce genotipler arasında VO_{2max} 'da bir fark tespit edilmemiştir. Antreman sonrası; homozigot DD genotipi taşıyan Kafkasyalı çocuklarda VO_{2max} 'da önemli bir artış gözlenmiş, ancak ebeveynlerinde bir artış belirlenmemiştir (Rankinen ve ark., 2000a). Her ne kadar sıkı bir denetime sahip geniş ve iyi tasarlanmış bir çalışma olsa da elit sporculara yönelik antremanın etkisini yansıtmamış olabilir.

Dayanıklılık spor disiplinlerinde VO_{2max} 'ın atletik performansa önemli bir katkısı olduğu bilinmektedir (Joyner ve ark., 2008). Sprint ve güç-odaklı sporcularda ADE I/D gen polimorfizmi ile VO_{2max} arasındaki ilişkiyi açıklayan çeşitli çalışmalar vardır. DD genotipli elit Kafkasyalı güreşçilerin VO_{2max} seviyeleri II ve ID genotipli güreşçilerden daha yüksek bulunmuştur (Kasikcioglu ve ark., 2004). Bu araştırmanın sporcu olmayan Çinli erkeklerle yapılan araştırmanın sonuçları ile benzerliği görülmüştür (Zhao ve ark., 2003).

Bu çalışmada ve diğer bazı çalışmalarda ADE I/D gen polimorfizmi ve VO_{2max} arasında bir ilişki tespit edilmemiştir (Orysiak ve ark., 2013).

ADE geni genotiplerinin atletik performansdaki rolü elit sporcularla yapılan çeşitli epidemiyolojik çalışmalarla desteklenmiştir (Alvarez ve ark., 2000). Bu çalışmada, elit Türk güreşçilerle sedanter bireylerin ADE I/D gen polimorfizm alel frekansları ve genotip dağılımları arasında bir fark belirlenmemiş ve güç-odaklı performansla ADE I/D gen polimorfizmi arasında önemli bir ilişki saptanmamıştır ($P>0.05$).

Güç-odaklı performans ile Brezilyalı güreşçilerin ADE I/D gen polimorfizm alel frekansları ve genotip dağılımı arasında bir ilişki tespit edilmemiştir (Ribas ve ark., 2017). Dayanıklılık ve güreş ve diğer güç-odaklı spor dalları ile ilgili karma bir çalışma ADE I/D gen polimorfizmi ile spor performansı arasında önemli bir ilişki belirleyememiştir (Kurtuluş ve ark., 2018). Atletik yetenek ile karma spor disiplinleri ve ADE I/D gen polimorfizmi arasında bir ilişkinin belirlenmesi zordur (Nazarov ve ark., 2001). Aksine, Znazen ve ark., (2016) Tunuslu elit dayanıklılık ve güç-odaklı sporcuların ADE I/D gen polimorfizmi alel frekansları ve genotip dağılımları ile güç-odaklı performans arasında önemli bir bağlantı tespit etmişlerdir (Znazen ve ark., 2016).

Dayanıklılık ve güç-odaklı sporcularda ADE I/D gen polimorfizmi alel frekansları ve genotip sıklığı farklılık göstermektedir. 91 İngiliz olimpik-standart koşucu ile kontrol grubu kıyaslandığında sıklıkla ADE I aleli ve II genotipi ve Polonyalı güç-odaklı sporcularda ise ADE D aleli sıklığı tespit edilmiştir (Eider ve ark., 2013; Myerson ve ark., 1999). Uluslararası yarışmalara katılan Japon elit güreşçilerde ise D alel sıklığı tespit edilmiştir (Kikuchi ve ark., 2012). Elit dayanıklılık koşucularına kıyasla, sprinterler arasında fazla miktarda D aleli sıklığının varlığı D alelinin kas gücü üzerinde olası bir avantaj sağladığını desteklemektedir. Anaerobik sporlarla D aleli arasındaki ilişkinin iskelet kası mukavemet kazanımındaki farklılıklardan kaynaklanması muhtemeldir. Antremanla quadriceps kası mukavemetinin artışı D aleli ile ilişkilendirilmiştir (Folland ve ark., 2000). Aksine, bazı çalışmalar DD genotipli elit güç-odaklı sporcuların diğer ADE genotipli sporculardan daha az sıklıkta olduğunu tespit etmiştir (Kim ve ark., 2010).

Bu çalışmada güç-odaklı performans ile güreşçilerin ADE I/D gen polimorfizmi ve güreşçilerin VO_{2max} seviyeleri arasında önemli bir fark tespit edilmemiştir. Benzer çalışmaların diğer güç-odaklı spor dallarıyla yapılması önerilir.

KAYNAKLAR

Alvarez R., Terrados N., Ortolano R., Iglesias-Cubero G., Reguero J.R., Batalla A., Cortina A., Fernandez-Garcia B., Rodriguez C., Braga S., Alvarez V., Coto E. (2000). Genetic variation in the renin-angiotensin system and athletic performance. *European Journal of Applied Physiology*, 82, 117-120.

- Bray M.S., Hagberg J.M., Pérusse L., Rankinen T., Roth S.M., Wolfarth B., Bouchard C. (2009). The human gene map for performance and health-related fitness phenotypes: the 2006-2007 update. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(1), 35-73.
- Bouchard C., Daw E.W., Rice T., Pérusse L., Gagnon J., Province M.A., Leon A.S., Rao D.C., Skinner J.S., Wilmore J.H. (1998). Familial resemblance for VO₂max in the sedentary state: the HERITAGE family study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(2), 252-258.
- Bouchard C., Malina R.M. (1983). Genetics of physiological fitness and motor performance. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 11, 306-309.
- Bouchard C., Rankinen T. (2001). Individual differences in the response to regular exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(6), 446-451.
- Cieszczyk P., Krupecki K., Maciejewska A., Sawczuk M. (2009). The angiotensin converting enzyme gene I/D polymorphism in polish rowers. *International Journal Sports Medicine*, 30, 624-627.
- Costa A.M., Silva A.J., Garrido N.D., Louro H., de Oliveira R.J., Breitenfeld L. (2009). Association between ACE D allele and elite short distance swimming. *European Journal of Applied Physiology*, 106, 785-790.
- Costill D., Fink W.J., Pollock M.L. (1976). Muscle fiber composition and enzyme activities of elite distance runners. *Medicine and Science in Sports*, 8, 96-100.
- Danser A.H., Schalekamp M.A., Bax W.A., van den Brink A.M., Saxena P.R., Riegger G.A., Schunkert H. (1995). Angiotensin converting enzyme in the human heart: effect of the deletion/insertion polymorphism. *Circulation*, 92, 1387-1388.
- De Moor M.H., Spector T.D., Cherkas L.F., Falchi M., Hottenga J.J., Boomsma D.I., De Geus E.J. (2007). Genome-wide linkage scan for athlete status in 700 British female DZ twin pairs. *Twin Research and Human Genetics*, 10(6), 812-820.
- di Prampero P.E. (2003). Factors limiting maximal performance in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 90, 420-429.
- Druzhevskaya A.M., Ahmetov I., Astratenkova I.V., Rogozkin V.A. (2008). Association of the ACTN3 R577X polymorphism with power athlete status in Russians. *European Journal of Applied Physiology*, 103, 631634.
- Eider J., Cieszczyk P., Ficek K., Leonska-Duniec A., Sawczuk M., Maciejewska-Karlowisk A., Zarebska, A. (2013). The association between D allele of the ACE gene and power performance in Polish elite athletes. *Science & Sports*, 28, 325-330.
- Fagard R., Bielen E., Amery A. (1991). Heritability of aerobic power and anaerobic energy generation during exercise. *Journal of Applied Physiology* (1985), 70, 357-362.
- Folland J., Leach B., Little T., Hawker K. (2000). Angiotensin-converting enzyme genotype affects the response of human skeletal muscle to functional overload. *Experimental Physiology*, 85, 575-579.
- Gayagay G., Yu B., Hambly B., Boston T., Hahn A., Celermajer D.S. (1998). Elite endurance athletes and the ACE I allele-the role of genes in athletic performance. *Human Genetics*, 103, 48-50.
- Grealy R., Herruer J., Smith C.L., Hiller D., Haseler L.J., Griffiths L.R. (2015). Evaluation of a 7- gene genetic profile for athletic endurance phenotype in Ironman championship triathletes. *PloS One*;10(12):e0145171.
- Guth L.M., Roth S.M. (2013). Genetic influence on athletic performance. *Current Opinion Pediatrics*, 25(6), 653-658.
- Hagberg J.M., Ferrell R.E., McCole S.D., Wilund K.R., Moore G.E. (1998). VO₂ max is associated with ACE genotype in postmenopausal women. *Journal of Applied Physiology*, 85, 1842-1846.

- Jones A., Montgomery H.E., Woods D.R. (2002). Human performance: A role for the ACE genotype? *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 30, 184-190.
- Joyner M.J., Coyle, E. F. (2008). Endurance exercise performance: the physiology of champions. *The Journal of Physiology*, 586, 35-44.
- Kasikcioglu, E., Kayserilioglu A., Ciloglu F., Akhan H., Oflaz H., Yildiz S., Peker I. (2004). Angiotensin converting enzyme gene polymorphism, left ventricular remodeling, and exercise capacity in strength-trained athletes. *Heart and Vessels*, 19, 287-293.
- Kikuchi N., Min S., Ueda D., Igawa S., Nakazato K. (2012). Higher frequency of the ACTN3 R allele + ACE DD genotype in Japanese elite wrestlers. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(12), 3275-3280.
- Kim C.H., Cho J.Y., Jeon J.Y., Koh Y.G., Kim Y.M., Kim H.J., Park M., Um H.S., Kim C. (2010). ACE DD genotype is unfavorable to Korean short-term muscle power athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 31(1), 65-71.
- Kothari S.T., Chheda P., Chatterjee L., Das B.R. (2012). Molecular analysis of genetic variation in angiotensin I-converting enzyme identifies no association with sporting ability: First report from Indian population. *Indian Journal of Human Genetics*, 18, 62-65.
- Kurtuluş M., Günay M., Çetin E., Çelenk Ç., Cicioğlu I., Alp E., Yirmibeş Karaoğuz M., Kesici T. (2018). Elit Türk sporcularında anjiotensin dönüştürücü enzim (I/D) polimorfizmi ile sportif performans arasındaki ilişkinin incelenmesi. *DergiPark, Gaziantep Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 3(4), 122-137.
- Levine B.D. (2008). VO₂,max: what do we know, and what do we still need to know? *The Journal of Physiology*, 586.1, 25-34.
- Lindpaintner K., Pfeiffer M.A., Kreut, R., Stampfer M.J., Grodstein F., LaMotte F., Buring J., Hennekens C.H. (1995). Prospective evaluation of an angiotensin-converting-enzyme gene polymorphism and the risk of ischemic heart disease. *New England Journal of Medicine*, 332, 706-711.
- Lucia A., Moran M., Zihong H., Ruiz J. R. (2010). Elite athletes: are the genes the champions? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5, 98-102.
- Macarthur D.G., North K.N. (2005). Genes and human elite athletic performance. *Human Genetics*, 116, 331-339.
- Mattei M.G., Hubert C., Alhenc-Gelas F., Roeckel N., Corvol P., Soubrier F. (1989). Angiotensin I converting enzyme gene is on chromosome 17. *Cytogenetics and Cell Genetics*, 51, 1041-1045.
- Min S.K., Takahashi K., Ishigami H., Hiranuma K., Mizuno M., Ishii T., Kim CS, Nakazato K. (2009). Is there a gender difference between ACE gene and race distance? *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 34, 926-32.
- Myerson S., Hemingway H., Budget R., Martin J., Humphries S., Montgomery H. (1999). Human angiotensin I-converting enzyme gene and endurance performance. *Journal of Applied Physiology*, 87, 1313-1316.
- Nagashima J., Musha H., Takada H., Awaya T., Oba H., Mori N., Ohmiya K., Nobuoka S., Murayama M. (2000). Influence of angiotensin-converting enzyme gene polymorphism on development of athlete's heart. *Clinical Cardiology*, 23, 621-624. [10.1002/clc.4960230814](https://doi.org/10.1002/clc.4960230814)
- Nazarov I.B., Woods D.R., Montgomery H.E., Shneider O.V., Kazakov V.I., Tomilin N.V., Rogozkin V.A. (2001). The angiotensin converting enzyme I/D polymorphism in Russian athletes. *European Journal of Human Genetics*, 9, 797-801.

Orysiak J., Zmijewski P., Klusiewicz A., Kaliszewski P., Malczewska-Lenczowska J., Gajewski J., Pokrywka A. (2013). The association between ace gene variation and aerobic capacity in winter endurance disciplines. *Biology of Sport*, 30, 249-253.

Ostrander E.A, Huson H.J., Ostrander G.K. (2009). Genetics of athletic performance. *Annual Review of Genomics and Human Genetics*, 10, 407-429.

Polat M., Süer C., Can Y., Koca F. (2005). Alp kayağına yönelik alan testleri ile büyük slalom performans zamanı arasındaki ilişki. *Gazi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi (Gazi BESBD)*, X, 4, 41-48.

Puthuchery Z., Skipworth J.R.A., Rawal J., Loosemore M., Someren K.V., Montgomery H.E. (2011). Genetic influences in sport and physical performance. *Sports Medicine*, 41(10), 845-59.

Rankinen T., Perusse L., Gagnon J., Chagnon Y.C., Leon A.S., Skinner J.S., Wilmore J.H., Rao D.C., Bouchard C. (2000-a) Angiotensin-converting enzyme ID polymorphism & fitness phenotype in the HERITAGE Family Study. *Journal of Applied Physiology*, 88, 1029-1035.

Rankinen T., Wolfarth B., Simoneau J.A., Maier-Lenz D., Rauramaa R., Rivera M.A., Boulay M.R., Chagnon Y.C., Pérusse L., Keul J., Bouchard C. (2000-b). No association between the angiotensin-converting enzyme ID polymorphism and elite endurance athlete status. *Journal of Applied Physiology*, 88, 1571-1575.

Ribas M.R., Netto Z.C.O., Salgueirosa F., Fernandes P., Matos O., Bassan J.C. (2017). Association of ACTN3 R577X and ACE I/D polymorphisms in Brazilians wrestlers. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 23(6), 469-472.

Rigat B., Hubert C., Alhenc-Gelas F., Cambien F., Corvol P., Soubrier F. (1990). An insertion/deletion polymorphism in the angiotensin I-converting enzyme gene accounting for half the variance of serum enzyme levels. *Journal of Clinical Investigation*, 86, 1343-1346.

Rigat B., Hubert C., Corvol P., Soubrier F. (1992). PCR detection of the insertion/deletion of the human angiotensin converting enzyme gene (DCP1) (Dipeptidyl Carboxypeptidase 1). *Nucleic Acids Research*, 20, 1433.

Roberts A.D., Billeter R., Howald H. (1982). Anaerobic muscle enzyme changes after interval training. *International Journal of Sports Medicine*, 3(1), 18-21.

Sambrook J., Fritsch E.F., Maniatis T. (1989). *Molecular Cloning—A Laboratory Manual*. Cold Spring Harbor Laboratory Press, New York.

Simoneau J.A., Lortie G., Boulay M.R., Thibault M.C., Bouchard C. (1986). Repeatability of fibre type and enzyme activity measurements in human skeletal muscle. *Clinical Physiology*, 6(4), 347-356.

Sonna L.A., Sharp M.A., Knapik J.J., Cullivan M., Angel K.C., Patton J.F., Lilly C.M. (2001). Angiotensin-converting enzyme genotype and physical performance during US Army basic training. *Journal of Applied Physiology (1985)*, 91(3), 1355-1363.

Tural E., Kara N., Agaoglu S.A., Elbistan M., Tasmektepligil M.Y., Imamoglu O. (2014). PPAR- α and PPARGC1A gene variants have strong effects on aerobic performance of Turkish elite endurance athletes. *Molecular Biology Reports*, 41(9), 5799-5804.

Zhao B., Mochhala S.M., Tham S., Lu J., Chia M., Byrne C., Hu Q., Lee L.K. (2003). Relationship between angiotensin-converting enzyme ID polymorphism and VO₂max of Chinese males. *Life Sciences*, 73, 2625-2630.

Znazen H., Mejri A., Touhami I., Chtara M., Siala H., Le Gallais D., Ahmetov I.I., Messaoud T., Chamari K., Soussi N. (2016). Genetic advantageous predisposition of angiotensin converting enzyme id polymorphism in Tunisian athletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 56, 724-730.

Woods D., Hickman M., Jamshidi Y., Brull D., Vassiliou V., Jones A., Humphries S., Montgomery H. (2001). Elite swimmers and the D allele of the ACE I/D polymorphism. *Human Genetics*, 108, 230-232.

Melahat KURTULUŞ – Orcid ID: 0000-0002-4950-2242
Mehmet GÜNAY – Orcid ID: 0000-0003-0047-2203
Çağrı ÇELENK – Orcid ID: 0000-0003-2448-3011
İbrahim CİCİOĞLU – Orcid ID: 0000-0002-2451-5295
Tahsin KESİCİ – Orcid ID: 0000-0002-7721-6390