



T.C.

LOKMAN HEKİM ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SPOR BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AKTİF GENÇ ERKEKLERDE ACE GEN POLİMORFİZMİNİN
YO-YO ARALIKLI TOPARLANMA TEST (SEVİYE 2)
PERFORMANSI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Hakan DAKILIR

HAZİRAN, 2024

T.C.
LOKMAN HEKİM ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SPOR BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AKTİF GENÇ ERKEKLERDE ACE GEN POLİMORFİZMİNİN
YO-YO ARALIKLI TOPARLANMA TEST (SEVİYE 2)
PERFORMANSI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Hakan DAKILIR

DANIŞMAN
Doç. Dr. Mesut CERİT

HAZİRAN, 2024

ONAY

Tez Başlığı: **Aktif Genç Erkeklerde ACE Gen Polimorfizminin Yo-Yo Aralıklı Toparlanma Test (Seviye 2) Performansı Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi.**

Tezi Hazırlayan: **Hakan DAKILIR**

Tez Savunma Tarihi: 03.06.2024

İmza

Üye (Jüri Başkanı): Doç. Dr. Murat ERDOĞAN

Başkent Üniversitesi

Bu tez, tarafımdan incelenmiş ve yüksek lisans tezi olarak uygun bulunmuştur /bulunmamıştır.

İmza

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Selin YILDIRIM TUNCER

Lokman Hekim Üniversitesi

Bu tez, tarafımdan incelenmiş ve yüksek lisans tezi olarak uygun bulunmuştur /bulunmamıştır.

İmza

Üye (Danışman): Doç. Dr. Mesut CERİT

Lokman Hekim Üniversitesi

Bu tez, tarafımdan incelenmiş ve yüksek lisans tezi olarak uygun bulunmuştur /bulunmamıştır.

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Onayı

Prof. Dr. Belgin AKIN

Enstitü Müdürü

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Lokman Hekim Üniversitesi'ne verdiğimi bildiririm.

Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

(x) Tezimin/Raporumun tamamı dünya çapında erişime açılabilir ve kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir. (Bu seçenekte teziniz arama motorlarında indekslenebilecek, daha sonra tezinizin erişim statüsünün değiştirilmesini talep etmeniz ve kütüphane bu talebinizi yerine getirirse bile, teziniz arama motorlarının önbelleklerinde kalmaya devam edebilecektir.)

() Tezimin/Raporumun tarihine kadar erişime açılmasını ve fotokopi alınmasını istemiyorum (İç kapak, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) (Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir, kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir.)

() Tezimin/Raporumun..... tarihine kadar erişime açılmasını istemiyorum ancak kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisinin alınmasını onaylıyorum.

() Serbest Seçenek/Yazarın Seçimi

.../.../..24

İmza

Hakan DAKILIR

ETİK BEYAN

LOKMAN HEKİM ÜNİVERSİTESİ SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Bu belge ile tezdeki bütün bilgilerin akademik kurallara ve etik davranış ilkelerine uygun olarak toplanıp sunulduğunu beyan ederim. Bu kural ve ilkelerin gereği olarak, tez çalışmamda bana ait olmayan tüm veri, düşünce ve sonuçları bilimsel etik kurallar gözeterek ifade ettiğimi ve kaynağımı gösterdiğimi ayrıca beyan ederim (.././....).



Hakan DAKILIR

İmza

ÖZET

AKTİF GENÇ ERKEKLERDE *ACE* GEN POLİMORFİZMİNİN YO-YO ARALIKLI TOPARLANMA TEST (SEVİYE 2) PERFORMANSI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Hakan DAKILIR

Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Spor Bilimleri Anabilim Dalı

Tez Danışmanı Doç. Dr. Mesut CERİT

Ankara, HAZİRAN 2024

Bu çalışmada bir grup aktif genç erkeklerde *ACE* gen polimorfizminin Yo-Yo Aralıklı Toparlama 2 Testi (Seviye 2) performansı üzerindeki potansiyel etkilerinin değerlendirilmesi ve genotip dağılımların belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışma 19-24 yaş arasında elit olmayan 53 genç erkek sporcunun (30 basketbol ve 23 voleybol oyuncusu) gönüllük esasına dayanarak oluşturulmuştur. Araştırma grupları haftada 3 gün (bir ünite/90 dk) kondisyon geliştirici anaerobik/aerobik eşik (uzun süreli tempolu koşular) ve kassal dayanıklılık (circuit antrenman) antrenmanlarına katılmışlardır. Oral epitel hücrelerinden veya leukositlerden elde edilen genomik DNA'dan KASP genotipleme yöntemi veya mikro array analizi kullanılarak genotipleme yapılmıştır. Ayrıca, anaerobik/anaerobik güç ve toparlanma seviyelerinin ölçülmesi amacıyla başlangıçta ve çalışma sonucunda (6 hafta) Yo-Yo Aralıklı Toparlanma Testi (Seviye 2) uygulanmıştır. Tüm grubun *ACE* genotip dağılımları basketbol ve voleybol gruplarında farklılıklar Ki Kare Testi ile analiz edilmiştir. Basketbol ve voleybol grubunda gözlemlenen genotip dağılımları sırasıyla ID %46,7 ve %47,8; DD %33,3 ve %39,1 ve II %20,0 ve %13,0 oranında tespit edilmiştir. İki grup arasındaki genotip sıklıkları karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p > 0.05$). Bu çalışmada, elit olmayan genç erkek sporcularda 6 haftalık anaerobik/aerobik ve kassal dayanıklılık antrenmanları sonucunda kısa süreli ve aralıklı olarak yapılan yüksek şiddetli maksimal eforlarda *ACE* ID ve DD genotiplilerin benzer antrenman yüklenmelerinde II genotiplilere oranla daha fazla performans gelişimi sağladığı, *ACE* gen polimorfizmlerinin ID > DD > II olacak şekilde lineer bir dağılım gösterdiği gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *ACE*, Polimorfizm, Anaerobik Performans.

ABSTRACT

EVALUATION OF THE EFFECTS OF *ACE* GENE POLYMORPHISM ON YO-YO INTERMITTENT RECOVERY 2 TEST PERFORMANCE IN ACTIVE YOUNG MEN

Hakan DAKILIR

Master's Thesis

Graduate School of Health Sciences

Department of Sports Sciences

Assoc. Prof. Mesut CERİT

Ankara, JUNE 2024

The objective of the study is to assess the potential impact of *ACE* gene polymorphism on the performance of Yo-Yo Intermittent Recovery 2 Test in a cohort of physically active young boys, as well as to define the distribution of genotypes. This study was carried out on a group of 53 young male athletes (30 basketball players and 23 volleyball players) who were not part of the elite category. The participants were between the ages of 19 and 24 and volunteered to take part in the study. Research groups engaged in condition-enhancing anaerobic/aerobic threshold (long-term brisk runs) and muscular endurance (circuit training) training three times per week (one session lasting 90 minutes). The genotyping process involved the utilization of either the KASP genotyping method or microarray analysis. This was done utilizing genomic DNA extracted from either oral epithelial cells or leukocytes. In addition, the Yo-Yo Intermittent Recovery Test (Level 2) was administered both at the start and conclusion of the 6-week trial to assess levels of anaerobic/anaerobic power and recovery. The *ACE* genotype distributions of the entire sample were evaluated using a Chi-Square Test to determine differences between the basketball and volleyball groups. The observed genotype distributions in the basketball and volleyball groups are as follows: 46.7% for ID and 47.8% for DD in the basketball group, and 33.3% for DD and 39.1% for II in the volleyball group. Following analyzing the genotype frequencies between the two groups, no statistically significant disparity was observed ($p > 0.05$). During this study, non-elite young male athletes underwent a 6-week training program that combined anaerobic/aerobic and muscular endurance exercises. The goal was to improve their performance in short-term, high-intensity efforts. The results showed that individuals with *ACE* ID and DD genotypes experienced greater performance improvements compared to those with II genotypes, even when subjected to similar training loads. The distribution of *ACE* gene polymorphisms has been reported to follow a linear pattern, with $ID > DD > II$.

Keywords: *ACE*, Polymorphism, Anaerobic Performance.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezimin tüm aşamalarında bana yol gösterip desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, tecrübeleri, bilgi birikimi ve samimiyetiyle her zaman yanımda olan, kıymetli tez danışmanım Sn. Doç. Dr. Mesut CERİT'e beni her zaman geliştirip, dinleyerek, büyük bir sabır ve özenle çalışmamın planlamasından sonlanmasına kadar geçen süre boyunca yoluma ışık tutarak, varlığını her daim hissettirip, deneyimleriyle yüksek lisans tezime vermiş olduğu emekleri için teşekkürlerimi sunuyorum.

Bu çalışma boyunca bizi hiçbir zaman geri çevirmeyen, her türlü yardımda emek ve vakit harcamaktan çekinmeyen Sn. Dr. Öğr. Üyesi Selin YILDIRIM TUNCER hocama katkı ve yardımları için teşekkür ediyorum.

Tez komiteme yer alan Sn. Doç. Dr. Murat ERDOĞAN hocama desteklerinden dolayı teşekkür ediyorum.

Hayatın yoğunluğuna yetişmeye çalışırken benden desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, güçlü bir Cumhuriyet kadını olan annem Serpil YAZAROĞLU ve bu zorlu süreçte bana olan inancını bir an olsun yitirmeyen Songül ÇAKIR'a teşekkür ediyorum.

İÇİNDEKİLER

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI.....	iii
ETİK BEYAN.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
TABLolar LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
KISALTMALAR LİSTESİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Genlerin Yapısı ve Atletik Performans	3
2.2. İkiz ve Aile Çalışmaları.....	5
2.3. Atletik Performansı Etkileyen Aday Gen Polimorfizmleri	8
2.4. Anjiotensin Dönüştürücü Enzim (ACE) Geni	13
2.4.1. ACE Geni ve Atletik Performans İlişkisi	15
2.5. Antrenman Uyumu ve Genetik Etkileşimler	17
3. GEREÇ VE YÖNTEM	20
3.1. Araştırmanın Türü	20
3.2. Araştırmanın Yapıldığı Yer ve Zamanı	20
3.3. Araştırmanın Evreni ve Örneklemi	20
3.5. Araştırma Materyali / Veri Toplama Araçları	20
3.5.1. Egzersiz ve Performans Ölçüm Yöntemleri	21
3.5.1.1. Yo-Yo Aralıklı Toparlanma Testi (Seviye 2)	21
3.5.1.2. Gen Analizi (Moleküler Analiz)	22
3.6. Verilerin Değerlendirilmesi.....	23
4. BULGULAR	24
4.7. Araştırmanın Etik Boyutu	26
5. TARTIŞMA	27
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	37
KAYNAKLAR	38
EKLER.....	54

EK-1 ARAŞTIRMA AMAÇLI ÇALIŞMA İÇİN AYDINLATILMIŞ ONAM FORMU.....	54
EK-2 YO-YO ARALIKLI TOPARLANMA TESTİ (SEVİYE 2).....	57
EK-3 ETİK KURUL İZİN FORMU	58
EK-4 İNTİHAL RAPORU	59
EK-5 ÖZGEÇMİŞ	64



TABLULAR LİSTESİ

Tablo 1. <i>Basketbol ve Voleybol Gruplarının ACE Genotipi Sıklıklarının Karşılaştırılması</i>	24
Tablo 2. <i>Basketbol ve Voleybol Gruplarında Zaman İçindeki Performans Değişimleri</i>	25
Tablo 3. <i>Basketbol ve Voleybol Gruplarında ACE Gen Polimorfizmlerinin Performans Farklılıkları</i>	30



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. *KASP Genotipleme Yöntemiyle Elde Edilen Alelik Ayrım Grafiği* 23



KISALTMALAR LİSTESİ

<i>ACE</i>	Anjiotensin dönüştürücü enzim geni
<i>AGT</i>	Anjiotensinojen geni
<i>ATI</i>	Anjiotensin II tip 1 reseptör geni
<i>MCT-1</i>	Monokarbozilat taşıyıcı1 geni
<i>PPARA</i>	Peroksizom proliferator-aktive reseptör alfa geni
<i>IGF-1</i>	İnsülin- benzeri büyüme faktörü-1
<i>VEGF</i>	Vasküler endotelial büyüme faktörü geni
<i>NOS</i>	Nitrik oksit sentaz geni
İGP	İnsan genom projesi
GWAS	Genom çapında ilişkilendirme çalışmaları
<i>ACTN3</i>	Alfa- Aktinin-3 Geni
<i>COL1A1</i>	Kolajen tip 1 geni
<i>COL5A1</i>	Kolajen tip 5 geni
<i>FABP4</i>	Yağ asidi bağlayıcı protein 4 geni
<i>NRF1</i>	Nükleer Solunum faktör 1 geni
BMI	Bazal metabolizma
RHR	İstirahat kalp atımı
DNA	Deoksiribonükleik asit
RNA	Ribonükleik asit
mtDNA	Mitokondrial DNA
SNP	Tekli nükleotid polimorfizmi
Genom	Genetik özellikler
A	Adenin
T	Timin
S	Sitozin
G	Guanin
<i>EPO</i>	Eritropoietin geni
MaxVO ₂	Maksimal oksijen kullanım kapasitesi
NO	Nitrik oksit
RAS	Renin anjiotensin sistemi

1. GİRİŞ

Atletik zirve, sporcuların soyaçekimden kaynaklı özelliklerinin beslenme, yaşam biçimi, çevresel faktörler ve antrenman uyumu gibi çoklu değişkenlerin tutarlı etkileşimlerinin sonucudur. 2003 yılında büyük oranda tamamlanan insan genom projesi (İGP), insanın oluşumunu sağlayan genlerin yapılandırılmasını ve işlevleri hakkında önemli bilgiler sağlamıştır. Söz konusu projeden elde edilen bulgular ışığında yürütülen spor genomiği çalışmaları atletik performansın geliştirilmesi ve korunmasında öne çıkan aday genlerin farklı seviyelerdeki etki mekanizmalarını incelemektedir. Genetik çeşitliliğin etkileşim süreçlerini ve nedenlerini anlamak oldukça önemlidir. İGP'nin 2003 yılında tamamlanmasının ardından, gen çalışmalarının sayısı artmaya ve çok gen ve çok faktörlü değerlendirilmeler ve yorumlanmalar yapılmaya başlamıştır (Walker, 2007). İdeal atletik performansın inşa edilmesi, sürdürülmesi ve geliştirilmesinde etkili olan anatomik yapı, kas liflerinin oranları, dolaşım ve solunum sistemlerinin kapasitesi, metabolizmanın işleyişi ve sporcu psikolojisi gibi birçok faktörün soyaçekimden kaynaklı değişkenler tarafından belirlendiği bilinmektedir (Ulucan, K., Sercan, C., Eken, B. F., Ülgüt, D., & Erel, Ş., 2016).

Genetik faktörlerin sporcunun güç, hız, dayanıklılık, psikolojik özellikler ve diğer fenotipler üzerinde büyük etkisi olduğu bilinmektedir (Ahmetov & Fedotovskaya, 2015). Her ne kadar iyi tasarlanmış bir bilimsel antrenman programı ve sporcuların istekli çalışmaları atletik performansı gelişim seviyesini artırsa da bazı insanlar yoğun antrenman uygulamaları olmadan da yüksek düzeyde atletik performans sergileyebilmektedirler (Tucker & Collins, 2012). Spor genetiği alanında yapılan birçok çalışma genler ile atletik performans arasında anlamlı bir ilişki olduğunu göstermiştir (McAuley, A. B., Hughes, D. C., Tsaprouni, L. G., Varley, I., Suraci, B., Roos, T. R., Herbert, A.R., & Kelly, A. L., 2021). Ahmetov, John, Semenova ve Hall (2024) yapmış oldukları incelemede 253 genetik belirtecin sporla ilgili özelliklerle bağlantılı olduğunu ve en az 149 varyantın çeşitli fiziksel aktivite özellikleriyle ilişkili olduğunu bildirmiştir (Ahmetov ve diğerleri, 2024). Söz konusu araştırmalar hız, kuvvet ve dayanıklılık gibi biyomotor yeteneklerin genetik limitler çerçevesinde geliştirilebileceğini göstermektedir (Guest, N., Corey, P., Vescovi, J., & El-Sohemy, A., 2018).

Bu çalışma bulgularının bireylerin genetik profillerinin dikkate alındığı spor disiplinlerine yönlendirmelerine, elit sporcuların yeteneklerinin geliştirilmesine ve bireysel özelliklerin göz önünde bulundurularak antrenman programlarının oluşturulmasına ve genetik faktörlerin öneminin daha fazla anlaşılmasına katkı sağlayabileceği öngörülmektedir. Bu çerçevede, bizim çalışmamızda bir grup aktif yetişkin erkeklerde *ACE* gen polimorfizminin Yo-Yo Aralıklı Toparlama Testi (Seviye 2) performansı üzerindeki potansiyel etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Genlerin Yapısı ve Atletik Performans

Tüm çekirdekli hücrelerin içinde, genetik kodu deoksiribonükleik asitten oluşan DNA içerisinde 23 çift kromozom bulunur. İnsan genomu çekirdeğin içinde yer alan DNA ve mitokondrinin içeriğinde yer alan ve 37 geni bünyesinde barındıran mitokondriyal DNA (mtDNA) olarak adlandırılan az miktarda genetik materyale sahiptir. Kromozomların içinde iki tamamlayıcı DNA ipliği sarmalı mevcuttur, biri babadan, diğeri de anneden yavruya aktarılmaktadır. DNA, dört adet bazdan (nükleotit) oluşur; adenin (A), sitozin (C), guanin (G) ve timin (T). Söz konusu bazların ya da gen dizilimlerinin sırası ve sayısı belirli bir genden üretilebilecek proteinleri kodlamaktadır. Tek bir amino asiti üretmek için üç temel nükleotit (triplet) gerekir, yirmi amino asit bir araya geldiğinde yaşam için gerekli tüm işlevleri yürüten proteinleri oluşturmak için birleşirler. Bununla birlikte, DNA sarmalının herhangi bir lokasyonundaki dizilimlerde herhangi bir sebepten dolayı nükleotidin bulunması veya silinmesi (stop codon-premature) insanlar arasında değişimleri belirlemektedir. Söz konusu değişimlerin bireyler üzerinde açığa çıkardığı lehte durumlar olabileceği gibi diyabet ve hipertansiyon gibi metabolik hastalıklara ve bazı yetersizliklere neden olabilmektedir. Söz konusu değişimler ya da varyasyonlar tek bir nükleotid üzerinde olduğunda tek nükleotid polimorfizmi (SNP) olarak adlandırılır. SNP'de bulunan bir nükleotid diğeriyle yer değiştirerek kodlanan amino asidi değiştirerek üretilen proteini farklılaştırarak insanlar arasındaki bireysel farklılıkların oluşmasına neden olmaktadır (Walker, 2007). Olimpik atletlerin başarılarındaki gizem sihirli bir dokunuştan daha çok gen zincirlerindeki tesadüfi birleşmeler, ideal ortamlar, antrenmanların planlanması, uygulanması ve yönetimidir (Hughes, D. C., Day, S. H., Ahmetov, I. I., & Williams, A. G., 2011; Williams & Folland, 2008).

Genetik kodlar oluşumun başladığı ilk andan itibaren bedenin nasıl kurgulanacağını, yetenek ve fiziksel kapasitenin sınırlarını, vücut tipini ve fizyolojik özellikleri belirlemektedir. Genler, kullanılan enerji tipini ve oranını, fiziksel performans gelişim seviyesini, egzersiz uyumunu ve tüketilen besinlerin metabolik süreçlerdeki işlevlerini etkilemektedir. Soyaçekimden kaynaklı farklılıklar bazılarını kısa bir zaman zarfı içerisinde (yaklaşık 3000 saat) doruk noktaya çıkarırken, bazılarını

da daha zahmetli ve yol alıcı bir süreçte (yaklaşık 10.000 saat) genetik limitler dahilinde ideal fiziksel kapasiteye taşımaktadır (Mcdougall, 2009).

Soyaçekimden kaynaklı değişimler atletik performans gelişiminde oldukça etkili güç çarpanlarıdır. Bireyler arasındaki değişimler yalnızca fiziki görünüşle sınırlı değildir, içinde bulunulan topraklar ve hava şartları da bu etkileşimlerin gerçekleşmesinde rol almaktadır. Yaşanılan coğrafya ve iklim, fiziksel aktivitenin tek güçlü çevresel göstergesidir (Trost, S. G., Owen, N., Bauman, A. E., Sallis, J. F., & Brown, W., 2002). Jamaikalı koşucuların soyaçekimden kaynaklı becerileri (genetik kayma) yaşanılan ortak çevrenin ideal birleşimi sonucunda ortaya çıkan ideal örneklerdir. Uzun yıllar boyunca zirvede kalmayı başarabilen Jamaikalı atletlerin ideal boy uzunlukları, dar kalça ve hemen hemen birçoğunda mevcut olan ideal gen polimorfizmleri onları özel yapan farklılıklardan birkaç tanesidir (Mcdougall, 2009). İnsanlar arasında çeşitli vücut tipleri olmasına rağmen, vücut tipi ve fizyolojik karakterler çevresel faktörlere göre değişim gösteren genetik yapıdaki dağılıma bağlıdır. Bu farklılıklar üst düzey sporcularda sonucu belirlemektedir.

Etnik gruplar arasındaki fiziksel farklılıklar açıktır, bu durum kol uzunluğu, bacak uzunluğu ve oturma yüksekliği gibi genellikle farklı vücut segmentlerinin (örneğin) ölçülmesiyle değerlendirilen vücut oranlarındaki değişimlerin genetiğin kontrolü altında olduğunu açıkça göstermektedir. Örneğin, siyahiler soya çekiminde, beyazlara kıyasla daha uzun ekstremitelere sahiptir, bu da atletik performans üzerinde önemli etkiler sağlamaktadır. Vücudun yapısal oranlarının genetiğin güçlü etkileri altında olduğu muhtemeldir. Bireyleri fiziğine göre sınıflandırmak için kullanılan en yaygın yöntemlerden biri somatotip (William Herbert Sheldon tarafından 1940 yılında insan fiziğini sınıflandırmak için geliştirdiği bir taksonomidir) ölçümlerinin kullanılmasıdır. Somatotip özellikler bireyin fiziğini üç bileşen halinde ölçmektedir; vücuttaki konturların yuvarlaklığı ve yumuşaklığı ile karakterize edilen endomorflar, kas, kemik ve bağ dokularının baskınlığı ile karakterize edilen atletik mezomorflar ve lineerlik ve yüzey alanının vücut kütlesi üzerindeki hakimiyeti ile karakterize edilen ektomorflar. Yapılan bir çalışmada somatotiplerin; endomorf, mezomorf ve ektomorf değişkenlerinin sırasıyla %36, %45 ve %42'sinin genetik ve kültürel iletim ile ilişkilendirilmiştir (Perusse, L., Leblanc, C., & Bouchard, C., 1988). Bir başka çalışmada; Afrikalı ailelerden 7-17 yaş aralığında seçilen 329 bireyde tespit edilen kalıtım oranlarının endomorf için %40, mezomorf için %30 ve ektomorf içinse %31

olduğu tespit edilmiş (Saranga, S. P. J., Prista, A., Nhantumbo, L., Beunen, G., Rocha, J., Williams-Blangero, S., & Maia, J. A., 2008), 3000'den fazla kişiden oluşan daha büyük bir örneklem grubundaysa genel somatotipin maksimum kalıtım özelliklerinin endomorf %55; mezomorf %52 ve ektomorf %46 olarak açıklanmıştır (Rebato, E., Jelenkovic, A., & Salces, I., 2007).

Afrikalı siyahi sporcular beyaz tenli rakiplerine oranla genetik olarak daha avantajlıdırlar; bu yüzden kısa süreli, patlayıcı kuvvet isteyen sürata yönelik aktivitelerde gözle görülür üstünlük sağlarlar (Epstein, 2010). Siyahi sporcuların birçoğu uluslararası şampiyonaların önde gelenleri ve final koşan sporcularıdır (Pitsiladis, Y., Wang, G., & Wolfarth, B., 2011). Kenyalı Kalenjinlerin uzun ve hafif vücut uzuvları ve uzun yıllar yüksekte yaşamdan kaynaklı geniş akciğer kapasiteleri genetik değişimin en belirgin göstergesidir. Kenyalılarla aynı kapasiteye sahip olmalarına rağmen Sudanlılar, sportif altyapı ve kültürel gelişimin yetersiz olmasından kaynaklanan faktörler sebebiyle diğerlerinin başarısına sahip olamamaktadırlar (Epstein, 2010). Ancak, antrenman uygulama ve yöntemlerinin hedefe ulaşılmasına olanak sağlayan parametrelerden sadece birisi olduğu göz önünü alındığında, performans sınırlarını tayin eden hayat tarzı, epigenetik ve nütrigenetik etkileşimler, motivasyon, aile ve çevre ilişkileri, beslenme, psikoloji, antrenörün bilgi ve tecrübesi vb. parametreler arasında bugüne kadar en az anlaşılan genetik varyasyon aslında dikkate alınması gereken en önemli faktördür. İnsanlar arasındaki varyasyonlara neden olan gen polimorfizmlerinde şifrelenmiş olan özellikler fiziksel performansın çizgisini de belirlemektedir. Bu yüzden elit sporcuların sahip oldukları genetik avantajlar üst düzeyde performans göstermelerine daha doğrusu diğer rakiplerinden çok az bir farkla önde olmalarına olanak sağlamaktadır.

2.2. İkiz ve Aile Çalışmaları

Fiziksel uygunluk ve genetikle ilişkili aile çalışmaları oldukça sınırlıdır. Genetik ve atletik performans ilişkisi ilk olarak monozigot (MZ; özdeş) ikizlerin dizigot (DZ) fenotipleriyle karşılaştırıldığı çalışmalardan elde edilmiştir. Yapılan çalışmada esas alınan özelliklerin yansımaları MZ ikizlerde DZ ikizlere oranla daha uyumlu gözlemlendiğinde genetik varyasyondan da güçlü bir şekilde etkilendiği olasıdır. Söz konusu yöntem maxVO₂'nin kalıtsallığını tahmin etmek için kullanılmıştır (Williams, C. J., Williams, M. G., Eynon, N., Ashton, K. J., Little, J. P.,

Wisloff, U., & Coombes, J. S., 2017). İlk yapılan çalışmalardan birisinde 24 yaşındaki erkeklerin performansları 34 yıl önceki babalarının aynı yaştaki performansı ile karşılaştırıldığında babalar ile oğulları arasında benzer performanslar bulunmuştur. Bir başka aile çalışmasında (76 aileden 559 erkek ve kadın) nöromusküler performans özelliklerine ilişkin maksimal kalıtım benzerliğinin el sabitliğinde %7, el-göz koordinasyonunda %16, hareket ve reaksiyon süresinin ise sırasıyla %11 ve %24 olduğu tespit edilmiştir (Devor & Crawford, 1984).

Yakın zamanlarda ikiz ve aile çalışmaları üzerinde yapılan meta-analizlerde soyaçekimden kaynaklı ortalama tahminlerin yüzde 21 ila yüzde 48 ve yüzde 19 ila yüzde 54 arasında olduğu belirtilmiştir (De Geus, E. J., Bartels, M., Kaprio, J., Lightfoot, J. T., & Thomis, M., 2014; Lightfoot, J. T., De Geus, E. J., Booth, F. W., Bray, M. S., Den Hoed, M., Kaprio, J., Kelly, S. A., Pomp, D., Sauli M. C., Thomis, M. A., Garland, T.R. & Bouchard, C., 2018). Ortalama olarak, sporcu statüsündeki farklılıkların %66'sı genetik faktörler (De Moor, M. H., Spector, T. D., Cherkas, L. F., Falchi, M., Hottenga, J. J., Boomsma, D. I., & De Geus, E. J., 2007), geriye kalan farklılıklar ise antrenman uygulamaları, beslenme, ergojenik destekler, coğrafya, tıbbi ve sosyal destek imkanları ve çevresel faktörlerden kaynaklanmaktadır (Beck, K. L., Thomson, J. S., Swift, R. J., & Von Hurst, P. R., 2015; Bezuglov, E., Morgans, R., Butovskiy, M., Emanov, A., Shagiakhmetova, L., Pirmakhanov, B., Waskiewicz, Z., & Lazarev, A., 2023). Kalıttan kaynaklanan bireysel farklılıklar biyomotor özelliklerin (Kuvvet, hız ve dayanıklılık) fiziksel performans gelişimi üzerindeki etkilerini değiştirebilmektedir. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda (Peeters, M. W., Thomis, M. A. I., Beunen, G. P., & Malina, R. M., 2009) fiziksel performans gelişimiyle ilişkili olarak elde edilen en tutarlı bulgular aile çalışmalarından alınmıştır (Perusse ve diğerleri, 1988). Söz konusu çalışmalarda kas direnci 60 saniyede yapılan maksimum oturma sayısı ve zaman sınırı olmaksızın tamamlanan şınav sayısı ile, kas gücü pençe kuvvetiyle (kavrama gücü), gövde esnekliği ise otur ve uzan testiyle ölçülerek değerlendirilmiştir (Katzmarzyk, P. T., Pérusse, L., Rao, D. C., & Bouchard, C., 2000). Kalıtım yeteneği şınav kapasitesinde %52, kavrama gücü eforunda %32 ve esneklik gelişiminde ise %48 olarak gözlemlenmiştir. Aile çalışmalarında kas direnci ve kas gücü gelişimi (Pérusse, L., Lortie, G., Leblanc, C., Tremblay, A., Thériault, G., & Bouchard, C., 1987a; Pérusse, L., Leblanc, C., Tremblay, A., Allard, C., Thériault, G., Landry, F., Talbot, J. & Bouchard, C., 1987b) oturma testi ve uyluk kaslarının

maksimum izometrik kasılmasını ölçen diz ekstansiyon testi ile değerlendirilmiştir. Her iki kas uyumunun gösterdiği performansta genetik aktarımın kassal dayanıklılık için %21, kas gücü için ise %30 olarak gözlemlenmiş, ayrıca esnekliğin (oturma ve uzanma testi) cinsiyet farklılıkları ve genetik faktörlerin doğrudan etkisinin kadınlarda %51'ini, erkeklerde ise %72'sini oluşturduğu gözlemlenmiştir (Maes, H. H., Beunen, G. P., Vlietinck, R. F., Neale, M. C., Thomis, M., Lysens, R., Simons, J., Derom, C. & Derom, R., 1996).

Fiziksel performans gelişimi boy uzunluğu ve vücut ağırlığı ve vücudun fiziki yapısı gibi çeşitli morfolojik özelliklerden etkilenir (Bouchard, C., Malina, R. M., & Pérusse, L., 1997). Aile çalışmaları boy uzunluğunun kardeşler arasında yaklaşık 0,30 ila 0,50 arasında değiştiğini göstermiştir. Yetişkinlerin boy uzunluğundaki değişimin yaklaşık olarak %80'ni genetik faktörlerden kaynaklanmaktadır. Bu kapsamda geniş bir popülasyonda yapılan önemli bir çalışmada boy uzunluğu değişiminin %81'inin genetik faktörlere, %12'sinin ortak çevresel faktörlere ve %7'sinin de bireye özgü çevresel faktörlere bağlı olduğu ifade edilmiştir (Silventoinen, K., Magnusson, P. K., Tynelius, P., Kaprio, J., & Rasmussen, F., 2008). Vücut ağırlığının kalıtsal ilişkisi boy uzunluğu için yapılan gözlemlerden daha az tutarlıdır ve daha düşük kalıtım derecesi göstermektedir (Mueller, 1986).

Kardiyak yapılar ve fonksiyonlar dayanıklılık performansının kritik sınırlayıcı faktörleridir. Aile çalışmalarından elde edilen veriler ışığında genetik faktörlerin kardiyak boyut için yaklaşık %20-30 civarında küçük ama önemli bir katkısı olduğunu anlaşılmaktadır (Bella, J. N., MacCluer, J. W., Roman, M. J., Almasy, L., North, K. E., Best, L. G., Lee, T. E., Fabsitz, R. R., Howard, B. V. & Devereux, R. B., 2004). Atletik performansla ilişkili kardiyak fonksiyonu değerlendirmek için genellikle istirahat (dinlenme) ve egzersiz esnasındaki kalp atımı, kan basıncı, atım hacmi (stroke volüm) ve kardiyak çıktının (1 dakikada pompalanan toplam kan miktarı) egzersize cevabı gibi gözlemlenebilen değişkenler kullanılmaktadır. Kalıtımla ilgili aile çalışmalarında sedanterlerde egzersiz öncesi ölçülen istirahat kalp atımı, sistolik ve diyastolik kan basıncı değerlerinde anlamlı ailesel benzerlik tespit edilmiş, bu çerçevede; maksimum kalıtsallık tahminlerinin de istirahat kalp atım sayısı için %32, sistolik kan basıncı için %54 ve diyastolik kan basıncı içinse %41 olarak tespit edilmiştir (Li, J., Huo, Y., Zhang, Y., Fang, Z., Yang, J., Zang, T., Xiping, X. & Xu, X., 2009). Bazal metabolizma (BMI) için tespit edilen

genetik tahminlerin de sırasıyla %34, %51 ve %42, istirahat kalp atımı (RHR) kalıtsallığı da %34 olarak gözlemlenmiştir (Singh, J. P., Larson, M. G., O'Donnell, C. J., Tsuji, H., Evans, J. C., & Levy, D., 1999) Antrenman adaptasyonunun kalıtsal bileşenleri de özellikten özelliğe farklılık göstermektedir. Aerobik antrenmanlar neticesinde maxVO₂'deki yükselen farklılığının yaklaşık %50'si, kas lifi tipindeki varyasyonun ise yaklaşık %45 ila %99,5 ve kas gücü fenotiplerindeki değişimin %52'si kalıtsal faktörler tarafından belirlenmektedir (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; Komi, P. V., Viitasalo, J. H. T., Havu, M., Thorstensson, A., Sjödın, B., & Karlsson, J., 1977; Zempo, H., Miyamoto-Mikami, E., Kikuchi, N., Fuku, N., Miyachi, M., & Murakami, H., 2017).

2.3. Atletik Performansı Etkileyen Aday Gen Polimorfizmleri

Genetik ilişkilendirme çalışmalarının iki ana türü vardır: aday gen çalışmaları ve genom çapında ilişkilendirme çalışmaları (GWAS). Her iki çalışma türü de fiziksel aktiviteyle ilişkili genetik belirteçleri keşfetmek için kullanılmıştır. Eylül 2023 sonu itibarıyla toplam 149 varyant, çeşitli fiziksel aktivite özellikleriyle ilişkilendirilmiştir, bunlardan 42'si genom çapında önemlidir (Ahmetov ve diğerleri, 2024). Fiziksel kapasitenin sınırlarının ilerleyebilmesi için ortak çevre, hayat tarzı, motivasyon, epigenetik ve nütrigenetik etkileşimler gibi içsel ve dışsal faktörlerin yanında nükleotid dizilimlerinin olası eşleşmeleri de doruk seviyelere çıkılmasını tetiklemektedir (Cerit, 2018; Montgomery, H. E., Clarkson, P., Dollery, C. M., Prasad, K., Losi, M. A., Hemingway, H., Statters, D., Jubb, Ö., Girvain, M., Varnava, A., Deanfield, J., Talmud, P., McEwan, J. R., McKenna, W. J. & Humphries, S., 1997). Psikomotor yeteneklerin şekil almasında soyaçekimden kaynaklı özelliklerin payı oldukça fazladır (fiziksel efor kapasitesi %66, boy %80, dayanıklılık %30, güç %83). Genetik özellikler sadece fiziksel gelişim seviyesiyle performans gelişimine katkılar sunmaz, aynı zamanda kişisel ilgi, haz alma, bireylerin çaba ve motivasyonuna da önemli katkılar sağlayabilir. Sporla ilgili antrenman ve sportif aktivitelerde öne çıkan belirli psikolojik davranışlar veya motivasyon ve haz alma eğilimi, yetenek tanımlama programlarında genetik testlerin kullanımını en fazla kanıtlayabilecek göstergelerdir (Cerit, 2021).

Fiziksel kapasitenin gelişimini sağlayan beceri repertuarını bir tek gen üzerinden tanımlamak olası değildir, hareket yeteneği ve fiziksel kapasitenin sınırlarını belirleyen yaklaşık 253 genetik belirtecin sporla ilgili özelliklerle bağlantılı olduğunu ve en az 149 varyantın üst düzey atletik performansı doğrudan etkilediği düşünülmektedir (Ahmetov ve diğerleri, 2024). Performansla bağlantılı olabileceği düşünülen söz konusu genler arasında nitrik oksit sentaz (*NOS*), vasküler endotelial büyüme faktörü (*VEGF*), anjiotensin dönüştürücü enzim (*ACE*), anjiotensinojen (*AGT*), anjiotensin II tip 1 reseptör (*AT1*), monokarbozilat taşıyıcı1 (*MCT-1*), insülin-benzeri büyüme faktörü-1 (*IGF-1*), peroksizom proliferator-aktive reseptör (PPARA alfa) ve alfa-aktinin-3 (*ACTN3*) genleri öncelikli olarak araştırılan aday genler arasında bulunmaktadır (Koku, 2015). Bunlar arasında atletik performans gelişimi çerçevesinde performansla ilişkisi en çok incelenen ve fiziksel performans gelişiminde oynadığı rolü kanıtlanan aday gen *ACE*'dir (Cerit, M., Colakoglu, M., Erdogan, M., Berdeli, A., & Cam, F. S., 2006).

Beceriye açığa çıkaran gen işaretleyicileri ve açığa çıkardıkları spesifik değişimler antrenmanların uygulama, planlama ve yürütme faaliyetlerinin, (egzersiz şiddetinin ve hacminin seviyesi, dinlenme aralıkları ve antrenman sıklığı gibi) düzenlenmesine olanak sağlayabilir. Fiziksel kapasite seviyesi soyaçekimden kaynaklı etkileşimlerin yarattığı farklılaşmalardan dolayı bireyler arasında çeşitlilik göstermektedir. Bu yüzden yetenek gelişim safhalarında uygulanan egzersizler ve yüklenme prensipleri kişiye özeldir. Bazıları aerobik dayanıklılık antrenmanlarına olumlu etkileşim sağlarken, bazıları da direnç egzersizlerine daha fazla adaptasyon sağlayabilirler. Araştırmalarda üç farklı aerobik yüklenme seanslarına (düşük, orta ve yüksek) iştirak eden katılımcıların neredeyse %40'ı (düşük) antrenman gelişimi sağlamamış, orta şiddette egzersiz yapanlarda bu sayı yarı yarıya azalmış, yüksek şiddette egzersiz yapan grupta ise sadece bir katılımcı gelişim göstermemiştir (Ross, R., De Lannoy, L., & Stotz, P. J., 2015). Egzersize uygulamalarına verilen yanıtlar egzersiz şiddetiyle bağlantılıdır. Ancak bireylerin kapasitelerine uygun ideal egzersiz şiddetini ayarlamak oldukça karmaşık bir durumdur (Bonafiglia, J. T., Rotundo, M. P., Whittall, J. P., Scribbans, T. D., Graham, R. B., & Gurd, B. J., 2016). Bireysel özelliklerin büyük çoğunluğu poligeniktir, egzersiz adaptasyonu da dahil olmak üzere çeşitli özelliklerle ilişkili genetik varyantları tanımlamak için "optimal" yöntem konusunda önemli tartışmalar vardır (Bouchard, 2015; Pitsiladis ve diğerleri, 2013).

Genetik test teknolojisindeki gelişmeler ivme kazandıkça araştırmacılar çoğunlukla vaka kontrolü veya aday gen analizi ile tek SNP araştırma modellerini kullanmaya başlamıştır. Söz konusu çalışmalarda, aday genlerin bireyler (vakalar) ve kontrolleri arasında bir SNP / ilgili gen için nispi genotip frekansları karşılaştırılmaktadır. Örneğin, *ACTN3*' geninin tip-II liflerini etkileyen hız ve güç varyasyonu, atlet ve atlet olmayanlar karşılaştırılarak açıklığa kavuşturulmuştur (Yang ve diğerleri, 2003). Genom Çapında İlişkilendirme Çalışmaları (GWAS) vakalar ve kontroller arasında çok sayıda SNP (> 100.000) karşılaştırılarak yeni SNP'lerin keşfedilmesine olanak sağlamıştır (Mattsson, C. M., Wheeler, M. T., Waggott, D., Caleshu, C., & Ashley, E. A., 2016). Ahmetov, I. I., Egorova, E. S., Gabdrakhmanova, L. J., & Fedotovskaya, O. N. (2016) tarafından yapılan bir araştırma (Ahmetov ve diğerleri, 2016), en az 155 genetik belirtecin seçkin atlet statüsüyle ilişkilendirildiğini ve bunların yaklaşık %10'unun en az üç çalışmada tekrarlandığını ifade etmiştir. Fiziksel uyumla ilişkili çok sayıda genetik işaretleyici olduğu da bilinmektedir (Bray, M. S., Hagberg, J. M., Perusse, L., Rankinen, T., Roth, S. M., Wolfarth, B., & Bouchard, C., 2009). Elit müsabık sporcular üzerinde ele alınan çalışmalar ilgili gen polimorfizmlerinin araştırılmasında önemli ipuçları sağlamaktadır. Örneğin, elit sprinterler muhtemelen sprintte çok iyidirler, çünkü onları hız-güç antrenmanına uygun şekilde adapte olmaya yatkın hale getiren alellere sahiptirler. Burada rol oynayabilecek böyle bir gen, kas liflerinde Z-çizgisinin bir bölümünü oluşturan bir protein olan a-aktin-3'ü oluşturan *ACTN3*'tür. R577X olarak bilinen *ACTN3* geni içindeki bir SNP'de, arginin (R) yerine premature (X) kodonu oluşumundan kaynaklanmaktadır. Bireylerin yaklaşık %18'i X aleli için homozigottur (North K, Yang N, Wattanasirichaigoon D, Eastal S, Beggs A., 1999), bu da onların kas hücrelerinde a-aktinin-3 eksikliğine neden olmaktadır. R aleli eksikliği herhangi bir hastalık durumu ile ilişkili olmasa da XX genotiplerinin daha düşük tip IIx kas lifine sahip olma eğiliminde olduğu anlamına gelmektedir (Vincent, B., De Bock, K., Ramaekers, M., Van den Eede, E., Van Leemputte, M., Hespel, P., & Thomis, M. A., 2007; Yang, N., MacArthur, D. G., Gulbin, J. P., Hahn, A. G., Beggs, A. H., Eastal, S., & North, K., 2003). Araştırmacıların *ACTN3* polimorfizminin elit spordaki etkisini inceleyerek üç grup arasındaki genotiplerini karşılaştırdıkları çalışmada seçkin güçlü sprinter ve uzun mesafeciler sedanter kontrolleriyle mukayese edilmiştir. Sedanterlerde XX genotipi %18'lik bir prevalans; sprinterlerin ise hiçbirinde XX

genotipine rastlanmamıştır. Aksine, XX genotipi, elit uzun mesafecilerin yaklaşık %35'inde gözlemlenmiştir. Daha sonraki araştırmalarda X aleli ile dayanıklılık arasındaki bağlantı daha az net olsa da Papadimitriou ve diğerlerinin 2018'de yapmış oldukları çalışma R aleli ile güç performansı arasındaki ilişkiyi doğrulamıştır. Atletik performansı etkilediği ifade edilen diğer genetik varyantlar arasında ACE ID (Collins, M., Xenophontos, S. L., Cariolou, M. A., Mokone, G. G., Hudson, D. E., Anastasiades, L., & Noakes, T. D., 2004; Gayagay, G., Yu, B., Hambly, B., Boston, T., Hahn, A., Celermajer, D. S., & Trent, R. J., 1998; Nazarov, I. B., Woods, D. R., Montgomery, H. E., Shneider, O. V., Kazakov, V. I., Tomilin, N. V., & Rogozkin, V. A., 2001), PPARGC1A Gly482Ser (Eynon, N., Meckel, Y., Alves, A. J., Yamin, C., Sagiv, M., Goldhammer, E., & Sagiv, M., 2009a; Lucía Mulas, A., Gómez Gallego, F., Barroso, I., Rabadán, M., Bandrés Moya, F., San Juan, A. F., & Franks, P. W., 2005), GABPB1 (rs7181866) (Eynon, N., Sagiv, M., Meckel, Y., Duarte, J. A., Alves, A. J., Yamin, C., Sagiv, M., Goldhammer, E. & Oliveira, J., 2009b; Maciejewska-Karłowska, A., Leońska-Duniec, A., Ciężczyk, P., Sawczuk, M., Eider, J., Ficek, K., & Sawczyn, S., 2012) BDKRB2 + 9 / -9 (Saunders, C. J., Xenophontos, S. L., Cariolou, M. A., Anastasiades, L. C., Noakes, T. D., & Collins, M., 2006) ve HIF1A Pro582Ser (Döring, F., Onur, S., Fischer, A., Boulay, M. R., Pérusse, L., Rankinen, T., Rauramaa, R., Wolfarth, B. & Bouchard, C., 2010; Gabbasov, R. T., Arkhipova, A. A., Borisova, A. V., Hakimullina, A. M., Kuznetsova, A. V., Williams, A. G., Day, S. H., & Ahmetov, I. I., 2013) bunlardan sadece birkaçıdır.

Motor beceriyi ortaya çıkaran işaretleyiciler tespit edildikten sonraki aşamada elde edilen bulgular kişiselleştirilmiş egzersiz programlarını inceleyen çalışmalarda tatbik edebilmektedir. *ACTN3*, yaşlı yetişkinlerde 10 haftalık kuvvet antrenmanını takiben diz ekstansör gücündeki değişiklikler incelenmiş ve RR genotiplerinin doruk ya da zirve güçte XX genotiplerinden daha fazla gelişme gösterdiği gözlemlenmiştir (Delmonico ve diğerleri, 2007). Benzer şekilde, Pereira, A., Costa, A. M., Izquierdo, M., Silva, A. J., Bastos, E., & Marques, M. C. (2013) yaşlı kadınlarda 12 haftalık bir kuvvet antrenman programının ardından antrenmana verilen yanıtları gözlemlemiştir. Çalışma neticesinde, tüm *ACTN3* genotipleri, antrenman ardından kuvvet ve güç testlerinde önemli gelişmeler göstermiş, ancak bu gelişmelerin yansımaları R aleli taşıyıcılarında daha belirgin olmuştur (Pereira ve diğerleri, 2013). Bu bireysel değişiklikleri yönlendiren mekanizmalar henüz tam olarak anlaşılmamıştır

(Norman, B., Esbjörnsson, M., Rundqvist, H., Österlund, T., Glenmark, B., & Jansson, E., 2014), iskelet kası hipertrofinin uyarıcıları olan mTOR ve p70S6k'de egzersize bağlı artışların, yüksek şiddetli egzersizi takiben R alel taşıyıcılarında XX genotiplerine göre daha fazla olduğunu gözlemlemiştir. Ahmetov, I. I., Donnikov, A. E., & Trofimov, D. Y. (2014), *ACTN3* RR genotiplerinde (erkek ve kadın gruplar) testosteron salınımlarının prematüre alellere oranla istatistiksel olarak daha fazla olduğunu bildirmişlerdir (Ahmetov ve diğerleri, 2014). Ayrıca, anabolik özellikli R alellerin yüksek oranda tip-II kas liflerine sahip olduğunu gözlemlemiştir (Ahmetov, I. I., Vinogradova, O. L., & Williams, A. G., 2012; Fry, 2004). Bu tip araştırma sonuçları aday gen polimorfizmleri arasındaki fiziksel uyaranlara verilen reaksiyon değişimlerinin nedenlerini ortaya koyabilmektedir. *ACE* ID dahil olmak üzere diğer polimorfizmlerin biyomotor hareketler çerçevesinde açığa çıkardığı farklılaşmaların değişken olduğunu göstermiştir (Cam, S., Colakoglu, M., Colakoglu, S., Sekuri, C., & Berdeli, A., 2007; Moraes, V. N. D., Trapé, A. A., Ferezin, L. P., Gonçaves, T. C. P., Monteiro, C. P., & Junior, C. B., 2018). Araştırmalar ayrıca genlerin egzersiz performansını etkileyen diğer özellikleri etkileyebileceğini de göstermektedir. Bunlar, *COL1A1* (Posthumus, M., September, A. V., Keegan, M., O'Cuinneagain, D., Van der Merwe, W., Schwellnus, M. P., & Collins, M., 2009a; Posthumus, M., September, A. V., Schwellnus, M. P., & Collins, M., 2009b) ve *COL5A1* (Posthumus, M., September, A. V., O'Cuinneagain, D., van der Merwe, W., Schwellnus, M. P., & Collins, M., 2009c) ve diğerleri gibi genlerdeki SNP'lerin yaralanma riski (Brazier, J., Antrobus, M., Stebbings, G. K., Day, S. H., Heffernan, S. M., Cross, M. J., & Williams, A. G., 2019), tendon ve bağ yaralanma riski *IL6* genindeki SNP'ler ise egzersiz sonrası oluşan inflamasyonunun iyileşme hızını etkileyebilmektedir (Pitsiladis, Y., Wang, G., Wolfarth, B., Scott, R., Fuku, N., Mikami, E., He, Z., Fiuza-Luces, C., Eynon, N., & Lucia, A., 2013; Yamin, C., Duarte, J. A., Oliveira, J., Amir, O., Sagiv, M., Eynon, N., Sagiv, M., & Amir, R. E., 2008). Genetik araştırmalar özellikle çok gen ve çok faktörlü yaklaşımlar yeni yeni anlaşılmaya başlamıştır. Her geçen gün yeni bir bulgu ve *FABP4* ve *NRF1* gibi bilinmeyen gen varyasyonlarının bilinmeyen etkileri ortaya çıkmaya başlayacaktır. (Yıldırım, Koçak, & Cerit, 2022).

Birçok çalışmada bazı genler fiziksel aktivite gelişimiyle ilişkilendirilmiştir. Örneğin, Anjiyotensin Dönüştürücü Enzim (*ACE*) genindeki polimorfizmler, üç aday

gen çalışmasında farklı fiziksel aktivite ve sedanter yaşamla ilişkilendirilmiştir (Bruneau Jr, M., Angelopoulos, T. J., Gordon, P., Moyna, N., Visich, P., Zoeller, R., ... & Pescatello, L. S., 2017; Mäestu, J., Lätt, E., Rääsk, T., Sak, K., Laas, K., Jürimäe, J., & Jürimäe, T., 2013; Wong, W. P., Zhao, Y., & Koh, W. P., 2012).

2.4. Anjiotensin Dönüştürücü Enzim (ACE) Geni

ACE geni, anjiotensin dönüştürücü enzimi kodlayan gendir ve vücut sıvılarını düzenleyerek kan basıncını kontrol etmektен sorumludur. ACE, anjiyotensin I'in (Ang I) Ang II'ye dönüşümünü teşvik eder ve Ang II, reseptörlere bağlanarak vazokonstriksiyona neden olur ve elektrolit dengesini düzenler. ACE, vasküler endotel hücrelerin membran yüzeyinde bol miktarda bulunur, endojen Ang I ve bradikinin dönüştürerek Ang II seviyelerini belirler. Plazmadaki ACE düzeyleri çevresel, humoral ve metabolik faktörlerden daha az etkilenmesine rağmen bireysel farklılıklar büyüktür (Gao, 2006).

Yüksek seviyede ACE enzim aktivitesinin vazokonstriksiyonu etkileri hücrelerin ihtiyacı olan oksijen ve besinlerin taşınmasında yetersizliğe neden olmakta ve uzun süreli fiziksel efor direncinin azalmasına, buna mukabil kuvvet/hız ve kısa süreli yüklenmelerde (12-15 dakika), ise orta ve yüksek düzeylerde ilerleme gözlemlenmektedir. Düşük seviyede ACE enzim aktivitesinin dokulara taşıdığı bol miktarda oksijen ve besinler sayesinde bahse konu kişilerde dayanıklılık yeteneğinin fazlasıyla gelişmiş olduğu bildirilmektedir. Söz konusu gen kan basıncını düzenlemenin yanı sıra iskelet kası fonksiyonlarını da etkilemektedir. Aslında, ACE, vazokonstriktör ajan anjiyotensin I'in, sadece daha güçlü bir vazokonstriktör olarak değil aynı zamanda aşırı yüklenmeye bağlı kas hipertrofisinde yer alan bir kas büyüme faktörü olarak anjiyotensin II'ye dönüşümünü de tetiklemektedir (Cerit, M., Colakoglu, M., Erdogan, M., Berdeli, A., & Cam, F. S., 2006; Woods & Montgomery, 2001).

Yaklaşık altı haftalık egzersiz programı neticesinde damarlarda dolaşan kanın hareketi kolaylaşır ve aktif kas hücrelerine daha fazla kan gönderimi (oksijen) sağlanır. Nitrik Oksit Sentaz Geni tarafından tetiklenen Nitrik Oksit (NO) vazodilatasyonu (kan damarlarının genişlemesi) başlatarak fiziksel eforlar esnasında hücrelere gönderilen kan akışını yükseltir. Yüksek ACE aktivitesi NO salınımını veya üretimini azaltır. ACE aktivitesi yüksek olan kişilerde artan vazokonstriksiyon nedeniyle kas dokusuna

yeterince kan akımı sağlanamadığından MaxVO₂ (aerobik güç ya da maksimum oksijen kullanım kapasitesi) gelişimi ve dayanıklılık performansı düşük olmaktadır. ACE geni iki farklı özellik yansıtır; uzun süreli dayanıklılık ve kasların gücü. Dağcılarda ve askerler üzerinde yapılan araştırmalar ACE'nin kas hücrelerine giden oksijen ve besinleri artırarak fiziksel performansı yükselttiğini göstermektedir (Sonna ve diğerleri, 2001). Söz konusu genin atletik performans seviyesini nasıl etkileyebildiğini anlayabilmek için Renin Angiotensin Sistem (RAS) ve Angiotensin Dönüştürücü Enzim (ACE)'in bu sistem içindeki rolünü anlamak oldukça önemlidir (Danser, A. J., Saris, J. J., Schuijt, M. P., & van Kats, J. P., 1999).

RAS kan basıncını ve sıvı dengesini düzenleyen hormonal bir sistemdir. ACE geninin plazma ACE seviyesinin kontrolünde önemli rolü vardır. ACE geninde iki anahtar varyasyon mevcuttur. Bunların DNA'sı içinde ekstra baz çifti olduğu için I alel (uzun veya eklenmiş), diğerine de baz çifti olmadığı için D alel (kısa veya eksilmiş) adı verilmiştir. Bu polimorfizmde üç genotip mevcuttur, "DD", "II" ve "ID". Bu farklılıklar ACE'nin hücresele seviyede Angiotensin II üretimini etkilemede önemli bir rolü olduğunu göstermektedir. Serumda ve dokuda en yüksek ACE seviyelerine DD genotipli kişilerde rastlanırken, en düşük ACE seviyeleri II genotiplilerde görülmüştür (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; Zhao, B., Mochhala, S. M., Tham, S. Y., Lu, J., Chia, M., Byrne, C., Hu, Q., & Lee, L. K., 2003).

I alelinin varlığının serumdaki ACE aktivitesinde azalmaya, ACE gen transkripsiyonunda ve ekspresyonunda zayıflamaya ve Ang II üretim kapasitesinde azalmaya yol açtığını varsayılmaktadır. Danser, A. J., Batenburg, W. W., van den Meiracker, A. H., & Danilov, S. M. (2007), ACE'nin D aleli olan deneklerin daha yüksek serum ve doku ACE aktivitesine sahip olduğunu, bunun da anjiyotensin I'in anjiyotensin II'ye daha fazla dönüşümüyle sonuçlandığını bildirmiştir (Danser ve diğerleri, 2007). Williams ve arkadaşları (2000) II genotipinin, kas çalışmasının mekanik verimliliğini artırabileceğini (bunun yavaş kasılan kas liflerindeki artışla ilişkili olabileceğini) çünkü II genotipiyle ilişkili ACE aktivitesinin düşük olduğunu, dolayısıyla lokal nitrik oksit oluşumunun iskelet kasındaki konsantrasyonun yükselmesiyle birlikte mitokondriyal solunum etkinliğinin ve iskelet kası kasılma fonksiyonunun arttığını tespit etmişlerdir (Williams ve diğerleri, 2000).

2.4.1. ACE Geni ve Atletik Performans İlişkisi

Yüksek ACE seviyelerinin Angiotensin II üretimini artırması neticesinde dokuya giden kan akışı azalır. ACE DD polimorfizmlerinde artan kan basıncı nedeniyle dokulara aktarılan oksijen ve besin miktarının yetersizliği dayanıklılık ve oksijen kullanım kapasitesinin (maxVO_2) azalmasına neden olmaktadır. ACE DD genotipine sahip kişiler daha yüksek MaxVO_2 düzeyi (Woods & Montgomery, 2001) ve antrenmana yanıt olarak daha iyi kısa süreli aerobik dayanıklılık gelişimi göstermektedirler. Yüksek ACE D alel frekansına sahip kişiler; yüksek anaerobik performans antrenmanla yağsız vücut kütlelerinde daha fazla artış ve direnç antrenmanı sonucunda daha büyük kassal kuvvet gelişimi göstermektedirler. ACE DD genotipliler yüksek MaxVO_2 ve kısa süreli aerobik dayanıklılıkta yüksek performans (6 dk) ve genellikle daha yüksek ACE aktivitesi ile ilişkilidir, bu nedenle potansiyel olarak daha yüksek anjiyotensin II düzeyleri ve daha yüksek oranda hızlı, glikolitik, tip II kas liflerini tetikledikleri için teorik olarak sprint/güç odaklı performans sergilemektedirler (Cerit ve diğerleri, 2006; Myerson, S., Hemingway, H., Budget, R., Martin, J., Humphries, S., Montgomery, H., 1999; Myerson, S. G., Montgomery, H. E., Whittingham, M., Jubb, M., World, M. J., Humphries, S. E., & Pennell, D. J., 2001). Bununla birlikte, DD alellerin (belirli bir özelliği tespit eden bir genin değişik hallerinden her biri) seçkin sprint/güç disiplinlerinde başarılı olduklarına ilişkin herhangi olumlu bir ilişkinin bulunamadığı çalışmalarda mevcuttur (Eynon, N., Ruiz, J. R., Femia, P., Pushkarev, V. P., Cieszczyk, P., Maciejewska-Karłowska, A., Sawczuk, M., Dyatlov, D. A., Lekontsev, E. V., Kulikov, L. M., Birk, R., Bishop, D. J. & Lucia, A., 2012; Rigat, B., Hubert, C., Alhenc-Gelas, F., Cambien, F., Corvol, P., & Soubrier, F., 1990).

ACE genotiplilerin sürat performansı üzerindeki metabolik etkisinin olası açıklaması kas lifi tipi farklılıklarıyla ilişkilendirilmiştir. Zhang ve arkadaşları ACE II genotiplilerin yüksek yüzdeli aerobik enerji kaynağı kullanımının kas lifleri yüzdesi (yüksek oranda tip I) ile ilişkili olduğunu, diğer bir yandan ACE DD genotiplilerinde daha yüksek yüzdeli anaerobik performansının tip II kas lifleri ile bağlantılı olduğunu gözlemlemişlerdir (Zhang, B., Tanaka, H., Shono, N., Miura, S., Kiyonaga, A., Shindo, M., & Saku, K., 2003). ACE (I/D) polimorfizmi, çeşitli popülasyonlarda performans ve egzersiz süresindeki performans gelişimleriyle ilişkilendirilmiştir. II genotiplilerin özellikle dayanıklılık odaklı uzun mesafe koşuları vb. aktivitelerle

ilişkili olduğu, DD genotiplilerin ise kuvvet ve güç odaklı performansla ilişkili power lifting, vücut geliştirme, halter, sprint, yüzme ve basketbol, voleybol gibi takım sporlarında gösterilen yüksek seviyede atletik performansla bağlantılı olduğu gözlemlenmiştir.

Ayrıca, *ACE* genotipinin kardiyak kaslarda hem sağlık hem de hastalıklı durumlarda ve kas kuvveti gelişimine verilen uyarana cevap olarak sol ventrikül kütle değişiklikleriyle ilişkisi tespit edilmiştir. *ACE* DD genotipliler, verilen antrenmana uyarılarına abartılı bir cevap verirken en düşük kardiyak büyüme cevabı ise II genotiplilerde gözlemlenmiştir. Benzer şekilde *ACE* DD genotipliler iskelet kaslarında hem sağlıklı bireylerde hem de kronik hastalık durumlarında egzersize yanıt olarak daha fazla güç kazanımıyla ilişkilendirilmiştir. Genel performansta olduğu gibi *ACE* genotipiyle ilişkili genetik polimorfizmler de iskelet kası gücünü ve metabolik verimliliği etkileyebilmektedir (Colakoglu, M., Cam, F. S., Kayitken, B., Cetinoz, F., Colakoglu, S., Turkmen, M., & Sayin, M., 2005; Puthuchear, Z., Skipworth, J. R., Rawal, J., Loosemore, M., Van Someren, K., & Montgomery, H. E., 2011). *ACE* polimorfizmleri ile yükseltide gösterilen fiziksel performans gelişiminde belirgin bir ilişki olduğu varsayılmaktadır. Ekstrem yüksekliklere (7000-8000m) tırmanan profesyonel dağcılarda I alel sıklığının fazla olduğu saptanmıştır (Thompson, J., Raitt, J., Hutchings, L., Drenos, F., Bjargo, E., Loset, A., Grocott, M., & Caudwell., 2007). Güney Amerika ile Hindistan'ın Ladakh bölgesinde (minimum 3600m) yaşayanlar arasında da benzer bulgular elde edilmiştir. Buna mukabil, araştırmacılar *ACE* genotipinin 2200 metre yüksekliğe maruz kalan 63 sporcu içerisinde yükselti ve eritropoietin (EPO) uyarımına verilen cevaplar arasında herhangi bir ilişki gözlemlenmemişlerdir (Bigham, A. W., Kiyamu, M., León-Velarde, F., Parra, E. J., Rivera-Ch, M., Shriver, M. D., & Brutsaert, T. D., 2008; González, A. J., Hernández, D., De Vera, A., Barrios, Y., Salido, E., Torres, A., & Terrados, N., 2006; Pasha, M. Q., Khan, A. P., Kumar, R., Grover, S. K., Ram, R. B., Norboo, T., Srivastava K. K., Selvamurthy, W., & Brahmachari, S. K., 2001).

Papadimitriou, I. D., Lucia, A., Pitsiladis, Y. P., Pushkarev, V. P., Dyatlov, D. A., Orekhov, E. F., Guilherme G. A., João Paulo L. F. G., Antonio H. L., Valentina G., Pawel C., Agnieszka M.-K., Marek S., Carlos A. M., Anastasia K., Myosotis M., Carla M. C., Fleur G., Peter J. H., Guan W., Krista A., Anastasiya M. D., Irina V. A., Ildus I. A., David J. B., Kathryn N. N., Eynon, N. (2016) tarafından yapılan homojen

çalışmayla büyük çapta elit atletik performans gösteren Olimpik sporcuların (Avustralya, Brezilya, Yunanistan, Jamaika, İtalyan, Polonya, Rusya, Litvanya, İspanyol ve ABD’li sprinterler) ACE I / D varyantları ile 100, 200 ve 400metre’nin en iyi kişisel zamanlar arasındaki ilişki incelenmiştir. Söz konusu araştırmada anılan ülkelerden seçilen 346 elit sprinterin 555 bireysel en iyi 100 m, 200 m ve 400 m kişisel sprint zamanları analizi neticesinde hepsi beyaz ırktan 189 erkek ve 66 kadın sprinter (Avustralya, Yunanistan, Polonya, Litvanya ve Rusya), Afrika orijinli toplam 91 erkek atlet (Brezilyalı, Jamaikalı, ABD, İtalyan ve İspanyol) araştırmaya katılmıştır. Söz konusu çalışmada uluslararası şampiyonalara (Olimpiyatlar, dünya ve kıta şampiyonaları) iştirak eden hiçbir sprinterde ACE II genotiplilere rastlanmadığı gibi, hiçbir endurans disiplininde de ACE DD genotiplilere ilişkin bulgulara rastlanmamıştır (Papadimitriou ve diğerleri, 2016). Söz konusu araştırma çerçevesinde; ACE DD genotipine sahip erkek beyaz sprinterlerin ortalama olarak, ACE II genotiplilere oranla en iyi 200 metre sprint zamanına sahip oldukları gözlemlenmiştir. Ayrıca, ACE DD genotipli sprinterlerin, ACE II genotipli sprinterlere oranla en iyi 400 m sprint zamanlarına sahip (46.94 ± 1.19 s vs. 48.50 ± 1.07 s, $p = 0.003$) olduğu da ifade edilmiştir. Bahse konu araştırma pek çok aday gen varyantına ve çevreye dayanan sprint performansına rağmen, ACE geninin sprint zamanı yüzdesi değişiminin elit atletik performans düzeyinde önemli olduğu, bireysel farklılıkların dünya rekoru ile sadece finali koşmak arasındaki farkı belirlediğini ortaya koymuştur (Papadimitriou ve diğerleri, 2016).

2.5. Antrenman Uyumu ve Genetik Etkileşimler

Doğru atleti doğru gen yapısında keşfedebilmek ve bireye özel antrenman, yaşam biçimi, çevresel faktörler, sosyal ilişkiler gibi değişkenlerin hepsini göz önünde bulundurarak hedefe ulaşma oldukça meşakkatli ve bir o kadar da karışıktır (Cerit, 2018). Aday gen etkileşimleri ve antrenman adaptasyonu üzerindeki yansımaları farklı parametreler de göz önüne alındığında oldukça karmaşık bir o kadar da yoruma açık bir durumdur. Elit atletlerin uzun yıllar boyunca yaptığı antrenman tekrarları kürsüye çıkmak için yeterli olmayabilir. Her bireyin genetik sınırı ve yeteneği farklıdır, aynı antrenmanı yapanlar arasında farklı etkileşimler sağlayan bireylerin olma olasılığı da yüksektir. Farklı bireyler aynı egzersizleri aynı zamanlarda yapsalar bile zaman

içerisindeki gelişimleri farklılık gösterecektir. (İlgün, F., Günay, V., Yıldırım, S, & Cerit, M., 2020).

Mükemmel genlerin sporcuları olimpik seviyeye taşıyabileceği, ancak söz konusu genetik işaretleyicilerin olası bir başarıyı garanti etmediği de söz konusudur. Fizyolojik, motor ve psikolojik özellikler üzerindeki genetik ve çevresel etkilerin karmaşıklığı atletik yeteneklerin belirlenmesi ve hedeflenen başarının genetik profilini oluşturabilme kapsamını da son derece sınırlandırmaktadır.

Elit sporcular genomik ve epigenomik özelliklerin etkileşimlerine, antrenman uygulamalarına, beslenme, yaşam tarzı ve çevresel faktörlerin organizmalarında yarattığı değişime örnek teşkil etmektedirler. Genetik uyumla birlikte kullanım kalıplarına dayalı olarak kasların yeniden şekillenmesi ve verilen antrenman uyaranlarına olumlu cevap verme uyum sağlama yeteneğinin en iyi örneğidir. Araştırmacılar kasların verilen uyaranlara karşı göstermiş olduğu adaptasyonları ve kasların farklı şartlarda (sağlık ve hastalık) nasıl çalıştığını, iskelet kası yapılarının ve özelliklerinin evrim yoluyla nasıl değiştiğini ortaya çıkarabilmek için gayret sarf etmektedirler. Aynı genotipli bireyler antrenman uyaranlarına farklı genotiplere sahip olanlardan daha benzer tepki verirler. Bugüne kadar yapılan araştırmalar, antrenmansız ve düzenli olarak yapılan egzersize cevap olarak performansla ilişkili fenotipleri etkileyen farklı genetik bileşenlerin bulunduğunu göstermektedir. Sporcuların başlangıçtaki performans durumu ya da başarı seviyesi, uygulanan antrenmanlar neticesinde ortaya çıkardığı performans değişiminin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Antrenmanlara verilen cevapların bireysel farklılıkları açığa çıkarması yaşam biçimi ve çevresel faktörlerin etkisinin en çarpıcı yansımasıdır.

Atletik performans gelişiminde yer alan süreçte mükemmellik açıklanırken antrenman, motivasyon, çevre vb. atletik performansın dikkate değer karmaşıklığı ve yıllarca süren yoğun, spora özel antrenman zorunluluğu nedeniyle, genetik bilgi en iyi ihtimalle bireyin gelecekteki performans başarı olasılığının sadece bir kısmını açıklayabilir. Fizyolojik, psikomotor ve psikolojik özellikler üzerindeki genetik ve çevresel etkilerin karmaşıklığı, başarılı genetik profil oluşturabilme kapsamının son derece sınırlı olacağını veya tipik yetenek seçimi yaklaşımlarının ötesinde çok az kullanım gibi genel performans özelliklerine yönlendirileceğini göstermektedir. Bazıları, elit yetenekler üretmek için gerekli olan uzun yıllar ve binlerce saatlik antrenmanın kararlılığının ve adanmış çabanın yeterli olduğunu iddia etseler de

kalıtsallık çalışmalarının ve sporcu ailelerinin geçmişleri doğuştan gelen niteliklerin belirli kişilere atletik çabalar için bir avantaj sağladığının açık kanıtıdır. Önemli olan yeteneği belirleyen gen testlerinin, beceri ve psikomotor performans seviyesini belirleme uygulamalarının bir ünitesi olarak doğal avantajı tespit edip edemeyeceğidir. Kuşkusuz, bilimsel ve kişiselleştirilmiş egzersiz programlarıyla etkileşime sağlayan genetik profile sahip sporcuların elit performans noktalarına ulaşma ihtimali de daha fazladır.



3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Araştırmanın Türü

Araştırma, analitik araştırmaların alt başlığı olan vaka-kontrol araştırma tipine girmektedir. Araştırmanın, ön test-son test analitik model kullanılarak yapılmıştır.

3.2. Araştırmanın Yapıldığı Yer ve Zamanı

Bu çalışma 22 Nisan-03 Haziran 2024 tarihleri arasında Lokman Hekim Üniversitesi Spor Tesisleri (MTA)'nde icra edilmiştir.

3.3. Araştırmanın Evreni ve Örneklemi

Yapılacak araştırmanın evrenini, Spor Bilimleri Fakültesi öğrencilerinden oluşan 19-24 yaş arasında ki sağlıklı 61 erkek öğrencinin gönüllük esasına dayanarak oluşturulmuştur. Güven seviyesi %95, hata payı 0,05'e göre örneklem sayısı toplam 53 olarak tespit edilmiş, (Çıngı, 1994) basketbol branşında (n=30) olan öğrenciler araştırmanın vaka grubunu, voleybol branşında olan öğrenciler (n=23) ise kontrol grubunu oluşturmuştur.

3.4. Araştırmanın Değişkenleri

Araştırmanın bağımsız değişkenlerinin (gen tipi, cinsiyet yaş durumu ve vücut ağırlığı) bağımlı değişkenlere (fiziksel aktivite düzeyleri, fiziksel performans test değerleri) olan etkileri incelenmiştir.

3.5. Araştırma Materyali / Veri Toplama Araçları

Verilerin toplanması ve analiz etme aşamaları sorumlu ve yardımcı araştırmacılar tarafından yapılmıştır. Ölçüm esnasında ölçüm hatalarını en aza indirmek için görev dağılımı yapılmıştır. Yapılacak olan uygulama öğrencilerin eğitim takvimlerine göre randevulu ve planlı bir şekilde yapılmıştır. Araştırmada katılımcılara bir hafta öncesinden ölçüm prosedürü ve çalışma hakkında bilgi verilmiş, ölçüm öncesinde katılımcılara bilgilendirilmiş spor bilimleri öğrencilerinden yazılı bilgilendirilmiş onayları alınmıştır. Araştırmaya katılanların ACE gen polimorfizmini belirlemek ve analizi için eküvyon çekmek ve ağız içi epitel dokudan sürüntü (Buccal

Swap olarak da bilinen) örnekler alınmıştır. Araştırmada kullanılan besiyersiz eküvyon çubuğu, yüksek dayanıma dayanıklı, kırılmaz polipropilen tüpten oluşur ve pamuk elemanlar plastik bir çubuktur. Besiyerli çubukların aksine içerisinde bakterinin çoğalması için besiyer bulunmamaktadır. Katılımcılardan alınan ağız sürüntü örneklerinin tüm moleküler analizleri “Damagen Tıbbi Genetik Laboratuvarı (Damagen Genetik Tanı Merkezi, Aziziye Mah. Cinnah Cad.No:102/1 Çankaya /Ankara)” iş birliğiyle yapılmıştır. Ayrıca, aerobik güç, anaerobik performans ve toparlanma seviyelerinin ölçülmesi maksadıyla başlangıçta ve çalışma sonucunda (6 hafta) Yo-Yo Aralıklı Toparlanma Testi Seviye 2 (Yo-Yo AT2) uygulanmıştır. Katılımcıların “Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formu” onamları alınmıştır (EK-1).

3.5.1. Egzersiz ve Performans Ölçüm Yöntemleri

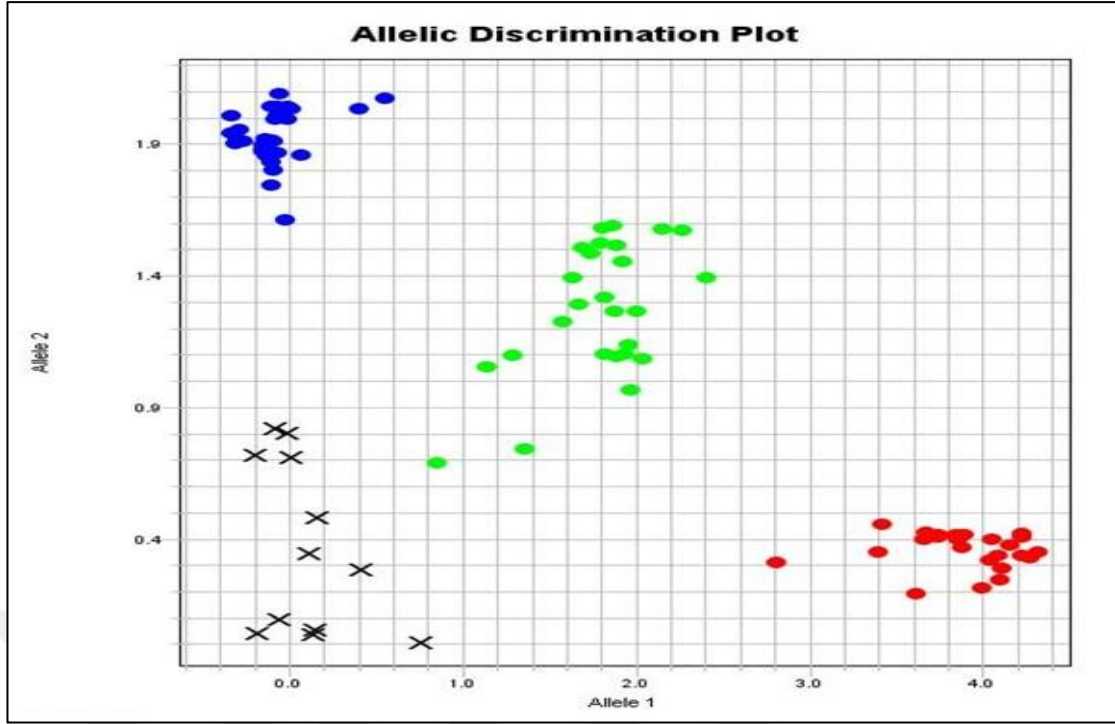
3.5.1.1. Yo-Yo Aralıklı Toparlanma Testi (Seviye 2)

Bu çalışmaya katılan sporcuların tamamı kulüplerinde yaptıkları antrenman ve performans değerlendirme uygulamaları nedeniyle önceden Yo-Yo AT2 testi (EK-2) prosedürlerine aşinaydı. Yo-Yo AT2 testi her mekik koşusu arasında 10 saniyelik aktif toparlanma süresiyle ayrılmış (bir kompakt disk oynatıcıdan gelen ses sinyalleriyle kontrol edilen) iki adet 20 metrelik mekik koşusunu artan hızlarda belirli bir zaman içerisinde (5-15 dk) tamamlayan katılımcıları içerir. Yo-Yo AT2 testinin süresi yaklaşık 3, 5, 10 ve 12 dakikadır, elit sporcuların anaerobik enerjiyi kullanım seviyesini ve tekrarlanan, şiddeti yüksek egzersiz tekrarları arasındaki dinlenme sürelerindeki toparlanma eşiklerinin verimliliğini ölçmektedir (Mayhew ve Wenger, 1985; Atkins, 2006). Test sonucunda ulaşılan toplam mesafe testin sonucunu belirler. Teste katılan kişi mevcut hızda devam edemeyecek duruma gelene kadar koşuya devam eder. Yo-Yo AT2 testi antrenmanlı bir kişinin şiddeti yüksek koşullarda anaerobik kapasitesini ve toparlanma hızını ölçer. Söz konusu test atletik performans ölçümü maksadıyla farklı bireysel spor dallarında ve takım sporlarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Bangsbo, J, Laia, F.M. and Krusturup, P., 2008). Sporcular, testlerden önce genel (orta hızda beş dakika koşma, ardından üç dakika aktif alt ekstremite germe) ve özel egzersizler (test edilen egzersizden daha düşük seviyede) gibi geleneksel ısınma egzersizlerini tamamladılar. Oyunculara testleri gerçekleştirmeden önce ısınmadan sonra dinlenmek için üç dakika süre verilmiştir.

3.5.1.2. Gen Analizi (Moleküler Analiz)

Bu çalışmadaki moleküler prosedür Helsinki Bildirgesi ilkeleri çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma grubu içindeki bireylerden bilgilendirilmiş onam imzasının ardından bukkal sürüntü örnekleri alınmıştır. Çalışmaya katılan Spor Bilimleri Fakültesi öğrencilerinin ağız sürüntü örneklerinin tüm moleküler analizleri “Damagen Tıbbi Genetik Laboratuvarı (Damagen Genetik Tanı Merkezi, Aziziye Mah. Cinnah Cad.No:102/1 Çankaya /Ankara)” iş birliğiyle yapılmıştır. Bu çerçevede; tüm katılımcılardan prospektif formlar imzalanarak epitel hücre örnekleri toplandı. Çalışma prosedürleri Helsinki Deklarasyonu II ilkelerine göre yürütülmüştür. Alınan sürüntü örneklerinden üretici tarafından sağlanan protokol aracılığıyla Isohelix'ten Buccalyse DNA Ekstraksiyon Kiti kullanılarak genomik DNA izole edilmiştir. DNA konsantrasyonu NanoDrop spektro fotometre (Thermo Fisher Scientific, USA) ile belirlenmiştir.

KASP genotipleme yöntemiyle çalışmada incelenen tek nükleotid polimorfizm (SNP) genotiplemesi yapılmıştır (LGC Genomics). Bu genotipleme rekabetçi alele özgü PCR'ye dayanmaktadır ve tek nükleotid polimorfizminin (SNP'ler) ve belirli lokuslarda insersiyon ve delesyon (Indels) bi-alelik puanlamasını mümkün kılmaktadır. İlgili SNP' primeri *ACE* geni-rs4343 olarak tasarlanmıştır. KASP assay karışımı, iki alele özgü ileri primer ve bir ortak ters primer olmak üzere assay-özgü etiketlenmemiş üç oligo içermektedir (LGC Genomics). KASP Master karışımı (2X), pozitif referans olarak Rhodamine X (ROX) boyasının yanı sıra evrensel floresan boyaları FAM™ ve VIC™ içeren kullanıma hazır şekilde satın alınmıştır. DNA örneklerine SNP'ye özgü KASP Primer karışımı ve evrensel KASP Master karışımı eklenerek 7500 Real time PCR System (Applied Biosystems) cihazında PCR reaksiyonu gerçekleştirilmiş, ardından floresan okuması yapılmış ve elde edilen veriler analiz edilmiştir (He ve diğerleri, 2014).



Şekil 1. KASP genotipleme yöntemiyle elde edilen alelik ayırım grafiği. Kırmızı ve mavi noktalar homozigot genotipleri, yeşil noktalar heterozigot genotipleri temsil eder. Grafiğin sol alt tarafındaki X, negatif kontrolü temsil eder. Bu grafik, 7500 Real time PCR System (Applied Biosystems) üzerinde oluşturulmuştur.

3.6. Verilerin Değerlendirilmesi

Bu çalışmada, basketbol ve voleybol spor dallarında aktif olarak yer alan sporcular yer almaktadır. Katılımcıların demografik bilgileri toplanmış, ayrıca *ACE* genotipi gibi genetik faktörler de incelenmiştir. Gruplar arası farklılıkları değerlendirmek için Bağımsız Gruplar T Testi kullanılmıştır. Bu test, basketbol ve voleybol gruplarındaki performans ölçütleri ve fiziksel özelliklerin ortalamaları arasındaki farkların anlamlılığını test etmek için uygulanmıştır. Grup içi zamanla değişimi değerlendirmek için ise Bağımlı Gruplar T Testi kullanılmıştır. Bu test, her bir spor dalı grubu içinde, zamanın performans ölçütleri üzerindeki etkisini analiz etmek amacıyla başlangıç ve son test değerleri arasındaki farkların anlamlılığını değerlendirmiştir. Ayrıca, *ACE* genotipi frekanslarının gruplar arasındaki dağılımını değerlendirmek için Ki Kare Testi uygulanmıştır. Verilerin analizi SPSS ile yapılmış ve her bir istatistiksel test için, $p < 0.05$ anlamlılık düzeyi kabul edilmiştir.

4. BULGULAR

Araştırmanın bu bölümünde, araştırmaya katılan katılımcılar üzerinde gerçekleştirilen ölçümlerin karşılaştırmalı analizine dayanarak elde edilen sonuçlar ve bu sonuçların detaylı değerlendirmeleri ele alınmıştır. Bu çalışmada, basketbol ve voleybol spor dallarında aktif olarak yer alan genç erkek sporcular yer almaktadır. Katılımcıların demografik bilgileri toplanmış, ayrıca *ACE* genotipi gibi performans etkisi eden genetik faktörler de incelenmiştir. Sporcuların performans ölçütleri olarak Yo-Yo AT2 test performansları başlangıç (ön test) ve antrenman periyodunun sonunda (son test) olmak üzere iki farklı zaman diliminde ölçülmüştür.

ACE genotipi frekanslarının basketbol ve voleybol gruplarında farklılık gösterip göstermediği Ki Kare Testi ile analiz edilmiştir. Basketbol grubunda, ID genotipine sahip bireylerin oranı %46,7 (n=14), DD genotipi %33,3 (n=10), ve II genotipi %20,0 (n=6) olarak bulunmuştur. Voleybol grubunda ise, ID %47,8 (n=11), DD %39,1 (n=9), ve II %13,0 (n=3) oranında tespit edilmiştir. İki grup arasındaki genotip frekansları karşılaştırıldığında, Ki Kare değeri 0,497 ve p-değeri 0,780 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar, genotip frekansları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını göstermektedir ($p > 0.05$). Dolayısıyla, basketbol ve voleybol oynayan bireyler arasında *ACE* genotipi dağılımı açısından anlamlı bir fark saptanmamıştır.

Tablo 1. Basketbol ve voleybol gruplarının *ACE* genotipi sıklıklarının karşılaştırılması.

	Grup				Ki Kare Testi		
	Basketbol		Voleybol		X ²	p	
	N	%	n	%			
	ID	14	46,7	11	47,8		
<i>ACE</i>	DD	10	33,3	9	39,1	0,497	0,780
	II	6	20,0	3	13,0		

Tablo 2 basketbol ve voleybol gruplarının fiziksel ve performans ölçütleri üzerinde yapılan Bağımsız Gruplar T Testi sonuçlarını içermektedir. Analiz, her iki grup arasındaki ortalama farkların anlamlılığını değerlendirmektedir. Sporcuların

performansı ve fiziksel özellikleri, basketbol ve voleybol grupları arasında Bağımsız Gruplar T Testi ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 2. Basketbol ve voleybol gruplarında zaman içindeki performans değişimleri.

		X	ss	Bağımlı Gruplar T Testi	
				t	p
Basketbol	Ön Test (Yo-Yo AT 2)	439,33	189,41	-4,092	0,000
	Son Test (Yo-Yo AT 2)	553,33	231,77		
Voleybol	Ön Test (Yo-Yo AT 2)	638,26	158,16	-5,234	0,000
	Son Test (Yo-Yo AT 2)	681,74	142,44		

Tablo 2’de basketbol ve voleybol gruplarında zaman içindeki performans değişimlerini değerlendiren Bağımlı Gruplar T Testi sonuçları yer almaktadır. Yapılan analiz, aynı grup içinde başlangıç ve son testler arasındaki performans değişikliklerinin anlamlılığını test etmektedir. Basketbol grubunda, Yo-Yo AT2 testinde ise başlangıçta ortalama 439,33 metre (ss = 189,41) olan mesafe, son testte 553,33 metre (ss = 231,77) olarak belirlenmiştir. Bu değişim istatistiksel olarak anlamlıdır (t = -4,092, p < .001), bu da basketbol grubunun anerobik kapasitesinde önemli bir iyileşme olduğunu gösterir. Voleybol grubu Yo-Yo AT2 test bulgularında ise başlangıçta ortalama 638,26 metre (ss = 158,16) olan mesafe, son testte 681,74 metre (ss = 142,44) olarak ölçülmüştür, bu da anlamlı bir performans iyileşmesini gösterir (t = -5,234, p < .001).

Tablo 3’de basketbol ve voleybol gruplarında, farklı ACE (ID, DD, II) grupları üzerinde gerçekleştirilen Yo-Yo AT2 testleri öncesi ve sonrası performans değişikliklerini karşılaştırmak amacıyla yapılan Wilcoxon işaretli sıralar testi sonuçlarını içermektedir. Bu analiz, her bir grup içerisinde, test öncesi ve sonrası performans farklılıklarının istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirlemektedir. Basketbol grubunda ID genotiplilerin, test öncesi ortalamaları 510,00 metre (ss = 178,15) iken, test sonrası ortalamaları 640,00 metre (ss = 258,40) olarak belirlenmiştir.

Bu değişim istatistiksel olarak anlamlıdır ($Z = -2,552$, $p = 0,011$), bu da basketbol grubunun anerobik kapasitesinde önemli bir iyileşme olduğunu göstermektedir. DD genotiplilerde ise test öncesi ortalama 338,00 metre ($ss = 121,64$), test sonrası da 452,00 metre ($ss = 189,08$) olduğu saptanmıştır, bu değişim de anlamlıdır ($Z = -2,325$, $p = 0,020$). II genotiplilerde, test öncesi ortalama 443,33 metre ($ss = 253,75$), test sonrası 520,00 metre ($ss = 175,27$); bu değişim daha az belirgin olmakla birlikte yine de dikkate değerdir ($Z = -1,807$, $p = 0,071$).

Voleybol grubunda ise ID alt grubunda test öncesi ortalama 654,55 metre ($ss = 153,65$), test sonrası 680,00 metre ($ss = 144,50$) olarak ölçülmüş ve bu değişiklik istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($Z = -2,215$, $p = 0,027$). DD alt grubunda, test öncesi ortalama 662,22 metre ($ss = 147,46$), test sonrası 717,78 metre ($ss = 132,83$); bu önemli değişim Wilcoxon testi ile anlamlı bulunmuştur ($Z = -2,565$, $p = 0,010$). II alt grubunda başlangıçta 506,67 metre ($ss = 200,33$) olan mesafe, son testte 580,00 metre ($ss = 163,71$) olarak belirlenmiş, ancak bu değişim anlamlılık sınırını aşmamıştır ($Z = -1,604$, $p = 0,109$).

Tablo 3 Basketbol ve voleybol gruplarında ACE gen polimorfizmlerinin performans farklılıkları.

			Pre Test		Last Test		Wilcoxon testi	
			X	ss	X	ss	Z	p
Basketbol	ID	Yo-Yo AT2	510,00	178,15	640,00	258,40	-2,552	0,011
	DD	Yo-Yo AT2	338,00	121,64	452,00	189,08	-2,325	0,020
	II	Yo-Yo AT2	443,33	253,75	520,00	175,27	-1,807	0,071
Voleybol	ID	Yo-Yo AT2	654,55	153,65	680,00	144,50	-2,215	0,027
	DD	Yo-Yo AT2	662,22	147,46	717,78	132,83	-2,565	0,010
	II	Yo-Yo AT2	506,67	200,33	580,00	163,71	-1,604	0,109

4.7. Araştırmanın Etik Boyutu

Bu araştırma, Lokman Hekim Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu tarafından, **2023-250/1** karar numarası ile tıbbi yönden etik bulunmuştur (EK-3). Araştırmada etik sorunların ortaya çıkmaması için benzerlik oranı hesaplanacaktır.

5. TARTIŞMA

Genetik faktörlerin yanı sıra, vücut bileşiminde değişiklik yaratacak antrenman gibi diğer değişkenlerin etkisi tartışılmaz bir gerçektir. (Montgomery, H., Clarkson, P., Barnard, M., Bell, J., Brynes, A., Hajnal, J., Hemingway, H., Mercer, D., JArman, P., Marshall, R., Prasad, K., Rayson, M., Saeed, N., Talmud, P., Thomas, L., Jubb, M., World, M. & Humphries, S., 1999). *ACE* gen polimorfizmlerinin dayanıklılık, güç ve hız odaklı spor etkinliklerindeki rolü yoğun olarak araştırılmış ve atletik performansla önemli ölçüde ilişkili olduğu kanıtlanmıştır (Jeremic, D., Macuzic, I. Z., Vulovic, M., Stevanovic, J., Radovanovic, D., Varjadic, V., & Djordjevic, D., 2019). Daha önce yapılan birçok çalışmada II genotiplilerin (I aleller) elit dayanıklılık sporcularıyla (Ahmetov & Fedotovskaya 2015; Alvarez, R., Terrados, N., Ortolano, R., Iglesias-Cubero, G., Reguero, J. R., Batalla, A., Cortina, A., Fernandez-Garcia, B., Braga, S., Alvarez, V. & Coto, E., 2000; Scanavini, D., Bernardi, F., Castoldi, E., Conconi, F., & Mazzoni, G., 2002; Woods, 2009) ve D alellerin ise kas gücü kullanan sporcularla önemli ölçüde ilişkili olduğu (McAuley ve diğerleri, 2021) gözlemlenmiş, bu durumun da ACE enzim aktivitesini azaltan I alelin (Pescatello, L. S., Corso, L. M., Santos, L. P., Livingston, J., & Taylor, B. A., 2019) dayanıklılık performansını iyileştirmesi, D alelin ise başlangıçtaki hızlı kasılan kas liflerinin hacmini artırarak daha yüksek hız ve güç performansı (Eider, J., Cieszczyk, P., Ficek, K., Leonska-Duniec, A., Sawczuk, M., Maciejewska-Karłowska, A., & Zarebska, A., 2013) sağlamasından kaynaklı olduğu bildirilmiştir.

Genetik ve sportif performans ilişkilerini içeren çalışmalarda, ACE enzim seviyesinin düşük seviyelerde gözlemlenen sporcularda *ACE* II genotiplilerin yağ asitlerinin enerji kaynağı olarak verimli bir şekilde kullanımından kaynaklı olarak vücut yağ yüzdesinin oldukça düşük olduğu (Ahmetov & Fedotovskaya, 2015; Goleva-Fjellet, 2016; Montgomery ve diğerleri, 1998; Moraes, V. N. D., Ferrari, G. D., Chiaratto, T., Ferezin, L. P., Trapé, Á. A., Canivarolo, A. B. P., Medeiros, H. & Bueno Júnior, C. R., 2016) ve orta süreli (30 ila 45 dakika) egzersiz uygulamalarına uyum sağlayarak uzun süreli aktivitelerde performansı gelişimi sağladığı (Carter, C. S., Onder, G., Kritchevsky, S. B., & Pahor, M., 2005; Kim ve diğerleri, 2014), ayrıca Valdivieso, P., Vaughan, D., Laczko, E., Brogioli, M., Waldron, S., Rittweger, J., & Flück, M. (2017) tarafından yapılan bir başka benzer çalışmada da I-allellerin yüksek

seviyede kapiller ağ oranı mevcudiyetinin olimpik seviyede yarışan dayanıklılık sporcularının performansı ile ilişkili olduğu saptanmıştır (Valdivieso ve diğerleri, 2017; Shenoy, S., Tandon, S., Sandhu, J., & Bhanwer, A. S., 2010).

ACE II genotiplilerin yüksek hacimli, orta ve düşük şiddetli aerobik dayanıklılık aktivitelerinde diğer genotiplilere oranla daha fazla avantaj sağladıkları düşünülmektedir (Cerit ve diğerleri, 2006). Aerobik ve anaerobik kapasite gelişimi genetik ve antrenman gibi birçok nedenden dolayı bireyler arasında farklılık gösterebilir. Vücut kompozisyonunu ve kas fiber tipi oranını belirleyen genetik varyantlar bu parametrelerde olumlu ya da olumsuz etkileri ortaya çıkarabilir. Uzun süreli aerobik dayanıklılık antrenmanları yapan sporcularda yavaş kasılan kas lifi oranı diğer genotiplilere oranla daha yüksektir. Genel bir kural olarak, kısa süreli ve yüksek şiddetli aktiviteler için hızlı kasılan kas lifleri, uzun süreli, orta ve düşük şiddetteki aktivitelerde ise yavaş kasılan kas fiberleri baskın özellik gösterirler. Aerobik enerji sistemi orta ve uzun vadeli aerobik dayanıklılık gelişiminde kullanılan dominant enerji sistemidir. Bu sistem mevcut enerjiyi karbonhidrat ve yağlardan elde eder. Egzersiz süresi 30 dakika veya daha fazla olduğunda, yağ asitleri enerji kaynağı haline gelir. Egzersizin süresi ve şiddeti de kullanılan enerjinin kaynağını belirlemektedir. Soyaçekimden kaynaklı aerobik dayanıklılık kapasitesi doğrudan vücudun fizyolojik yapısı, antrenman uyumu, psikolojik statü ve diyet rutinleri gibi çevresel ve epigenetik parametrelerin birleşiminden etkilenmektedir (Denna & Badr, 2015; Kim, J. H., Jung, E. S., Kim, C. H., Youn, H., & Kim, H. R., 2014; Mizuiri, S., Hemmi, H., Kumanomidou, H., Sakai, K., Aikawa, A., Ohara, T., Yamada, K., Shimatake, H. & Hasegawa, A., 1997).

Uzun süreli düşük şiddetteki egzersizlerde (30 dakikadan fazla) karbonhidratlar ve sonrasında yağ asitleri öncelikli enerji kaynakları olarak kullanılmaktadır (Bassami, M., Ahmadizad, S., Doran, D., & MacLaren, D. P., 2007). Aerobik dayanıklılık antrenmanları yağ asitlerinin beta oksidasyonunu artırmaktadır. Antrenman adaptasyonu organizmada birçok fizyolojik değişiklik (mitokondri ve kapilleri yoğunluğu artışı) sağlamaktadır. Soyaçekimden kaynaklı mitokondri ve kas lif türlerinin yoğunluğu kullanılan yakıt veya enerji üretkenliğini belirlemektedir. Yapılan bir çalışmada, *ACE II* genotiplilerin sadece 10 haftalık antrenman neticesinde diğer genotiplerle karşılaştırıldığında kas gücü ve yağ kütesini artırdığı gözlemlenmiştir (Carter ve diğerleri, 2005). *ACE* geninin I alelinin dayanıklılık

performansı ile ilişkili olabileceğini gösteren çok sayıda bulgu vardır. Elit mesafe koşucularında (Myerson ve diğerleri, 1999) ve dağcılarda (Pasha ve diğerleri, 2001; Woods & Montgomery, 2001) I alel frekansının yüksek olduğu ve bunun dolaylı olarak kas hücrelerinin enerji maddelerinin bırakılma veya kullanma mekanizmalarını değiştirerek artırmış olabileceği düşünülmüştür (Montgomery, H. E., Marshall, R., Hemingway, H., Myerson, S., Clarkson, P., Dollery, C., Hayward, M., Holliman, D. E., Jubb, M., World, M., Thomas, E. L., Brynes, A. E., Saeed, N., Barnard, M., Bell, J. D., Prasad, K., Rayson, M., Talmud, P. J. & Humphries, S. E., 1998).

Myerson ve diğerleri, yapılan bir çalışmada 19 farklı spor dalından olimpik düzeyde sporculardan oluşan büyük bir denek grubunda (n=495), ACE I/D frekanslarını ve genotip dağılımlarını incelemiştir. Bu sporcuların 91'i, 12 farklı mesafede yarışan (100 metre – 100 km arası) (48 erkek, 43 bayan) koşucu iken geriye kalanı (n=404) 19 farklı spor dalından seçilmiştir (219 erkek, 185 bayan). Araştırmacılar, 91 koşucunun alt grup olarak analizinde mesafe arttıkça I alel frekansının kontrollere göre arttığını ve II genotip dağılımının kontroller ile anlamlı bir farklılık gösterdiğini saptamışlardır (Myerson ve diğerleri, 1999). D alel frekansı yüksek olanlarda ise kısa süreli ve yüksek şiddetli anaerobik yüklenmelerde kuvvet gelişiminin daha fazla olduğu ve güç odaklı performansın ACE enzimi ve aynı zamanda bir büyüme faktörü olan Ang II ile dolaylı olarak ilişkisi bulunduğu iddia edilmektedir (Jones, A., Montgomery, H. E., & Woods, D. R., 2002). Benzer kuvvet antrenmanları yapan sporcuların bazılarında ortaya çıkan sol ventrikül hipertrofinin DD genotiplerde görüldüğü, aynı zamanda DD genotiplerde antrenmanla yağsız vücut kütlesinde aşırı bir artış olduğu saptanmıştır (Montgomery ve diğerleri, 1997; Myerson ve diğerleri, 2001). Buna mukabil, yüksek ACE D alel frekansına sahip denek gruplarında anaerobik performansın yüksek olduğu (Myerson ve diğerleri, 1999; Nazarov ve diğerleri, 2001; Woods & Montgomery, 2001), antrenmanla yağsız vücut kütlesinde daha fazla artış olduğu (Myerson ve diğerleri, 2001) ve direnç antrenmanı sonucunda daha fazla kuvvet gelişimi gösterdikleri ortaya konulmuştur. ACE DD genotiplilerin antrenmanlara yanıt olarak kas kuvveti gelişimi (Folland, J., Leach, B., Little, T., Hawker, K., Myerson, S., Montgomery, H., & Jones, D., 2000) ve anaerobik kapasiteleri II genotipine göre daha yüksektir (Woods & Montgomery, 2001). DD genotiplilerin yüksek oranda tip-II kas fibrillerine sahip olması da (Zhang ve diğerleri, 2003) bu bulguları desteklemektedir.

ACE enzim aktivitesinin *ACE* DD ve ID genotiplilerde yüksek seviyede olması nedeniyle damarlarda oluşan vasokonstriksiyonun kanın dokuya ve altyapılara ulaşma miktarını azalttığı (Zilberman ve diğerleri, 2012), buna mukabil *ACE* DD genotiplilerde artan angiotensin II sekresyonu ve hızlı kasılan kas lifi oranlarının kas kuvveti (Goddard, N., Baker, M., Higgins, T., & Cobbold, C., 2014; Goleva-Fjellet, 2016) ve anaerobik aktivitelerin belirleyicisi olan hız ve güç parametrelerinin gelişiminde önemli bir rol oynadığı bildirilmiştir (Ahmetov & Fedovskava, 2012; Myerson ve diğerleri, 1999; Nazarov ve diğerleri, 2001). Bu bulgulara dayanarak, *ACE* DD ve ID polimorfizmlerinin anaerobik özellik gösteren düşük hacimli yüksek şiddetli antrenman yöntemlerinde daha fazla avantaj sağladığı tespit edilmiştir (Cerit ve diğerleri, 2006; Myerson ve diğerleri, 1999; Woods & Montgomery, 2001).

İnsan iskelet kaslarının (yavaş ve hızlı kasılan kas lifleri) oranları soyaçekimden kaynaklanmaktadır. *ACE* genotiplilerde Tip I, Tip II a ve Tip II b'nin kas dokularında farklı oranlarda bulunduğu belirtilmektedir (Cerit, 2018; Cerit, 2019; Ogborn & Schoenfeld, 2014) *ACE* geni D alelleri hipertrofik etki gösteren hızlı-kasılan kas lifleri oranları ile ilişkilendirilmiştir (Coyle, E. F., Sidossis, L. S., Horowitz, J. F., & Beltz, J. D., 1992; Zhang ve diğerleri, 2003). Kalıtsal özellik gösteren yavaş kasılan kas liflerinin (Tip I) yüksek yüzdesi uzun süreli dayanıklılık egzersizlerinde etkin rol oynamaktadır (Zhang ve diğerleri, 2003). Buna karşın, hızlı kasılan kas dokusu ise güç ve hız sporlarının baskın olduğu kısa süreli yüksek şiddetli anaerobik aktivitelerde atletlerin başarılı olabilmelerine olanak sağlamaktadır (Cerit, 2019; Rigat ve diğerleri, 1992; Shanmugam, V., Sell, K. W., & Saha, B. K., 1993). Yüksek şiddetli egzersiz hareketlerini tekrarlama yeteneği, elit sporcuların (futbol) müsabaka performansı üzerinde çok önemli bir etkiye sahiptir (Kelley & Williams, 2020; Sarmiento, H., Anguera, M. T., Pereira, A., & Araújo, D., 2018), D aleli taşıyıcılarının daha fazla kas kuvvetine sahip olduğu ve hızlı kasılan kas liflerinin yüzdesinin de daha fazla olduğu rapor edilmiştir (Ahmetov ve diğerleri, 2011; Erskine, R. M., Williams, A. G., Jones, D. A., Stewart, C. E., & Degens, H., 2014; Orysiak, J., Busko, K., Michalski, R., Mazur-Różycka, J., Gajewski, J., Malczewska-Lenczowska, J., Sitkowski, D. & Pokrywka, A., 2014).

Nazarov ve diğerleri, *ACE* I/D polimorfizmi ve dayanıklılık performansı ilişkilerini, elit ve elit olmayan, kadın ve erkek (N=217), yüzme (n=66), atletizm (n=81), mukavemet kayağı (n=52) ve triatlon (n=18) sporcularında inceledikleri

çalışmalarında tüm grubu müsabakanın süresine göre: kısa (<1 dakika), orta (1 – 20 dakika) ve uzun (> 20 dakika) mesafe olarak sınıflandırmış ve sportif başarı düzeyi olarak: elit ve vasat olmak üzere ikiye ayırmışlardır. Hem tüm örneklem grubunun (N=217) hem de elit sporcu (n=141) alt grubunun *ACE* genotip dağılımı ve alel frekansları sedanter kontrollerle benzer bulmuşlardır. Elit sporcuların (n=141) alt gruplarının analizinde kısa mesafe sporcularında (n=40) D alel, orta mesafe sporcularında (n=35) ise I alel frekansları yüksek olduğunu saptamışlardır. Elit ve elit olmayan yüzücüler mesafe ayırımı yapılmaksızın aynı grupta (n=66) incelendiğinde ise sportif başarı düzeyinin genotiple bir ilişkisi olmadığını, fakat tüm branşların (n=217) sporcularını sportif düzeye bakılmaksızın aynı gruba alarak mesafeye göre incelediklerinde, kısa mesafecilerde (n=65) D alel frekansının, orta mesafecilerde (n=61) ise I alel frekansının yüksek olduğunu gözlemişlerdir. Elit kısa mesafe koşucusu atletlerde (n=14) yüksek D alel frekansı ve DD genotipi oranı görülürken, elit olmayanlarda böyle bir bulguya rastlamamışlardır (Nazarov ve diğerleri, 2001). Tüm atletler tek bir grup olarak incelendiğinde (n=81) DD genotipi dağılımını ve D alel frekansını kontrol grubuna göre daha yüksek bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda da elit olmayan basketbol ve voleybol oynayan genç erkek erkek sporcuların *ACE* genotip frekansları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı ($p > 0.05$), ancak daha önce yapılan bir çok çalışmanın bulgularında gözlemlendiği gibi anaerobik enerjinin ve hızlı kasılan kas liflerinin baskın olduğu basketbol ve voleybol gibi takım sporlarında grubunda ID ve DD varyantlarının II genotiplilere oranla daha fazla sayıda olduğu gözlemlenmiş, bizim çalışmamızda da her ne kadar elit olmayan sporcular katılım sağlamış olmasına rağmen benzer genotip dağılımları (ID > DD > II) tespit edilmiştir (Tablo 1). Basketbol ve voleybol gruplarında genotip farklılıkları göz önüne alınmadan kayıt edilen performans farklılıklarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiş (Tablo 2), buna mukabil basketbol ve voleybol gruplarında anaerobik performans durumunu belirleyen Yo-Yo AT2 Testi öncesi ve sonrasında gözlemlenen performans farklılıklarında basketbol grubunda ID > DD > II olacak şekilde lineer bir dağılım saptanmış, benzer sonuçlar voleybol grubunda ID ve DD varyantlarında gözlemlenmiş, ancak II genotiplilerde ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır (Tablo 3).

Uzun süreli düşük şiddetli aerobik dayanıklılık aktivitelerinde kan laktadı 2-4milimol seviyelerinde ve hedeflenen kalp atım sayısı ise maksimum kalp atış hızının

%60-65'inin altında olduğu gözlemlenir. Bu durumda, metabolik süreçler enerji kaynağı olarak öncelikle yağ asitlerini ve yavaş kasılan kas liflerini kullanmayı tercih eder (Bompa & Fox, 1994). Diğer yandan hızlı kasılan kas lifi oranları ve anaerobik enzim aktivitesinin yüksekliğinden kaynaklı olarak DD ve ID genotiplerin uzun süreli aktivitelerde II genotiplilere oranla daha fazla enerji kaybedebilecekleri öngörülmektedir. Yürütülen benzer çalışmalarda, DD genotiplerinin hızlı kasılan kas fiber oranının II genotiplere kıyasla daha yüksek olduğu belirtilmektedir. II genotiplerin egzersiz şiddetinin maksimum kalp atış hızından %60-65 veya daha düşük olduğu uzun süreli egzersizlerde DD genotiplere kıyasla daha başarılı performans göstermelerinin gerekçesi sahip oldukları aerobik enerji sisteminin kullanım verimliliği ve yüksek seviyedeki yavaş kasılan kas fiber oranlarıdır. DD ve ID genotipler kısa süreli yüksek şiddetli aktivitelerde II genotiplilerle karşılaştırıldığında anabolik yapıları itibariyle baskın enerji kaynağı olarak fosfat ve karbonhidrat kullanımına öncelik vermektedirler (Cerit, 2018). Bazı çalışmalarda da ACE DD genotipinin VO₂max seviyelerini artırarak kısa süreli aerobik dayanıklılık (6-10 dk) gelişiminde diğer genotiplilere oranla daha iyi performans gösterdiği belirtilmiştir (Cerit ve diğerleri, 2006; Zhang ve diğerleri, 2003). Bizim çalışmamızda performans gelişim farklılıklarını ölçmek amacıyla kullanılan Yo-Yo AT 2 testi kademeli olarak artış gösteren koşu şiddeti ve kısa süreli dinlenme aralıklarından oluşan tekrarlı yüklenmelerle anaerobik kapasite/aerobik güç ve toparlanma hızını ölçmektedir. Söz konusu ölçüm yöntemi takım sporlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tip performans ölçüm metotları (kısa süreli ve yüksek şiddetli yüklenmeler) anaerobik kapasitenin (fosfojen sistem ve anaerobik glikoliz) ve hızlı kasılan kas liflerinin baskın olarak kullanıldığı takım sporlarında bireysel performans farklılıklarının ve kondisyon seviyesinin takip ve kontrolü amacıyla kullanılmaktadır.

Bizim çalışma bulgularımızla benzerlik taşıyan McAuley ve diğerleri, (2021b) yaptıkları meta-analiz çalışmaları ACE DD genotipli futbolcuların güç odaklı fenotiplerle ilişkili olduğunu göstermiştir (McAuley ve diğerleri, 2021). Benzer şekilde Ma ve diğerleri, (2013) ve Ahmetov ve Fedotovskaya (2015)'nin ACE geni I alellerinin dayanıklılık sporcularında başarı için olumlu olduğunu, buna karşılık D alellerinin ise sporcuların güç/sprint performansları için daha olumlu olabileceğini öne sürmüştür (Ahmetov & Fedotovskaya, 2015; Ma, F., Yang, Y., Li, X., Zhou, F., Gao,

C., Li, M., & Gao, L., 2013). Araştırmalar, *ACE* DD genotipine sahip sporcuların daha fazla kas hacmine (Charbonneau, D. E., Hanson, E. D., Ludlow, A. T., Delmonico, M. J., Hurley, B. F., & Roth, S. M., 2008) ve kuvvete (Williams, A. G., Day, S. H., Folland, J. P., Gohlke, P., Dhamrait, S., & Montgomery, H. E., 2005) sahip olduğunu ve ayrıca hızlı kasılan kas liflerinin yüzdesindeki artışla ilişkili olduğunu (Zhang ve diğerleri, 2003) ortaya çıkarmıştır. Ancak yapılan bazı çalışmalar bu sonuçları doğrulamamıştır (Garatachea, N., Verde, Z., Santos-Lozano, A., Yvert, T., Rodriguez-Romo, G., Sarasa, F. J., Hernandez-Sanchez, S., Santiago, C. & Lucia, A., 2014; Gentil, P., Lima, R. M., Pereira, R. W., Mourot, J., Leite, T. K., & Bottaro, M., 2012; Ruiz, J. R., Fernandez del Valle, M., Verde, Z., Diez-Vega, I., Santiago, C., Yvert, T., Rodrigues-Romo, G., Gomez-Gallego, F., Molina, J. J. & Lucia, A., 2011).

ACE I/D polimorfizmlerinin egzersiz performansları ile ilişkisi olup olmadığı üzerine son zamanlarda yapılan çalışmaların sonuçları çelişkilidir. Çok sayıda araştırma sonuçlarında sportif performans ile *ACE* I/D polimorfizm arasında ilişkinin doğrulu kanıtlanırken (Rankinen ve diğerleri, 2000), elit dayanıklılık sporcularında boye bir ilişki olmadığını açıklayan araştırma sonuçları da mevcuttur (Taylor, R. R., Mamotte, C. D., Fallon, K., & van Bockxmeer, F. M., 1999). Bununla beraber, Taylor ve diğerleri, erkeklerde DD genotipi ile performans arasında bir trend olduğunu gözlemişler, fakat aynı sonuca kadınlarda rastlamamışlardır. Sonna, L. A., Sharp, M. A., Knapik, J. J., Cullivan, M., Angel, K. C., Patton, J. F., & Lilly, C. M. (2011) de *ACE* genotipinin maxVO₂ ve kassal dayanıklılık performanslarıyla güçlü bir ilişki göstermediğini bildirmişlerdir. Bir diğer çalışmada Çinli genç erkek futbolcuların (n= 73 elit; 69 alt elit ve 107 kontrol) *ACE* I/D polimorfizmleri ile atletik performans arasındaki ilişkileri (elit ve alt elit oyunculara güç, tekrarlı sprint yeteneği ve aerobik dayanıklılık performansları test edilmiş) incelenmiş, kontroller, elit ve alt elit futbolculardaki *ACE* I/D polimorfizmlerinin elit ve alt elit oyunculara hız, bacak patlayıcı güç ve tekrarlı sprint yeteneği ile ilişkili olmadığı bildirilmiştir (Yang ve diğerleri, 2023). İtalyan ve Polonyalı sporcular üzerinde yapılan çalışmalarda da *ACE* gen polimorfizmleri ile fiziksel performans arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır (Massidda, M., Corrias, L., Ibba, G., Scorcu, M., Vona, G., & Calo, C. M., 2012; Orysiak ve diğerleri, 2018). Micheli, M. L., Gulisano, M., Morucci, G., Punzi, T., Ruggiero, M., Ceroti, M., Marella, M., Castellini, E. & Pacini, S. (2011) *ACE* ID genotipli İtalyan futbolcularının DD genotipli oyunculara göre sıırma ölçümlerinde

daha iyi performans gösterdiğini bildirmiş, ancak *ACE* I/D polimorfizmi ile kas fenotipi arasında bir ilişki olmadığını ifade etmişlerdir (Micheli ve diğerleri, 2011). Gentil ve diğerleri, (2012)'da *ACE* I/D polimorfizmlerinin genç erkeklerde kas gücü ile ilişkili olmadığını ileri sürmüştür (Gentil ve diğerleri, 2012). Benzer şekilde, antrenmansız erkeklerde ve Hint ordusu triatletlerinde kas kuvveti/gücü ile *ACE* genotipleri arasında bir ilişki bulunamamıştır (Erskine ve diğerleri, 2014). Sonna ve diğerleri'nin (2001) çalışma bulgularında ID ve/veya DD gen tiplerinin kassal dayanıklılık testlerinde (Army Physical Fitness test; push-ups & sit_ups) II genotipli katılımcılardan daha başarılı oldukları, ancak genç Amerikalı yetişkinlerde *ACE* ID polimorfizminin uzun süreli dayanıklılık egzersizlerinde fiziksel başarıyı önemli ölçüde etkilemediği bildirilmiştir (Sonna ve diğerleri, 2001). Benzer şekilde, bazı araştırmacılar II, ID ve DD genotipleri arasında fiziksel iyileşme (1 dakikalık push-up) ve Hint askeri triatletlerde kas gelişimi performansları açısından önemli farklılıklar bulamamışlardır (Charbonneau ve diğerleri, 2008; Shenoy ve diğerleri, 2010). Bu sonuçlar, *ACE* gen polimorfizmlerinin bireyleri belirli bir spor etkinliğine yatkın hale getiren ana faktör olup olmadığı konusundaki şüpheleri daha da karmaşık hale getirmektedir.

Fiziksel performans gelişiminde tek başına genetik katkının analizi yeterli değildir, aynı zamanda çevresel faktörlerin (Beunen, G. P., AI Thomis, M., & Peeters, M. W., 2010), vücut yapısının, iskelet kası fiber tipi oranındaki farklılıkların, yaşam tarzı ve antrenman sürekliliği gibi (Montgomery ve diğerleri, 1997) değişkenlerin katkısı da oldukça fazladır. Şu anda genetikle ilişkili çalışmalardan elde edilen bulguların niteliğini sınırlayan temel sorunlardan birisi örneklem sayısıdır (Ginevičienė, V., Utkus, A., Pranckevičienė, E., Semenova, E. A., Hall, E. C., & Ahmetov, I. I., 2022; Varillas-Delgado, D., Del Coso, J., Gutiérrez-Hellín, J., Aguilar-Navarro, M., Muñoz, A., Maestro, A., & Morencos, E., 2022). Bireysel değişkenler genellikle atletik performans gibi poligenik (yani çok sayıda gen ve değişkenden etkilenen) özelliklerle birlikte çok mütevazı etki büyüklükleri sergilemektedir (Bouchard, 2015). Dahası, spor fenotipleri çok faktörlü olduğundan ve muhtemelen epigenetik mekanizmalar tarafından desteklendiğinden, genetik varyantların birbirleriyle ve belirli çevresel etkenlerle nasıl etkileşime girdiğine dair çok sınırlı bir anlayış vardır (Mattsson ve diğerleri, 2016; McAuley ve diğerleri, 2021) 0,05 alfa düzeyiyle yeterli istatistiksel güce (yani 0,80) ulaşmak için bir genetik varyantın

eklemeli bir model altındaki ilişkisini inceleyen kesitsel bir çalışmada niceliksel bir özelliğin (örn. atlama yüksekliği) varyansın %0,5-1'ini açıklayan bir ilişkiyi tanımlaması için yaklaşık 800-1500 sporcunun katılımının sağlanması gerekir. Benzer şekilde, bir genetik varyantın (minör alel frekansı 0,20 olan) ikili bir özellik (örneğin sporcu durumu) üzerindeki eklemeli bir model altında ilişkisini inceleyen bir vaka kontrol çalışmasında, yaklaşık 1.400 sporcu ve 1.400 kontrol grubuna ihtiyaç vardır.

Gelecekte, prognostik yetenekleri geliştirmek için daha doğru sınıflandırmalara sahip poligenik profil oluşturma araçlarına ilave olarak genetik varyantların keşfedilmesi ve dahil edilmesi muhtemeldir (Pickering, C., Kiely, J., Grgic, J., Lucia, A., & Del Coso, J., 2019). Bu önemli genomik ilerlemeler kaydedildikçe, genetik bilginin sporda daha fazla faydası olabilir, ancak bu durum yeteneğin belirlenmesi için geçerli olmayabilir. Kalıtım tahminlerinde özellikler arasında önemli farklılıklar olmasına rağmen, tüm insan özelliklerinin genetik faktörlerden etkilendiği düşünülmektedir (Polderman, T. J., Benyamin, B., De Leeuw, C. A., Sullivan, P. F., Van Bochoven, A., Visscher, P. M., & Posthuma, D., 2015). Dahası, neredeyse tüm özellikler karmaşıktır (yani birden fazla genden etkilenir) ve yüksek kalıtsallığa sahip olanlar bile hâlâ çok sayıda genetik varyanttan etkilenir. Örneğin boy uzunluğu %80'lik bir kalıtsallık tahminine sahiptir ve 3.000'den fazla genetik varyantla ilişkilendirilmiştir; bu da hâlâ bireyler arası varyansın yaklaşık %25'ini açıklamaktadır (Yengo, L., Sidorenko, J., Kemper, K. E., Zheng, Z., Wood, A. R., Weedon, M. N., Frayling, T. M., Hirschhorn, J., Yang, J., Visscher, P. M., & Giant Consortium, 2018). Bu kapsamda yapılan aday gen çalışmalarında öncelikle dikkat edilecek hususlardan önde gelen unsurlardan bir tanesi örneklem büyüklüğüdür. Yetersiz örneklem büyüklüğü şu anda fiziksel performansı etkileyen genotiplerin keşfinin sınırlandırılmasının önemli bir nedenidir (Zilberman-Schapira, G., Chen, J., & Gerstein, M., 2012). Hagberg, J. M., Rankinen, T., Loos, R. J., Pérusse, L., Roth, S. M., Wolfarth, B., & Bouchard, C., 2011), tek bir nükleotid polimorfizmi ile atletik performans arasında bir ilişki kurmak için en az 1.400 katılımcıya ihtiyaç olduğunu öne sürmüştür. Yetersiz örneklem büyüklüğünün, sonuçların doğruluğunu sınırladığını ve anlamlı farkın değerini azalttığını, ancak bir ülke veya bölgede her spor etkinliğinde yeterli sayıda elit sporcu ile çalışabilmenin oldukça zor olduğunu bildirmişlerdir (Hagberg ve diğerleri, 2011). İkinci neden ise aynı genin fiziksel fenotipinin etnik köken, çevre ve diğer faktörlerden etkilenebilmesidir (Wang, G.,

Mikami, E., Chiu, L. L., De Perini, A., Deason, M., Fuku, N., Miyachi, M., Kaneoka, K., Murakami, H., Tanaka, M., Hsieh, L. L., Hsieh, S., Caporossi, D., Pigozzi, F., Hilley, A., Lee, R., Galloway, S. D. R., Gulbin, J., Rogozkin, V. A., Ahmetov, II, Yang, N., North, K. N., Ploutarhos, S., Montgomery, H. E., Bailey, M. E. S., & Pitsiladis, Y. P., 2013; Zilberman-Schapira ve diğeri, 2012).

Beceriye açığa çıkaran değişkenler bir hayli karmaşık ve bir o kadar da çok yönlü bir fenomendir. Atletik yeteneği ortaya çıkaran aday genler elit düzeyde performans gösteren sporcuların antrenman uygulamalarının kapsam ve şiddetinin derecesini, yüklenme, dinlenme ve toparlanma süreçlerini, beslenme ve sakatlanma risklerini ortaya çıkarabilecek önemli ipuçlarıdır. Atletik performans, soyaçekimden kaynaklı (kas lifi tiplerinin oranları, aerobik ve anaerobik kapasitenin sınırları, antrenman adaptasyon süreci) değişkenlerin ortak çevre ve hayat tarzı gibi faktörlerin eşgüdümü yansımalarından, uygulanan egzersiz programları, beslenme ve kültürel farklılıklar gibi bireye özel davranışlar veya farklılıklardan etkilenebilmektedir. Tüm bu etkileşimler atletik statü ve elit performans durumunun izlenmesi ve düzenlenmesinde önemli enstrümanlar olarak rol almaktadır. Bu yüzden yapılan çalışmalarda birçok değişkenin yanında çalışma homojenliği de oldukça fazla önem arz etmektedir. Cerit ve diğeri, (2022) örneklem grubun homojenliğinin önemini ve yaşam biçimi ve ortak çevre etkilerinin yansımalarının ortaya çıkarıldığı takip çalışmasında ACE geni ve atletik performans ilişkisini ortaya çıkarmak amacıyla homojen gruplar üzerinde yapılan çalışmalar neticesinde kısa süreli aerobik dayanıklılık (MaxVO₂), kassal dayanıklılık, vücut yağ yüzdesi, vücut ağırlığı vb. oranlarının egzersiz ve aday gen etkilerine ilişkin olarak ortaya çıkan sonuçları çerçevesinde aday gen varyantları arasında farklılıklar olduğu istatistiksel olarak tespit edilmiş, ancak söz konusu farklılıkların yaşam biçimi ve egzersize bağlı olarak değişim gösterdiği, bunun yanında zaman içerisinde metabolizmada çevresel faktörler ve yaşam biçiminden kaynaklanan değişimlerin aday gen varyantlarında benzer şekilde ortaya çıktığını, başlangıçta istatistiksel olarak avantaj sağlayan ACE geni varyantının (DD), ilerleyen zamanlarda (15 yıl sonra) diğeri gen varyantlarıyla (ID ve II) aşağı yukarı benzer performans sonuçları yarattığı tespit edilmiştir (Cerit, 2019; Yıldırım, Koçak & Cerit, 2022).

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, elit olmayan ergen erkek sporcularda 6 haftalık anerobik/aerobik ve kassal dayanıklılık antrenmanları sonucunda kısa süreli ve aralıklı olarak yapılan yüksek şiddetli maksimal eforlarda *ACE* ID ve DD genotiplilerin benzer antrenman yüklenmelerinde II genotiplilere oranla daha fazla performans gelişimi sağladığı ve *ACE* gen polimorfizmlerinin ID > DD > II olacak şekilde lineer bir dağılım gösterdiği gözlemlenmiştir. Atletik başarıyı etkileyen *ACE* gen polimorfizmlerinin açığa çıkardığı etkileşimlerde gözlemlediğimiz bulguların spor genomiği alanında yapılan benzer çalışmalara katkı sağlayabileceği öngörülmektedir. Bu çerçevede; *ACE* gen polimorfizmlerinin sporcular üzerindeki performans artırıcı etkileri çok gen ve çok faktörlü varyasyonlara bağlı olabileceği gerçeği göz önüne alınarak *ACE* gen varyantlarına ilişkin yaklaşımların daha öngörülebilir olabilmesi için çok daha fazla sayıda araştırmanın yapılmasına ihtiyaç olduğu değerlendirilmektedir.

Çalışmamızdaki örneklem büyüklüğünün küçük olması, farklı spor branşları ve antrenman ortamlarının kullanılıyor olması, ödenek miktarının yetersizliği gibi faktörler bu çalışmanın sınırlılıkları arasındadır. Bu kapsamda yapılacak araştırmalarda aday genlerin atletik performans üzerindeki etkisini ortaya çıkaracak geniş örneklem büyüklüğüne sahip boylamsal tasarımların homojen gruplar üzerinde yapılmasını öneriyoruz.

KAYNAKLAR

- Ahmetov, I. I., Donnikov, A. E., & Trofimov, D. Y. (2014). ACTN3 genotype is associated with testosterone levels of athletes. *Biology of Sport*, *31*(2), 105-108. DOI: 10.5604/20831862.1096046
- Ahmetov, I. I., Druzhevskaya, A. M., Lyubaeva, E. V., Popov, D. V., Vinogradova, O. L., & Williams, A. G. (2011). The dependence of preferred competitive racing distance on muscle fibre type composition and ACTN3 genotype in speed skaters. *Experimental Physiology*, *96*(12), 1302-1310. DOI: 10.1113/expphysiol.2011.060293
- Ahmetov, I. I., Egorova, E. S., Gabdrakhmanova, L. J., & Fedotovskaya, O. N. (2016). Genes and athletic performance: An update. In M. Posthumus & M. Collins (Eds.) *Medicine and Sports Science* (pp. 41–54). S. Karger AG.
- Ahmetov, I. I., & Fedotovskaya, O. N. (2015). Current progress in sports genomics. *Advances in Clinical Chemistry*, *70*, 247-314. DOI: 10.1016/bs.acc.2015.03.003
- Ahmetov, I. I., John, G., Semenova, E. A., & Hall, E. C. (2024). Genomic predictors of physical activity and athletic performance. *Advances in Genetics*, *111*, 311-408. DOI: 10.1016/bs.adgen.2024.01.001
- Ahmetov, I. I., Vinogradova, O. L., & Williams, A. G. (2012). Gene polymorphisms and fiber-type composition of human skeletal muscle. *International journal Of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *22*(4), 292-303. DOI: 10.1123/ijsnem.22.4.292
- Alvarez, R., Terrados, N., Ortolano, R., Iglesias-Cubero, G., Reguero, J. R., Batalla, A., Cortina, A., Fernandez-Garcia, B., 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. DOI: 10.1007/s004210050660
- Atkins SJ. (2006). Performance of the Yo-Yo intermittent recovery test by elite professional and semi-professional rugby league players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *20*(1): 225-5. DOI: 10.1519/R-16034.1
- Bassami, M., Ahmadizad, S., Doran, D., & MacLaren, D. P. (2007). Effects of exercise intensity and duration on fat metabolism in trained and untrained older males. *European Journal of Applied Physiology*, *101*(4), 525-532. DOI: 10.1007/s00421-007-0523-7
- Bangsbo, J, Laia, F.M. and Krstrup, P. (2008). The Yo-Yo intermittent recovery test: a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sport. *Sports Medicine*, *38*(1), 37-51. DOI: 10.2165/00007256-200838010-00004

- Beck, K. L., Thomson, J. S., Swift, R. J., & Von Hurst, P. R. (2015). Role of nutrition in performance enhancement and postexercise recovery. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 259-267. DOI: 10.2147/OAJSM.S33605
- Bella, J. N., MacCluer, J. W., Roman, M. J., Almasy, L., North, K. E., Best, L. G., Lee, T. E., Fabsitz, R. R., Howard, B. V. & Devereux, R. B. (2004). Heritability of left ventricular dimensions and mass in American Indians: The Strong Heart Study. *Journal of Hypertension*, 22(2), 281-286. DOI: 10.1097/00004872-200402000-00011
- Beunen, G. P., AI Thomis, M., & Peeters, M. W. (2010). Genetic variation in physical performance. *The Open Sports Sciences Journal*, 3(1). DOI: 10.2174/1875399X010030100077
- Bezuglov, E., Morgans, R., Butovskiy, M., Emanov, A., Shagiakhmetova, L., Pirmakhanov, B., Waskiewicz, Z., & Lazarev, A. (2023). The relative age effect is widespread among European adult professional soccer players but does not affect their market value. *Plos One*, 18(3). DOI: 10.1371/journal.pone.0283390
- Bigham, A. W., Kiyamu, M., León-Velarde, F., Parra, E. J., Rivera-Ch, M., Shriver, M. D., & Brutsaert, T. D. (2008). Angiotensin-converting enzyme genotype and arterial oxygen saturation at high altitude in Peruvian Quechua. *High Altitude Medicine & Biology*, 9(2), 167-178. DOI: 10.1089/ham.2007.1066
- Bompa, T. O., & Fox, J. (1994). *Theory and methodology of training: The key to athletic performance*. Kendall Hunt Pub Co.
- Bonafiglia, J. T., Rotundo, M. P., Whittall, J. P., Scribbans, T. D., Graham, R. B., & Gurd, B. J. (2016). Inter-individual variability in the adaptive responses to endurance and sprint interval training: a randomized crossover study. *PloS One*, 11(12). DOI: 10.1371/journal.pone.0167790
- Bouchard, C. (2015). Exercise genomics—a paradigm shift is needed: a commentary. *British Journal of Sports Medicine*, 49(23), 1492-1496. DOI: 10.1136/bjsports-2015-095294
- 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. DOI: 10.1097/00005768-199802000-00013
- Bouchard, C., Malina, R. M., & Pérusse, L. (1997). *Genetics of fitness and physical performance*. Human Kinetics.
- Bray, M. S., Hagberg, J. M., Perusse, 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 & Science in Sports & Exercise*, 41(1), 34-72. DOI: 10.1249/mss.0b013e3181844179

Brazier, J., Antrobus, M., Stebbings, G. K., Day, S. H., Heffernan, S. M., Cross, M. J., & Williams, A. G. (2019). Tendon and ligament injuries in elite rugby: The potential genetic influence. *Sports*, 7(6), 138. DOI: 10.3390/sports7060138

Bruneau Jr, M., Angelopoulos, T. J., Gordon, P., Moyna, N., Visich, P., Zoeller, R., ... & Pescatello, L. S. (2017). The angiotensin-converting enzyme insertion/deletion polymorphism rs4340 associates with habitual physical activity among European American adults. *Molecular Genetics & Genomic Medicine*, 5(5), 524-530. DOI: 10.1002/mgg3.308

Cam, S., Colakoglu, M., Colakoglu, S., Sekuri, C., & Berdeli, A. (2007). ACE I/D gene polymorphism and aerobic endurance development in response to training in a non-elite female cohort. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 47(2), 234. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2006.00590.x

Carter, C. S., Onder, G., Kritchevsky, S. B., & Pahor, M. (2005). Angiotensin-converting enzyme inhibition intervention in elderly persons: effects on body composition and physical performance. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 60(11), 1437-1446. DOI: 10.1093/gerona/60.11.1437

Cerit, M. (2018). Hypothetical approach to the location of genotypes (ACE & ACTN3) associated with energy systems for the athletic performance. *Spor Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 97-105. DOI: 10.25307/jssr.421427

Cerit, M. (2018). Evaluation of the soldier's physical fitness test results (strength endurance) in relation to ace genotype. *SPORT AND HEALTH International Journal of Sport Sciences and Health*, 5(9), 123-135

Cerit, M. (2019). The effects of the Angiotensin-Converting Enzyme (ACE) genotype on 3000 m running (VO₂max) performance & body composition in Turkish Army Soldiers: Longitudinal study. *International Journal of Applied Exercise Physiology*, 8(2.1).

Cerit M. İnsan metabolizmasının bilinmeyenleri. Yöyen Ermiş D, editör. Genetik ve Atletik Performans. 1. Baskı. Ankara: Spor Yayınevi ve Kitapevi; 2021. p.26

Cerit, M., Colakoglu, M., Erdogan, M., Berdeli, A., & Cam, F. S. (2006). Relationship between ace genotype and short duration aerobic performance development. *European Journal of Applied Physiology*, 98, 461-465. DOI: 10.1007/s00421-006-0286-6

Charbonneau, D. E., Hanson, E. D., Ludlow, A. T., Delmonico, M. J., Hurley, B. F., & Roth, S. M. (2008). ACE genotype and the muscle hypertrophic and strength responses to strength training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(4), 677. DOI: 10.1249/MSS.0b013e31818161eab9

- Colakoglu, M., Cam, F. S., Kayitken, B., Cetinoz, F., Colakoglu, S., Turkmen, M., & Sayin, M. (2005). ACE genotype may have an effect on single versus multiple set preferences in strength training. *European Journal of Applied Physiology*, 95, 20-26. DOI: 10.1007/s00421-005-1335-2
- Collins, M., Xenophontos, S. L., Cariolou, M. A., Mokone, G. G., Hudson, D. E., Anastasiades, L., & Noakes, T. D. (2004). The ACE gene and endurance performance during the South African Ironman Triathlons. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(8), 1314-1320. DOI: 10.1249/01.mss.0000135779.41475.42
- Coyle, E. F., Sidossis, L. S., Horowitz, J. F., & Beltz, J. D. (1992). Cycling efficiency is related to the percentage of type I muscle fibers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(7), 782-788.
- Danser, A. J., Batenburg, W. W., van den Meiracker, A. H., & Danilov, S. M. (2007). ACE phenotyping as a first step toward personalized medicine for ACE inhibitors. Why does ACE genotyping not predict the therapeutic efficacy of ACE inhibition?. *Pharmacology & Therapeutics*, 113(3), 607-618. DOI: 10.1016/j.pharmthera.2006.12.001
- Danser, A. J., Saris, J. J., Schuijt, M. P., & van Kats, J. P. (1999). Is there a local renin—angiotensin system in the heart?. *Cardiovascular Research*, 44(2), 252-265. DOI: 10.1016/s0008-6363(99)00202-3
- De Geus, E. J., Bartels, M., Kaprio, J., Lightfoot, J. T., & Thomis, M. (2014). Genetics of regular exercise and sedentary behaviors. *Twin Research and Human Genetics*, 17(4), 262-271. DOI: 10.1017/thg.2014.42
- 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. DOI: 10.1375/twin.10.6.812
- Delmonico, M. J., Kostek, M. C., Doldo, N. A., Hand, B. D., Walsh, S., Conway, J. M., ... & Hurley, B. F. (2007). Alpha-actinin-3 (ACTN3) R577X polymorphism influences knee extensor peak power response to strength training in older men and women. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 62(2), 206-212. DOI: 10.1093/gerona/62.2.206
- Denna, I., & Badr, S. (2015, January). Effects of diet control and physical activity for 10 Weeks on body mass index and lipid profile. In *International Journal of Health Administration and Education Congress (Sanitas Magisterium)* (No. 1, pp. 65-77).

- Devor, E. J., & Crawford, M. H. (1984). Family resemblance for neuromuscular performance in a Kansas Mennonite community. *American Journal of Physical Anthropology*, 64(3), 289-296. DOI: 10.1002/ajpa.1330640311
- Döring, F., Onur, S., Fischer, A., Boulay, M. R., Pérusse, L., Rankinen, T., Rauramaa, R., Wolfarth, B. & Bouchard, C. (2010). A common haplotype and the Pro582Ser polymorphism of the hypoxia-inducible factor-1 α (HIF1A) gene in elite endurance athletes. *Journal of Applied Physiology*, 108(6), 1497-1500. DOI: 10.1152/jappphysiol.01165.2009
- Eider, J., Cieszczyk, P., Ficek, K., Leonska-Duniec, A., Sawczuk, M., Maciejewska-Karlowska, A., & Zarebska, A. (2013). The association between D allele of the ACE gene and power performance in Polish elite athletes. *Science & Sports*, 28(6), 325-330. DOI: 10.1016/j.scispo.2012.11.005
- Erskine, R. M., Williams, A. G., Jones, D. A., Stewart, C. E., & Degens, H. (2014). The individual and combined influence of ACE and ACTN3 genotypes on muscle phenotypes before and after strength training. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(4), 642-648. DOI: 10.1111/sms.12055
- Eynon, N., Meckel, Y., Alves, A. J., Yamin, C., Sagiv, M., Goldhammer, E., & Sagiv, M. (2009a). Is there an interaction between PPARD T294C and PPARGC1A Gly482Ser polymorphisms and human endurance performance? *Experimental Physiology*, 94(11), 1147-1152. DOI: 10.1113/expphysiol.2009.049668
- Eynon, N., Ruiz, J. R., Femia, P., Pushkarev, V. P., Cieszczyk, P., Maciejewska-Karlowska, A., Sawczuk, M., Dyatlov, D. A., Lekontsev, E. V., Kulikov, L. M., Birk, R., Bishop, D. J. & Lucia, A. (2012). The ACTN3 R577X polymorphism across three groups of elite male European athletes. *PLoS One*, 7(8) DOI: 10.1371/journal.pone.0043132
- Eynon, N., Sagiv, M., Meckel, Y., Duarte, J. A., Alves, A. J., Yamin, C., Sagiv, M., Goldhammer, E. & Oliveira, J. (2009b). NRF2 intron 3 A/G polymorphism is associated with endurance athletes' status. *Journal of Applied Physiology*, 107(1), 76-79. DOI: 10.1152/jappphysiol.00310.2009
- Folland, J., Leach, B., Little, T., Hawker, K., Myerson, S., Montgomery, H., & Jones, D. (2000). Angiotensin-converting enzyme genotype affects the response of human skeletal muscle to functional overload. *Experimental Physiology*, 85(5), 575-579.
- Fry, A. C. (2004). The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. *Sports Medicine*, 34, 663-679. DOI: 10.2165/00007256-200434100-00004
- Gabbasov, R. T., Arkhipova, A. A., Borisova, A. V., Hakimullina, A. M., Kuznetsova, A. V., Williams, A. G., Day, S. H., & Ahmetov, I. I. (2013). The HIF1A gene Pro582Ser polymorphism in Russian strength athletes. *The Journal of*

Strength & Conditioning Research, 27(8), 2055-2058. DOI: 10.1519/JSC.0b013e31827f06ae

- Gao, B. (2006). Study on Relation between I/D Polymorphism of ACE gene and maximal aerobic capacity of elite endurance athletes of Han nationality in Shanghai. *Sports Science*, 26(2), 42.
- Garatachea, N., Verde, Z., Santos-Lozano, A., Yvert, T., Rodriguez-Romo, G., Sarasa, F. J., Hernandez-Sanchez, S., Santiago, C. & Lucia, A. (2014). ACTN3 R577X polymorphism and explosive leg-muscle power in elite basketball players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(2), 226-232. DOI: 10.1123/ijsp.2012-0331
- Gayagay, G., Yu, B., Hambly, B., Boston, T., Hahn, A., Celermajer, D. S., & Trent, R. J. (1998). Elite endurance athletes and the ACE I allele—the role of genes in athletic performance. *Human Genetics*, 103, 48-50. DOI: 10.1007/s004390050781
- Gentil, P., Lima, R. M., Pereira, R. W., Mourot, J., Leite, T. K., & Bottaro, M. (2012). Lack of association of the ACE genotype with the muscle strength response to resistance training. *European Journal of Sport Science*, 12(4), 331-337. DOI: 10.1080/17461391.2011.573581
- Ginevičienė, V., Utkus, A., Pranckevičienė, E., Semenova, E. A., Hall, E. C., & Ahmetov, I. I. (2022). Perspectives in sports genomics. *Biomedicines*, 10(2), 298. DOI: 10.3390/biomedicines10020298
- Goddard, N., Baker, M., Higgins, T., & Cobbold, C. (2014). The effect of angiotensin converting enzyme genotype on aerobic capacity following high intensity interval training. *International Journal of Exercise Science*, 7(3), 10.
- Goleva-Fjellet, S. (2016). ACE I/D and ACTN3 R577X polymorphisms in the Norwegian population: Do ACE I/D and ACTN3 R577X polymorphisms influence self-reported physical activity levels? (Master's thesis, Høgskolen i Telemark).
- González, A. J., Hernández, D., De Vera, A., Barrios, Y., Salido, E., Torres, A., & Terrados, N. (2006). ACE gene polymorphism and erythropoietin in endurance athletes at moderate altitude. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(4), 688-693. DOI: 10.1249/01.mss.0000210187.62672.b3
- Guest, N., Corey, P., Vescovi, J., & El-Sohemy, A. (2018). Caffeine, CYP1A2 genotype, and endurance performance in athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 50(8), 1570-1578. DOI: 10.1249/MSS.0000000000001596
- Hagberg, J. M., Rankinen, T., Loos, R. J., Pérusse, L., Roth, S. M., Wolfarth, B., & Bouchard, C. (2011). Advances in exercise, fitness, and performance genomics in 2010 (medicine and science in sports and exercise). *Medicine*

and Science in Sports and Exercise, 43(5), 743. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3182155d21

- Hughes, D. C., Day, S. H., Ahmetov, I. I., & Williams, A. G. (2011). Genetics of muscle strength and power: polygenic profile similarity limits skeletal muscle performance. *Journal of Sports Sciences*, 29(13), 1425-1434. DOI: 10.1080/02640414.2011.597773
- İlgün, F., Günay, V., Yıldırım, S., & Cerit, M. (2020). Atletik Performans Genleri ve Atletik Yeteneğin Belirlenmesine İlişkin Yaklaşımlar. *Turan-Sam*, 12(48).
- Jeremic, D., Macuzic, I. Z., Vulovic, M., Stevanovic, J., Radovanovic, D., Varjadic, V., & Djordjevic, D. (2019). ACE/ACTN3 genetic polymorphisms and athletic performance of female soccer players. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 25, 35-39. DOI: 10.1590/1517-869220192501187684
- Jones, A., Montgomery, H. E., & Woods, D. R. (2002). Human performance: a role for the ACE genotype? *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 30(4), 184-190. DOI: 10.1097/00003677-200210000-00008
- Katzmarzyk, P. T., Pérusse, L., Rao, D. C., & Bouchard, C. (2000). Familial risk ratios for high and low physical fitness levels in the Canadian population. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(3), 614-619. DOI: 10.1097/00005768-200003000-00010
- Kelly, A. L., & Williams, C. A. (2020). Physical characteristics and the talent identification and development processes in male youth soccer: A narrative review. *Strength & Conditioning Journal*, 42(6), 15-34. DOI: 10.1519/SSC.0000000000000576
- Kim, J. H., Jung, E. S., Kim, C. H., Youn, H., & Kim, H. R. (2014). Genetic associations of body composition, flexibility and injury risk with ACE, ACTN3 and COL5A1 polymorphisms in Korean ballerinas. *Journal of Exercise Nutrition & Biochemistry*, 18(2), 205. DOI: 10.5717/jenb.2014.18.2.205
- Koku, F. E. (2015). Sportif Performansın Genetik ile İlişkisi. *Spor Hekimliği Dergisi*, 50(1), 021-030.
- Komi, P. V., Viitasalo, J. H. T., Havu, M., Thorstensson, A., Sjödén, B., & Karlsson, J. (1977). Skeletal muscle fibres and muscle enzyme activities in monozygous and dizygous twins of both sexes. *Acta Physiologica Scandinavica*, 100(4), 385-392. DOI: 10.1111/j.1365-201X.1977.tb00001.x
- Li, J., Huo, Y., Zhang, Y., Fang, Z., Yang, J., Zang, T., Xiping, X. & Xu, X. (2009). Familial aggregation and heritability of electrocardiographic intervals and heart rate in a rural Chinese population. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, 14(2), 147-152. DOI: 10.1111/j.1542-474X.2009.00289.x

- Lightfoot, J. T., De Geus, E. J., Booth, F. W., Bray, M. S., Den Hoed, M., Kaprio, J., Kelly, S. A., Pomp, D., Sauli, M. C., Thomis, M. A., Garland, T.R. & Bouchard, C. (2018). Biological/genetic regulation of physical activity level: consensus from GenBioPAC. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 50(4), 863. DOI: 10.1249/MSS.0000000000001499
- Lucía Mulas, A., Gómez Gallego, F., Barroso, I., Rabadán, M., Bandrés Moya, F., San Juan, A. F., & Franks, P. W. (2005). PPARGC1A genotype (Gly482Ser) predicts exceptional endurance capacity in European men. *Journal of Applied Physiology*, 99(1), 344-348. DOI: 10.1152/jappphysiol.00037.2005
- Ma, F., Yang, Y., Li, X., Zhou, F., Gao, C., Li, M., & Gao, L. (2013). The association of sport performance with ACE and ACTN3 genetic polymorphisms: a systematic review and meta-analysis. *PloS One*, 8(1). DOI: 10.1371/journal.pone.0054685
- Maciejewska-Karłowska, A., Leońska-Duniec, A., Ciężczyk, P., Sawczuk, M., Eider, J., Ficek, K., & Sawczyn, S. (2012). The gene A/G polymorphism in Polish rowers. *Journal of Human Kinetics*, 31(2012), 115-120. DOI: 10.2478/v10078-012-0012-x
- Maes, H. H., Beunen, G. P., Vlietinck, R. F., Neale, M. C., Thomis, M., Lysens, R., Simons, J., Derom, C. & Derom, R. (1996). Inheritance of physical fitness in 10-yr-old twins and their parents. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(12), 1479-1491. DOI: 10.1097/00005768-199612000-00007
- Mäestu, J., Lätt, E., Rääsk, T., Sak, K., Laas, K., Jürimäe, J., & Jürimäe, T. (2013). Ace I/D polymorphism is associated with habitual physical activity in pubertal boys. *The Journal of Physiological Sciences*, 63, 427-434. DOI: 10.1007/s12576-013-0280-9
- Massidda, M., Corrias, L., Ibba, G., Scorcu, M., Vona, G., & Calò, C. M. (2012). Genetic markers and explosive leg-muscle strength in elite Italian soccer players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 52(3), 328-334.
- Mayhew, S. R. & Wenger, H. A. (1985). Time-motion analysis of professional soccer. *Journal of Human Movement Studies*. 11, 49–52.
- Mattsson, C. M., Wheeler, M. T., Waggott, D., Caleshu, C., & Ashley, E. A. (2016). Sports genetics moving forward: lessons learned from medical research. *Physiological Genomics*, 48(3), 175-182. DOI: 10.1152/physiolgenomics.00109.2015
- McAuley, A. B., Hughes, D. C., Tsaprouni, L. G., Varley, I., Suraci, B., Roos, T. R., Herbert, A. J., & Kelly, A. L. (2021). Genetic association research in football: A systematic review. *European Journal of Sport Science*, 21(5), 714-752. DOI: 10.1080/17461391.2020.1776401

- McDougall, C. (2009). Born to run: A hidden tribe. *Superathletes, and the Greatest Race the World Has Never Seen*. Vintage.
- Micheli, M. L., Gulisano, M., Morucci, G., Punzi, T., Ruggiero, M., Ceroti, M., Marella, M., Castellini, E. & Pacini, S. (2011). Angiotensin-converting enzyme/vitamin D receptor gene polymorphisms and bioelectrical impedance analysis in predicting athletic performances of Italian young soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(8), 2084-2091. DOI: 10.1519/JSC.0b013e31820238aa
- Mizui, S., Hemmi, H., Kumanomidou, H., Sakai, K., Aikawa, A., Ohara, T., Yamada, K., Shimatake, H. & Hasegawa, A. (1997). Decreased renal ACE mRNA levels in healthy subjects with II ACE genotype and diabetic nephropathy. *Journal of the American Society of Nephrology*, 8, A0547-A0547. DOI: 10.1046/j.1523-1755.2001.0600031124.x
- Montgomery, H., Clarkson, P., Barnard, M., Bell, J., Brynes, A., Hajnal, J., Hemingway, H., Mercer, D., Jarman, P., Marshall, R., Prasad, K., Rayson, M., Saeed, N., Talmud, P., Thomas, L., Jubb, M., World, M. & Humphries, S. (1999). Angiotensin-converting-enzyme gene insertion/deletion polymorphism and response to physical training. *The Lancet*, 353(9152), 541-545. DOI: 10.1016/S0140-6736(98)07131-1
- Montgomery, H. E., Clarkson, P., Dollery, C. M., Prasad, K., Losi, M. A., Hemingway, H., Statters, D., Jubb, Ö., Girvain, M., Varnava, A., Deanfield, J., Talmud, P., McEwan, J. R., McKenna, W. J. & Humphries, S. (1997). Association of angiotensin-converting enzyme gene I/D polymorphism with change in left ventricular mass in response to physical training. *Circulation*, 96(3), 741-747. DOI: 10.1161/01.cir.96.3.741
- Montgomery, H. E., Marshall, R., Hemingway, H., Myerson, S., Clarkson, P., Dollery, C., Hayward, M., Holliman, D. E., Jubb, M., World, M., Thomas, E. L., Brynes, A. E., Saeed, N., Barnard, M., Bell, J. D., Prasad, K., Rayson, M., Talmud, P. J. & Humphries, S. E. (1998). Human gene for physical performance. *Nature*, 393(6682), 221-222. DOI: 10.1038/30374
- Moraes, V. N. D., Ferrari, G. D., Chiaratto, T., Ferezin, L. P., Trapé, Á. A., Canivarolo, A. B. P., Medeiros, H. & Bueno Júnior, C. R. (2016). Association of genetic polymorphisms with physical capacities and body composition in older women. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 18, 11-19. DOI: 10.5007/1980-0037.2016v18n1p11
- Moraes, V. N. D., Trapé, A. A., Ferezin, L. P., Gonçalves, T. C. P., Monteiro, C. P., & Junior, C. B. (2018). Association of ACE ID and ACTN3 C> T genetic polymorphisms with response to a multicomponent training program in physical performance in women from 50 to 70 years. *Science & Sports*, 33(5), 282-290. DOI: 10.1016/j.scispo.2018.03.077

- Mueller, W. H. (1986). The genetics of size and shape in children and adults. *Methodology Ecological, Genetic, and Nutritional Effects on Growth*, 145-168.
- Myerson, S., Hemingway, H., Budget, R., Martin, J., Humphries, S., Montgomery, H., & (With the Technical Assistance of Maj Mutch and Helen McGloin). (1999). Human angiotensin I-converting enzyme gene and endurance performance. *Journal of Applied Physiology*, 87(4), 1313-1316. DOI: 10.1152/jappl.1999.87.4.1313
- Myerson, S. G., Montgomery, H. E., Whittingham, M., Jubb, M., World, M. J., Humphries, S. E., & Pennell, D. J. (2001). Left ventricular hypertrophy with exercise and ACE gene insertion/deletion polymorphism: a randomized controlled trial with losartan. *Circulation*, 103(2), 226-230. DOI: 10.1161/01.CIR.103.2.226
- 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(10), 797-801. DOI: 10.1038/sj.ejhg.5200711
- Norman, B., Esbjörnsson, M., Rundqvist, H., Österlund, T., Glenmark, B., & Jansson, E. (2014). ACTN3 genotype and modulation of skeletal muscle response to exercise in human subjects. *Journal of Applied Physiology*, 116(9), 1197-1203. DOI: 10.1152/japplphysiol.00557.2013
- North K, Yang N, Wattanasirichaigoon D, Eastal S, Beggs A. (1999). A common nonsense mutation results in alpha-actinin-3 deficiency in the general population. *Nature Genetics*, 21(4), 353-354. DOI: 10.1038/7675
- Ogborn, D., & Schoenfeld, B. J. (2014). The role of fiber types in muscle hypertrophy: implications for loading strategies. *Strength & Conditioning Journal*, 36(2), 20-25. DOI: 10.1519/SSC.0000000000000030
- Orysiak, J., Busko, K., Michalski, R., Mazur-Różycka, J., Gajewski, J., Malczewska-Lenczowska, J., Sitkowski, D. & Pokrywka, A. (2014). Relationship between ACTN3 R577X polymorphism and maximal power output in elite Polish athletes. *Medicina*, 50(5), 303-308. DOI: 10.1016/j.medic.2014.10.002
- Papadimitriou, I. D., Lucia, A., Pitsiladis, Y. P., Pushkarev, V. P., Dyatlov, D. A., Orekhov, E. F., Guilherme G. A., João Paulo L. F. G., Antonio H. L., Valentina G., Pawel C., Agnieszka M.-K., Marek S., Carlos A. M., Anastasia K., Myosotis M., Carla M. C., Fleur G., Peter J. H., Guan W., Krista A., Anastasiya M. D., Irina V. A., Ildus I. A., David J. B., Kathryn N. N., Eynon, N. (2016). ACTN3 R577X and ACE I/D gene variants influence performance in elite sprinters: a multi-cohort study. *BMC Genomics*, 17(1), 1-8. DOI: 10.1186/s12864-016-2462-3

- Pasha, M. Q., Khan, A. P., Kumar, R., Grover, S. K., Ram, R. B., Norboo, T., Srivastava K. K., Selvamurthy, W., & Brahmachari, S. K. (2001). Angiotensin converting enzyme insertion allele in relation to high altitude adaptation. *Annals of Human Genetics*, 65(6), 531-536. DOI: 10.1017/S0003480001008879
- Peeters, M. W., Thomis, M. A. I., Beunen, G. P., & Malina, R. M. (2009). Genetics and sports: an overview of the pre-molecular biology era. *Genetics and Sports*, 54, 28-42. DOI: 10.1159/000235695
- Pereira, A., Costa, A. M., Izquierdo, M., Silva, A. J., Bastos, E., & Marques, M. C. (2013). ACE I/D and ACTN3 R/X polymorphisms as potential factors in modulating exercise-related phenotypes in older women in response to a muscle power training stimuli. *Age*, 35, 1949-1959. DOI: 10.1007/s11357-012-9461-3
- Perusse, L., Leblanc, C., & Bouchard, C. (1988). Inter-generation transmission of physical fitness in the Canadian population. *Canadian Journal of Sport Sciences= Journal Canadien des Sciences du Sport*, 13(1), 8-14.
- Pérusse, L., Lortie, G., Leblanc, C., Tremblay, A., Thériault, G., & Bouchard, C. (1987a). Genetic and environmental sources of variation in physical fitness. *Annals of Human Biology*, 14(5), 425-434.
- Pérusse, L., Leblanc, C., Tremblay, A., Allard, C., Thériault, G., Landry, F., Talbot, J. & Bouchard, C. (1987b). Familial aggregation in physical fitness, coronary heart disease risk factors, and pulmonary function measurements. *Preventive Medicine*, 16(5), 607-615. DOI: 10.1016/0091-7435(87)90044-2
- Pescatello, L. S., Corso, L. M., Santos, L. P., Livingston, J., & Taylor, B. A. (2019). Angiotensin-converting enzyme and the genomics of endurance performance. In *Routledge Handbook of Sport and Exercise Systems Genetics* (pp. 216-250). Routledge.
- Pickering, C., Kiely, J., Grgic, J., Lucia, A., & Del Coso, J. (2019). Can genetic testing identify talent for sport? *Genes*, 10(12), 972. DOI: 10.3390/genes10120972
- Pitsiladis, Y., Wang, G., & Wolfarth, B. (2011). Genomics of aerobic capacity and endurance performance: Clinical implications. *Exercise genomics*, 179-229. DOI: 10.1007/978-1-60761-355-8_8
- Pitsiladis, Y., Wang, G., Wolfarth, B., Scott, R., Fuku, N., Mikami, E., He, Z., Fiuza-Luces, C., Eynon, N. & Lucia, A. (2013). Genomics of elite sporting performance: what little we know and necessary advances. *British Journal of Sports Medicine*, 47(9), 550-555. DOI: 10.1136/bjsports-2013-092400
- Polderman, T. J., Benyamin, B., De Leeuw, C. A., Sullivan, P. F., Van Bochoven, A., Visscher, P. M., & Posthuma, D. (2015). Meta-analysis of the heritability of

- human traits based on fifty years of twin studies. *Nature Genetics*, 47(7), 702-709. DOI: 10.1038/ng.3285
- Posthumus, M., September, A. V., Keegan, M., O’Cuinneagain, D., Van der Merwe, W., Schweltnus, M. P., & Collins, M. (2009a). Genetic risk factors for anterior cruciate ligament ruptures: COL1A1 gene variant. *British Journal of Sports Medicine*, 43(5), 352-356.
- Posthumus, M., September, A. V., Schweltnus, M. P., & Collins, M. (2009b). Investigation of the Sp1-binding site polymorphism within the COL1A1 gene in participants with Achilles tendon injuries and controls. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(1), 184-189. DOI: 10.1016/j.jsams.2007.12.006
- Posthumus, M., September, A. V., O’Cuinneagain, D., van der Merwe, W., Schweltnus, M. P., & Collins, M. (2009c). The COL5A1 gene is associated with increased risk of anterior cruciate ligament ruptures in female participants. *The American Journal of Sports Medicine*, 37(11), 2234-2240. DOI: 10.1177/0363546509338266
- Puthuchery, Z., Skipworth, J. R., Rawal, J., Loosemore, M., Van Someren, K., & Montgomery, H. E. (2011). The ACE gene and human performance: 12 years on. *Sports Medicine*, 41, 433-448. DOI: 10.2165/11588720-000000000-00000
- 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). No association between the angiotensin-converting enzyme ID polymorphism and elite endurance athlete status. *Journal of Applied Physiology*, 88(5), 1571-1575. DOI: 10.1152/jappl.2000.88.5.1571
- Rebato, E., Jelenkovic, A., & Salces, I. (2007). Heritability of the somatotype components in Biscay families. *Homo*, 58(3), 199-210. DOI: 10.1016/j.jchb.2006.08.005
- 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. *The Journal of Clinical Investigation*, 86(4), 1343-1346. DOI: 10.1172/JCI114844
- Rigat, B., Hubert, C., Corvol, P., & Soubrier, F. (1992). PCR detection of the insertion/deletion polymorphism of the human angiotensin converting enzyme gene (DCP1)(dipeptidyl carboxypeptidase 1). *Nucleic Acids Research*, 20(6), 1433. DOI: 10.1093/nar/20.6.1433-a
- Ross, R., de Lannoy, L., & Stotz, P. J. (2015, November). Separate effects of intensity and amount of exercise on interindividual cardiorespiratory fitness response. *Mayo Clinic Proceedings*, 90(11), 1506-1514. DOI: 10.1016/j.mayocp.2015.07.024

- Ruiz, J. R., Fernández del Valle, M., Verde, Z., Díez-Vega, I., Santiago, C., Yvert, T., Rodrigues-Romo, G., Gomez-Gallego, F., Molina, J. J. & Lucia, A. (2011). ACTN3 R577X polymorphism does not influence explosive leg muscle power in elite volleyball players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21(6), e34-e41. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2010.01134.x
- Saranga, S. P. J., Prista, A., Nhantumbo, L., Beunen, G., Rocha, J., Williams-Blangero, S., & Maia, J. A. (2008). Heritabilities of somatotype components in a population from rural Mozambique. *American Journal of Human Biology: The Official Journal of the Human Biology Association*, 20(6), 642-646. DOI: 10.1002/ajhb.20733
- Sarmiento, H., Anguera, M. T., Pereira, A., & Araújo, D. (2018). Talent identification and development in male football: A systematic review. *Sports Medicine*, 48, 907-931. DOI: 10.1007/s40279-017-0851-7
- Saunders, C. J., Xenophontos, S. L., Cariolou, M. A., Anastassiades, L. C., Noakes, T. D., & Collins, M. (2006). The bradykinin β 2 receptor (BDKRB2) and endothelial nitric oxide synthase 3 (NOS3) genes and endurance performance during Ironman Triathlons. *Human Molecular Genetics*, 15(6), 979-987. DOI: 10.1093/hmg/ddl014
- Scanavini, D., Bernardi, F., Castoldi, E., Conconi, F., & Mazzoni, G. (2002). Increased frequency of the homozygous II ACE genotype in Italian Olympic endurance athletes. *European Journal of Human Genetics*, 10(10), 576-577. DOI: 10.1038/sj.ejhg.5200852
- Shanmugam, V., Sell, K. W., & Saha, B. K. (1993). Mistyping ACE heterozygotes. *PCR Methods and Applications*, 3(2), 120-121. DOI: 10.1101/gr.3.2.120
- Shenoy, S., Tandon, S., Sandhu, J., & Bhanwer, A. S. (2010). Association of angiotensin converting enzyme gene polymorphism and Indian Army triathletes performance. *Asian Journal of Sports Medicine*, 1(3), 143. DOI: 10.5812/asjasm.34855
- Silventoinen, K. (2003). Determinants of variation in adult body height. *Journal of Biosocial Science*, 35(2), 263-285. DOI: 10.1017/s0021932003002633
- Silventoinen, K., Magnusson, P. K., Tynelius, P., Kaprio, J., & Rasmussen, F. (2008). Heritability of body size and muscle strength in young adulthood: a study of one million Swedish men. *Genetic Epidemiology: The Official Publication of the International Genetic Epidemiology Society*, 32(4), 341-349. DOI: 10.1002/gepi.20308
- Singh, J. P., Larson, M. G., O'Donnell, C. J., Tsuji, H., Evans, J. C., & Levy, D. (1999). Heritability of heart rate variability: the Framingham Heart Study. *Circulation*, 99(17), 2251-2254. DOI: 10.1161/01.cir.99.17.2251

- 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*, *91*(3), 1355-1363. DOI: 10.1152/jappl.2001.91.3.1355
- Taylor, R. R., Mamotte, C. D., Fallon, K., & van Bockxmeer, F. M. (1999). Elite athletes and the gene for angiotensin-converting enzyme. *Journal of Applied Physiology*, *87*(3), 1035-1037. DOI: 10.1152/jappl.1999.87.3.1035
- Thompson, J., Raitt, J., Hutchings, L., Drenos, F., Bjargo, E., Loset, A., Grocott, M., & Caudwell Xtreme Everest Research Group. (2007). Angiotensin-converting enzyme genotype and successful ascent to extreme high altitude. *High Altitude Medicine & Biology*, *8*(4), 278-285. DOI: 10.1089/ham.2007.1044
- Trost, S. G., Owen, N., Bauman, A. E., Sallis, J. F., & Brown, W. (2002). Correlates of adults' participation in physical activity: review and update. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *34*(12), 1996-2001. DOI: 10.1097/00005768-200212000-00020
- Tucker, R., & Collins, M. (2012). What makes champions? A review of the relative contribution of genes and training to sporting success. *British Journal of Sports Medicine*, *46*(8), 555-561. DOI: 10.1136/bjsports-2011-090548
- Ulucan, K., Sercan, C., Eken, B. F., Ülgüt, D., & Erel, Ş. (2016). Spor genetiği ve ACE gen ilişkisi. *İnönü Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, *3*(2), 26-34.
- Walker, F. O. (2007). Huntington's disease. *The Lancet*, *369*(9557), 218-228. DOI: 10.1016/S0140-6736(07)60111-1
- Williams, A. G., Day, S. H., Folland, J. P., Gohlke, P., Dhamrait, S., & Montgomery, H. E. (2005). Circulating angiotensin converting enzyme activity is correlated with muscle strength. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *37*(6), 944-948.
- Wang, G., Mikami, E., Chiu, L. L., De Perini, A., Deason, M., Fuku, N., Miyachi, M., Kaneoka, K., Murakami, H., Tanaka, M., Hsieh, L. L., Hsieh, S., Caporossi, D., Pigozzi, F., Hilley, A., Lee, R., Galloway, S. D. R., Gulbin, J., Rogozkin, V. A., Ahmetov, II, Yang, N., North, K. N., Ploutarhos, S., Montgomery, H. E., Bailey, M. E. S., & Pitsiladis, Y. P. (2013). Association analysis of ACE and ACTN3 in elite Caucasian and East Asian swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *45*(5), 892-900. DOI: 10.1249/MSS.0b013e31827c501f
- Williams, A. G., & Folland, J. P. (2008). Similarity of polygenic profiles limits the potential for elite human physical performance. *The Journal of Physiology*, *586*(1), 113-121.

- Williams, A. G., Rayson, M. P., Jubb, M., World, M., Woods, D. R., Hayward, M., ... & Montgomery, H. E. (2000). The ACE gene and muscle performance. *Nature*, *403*(6770), 614-614. DOI: 10.1038/35001141
- Williams, C. J., Williams, M. G., Eynon, N., Ashton, K. J., Little, J. P., Wisloff, U., & Coombes, J. S. (2017). Genes to predict VO₂max trainability: a systematic review. *BMC Genomics*, *18*(8), 81-110. DOI: 10.1186/s12864-017-4192-6
- Wong, W. P., Zhao, Y., & Koh, W. P. (2012). Gene polymorphism in angiotensin-I-converting enzyme and physical activity among normotensive Chinese. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *22*(3), 192-198. DOI: 10.1123/ijsnem.22.3.192
- Woods, D. (2009). Angiotensin-converting enzyme, renin-angiotensin system and human performance. *Genetics and Sports*, *54*, 72-87. DOI: 10.1159/000235697
- Woods, D. R., & Montgomery, H. E. (2001). Angiotensin-converting enzyme and genetics at high altitude. *High Altitude Medicine & Biology*, *2*(2), 201-210. DOI: 10.1089/152702901750265305
- Valdivieso, P., Vaughan, D., Laczko, E., Brogioli, M., Waldron, S., Rittweger, J., & Flück, M. (2017). The metabolic response of skeletal muscle to endurance exercise is modified by the ACE-I/D gene polymorphism and training state. *Frontiers in Physiology*, *8*, 993. DOI: 10.3389/fphys.2017.00993
- Varillas-Delgado, D., Del Coso, J., Gutiérrez-Hellín, J., Aguilar-Navarro, M., Muñoz, A., Maestro, A., & Morencos, E. (2022). Genetics and sports performance: the present and future in the identification of talent for sports based on DNA testing. *European Journal of Applied Physiology*, *122*(8), 1811-1830. DOI: 10.1007/s00421-022-04945-z
- Vigano, A., Trutschnigg, B., Kilgour, R. D., Hamel, N., Hornby, L., Lucar, E., ... & Morais, J. A. (2009). Relationship between angiotensin-converting enzyme gene polymorphism and body composition, functional performance, and blood biomarkers in advanced cancer patients. *Clinical Cancer Research*, *15*(7), 2442-2447. DOI: 10.1158/1078-0432.CCR-08-1720
- Vincent, B., De Bock, K., Ramaekers, M., Van den Eede, E., Van Leemputte, M., Hespel, P., & Thomis, M. A. (2007). ACTN3 (R577X) genotype is associated with fiber type distribution. *Physiological Genomics*, *32*(1), 58-63. DOI: 10.1152/physiolgenomics.00173.2007
- Yamin, C., Duarte, J. A., Oliveira, J., Amir, O., Sagiv, M., Eynon, N., Sagiv, M., & Amir, R. E., (2008). IL6 (-174) and TNFA (-308) promoter polymorphisms are associated with systemic creatine response to eccentric exercise. *European Journal of Applied Physiology*, *104*(3), 579-586. DOI: 10.1007/s00421-008-0728-4

- Yang, N., MacArthur, D. G., Gulbin, J. P., Hahn, A. G., Beggs, A. H., Easteal, S., & North, K. (2003). ACTN3 genotype is associated with human elite athletic performance. *The American Journal of Human Genetics*, 73(3), 627-631. DOI: 10.1086/377590
- Yengo, L., Sidorenko, J., Kemper, K. E., Zheng, Z., Wood, A. R., Weedon, M. N., Frayling, T. M., Hirschhorn, J., Yang, J., Visscher, P. M., & the Giant Consortium. (2018). Meta-analysis of genome-wide association studies for height and body mass index in ~ 700000 individuals of European ancestry. *Human Molecular Genetics*, 27(20), 3641-3649. DOI: 10.1093/hmg/ddy271
- Yıldırım, S., Koçak, M. S., Cerit, M. (2022). The mysterious world of genes: physical performance and genetic interactions: Traditional review. *Turkiye Klinikleri Journal of Sports Science*, 14(3), 357-362. DOI: 10.5336/sportsci.2022-91973
- Zempo, H., Miyamoto-Mikami, E., Kikuchi, N., Fuku, N., Miyachi, M., & Murakami, H. (2017). Heritability estimates of muscle strength-related phenotypes: A systematic review and meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(12), 1537-1546. DOI: 10.1111/sms.12804
- Zhang, B., Tanaka, H., Shono, N., Miura, S., Kiyonaga, A., Shindo, M., & Saku, K. (2003). The I allele of the angiotensin-converting enzyme gene is associated with an increased percentage of slow-twitch type I fibers in human skeletal muscle. *Clinical Genetics*, 63(2), 139-144. DOI: 10.1034/j.1399-0004.2003.00029.x
- Zhao, B., Mochhala, S. M., Tham, S. Y., 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(20), 2625-2630. DOI: 10.1016/S0024-3205(03)00608-8
- Zilberman-Schapira, G., Chen, J., & Gerstein, M. (2012). On sports and genes. *Recent Patents on DNA & Gene Sequences (Discontinued)*, 6(3), 180-188. DOI: 10.2174/187221512802717367

EKLER

EK-1 ARAŞTIRMA AMAÇLI ÇALIŞMA İÇİN AYDINLATILMIŞ ONAM FORMU

Araştırma amaçlı çalışma için “Aydınlatılmış Onam Formu” (Araştırmacı Açıklaması) Atletik performans gelişimi ile ilgili yeni bir araştırma yapmaktayız. Araştırmanın ismi. Aktif Yetişkin Erkeklerde ACE gen polimorfizminin Yo-Yo Aralıklı Toparlanma Testi (Seviye 2) performans üzerindeki etkilerinin incelenmesi’ Sizin de bu araştırmaya katılmanızı öneriyoruz. Ancak hemen söyleyelim ki bu araştırmaya katılıp katılmamakta serbestsiniz. Çalışmaya katılım gönüllülük esasına dayalıdır. Kararınızdan önce araştırma hakkında sizi bilgilendirmek istiyoruz. Bu bilgileri okuyup anladıktan sonra araştırmaya katılmak isterseniz formu imzalayınız. Araştırma kapsamında Spor Bilimleri Fakültesi öğrencilerinin (erkek) gen polimorfizmleri göz önünde bulundurularak atletik performans ve fiziksel aktivite gelişimi üzerindeki etkilerinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Bu maksatla Qlife Fit gen testleri ve katılımcıların anaerobik koşu performanslarının ölçülmesi maksadıyla çalışmanın başlangıcında ve bitişinde (6 hafta) Yo-Yo Aralıklı Toparlanma Testi (Seviye 2) uygulanacaktır. Söz konusu çalışma Lokman Hekim Üniversitesi Fiziksel Aktivite, Sağlık ve Spor Bilimleri Anabilim Dalı öğrencilerinin yüksek lisans tez çalışmaları ve araştırma makalesi kapsamında değerlendirilecektir. Gerekli talimatlar uygulama esnasında verilecektir

Bu çalışmaya katılmanız için sizden herhangi bir ücret istenmeyecektir. Çalışmaya katıldığınız için size ek bir ödeme de yapılmayacaktır. Sizinle ilgili bilgiler gizli tutulacak, ancak çalışmanın kalitesini denetleyen görevliler, etik kurullar ya da resmi makamlarca gereği halinde incelenebilecektir. Bu çalışmaya katılmayı reddedebilirsiniz. Bu araştırmaya katılmak tamamen isteğe bağlıdır ve reddettiğiniz takdirde size uygulanan testlerde herhangi bir değişiklik olmayacaktır. Yine çalışmanın herhangi bir aşamasında onayınızı çekmek hakkına da sahipsiniz.

(Katılımcının Beyanı)

Doç. Dr. Mesut Cerit tarafından Lokman Hekim Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi'nde bir araştırma yapılacağı belirtilerek bu araştırma ile ilgili yukarıdaki bilgiler bana aktarıldı. Bu bilgilerden sonra böyle bir araştırmaya “katılımcı” olarak davet edildim. Eğer bu araştırmaya katılırsam hekim ile aramda kalması gereken bana ait bilgilerin gizliliğine bu araştırma sırasında da büyük özen ve saygı ile yaklaşılacağına inanıyorum. Araştırma sonuçlarının eğitim ve bilimsel amaçlarla kullanımı sırasında kişisel bilgilerimin ihtimamla korunacağı konusunda bana yeterli güven verildi. Araştırmanın yürütülmesi sırasında herhangi bir sebep göstermeden araştırmadan çekilebilirim. (Ancak araştırmacıları zor durumda bırakmamak için araştırmadan çekileceğimi önceden bildirmemim uygun olacağına bilincindeyim) Ayrıca tıbbi durumuma herhangi bir zarar verilmemesi koşuluyla araştırmacı tarafından araştırma dışı tutulabilirim.

Araştırma için yapılacak harcamalarla ilgili herhangi bir parasal sorumluluk altına girmiyorum. Bana da bir ödeme yapılmayacaktır. İster doğrudan ister dolaylı olsun araştırma uygulamasından kaynaklanan nedenlerle meydana gelebilecek herhangi bir sağlık sorununun ortaya çıkması halinde, her türlü tıbbi müdahalenin sağlanacağı konusunda gerekli güvence verildi. (Çalışma ile ilgili olarak da parasal bir yük altına girmeyeceğim). Araştırma sırasında bir sağlık sorunu ile karşılaştığımda; herhangi bir saatte, Doç. Dr. Mesut Cerit'i 444 85 48 (iş) veya 0505 764 64 01 (cep) no'lu telefonlardan ve Lokman Hekim Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi adresinden arayabileceğimi biliyorum. Bu araştırmaya katılmak zorunda değilim ve katılmayabilirim. Araştırmaya katılmam konusunda zorlayıcı bir davranışla karşılaşmış değilim. Eğer katılmayı reddedersem, bu durumun tıbbi bakımına ve hekim ile olan ilişkiye herhangi bir zarar getirmeyeceğini de biliyorum. Bana yapılan tüm açıklamaları ayrıntılarıyla anlamış bulunmaktayım. Kendi başıma belli bir düşünme süresi sonunda adı geçen bu araştırma projesinde “katılımcı” olarak yer alma kararını aldım. Bu konuda yapılan daveti büyük bir memnuniyet ve gönüllülük içerisinde kabul ediyorum. İmzalı bu form kağıdının bir kopyası bana verilecektir.

Sorumlu Öğretim Üyesi: Doç. Dr. Mesut Cerit, Lokman Hekim Üniversitesi Sağlık Bilimleri Entitüsü Spor Bilimleri Ana Bilim Dalı (ABD) Telefon: 0312 502 85

Araştırma Ekibi
Hakan DAKILIR

Katılımcı Görüşme Tanığı Katılımcı ile Görüşen Araştırmacı

Adı Soyadı :

Adres :

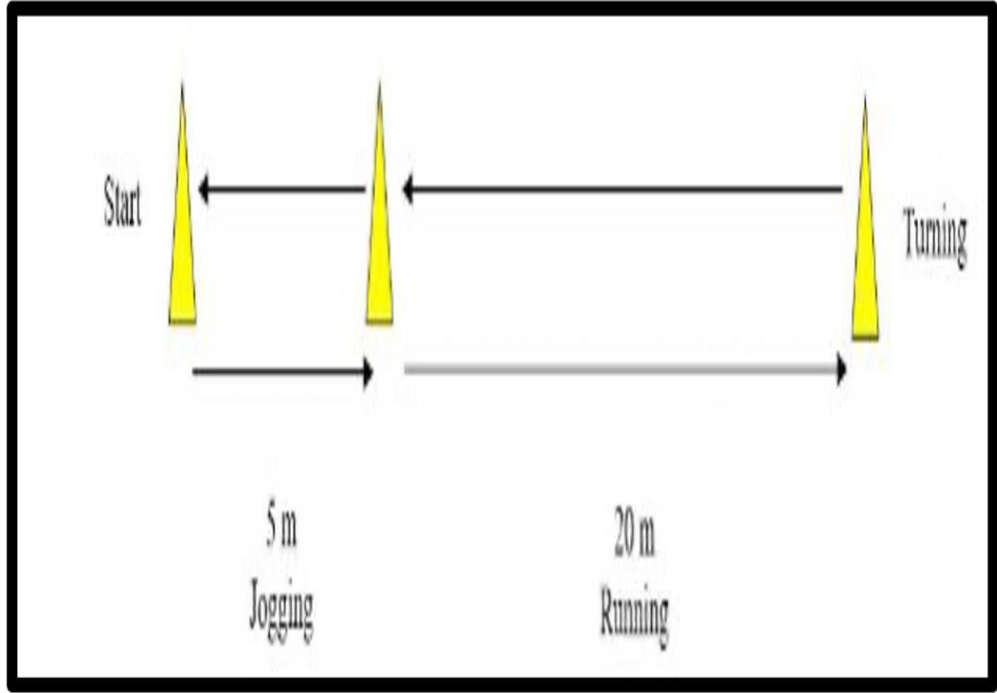
Tel. :

Tarih :

İmza :



EK-2 YO-YO ARALIKLI TOPARLANMA TESTİ (SEVİYE 2)



EK-3 ETİK KURUL İZİN FORMU



EK-4 İNTİHAL RAPORU

AKTİF GENÇ ERKEKLERDE ACE GEN POLİMORFİZMİNİN YO-YO ARALIKLI TOPARLANMA TEST (SEVİYE 2) PERFORMANSI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

ORIGINALITY REPORT



11%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	www.lokmanhekim.edu.tr Internet	161 words – 1%
2	www.turansam.org Internet	141 words – 1%
3	acikbilim.yok.gov.tr Internet	115 words – 1%
4	openaccess.lokmanhekim.edu.tr Internet	78 words – 1%
5	mesutcerit.com Internet	76 words – 1%
6	www.researchgate.net Internet	71 words – 1%
7	www.turkiyeklinikleri.com Internet	54 words – <u>< 1%</u>

- 8 abakus.inonu.edu.tr
Internet 42 words – < 1%
- 9 openaccess.hacettepe.edu.tr
Internet 38 words – < 1%
- 10 [Akdoğan, Erkan. "Futbolda Küçük Alan Oyunları ve Suratte Devamlılık Antrenman Yöntemlerinin Bazı Performans Parametreleri üzerine Etkisi", Anadolu University \(Turkey\), 2022](#)
ProQuest 32 words – < 1%
- 11 www.ozguruyayinlari.com
Internet 30 words – < 1%
- 12 dergipark.org.tr
Internet 26 words – < 1%
- 13 [Işık, Sabiha. "Paternal depresyonun erken bebeklik döneminde baba-bebek bağlanmasına etkisi", İzmir Katip Celebi University \(Turkey\), 2024](#)
ProQuest 24 words – < 1%
- 14 en.ispecongress.org
Internet 22 words – < 1%
- 15 adudspace.adu.edu.tr:8080
Internet 20 words – < 1%
- 16 libratez.cu.edu.tr
Internet 20 words – < 1%
- 17 sbk2017.org
Internet 19 words – < 1%
- 18 www.degruyter.com
Internet 19 words – < 1%

- 19 Şişman, Hande İlgin. "Kistik Fibrozisli Çocuk Hastalarda Ağız diş Sağlığı ve İlgili Faktörlerin İncelenmesi", Marmara Üniversitesi (Turkey), 2024
ProQuest 17 words – < 1%
- 20 dugi-doc.udg.edu
Internet 13 words – < 1%
- 21 pegem.net
Internet 13 words – < 1%
- 22 hdl.handle.net
Internet 12 words – < 1%
- 23 pdffox.com
Internet 12 words – < 1%
- 24 docplayer.com.br
Internet 10 words – < 1%
- 25 tr.wikipedia.org
Internet 10 words – < 1%
- 26 Bayram, Kazım. "Genç ve Profesyonel Futbolcularda Kinezyofobi", Dokuz Eylül Üniversitesi (Turkey), 2024
ProQuest 9 words – < 1%
- 27 Ertunç, Seviye. "Enzootik Pnömonili Buzağılarda TNF alfa, CRP ve SAA Düzeylerinin Klinik Bulgularla Korelasyonu, Prognoz ve Tedavi Üzerindeki Etkinliğinin Değerlendirilmesi", Bursa Uludağ University (Turkey), 2023
ProQuest 9 words – < 1%
- 28 Yurtsever, Buğşe. "Madde kullanım bozukluğu olan ergenlerin ebeveynlerine uygulanan psikoeğitimin ebeveynlerin farkındalık düzeyine ve ergenlerin ebeveyn tutumu algısına etkisi", İzmir Katip Celebi University (Turkey), 2024
ProQuest 9 words – < 1%

- 29 docta.ucm.es
Internet 9 words – < 1%
- 30 openaccess.karatekin.edu.tr
Internet 9 words – < 1%
- 31 Kizilet, Tuba | Yorulmazlar, Mehmet M.. "Genç Bayan Futbolcularda Koordinasyon Ve Pliometrik çalışmaların kosu Ekonomisi Ve diğer Biomotor özellikler üzerine Etkisi", Marmara Üniversitesi (Turkey), 2021
Erişim: [Erişim](#) 8 words – < 1%
- 32 Kiziltekin, Rana. "Sendromsuz dudak damak yarıklı hastalarda MSX1 gen polimorfizminin yarıklı bölgesindeki etkinliğinin incelenmesi", İzmir Katip Celebi University (Turkey), 2024
Erişim: [Erişim](#) 8 words – < 1%
- 33 acikerisim.deu.edu.tr
Internet 8 words – < 1%
- 34 acikerisim.pau.edu.tr:8080
Internet 8 words – < 1%
- 35 acikerisim.uludag.edu.tr
Internet 8 words – < 1%
- 36 docplayer.biz.tr
Internet 8 words – < 1%
- 37 pdrkongre2022.pdr.org.tr
Internet 8 words – < 1%
- 38 sagens.erciyes.edu.tr
Internet 8 words – < 1%
- 39 www.iksadcongress.org
Internet 8 words – < 1%

- 40 www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080 8 words – < 1%
Internet
- 41 www.redalyc.org 8 words – < 1%
Internet
- 42 Aytekin, Burcu. "Geri Donusturulmus Beton Agregalarının Yol Temel ve Alttemel Tabakalarında Kullanılabilirliğinin Arastırılması", Bursa Uludag University (Turkey), 2022 7 words – < 1%
ProQuest
- 43 Uzun, Nurettin Ersin. "Balistik Kuvvet ciktilarının Farkli Dinlenme Aralikli Dayaniklik ozelliklerine Etkisinin olculmesinde Kullanilan Aralikli Dayaniklik Testlerinin Gecerlilik ve Guvenilirliğinin Değerlendirilmesi", Marmara Universitesi (Turkey), 2022 7 words – < 1%
ProQuest
- 44 Doğan, Canan Sercan. "Buz Hokeyi Milli Takım Oyuncularında ACE I/D (rs1799752), ACTN33 (rs1815739), PPARA (rs4253778) ve HIF1A(rs11549465) Polimorfizmleri İle Fiziksel Testlerin Değerlendirilmesi", Marmara Universitesi (Turkey), 2023 6 words – < 1%
ProQuest
- 45 Çalık, Mümin. "Sıçan Kalvaryal Kemik Defektlerinin Rejenerasyonunda farklı taşıyıcılar İle taşınan Glikojen Sentaz Kinaz 3 Antagonisti Tideglusib'in Kemik Rejenerasyonu Üzerine Etkisinin değerlendirilmesi", Marmara Universitesi (Turkey), 2023 6 words – < 1%
ProQuest

EXCLUDE QUOTES OFF
EXCLUDE BIBLIOGRAPHY OFF

EXCLUDE SOURCES OFF
EXCLUDE MATCHES OFF

EK-5 ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler:

Adı Soyadı: Hakan DAKILIR

Yabancı Dil: İngilizce , Rusça

Eğitim Durumu: Gazi Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği
Bölümü

İş Durumu: Antrenör

