T.C.
LOKMAN HEKİM ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SPOR BİLİMLERİ ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AKTİF YETİŞKİN ERKEKLERDE *ACE* GEN POLİMORFİZMİNİN ATLETİK PERFORMANS ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Özge COŞKUN

EYLÜL, 2024

T.C.
LOKMAN HEKİM ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SPOR BİLİMLERİ ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AKTİF YETİŞKİN ERKEKLERDE *ACE* GEN POLİMORFİZMİNİN ATLETİK PERFORMANS ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Özge COŞKUN

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Selin YILDIRIM TUNCER

EYLÜL, 2024

ONAY

Tez Başlığı: Aktif Yetişkin Erkeklerde *ACE* Gen Polimorfizminin Atletik Performans Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi

Tezi Hazırlayan: Özge COŞKUN

Tez Savunma Tarihi: 10.09.2024

İmza

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

Başkent Üniversitesi

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

İmza

Üye: Doç. Dr. Mesut CERİT

Lokman Hekim Üniversitesi

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

İmza

Üye (Danışman): Dr. Öğr. Üyesi Selin YILDIRIM TUNCER

Lokman Hekim Üniversitesi

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

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 bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir. (Bu seçenekte teziniz arama motorlarında indekslenebilecek, daha sonra tezinizin erişim statüsünün değiştirilmesini talep etseniz ve kütüphane bu talebinizi yerine getirse 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

İmza
Özge Coşkun

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 kaynağını gösterdiğimi ayrıca beyan ederim. (…/…/…..).

Özge COŞKUN

İmza

ÖZET

AKTİF YETİŞKİN ERKEKLERDE *ACE* GEN POLİMORFİZMİNİN ATLETİK PERFORMANS ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Özge COŞKUN

Yüksek Lisans Tezi

Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Spor Bilimleri Ana Bilim Dalı

Tez Danışanı Dr. Öğr. Üyesi Selin YILDIRIM TUNCER

Ankara, EYLÜL 2024

Atletik performans gelişimi ile ilişkilendirilen genetik işaretleyicilerin belirlenmesinde, egzersizle bağlantılı fizyolojik sistem ve metabolik yollarla ilişkilendirilen genlerin araştırılması etkin bir strateji olarak bilinmektedir. Bu bağlamda plazma hacmi ile kan basıncını düzenlemenin yanı sıra kalp ve iskelet kası büyümesini etkileyebilme kapasitesiyle öne çıkan "Angiotensin I-dönüştürücü enzim (*ACE*)", genetik araştırmalarda en çok incelenen genlerden birisidir. Bu araştırmada, aktif yetişkin erkeklerde *ACE* gen polimorfizminin, arrowhead agility drill test (arrowhead çeviklik yetenek testi) ve 30 metre sprint test performansı üzerindeki etkileri incelenecektir. Bu çalışma, sporcuların performans gelişimine katkı sağlamak ve sporcuların potansiyelini en üst düzeye çıkarmak amacıyla genetik faktörlerin önemini daha fazla anlamamıza yardımcı olacaktır. Bu çalışmada, *ACE* gen gen polimorfizmlerinin aktif yetişkin erkeklerde 6 haftalık antrenman programına yanıt olarak arrowhead agility yetenek testi ve 30m sprint testi performansları üzerindeki etkilerinin açığa çıkardığı farklı sonuçlar ve genotip dağılımların belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırmada Spor Bilimleri Fakültesi öğrencilerinden oluşan 19-24 yaş arasındaki sağlıklı (n=39) yetişkin erkek gönüllü yer almıştır. Katılımcılardan alınan ağız sürüntü örneklerinden üretici tarafından sağlanan protokol aracılığıyla Isohelix'ten Buccalyse DNA Ekstraksiyon Kiti kullanılarak genomik DNA izole edilmiştir. Yapılan araştırmadan elde edilen verilerin istatistiksel analizi Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 25 programı aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Katılımcıların %45,7'sinin I/D genotipine, %31,4'ünün I/I genotipine ve %22,9'unun D/D genotipine sahip olduğu görülmektedir. Genotip grupları arasında arrowhead agility test ve 30 m sprint test performansları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p < 0,05$). Sonuç olarak çalışmamızdan elde edilen bulgular genetik varyasyonların söz konusu test sonuçlarından elde edilen performans ölçüm değerleri üzerinde herhangi bir etki sağlamadığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Genetik, Polimorfizm, *ACE*, Atletik Performans

ABSTRACT

THE EFFECTS OF *ACE* GENE POLYMOPHISM ON ATHLETIC PERFORMANCE IN ACTIVE ADULT MALES

Özge COŞKUN

Master's Thesis

Health Sciences Institute

Department of Sport Sciences

Advisor Assist. Prof. Selin YILDIRIM TUNCER

Ankara, SEPTEMBER 2024

In determining genetic markers associated with athletic performance development, researching genes associated to exercise-related physiological systems and metabolic pathways is known to be an effective strategy. The 'Angiotensin I-reducing enzyme' (ACE), which stands out for its ability to regulate plasma volume and blood pressure, as well as influence the growth of heart and skeletal muscle, is one of the most studied genes is genetic research. The study will examine the effects of *ACE* gene polymorphism, arrowhead agility drill test and 30 metre sprint performance in active adult males. This study will help us better understand the importance of genetic factors in order to contribute to athletes performance development and maximize their potential. The study aims to identify different results and genotype distribution revealed by the effects of *ACE* gene polymorphisms on arrowhead agility test and 30 m sprint test performance in response to a 6 week training program in active adult males. The study included healthy (n=39) adult male volunteers aged 19-24 from the Faculty of Sports Sciences. Genomic DNA was isolated using the İsohelix Buccalyse DNA Extraction Kit yhrough a manufacturer-provided protocol from mouthwash samples taken from participants. The statistical analysis of the data obtained from the survey was carried out through the Statistical Package fort he Social Sciences (SPSS) 25 program. %45.7 of participants were identified as having an I/D genotype, %31.4 had a I/I genotipe and %22.9 had a D/D geneotype. There was no statistically significant difference between the genotype groups between the arrowhead agility test and the 30 m sprint test performance ($p<0.05$). As a result, the findings from our study show that genetic variations have no effect on the performance measurement values obtained from the test results in question.

Keywords: Genetics, *ACE*, Polymorphism, Sprint, Athletic Performance

TEŞEKKÜR

Çalışmam boyunca bana yardım ve rehberlik eden, bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, değerli tez danışmanım Spor Bilimleri Fakültesi Antrenörlük Eğitimi Bölüm Başkanı Dr. Öğr. Üyesi Selin YILDIRIM TUNCER'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, çalışmam sırasında bana büyük desteği olan, akademik çalışma disiplini ile bana yol gösteren Fiziksel Aktivite, Sağlık ve Spor Bilimleri Anabilim Dalı Başkanı Doç. Dr. Mesut CERİT'e içtenlikle teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Yüksek lisans eğitimim süresince bana verdikleri destek için Lokman Hekim Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Settar KOÇAK'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Tez yazı süresince destek ve zamanını esirgemeyen Öğr. Gör. Murat ANILIR'a, tez jürimde yer alarak katkılarını esirgemeyen değerli hocam Başkent Üniversitesi Egzersiz ve Spor Bilimleri Öğretim Üyesi Doç. Dr. Murat ERDOĞAN'a ayrıca teşekkür ederim.

Çalışmamda katılımcıların genetik analizlerini karşılıksız olarak gerçekleştiren Damagen Tıbbi Genetik Laboratuvarı ve Sightgen Sağlık Ürünleri İth. İhr. San. Ve Tic. Ltd. Şti. yöneticilerine teşekkür ederim.

Hayatım boyunca bana her daim destek olan aileme sevgi ve saygılarımı sunarım.

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 İşleyişi 3
2.2. Performans Belirleyici Olarak Gen ve Çevre İlişkisi 6
2.2.1. Performans Fenotipleri 6
2.2.2. Genetik Çeşitlilik ve Performans Genotipleri 7
2.3. Genetik ve Atletik Performans İlişkisi 8
2.4. Anjiyotensin Dönüştürücü Enzim (*ACE*) 10
2.4.1. Anjiyotensin Dönüştürücü Enzim (*ACE)* Gen Polimorfizmi 11
2.4.2. *ACE* Gen Polimorfizminin Fizyolojik Etkileri 11
2.5. *ACE* Geni ve Metabolik Performans 12
2.6. Kas Fonksiyonunda *ACE* Geni 13
2.7. *ACE* Geni ve Atletik Performans 13
2.8. Atletik Performans Parametreleri 15
2.8.1. Kuvvet ve Dayanıklılık 15
2.8.2. Hız ve Güç 15
2.8.3. Çeviklik 16
2.8.4. Hız ve İvmelenme 16
2.9. Yetenek Seçim İlkeleri 16
2.9.1. Atletik Performansı Ortaya Çıkaran Genetik Testler 20
3. GEREÇ VE YÖNTEM **22**
3.1. Araştırmanın Türü 22

3.2. Araştırmanın Yapıldığı Yer ve Zamanı 22
3.3. Araştırmanın Evreni ve Örneklem 22
3.4. Araştırmanın Değişkenleri 22
3.5. Araştırma Materyali ve Veri Toplama Araçları 22
3.5.1. Ağız Sürüntü Örnekleri 23
3.5.2. Arrowhead Çeviklik Testi 23
3.5.3. 30 Metre Sürat Koşusu (30 Metre Sprint) Testi 24
3.6. Verilerin Toplanması 26
3.7. Verilerin Analizi 27
3.8. Araştırmanın Etik Boyutu 27
4. BULGULAR 28
5. TARTIŞMA 31
6. SONUÇ VE ÖNERİLER 38
KAYNAKÇA 39
EKLER 47
EK-1. Araştırma Amaçlı Çalışma İçin Aydınlatılmış Onam Formu 47
EK-2. Arrowhead Agility Drill Testi (Arrowhead Çeviklik Yetenek Testi) 49
EK-3. 30 Metre Sürat Koşusu Testi 50
EK-4. Etik Kurul Onayı 51
EK-5. Aktif Yetişkin Erkeklerde Ace Gen Polimorfizminin Atletik Performans Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi Benzerlik Raporu 53
EK-6. Özgeçmiş 58

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 4.1. Katılımcıların *ACE* Genotipine Göre Dağılımları..... 28
Tablo 4.2. Katılımcıların Fiziksel Performans Test Ölçümlerinin Ön Test ve Son Test Değerleri..... 29
Tablo 4.3. Katılımcıların *ACE* Genotipleri Bazında Fiziksel Performans Ölçütlerinin ve Antropometrik Ölçümlerin Gruplar Arası Karşılaştırmaları..... 29

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. *ACE* Ekzon ve İntronlarının Şematize Şekli 9
Şekil 3.1. Arrowhead Çeviklik Testi 24
Şekil 3.2. 30 Metre Sürat Koşusu Testi 25
Şekil 3.3. KASP Genotipleme Yöntemiyle Elde Edilen Alelik Ayrım 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 26

KISALTMALAR LİSTESİ

A	: Adenin
ACE	**:** Anjiotensin dönüştürücü enzimi
ACTN3.	: Alfa- Aktinin-3 Geni
AGT	: Anjiotensin geni
AT1	: II tip 1 reseptor geni
ATP	: Adenozin Trifosfat
BİA	: Biyoelektrik impedans analizi
BKİ	: Beden kütle indeksi
BMR	: Bazal metabolizma hızı
CO_2	: Karbondioksit
DNA	: Deoksiribonükleik asit
EPO	: Eritropoietin geni
G	: Guanin
Genom	: Genetik özellikler
IGF-1	: İnsüline benzer büyüme faktörü-1 geni
Kg	: Kilogram
MaxVO_2	: Maksimal oksijen kullanım kapasitesi
MCT1	: Monositrik geni
mRNA	: Haberci ribonükleik asit
MtDNA	: Mitokondrial DNA
MVC	: İzometrik kuvvet maksimum istemli kasılma
PPARA.	: Peroksizom proliferatör aktif reseptör geni
RNA	: Ribonükleik asit
RNAPpol	: Ribonükleik asit polimerazlar
S	: Sitozin
SNP	: Tekli nükleotid polimorfizmi
T	: Timin
tRNA	: Transfer RNA

1. GİRİŞ

İnsan Genom Projesi'nin (IGP; 1990-2003) tamamlanmasının ardından genetik varyasyonlar ile atletik performans arasındaki ilişkinin incelenmesi büyük önem kazanmıştır ve bu alandaki sporla ilgili gen polimorfizmlerini inceleyen disiplin "spor genetiği" olarak adlandırılmıştır (Ahmetov ve Fedotovskaya, 2015). Spor genetiği araştırmaları, atletik performansı etkileyen genlerin tanımlanmasını, etki mekanizmalarının analizini ve sporcuların atletik performans yatkınlıklarının belirlenmesini amaçlayan bilim dalıdır (Kaman, Kapıcı, Sercan, Ulucan, 2017). Spor genetiği alanındaki araştırmalar incelendiğinde, genetiğin atletik performans üzerindeki etki mekanizmasının tam olarak açıklanamaması nedeniyle tartışmalı araştırmaların var olduğu görülmektedir. Ancak, spor genetiği alanındaki çalışmalar, kişinin optimum performansa ulaşabileceğini, ancak belirli bir seviyeye kadar olan performans gelişimini genetik kapasitenin sınırlayabileceğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, üstün yetenekli sporcuların tanımlanması için bilimsel antrenman programlarının tasarlanabilmesi amacıyla mevcut fizyolojik ve fiziksel durumunun belirlenmesi, uygulanan antrenman programlarının etkinliğinin izlenmesi, maksimum performansın öngörülmesi ve sporcuların güçlü veya zayıf yönlerinin belirlenmesi açısından yetenek tanımlama ve performans ölçme değerlendirme kriterlerinin büyük bir öneme sahip olduğunu göstermektedir (Bulğay, Ergün, Zorba, 2022; Bulğay, Akman, Bayraktar, Kazan, Ergun, Ulucan, 2022). Bu çalışma alanı özellikle spor performans ile antrenman yanıtı arasındaki genetik katkıyı belirleyerek yetenekli gençlerin uygun branşlara yönlendirilmesini amaçlamaktadır (Şahin, 2005).

Spor alanında, yetenek seçimi kritik bir rol oynar. Yetenek seçimi sürecinde, öncelikle kalp-dolaşım, solunum ve kas-iskelet sistemleri ile ilgili fiziksel uygunluk parametreleri değerlendirilmektedir. Yetenek, genetik ve çevresel faktörlerle sıkı bir ilişki içindedir. Fiziksel uygunluğun bireye özgü farklılıkları, genetik mirasın yanı sıra bireysel çalışmalar sonucu elde edilen niteliklere, epigenetik ve ortak çevrenin etkileşimlerine bağlı olabilmektedir (Şahin, 2005).

Spor performansı ile ilişkilendirilen genlerin belirlenmesinde, egzersizle bağlantılı fizyolojik sistem ve metabolik yollarla ilişkilendirilen genlerin araştırılmasında etkin bir strateji olarak bilinmektedir. Bu yaklaşım, gen varyantlarının incelendiği ilişki çalışmalarında, egzersiz ve spor fenotiplerini etkileyen genler

tanımlanmıştır. Bu bağlamda, renin-angiotensin sistemi (RAS), bu fizyolojik süreçlerin plazma hacmi ile kan basıncını düzenleme yanı sıra kalp ve iskelet kası büyümesini etkileyebilme kapasitesiyle öne çıkmaktadır. "Angiotensin I-dönüştürücü enzim (*ACE*)", renin angiotensin sisteminin temel bir bileşeni olup genetik araştırmalarda en çok incelenen genlerden biridir (Fatini, Guazzelli, Manetti, Battaglini, Gensini, Vono, Toncelli, Zilli, Capalbo, Abbate, Galanti, 2000). *ACE* geninin polimorf varyantları (II, ID, DD) spor performansı üzerinde çeşitli etkiler göstermektedir.

ACE enzim seviyesi yüksek olan bireylerde vazokonstriksiyonun artması nedeniyle kas dokusuna yeterli kan akışı sağlanamadığından uzun süreli aerobik dayanıklılık performansında azalma buna mukabil, *ACE* enzim aktivitesi düşük olan bireylerde ise dolaşımdaki kan miktarının fazlalığından ötürü yüksek seviyede aerobik dayanıklılık performansı ve egzersiz verimliliği gözlemlenmektedir (Cerit, Çolakoğlu, Erdoğan, Berdeli, Cam, 2006). *ACE* geninin D alelini taşıyan sporcularda, plazma *ACE* enzim aktivitesi ile angiotensin II düzeyinin yüksek seyrettiği belirlenmiş ve bu durum antrenman sonrası kuvvet gelişimi ile güç performansında artışla ilişkilendirilmiştir (Fatini ve diğerleri, 2000). Bu çerçevede yapmış olduğumuz çalışmada aktif yetişkin erkeklerde *ACE* rs4343 gen polimorfizminin atletik performans üzerindeki potansiyel etkilerini değerlendirmek amaçlanmıştır. Araştırmamızdan elde edilecek bulguların bireylerin genetik profillerinin dikkate alındığı spor disiplinlerine yönlendirmelerine, elit sporcuların yeteneklerinin geliştirilmesine ve bireysel özelliklerin göz önünde bulundurularak antrenman programlarının oluşturulmasına ve sporcuların potansiyelini en üst düzeye çıkarmak amacıyla genetik faktörlerin öneminin daha fazla anlaşılmasına yardımcı olabileceği düşünülmektedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Genlerin Yapısı ve İşleyişi

Genetik; canlıların, çevresel koşulları ve yaşam tarzının etkisi altında, jenerasyonlar boyunca evrilen işlevsel tepkilerinin kökenini inceleyen ve bu tepkilerinin fizyolojik yönleriyle birlikte organizmanın davranışsal özelliklerini araştıran bir bilim dalıdır. Genler, kromozomlarda yer alan kalıtsal özelliklerinin yanı sıra, yaşam için hayati öneme sahip olan protein, enzim ve diğer moleküllerin kodlarını içeren DNA dizilimleridir. Bunlar, genetikten fizyolojiye kadar birçok biyolojik süreci denetleyen ve bu süreçlerin istikrarlı bir şekilde ilerlemesini sağlayan kalıtımın temel birimleridir. Bu genler, canlıların genetik, biyokimyasal ve diğer birçok süreçlerini düzenleyip kontrol etmektedir (Cerit, 2018; Cerit, Dalip, Yıldırım, 2020).

Genler, hücre içindeki proteinlerin, enzimlerin ve diğer makro ve mikro moleküllerin üretim kodlarını taşımaktadırlar (Cerit, 2018; Cerit ve diğerleri, 2020). İnsan genomu, 23 çift kromozom üzerinde yer alan yaklaşık 20.000 gene sahipken, hücre sitoplazmasında bulunan mitokondriyal DNA (mtDNA) ise 37 gen içermektedir. DNA dizilimlerinin içerisinde yer alan genetik özellikler gelecek nesillere aktarılmak için kodlanmaktadır. DNA; adenin (A), timin (T), sitozin (C) ve guanin (G) olmak üzere dört farklı nitrojen bazından meydana gelmektedir. Bu nükleotidler, spesifik sıralamalarla (örn; AACGGT) birleşerek DNA'nın tekil dizilimini oluşturmaktadırlar. Azot bazları (adenin timinle, sitozin de guaninle) bir araya gelerek çift sarmallı DNA'yı ortaya çıkarmaktadır. İnsan genomu ortalama 3 milyar baz çiftine sahiptir. DNA'da kodlanan bilgiler, hücrelerin dışında, ribonükleik asit (RNA) aracılığıyla biyolojik olarak protein gibi etkin maddelere dönüşmektedir. DNA molekülünün çoğunluğu hücre çekirdeğinde (nükleus) konumlanmıştır; ancak, belirli bir kısmı mitokondride de bulunabilir. Nükleus, 23 çeşitli kromozomu barındırır. Kodlama sürecinde, üç nükleotidin birlikte bulunmasını sekans ya da üçlü kodon olarak adlandırılır. Bu belirli bir aminoasiti temsil eder ve peptit zincirlerinin oluşumunda yer alır (Cerit ve diğerleri, 2020).

Tüm bireyler benzer genlere sahipken, nitrojen bazındaki dizilimlerde minimal değişiklikler gözlemlenebilir. Bireyler arasındaki DNA sekans farklılıkları, genellikle %0,1 düzeyindedir. Eğer bu değişkenlik %1'den az ise genellikle mutasyon olarak adlandırılır. Ancak, bu değerin üzerindeki farklılaşmalar polimorfizm olarak

tanımlanır. Nesiller boyunca insandan insana geçen minör varyasyonlar, bireysel farklılıkları (boyun kısa veya uzun olması, obeziteye yatkınlık, hipertansiyon riski, spor performansı, kalp krizi gibi) meydana getirir. Bu genetik farklılıklar, DNA sekanslarında kodlanmış özelliklerle belirlenir ve aynı zamanda bireyin atletik kapasitesinin sınırlarını da tanımlar (Montgomery, Marshall, Hemingway, Myerson, Clarkson, Dollery, Humphries, 1998). Bu küçük değişikliklerden kaynaklanan genetik varyasyonlar çeşitli şekillerde ortaya çıkabilmektedir. Tek baz değişimi, AACGGT dizilimindeki G nükleotidinin A ile değişmesi sonucu AACAGT dizilimi elde edilir; baz çifti eksilmesi, AACGGT diziliminde G'nin çıkarılması sonucu AACGT dizilimi oluşur; baz çifti eklenmesi, AACGGT dizilimine ekstra bir C eklenmesiyle AACCGT oluşur; ya da birden fazla bazın çıkarılması veya eklenmesi ile çeşitli varyasyonlar meydana gelebilir (Montgomery ve diğerleri, 1998).

İnsan genomundaki en rastlanan varyasyon, tek bir bazı çiftindeki değişikliktir. Bu tür değişikliğe tekli nükleotid polimorfizmi (SNP) ya da nokta mutasyon adı verilir. Bu bağlamda ortaya çıkan varyasyonlar veya değişiklikler, popülasyon içindeki sıklığına ve fenotipik (görünüşle ilgili) etkilerine göre değişkenlik gösterir. Türlerin genetik yapısında bulunan baz dizilimleri ve miktarları, genellikle sabittir ve ilgili türün devamlılığı için kritik bir öneme sahiptir. Fakat, her aminoasidin belirli ya da birden fazla kodon (örn; GCU, ACG gibi üçlükler) ile tanımlandığı gerçeği göz önünde bulundurulduğunda, replikasyon ve polimerizasyon süreçlerinde enzim duyarlılığının azalması, yanlış bazların eklenmesi veya mutasyonu indükleyebilecek faktörlerin mevcut olması gibi nedenler, bazen baz dizilimlerinde değişikliklere yol açabilir. Bu değişiklikler, her ne kadar nadir görülse de mutasyonlarında ortaya çıkmasına sebep olabilir. Bu tür değişikliklerin neticesinde, bölünüp çoğalan hücreler farklı genotipi ve fenotipe sahip nesilleri (mutantları) oluşturabilir (Cicavoğlu, Kaya, Cerit, 2021; Yıldırım, Koçak, Cerit, 2022).

Hücresel düzeyde meydana gelen DNA mutasyonları, vücutta çeşitli etkilere yol açabilir. Bu mutasyonlar, genellikle protein üretimini etkileyerek, normal fizyolojik süreçlerde değişikliklere neden olabilir. Özellikle, bu değişiklikler kanser gibi hastalıkları ortaya çıkmasına zemin hazırlayabilir. Örneğin onkogenlerin aktivasyonu sonucu hücrelerin kontrolsüz büyümesi ve kanser oluşumu mümkün olabilir. Ayrıca, bazı genetik mutasyonlar anemi, otizm, düşük albümin seviyeleri veya kızıllık gibi belirli sağlık sorunlarına yol açabilir. Bununla birlikte, bazı nadir

durumlarda, mutasyonlar fiziksel performansı olumlu veya olumsuz etkileyebilir. Bu bağlamda, genetik mutasyonların biyolojik süreçler üzerindeki karmaşıklığını anlamak ve bu süreçlere nasıl etki edebileceğini incelemek önemlidir (Cicavoğlu ve diğerleri, 2021; Yıldırım ve diğerleri, 2022).

Moleküler teknolojilerin gelişmesi, insan genomunu daha ayrıntılı bir şekilde analiz etme imkânı sağlamıştır. Bu ilerlemeler, bireylerin ve popülasyonların genetik bileşenlerinin incelenmesine olanak tanımıştır. Genetik çalışmalar, genellikle popülasyon düzeyinde gerçekleştirilmekte olup, bu çalışmalar alel frekansları, doğal seleksiyonun etkileri, mutasyonlar ve gen akışı gibi faktörlerin, genetik varyasyonlar üzerindeki etkilerini araştırmayı amaçlamaktadır (Cicavoğlu ve diğerleri, 2021; Yıldırım ve diğerleri, 2022).

Bu tür çalışmalar hem bireysel düzeyde hem de nüfus düzeyinde genetik çeşitliliğin yaygın olduğunu göstermektedir. Yapılan araştırmalar belirli bir popülasyonda bir genin birden fazla alele sahip olabileceğini ortaya koymaktadır. Aleller, farklı insan popülasyonlarında değişen frekanslarda görülür. Bu popülasyonlar, coğrafi konumları ve geçmiş kökenleri nedeniyle daha büyük farklılıklar gösterme eğilimindedirler. Bireyler arasındaki genetik varyasyonlar, mayoz sırasında meydana gelen rekombinasyon süreçleri ve çeşitli mutasyonlar sonucu oluşmaktadır. Genetik varyasyon, bir organizmanın DNA dizilimindeki farklılıkları ifade eder. İnsan genomu yaklaşık 3 milyon baz çiftinden oluşur. Bu nükleotid çiftleri, organizmanın genetik bilgisini taşır ve sonuç olarak organizmanın gözlemlenebilir özelliklerini, yani fenotiplerini belirler. Bununla birlikte, bu genetik bilginin tamamı, organizmanın yaşamı boyunca istikrarlı bir şekilde değişmez. Ancak, yaşamla uygunsuz olan bazı alanlar dışında genomun tümü, organizmanın yaşam süresi içinde farklılık gösterebilecek potansiyel varyasyonlar içerir. Bu nedenle, insan genetik varyasyonun potansiyel kapsamı oldukça geniştir ve bu çeşitlilik epigenetik faktörlerin etkileri, çoklu genlerin bir arada etkisi ve gen-çevre etkileşimleri gibi bir dizi değişkene bağlıdır. Ayrıca, bu varyasyonun nedenleri, farklı alt popülasyonlar arasında heterojenlik gösterebilir. Bu karmaşıklık, genetik varyasyonun geniş bir spektrumunu da beraberinde getirmektedir (Lander ve Schork, 2006).

2.2. Performans Belirleyici Olarak Gen ve Çevre İlişkisi

Hagberg ve diğerleri (1998), tarafından yapılan bir araştırmada, fiziksel olarak aktif ebeveynlere sahip çocukların, pasif ebeveynlere sahip çocuklara göre fiziksel aktivite olasılığı 5.8 kat daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada, genetik faktörlerin fiziksel aktivite düzeyine katkısını vurgulamaktadır (Hagberg, Ferrel, Mccole, Wilund, Moore, 1998). Ancak, ebeveyn etkisi, rol modelleme ve diğer çevresel değişkelerin genetik faktörlerden ayrıştırılmasının zorluğu göz önüne alınmalıdır. Diğer yandan, ikiz ve aile çalışmaları, fiziksel aktiviteye katılım eğiliminin genetik etkileri altında olduğunu ve bir özelliğin kalıtım derecesi hakkında daha spesifik kanıtlar sağladığını göstermektedir (Hawkes ve Macgregor, 2009).

Fiziksel aktivitenin kalıtsal özellikleri ve egzersiz katılımının tahminleri, katılımcıların belirlendiği popülasyondaki değişimler, incelenen fiziksel aktiviteye veya hareketsizlik türündeki farklılıklar ve fiziksel aktiviteyi gerçekleştirme için kullanılan yöntemlerdeki varyasyonlar nedeniyle büyük ölçüde değişkenlik gösterir. Genetik faktörler, alışılmış fiziksel aktivite ve egzersiz katılımındaki değişkenliğin önemli bir kısmını açıklarken, çevresel faktörler de fiziksel aktivite durumuna güçlü bir şekilde katkıda bulunmaktadır (Kurtuluş, Günay, Çelenk, Cicioğlu, Kesici, 2019). Epigenetik modifikasyonlar, genetik kodla belirlenmeyen, bunun yerine DNA metilasyonu ve kromatin modifikasyonu gibi mekanizmalarla ilişkili kalıtsal değişiklikleri temsil eder. Bu tür kalıtsal değişiklikler epigenetik olarak adlandırılır, nesilden nesile aktarılabilir ve çevresel etkilerle değişebilir. Epigenetik durum, hücre bölünmesi sırasında korunur; çevresel etmenler, beslenme, stres, kimyasal ve radyasyona maruz kalma gibi çeşitli faktörler epigenetik durumu etkileyebilir ve bu değişiklikler genellikle geri dönüşümlü bir süreç olarak kabul edilir (Kurtuluş ve diğerleri, 2019).

2.2.1. Performans Fenotipleri

Gözlemlenen özelliklere fenotip denir; bu, hastalık, protein çeşidi veya diğer gözlemlenebilir özellikleri içerebilir. Elit spor performansı, çeşitli fiziksel özelliklerin, biyolojik doku özelliklerinin, metabolik verimliliğin ve anatomik yapısal özelliklerin birleşiminden kaynaklanır (Başöz, 2002). Performans tipi belirlenirken, bu özelliklerin yanı sıra çevresel faktörlerin etkileşimi de önemlidir, bunlar arasında diyet,

enfeksiyon, sakatlanma, madde kullanımı ve antrenman bulunabilir (Swan, Birnie, Padmanabhan, İnglis, Connell, Hillis, 2003; Şahin, 2005).

Sportif aktivitelerde, fiziksel hareketlerin gerçekleştirilmesinde kuvvet, sürat, dayanıklılık, koordinasyon ve esneklik arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır. Egzersiz sırasında karşılaşılan direncin aşılması kuvveti temsil ederken, bu dirence karşı belirli bir zamandaki performans güç faktörü ile değerlendirilir. Maksimal şiddette yüklenme ve hareket etme sürat faktörünü etkileyen unsurlardır. Dayanıklılık ise zaman içerisinde gösterilen uzun süreli efor direncini ya da tekrar sayısıdır. Bir hareketin gerçekleştirilmesinde sürat, dayanıklılık ve kuvvet özelliklerinden bir veya ikisi baskın olsa da birçok yardımcı biyomotor (denge, çeviklik, koordinasyon vb.) özellikler tarafından etkilenebilmektedir. Kuvvetle dayanıklılığın bileşimi, kassal dayanıklılığı oluşturur. Dayanıklılık ve sürat birleşiminden kaynaklanan süratte dayanıklılık, bazı sporlarda belirleyici bir rol oynayan çeviklik ve eş uyum ile birleşebilir. Çeviklik ve esneklik birleşiminden ortaya çıkan sonuç, jimnastik, güreş ve karate gibi sporlarda hareketliliğin gerçekleşmesini sağlar. Hareketlilik yapılan bir egzersizin süratli, zamanında ve düzenli olarak uygulama yeteneği olarak ifade edilir (Pocock, Eisman, Hopper, Yeates, Sambrook, Eberl, 1987; Şahin, 2005).

Spor branşlarını fizyolojik yüklenme açısından değerlendirmek için temel parametre aktivitenin süresidir. Değişken yoğunluğa sahip spor dallarında antrenman programları, enerji sistemlerinin kapsamlı gelişimini hedefler. Aerobik ve anaerobik dayanıklılığın öne çıktığı sporlarda, önce aerobik dayanıklılık, ardından anaerobik dayanıklılık geliştirilir (Pocock ve diğerleri, 1987; Şahin, 2005).

2.2.2. Genetik Çeşitlilik ve Performans Genotipleri

Genotip, genetik bilginin temelini oluşturan bir terimdir, fenotipi tanımlar. Genotip ve fenotip, belirlenmiş bir gen lokusundaki genetik veriye atıfta bulunan tanımlamalardır. Genler, hücre bölünmesi, organ ve doku farklılaşması, besin enerji dönüşümü, kas kasılması, kemik ve bağ dokuların oluşumu, sinir sistemi işlevi, immün ve endokrin sistem regülasyonu, biyomoleküllerin sentezi, taşıması ve yıkımı gibi çeşitli organizmanın içsel işleyişini düzenler (Booth ve Hamilton, 2000; Çiloğlu, 2001; Murakami, Soma, Hayashi, Katsuta, Matsuda, Ajisaka, Okada, Kuno, 2001).

Genetik, özellikle yeni inceleme metotları, gözlemler ve genetik şifrenin anlaşılması gibi başarılarla biyolojik tıbbın merkezi araştırma alanı olmuş, aynı

zamanda klonlama gibi uygulamalarla sosyal ve felsefi tartışmaların gündemine gelmiştir. Bu ilerlemeler, genetik bilimdeki gelişmelerin yanı sıra egzersiz fizyolojisi alanına da yansımış, modern ders kitaplarında genetik konularına geniş bir yer ayırmıştır (McArdle, Katch, Katch, 2001). İnsanlar yaklaşık olarak 20-25 gende mevcut olan genetik bilgiyi paylaşmaktadırlar ve her bir gen üzerinde birçok farklı özellik bulunmaktadır. Toplumun %1'inden daha büyük kesimde bir varyasyon bulunduğunda, bu durum polimorfizm veya gen varyantı olarak adlandırılır. Polimorfizmlerdeki değişiklikler genellikle çok küçük olup, örneğin bir baz çiftinin değişimi şeklinde ortaya çıkabilir. Bu genetik varyasyonlar, çevresel faktörlerle etkileşime girerek fenotipi belirler. Örneğin, uzun boylu olmaya genetik olarak yatkın bir çocuğun beslenme koşulları, büyüme sürecinde boyunun kısa kalmasına sebep olabilir. Gen değişkenleri içindeki küçük farklılıklar çevre etkileşimleriyle birleşerek bireyleri birbirinden ayıran çeşitli fenotipleri oluşturulabilmektedir. Fiziksel performanstaki çeşitlilik, bu genetik çeşitlilik ve gen-çevre ilişkisi temelinde meydana gelmektedir (McArdle ve diğerleri, 2001; Şahin, 2005).

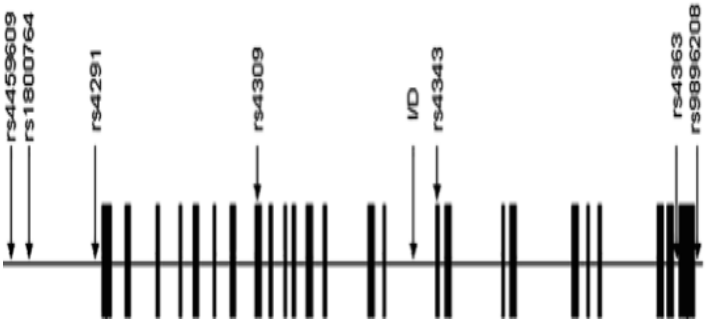
2.3. Genetik ve Atletik Performans İlişkisi

İnsan Genom Projesi'nin başarıyla tamamlanması, genetik bilim alanında önemli bir dönem oluşturmuş ve yaklaşık 20-25 bin tahmin edilen aralıkta, genlerin morfoloji ve işlevlerinin derinlemesine incelenmesine imkân tanımıştır. Bu kapsamlı araştırmaların sonuçları, atletik performansı etkileyen genlerin bazılarının belirlenmesine yönelik önemli adımların atılmasını sağlamıştır. Atletik performansı etkileyen genetik parametrelerin tanımlanması, biyolojik mekanizmaların daha ayrıntılı bir şekilde anlaşılmasına katkıda bulunmuştur. Bu parametrelerin belirlenmesi, bilim dünyasında güncel biyolojik önermelerin oluşturulmasına imkân sağlamıştır ve spor ile egzersiz çeşitlerine genetik eğilimler arasındaki ilişkilerin derinlemesine araştırılmasına yol açmıştır. Bu bağlamda elde edilen bulgular, bireylerin spora olan genetik yatkınlıklarını anlama ve bu doğrultuda daha iyi kişiselleştirilmiş egzersiz programları geliştirme konusunda yeni imkanlar sunmaktadır. İnsan genomun detaylı bir şekilde incelenmesi, biyolojik temelleri anlama konusundaki bilgi birikimini de önemli ölçüde artıracaktır (Ulucan, Sercan, Eken, Ülgüt, Erel, 2016).

Spor genetiği alanındaki çalışmalarda ilk aşama, atletik performans üzerinde potansiyel etkisi olduğuna inanılan ilgili gen veya genetik bölgelerin belirlenmesini içermektedir. İkinci aşama, saptanan bu ilgili genlerin başarılı sporcularda ve sedanter bireylerde farklı spor branşlarını kapsayacak şekilde karşılaştırılmasıdır. Üçüncü aşama ise aday genlerin farklı popülasyonlardaki etkilerinin araştırılmasını içermektedir (Ulucan, Topal, Aksulu, Yaman, Çiftçi, Bıyıklı, 2015).

Günümüzde, insan genomunda atletik performansla ilişkilendirilen tahmini 250 genetik lokus tespit edilmiştir ve bu genetik lokusların bazıları çeşitli popülasyonlarda incelenmiştir (Santos, Pimentel, Budowle, Moura, Pompeu, Silva, 2015). Atletik performansla bağlantılı olduğuna inanılan genlere örnek olarak myostatin, eritropoetin, büyüme hormonu, nitrik oksit sentaz, vasküler endotelyal büyüme faktörü, anjiyotensin dönüştürücü enzim, anjiyotensinojen, monokarboksilat taşıyıcı 1, insüline benzer büyüme faktörü-1, peroksizom proliferatör aktif reseptör, alfa-aktinin-3 gibi genler gösterilebilir. Bu genetik bileşenlerin farklı popülasyonlar üzerindeki etkileri üzerine yapılan araştırmalar, genetik temellere dayalı sporcuya özgü eğitim stratejilerinin geliştirilmesine yönelik bilgi sağlamaktadır (Cerit ve diğerleri, 2006).

Spor genetiği bağlamında en yoğun bir şekilde incelenen genlerden biri, anjiyotensin dönüştürücü enzim (*ACE*) genidir (30). *ACE* geni, 17. kromozomun uzun kolunda (17q23.3) konumlanmış olup, 26 ekzon ve 25 intron içermektedir. Bu gen üzerinde 70'ten fazla polimorfizm rapor edilmiştir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. *ACE* Ekzon ve İntronlarının Şematize Şekli (Çimen ve diğerleri, 2016)

ACE geninin ürünü olan ACE enzimi, peptit yapılı anjiyotensin-I molekülünü katalizleyerek anjiyotensin-II meydana gelmesine neden olur. Anjiyotensin-II'nin oluşumu, sadece sempatik aktivitenin artmasına değil, aynı zamanda aldosteron

salınımının artarak metabolik dengeyi düzenlenmesine ve vazokonstriksiyona neden olur. Bu etkilerin yanı sıra, *ACE* enzimi bradikinin adlı vazodilatör molekülü hidrolize ederek vazodilatasyonu engeller (Yüksel, 2004). Bu süreçler, *ACE* enziminin vasküler homeostazı düzenlemede ve fizyolojik kontrolde önemli bir rol oynadığını göstermektedir.

ACE geninin 16. intronunda yer alan 287 baz çiftlik bir tekrar dizisi (Alu dizisi), genin kısa (delesyonlu, D) ve uzun (insersiyonlu, I) formlarını belirlemektedir. Bu genetik varyasyon, bireylerde DD, ID, II olmak üzere üç ayrı genotipi mümkün kılar. Araştırmalar, genetik özelliklere sahip bireylerin ID ve II genotiplerine göre daha yüksek doku ve plazma *ACE* konsantrasyonlarına ve daha çok metabolik aktivasyon yeteneğine sahip olduğunu göstermektedir (Costerousse, Allegrini, Lopez, Alhenc, 1993).

2.4. Anjiyotensin Dönüştürücü Enzim (*ACE*)

ACE veya kininaz II, renin-anjiyotensin ve kallikrein-kinin sistemlerinin temel enzimi olan bir dipeptidil karboksipeptidazdır. Bu enzim, akciğerde, endotel hücrelerinde, seminal sıvıda ve plazmada yer alır. Molekül ağırlığı, karbonhidrat içeriğine bağlı olarak endotelyal form için 140-160 kDa iken, testiküler formu için 90-100 kDa'dır. *ACE*, anjiyotensin I'i hidrolize ederek vazokonstriktör olan anjiyotensin II'nin oluşumunda görev alırken aynı zamanda güçlü bir vazodilatör olan bradikinin katabolizmasında da etkili olduğu öne sürülmektedir. Anjiyotensin II'nin trombosit kökenli büyüme faktörü (PDGF), transforming growth factor-ß (TGF-ß) ve fibroblast growth faktörlerinin (FGF) ekspresyonunu artırarak düz kas hücre bölünmesini ve büyümesini uyardığı, aterogenezde bu mekanizma ile etkin olduğu bildirilmiştir (Ergen, 2003). *ACE* gen, 17. kromozomun 23. kolunda (17q23) konumlanmış olup, 16. intron içinde yer alan 287 alu baz çiftinin varlığı veya yokluğu, bir insersiyon/delesyon (ID) polimorfizmi oluşturmaktadır (Ergen, 2003).

1990 yılında Rigat tarafından gerçekleştirilen çalışma, *ACE* geninin Southern Blot yöntemi ve ACE cDNA kullanılarak tanımlandığını belirtmiştir (Alvarez, Terrados, Ortolano, İgleisas, Reguero, Batalla, Cortina, Rodriguez, Braga, Coto, 2000). Bu araştırma, *ACE* geninin mendel kalıtımı şeklinde geçiş gösterdiğini ortaya koymuş, ayrıca alellerin plazma *ACE* seviyesi üzerindeki etkilerinin farklı olduğunu göstermiştir. Bu bağlamda, homozigot D aleli (DD) taşıyan bireylerin yüksek *ACE*

düzeylerine sahip olduğu, homozigot insersiyon (II) aleli taşıyanların ise düşük *ACE* düzeylerine sahip olduğu görüşü öne sürülmüştür (Ergen, 2003; Malik, Lavie, Mehra, Milani, 1997).

2.4.1. Anjiyotensin Dönüştürücü Enzim (*ACE)* Gen Polimorfizmi

Anjiyotensin II hormonu, renin-anjiyotensin sisteminin mühim bir bileşeni olup, kalp kası gelişiminde ve arteriyal vazokonstriksiyonda rol oynayan kilit bir moleküldür. Anjiyotensin I hormonunun biyolojik olarak etkin anjiyotensin II hormonuna dönüşümünü gerçekleştiren dönüştürücü enzim ise "ACE" olarak bilinir (Başöz, 2002).

İnsan *ACE* geninde belirlenen bir polimorfizm, *ACE* D varyantında 287-bp uzunluğunda bir ek fragmanın varlığını gösterir. Bu fazla fragmanın ACE aktivitesinin azalmasına yol açtığı bilinmektedir (Folland ve Leach, 2000; McArdle ve diğerleri, 2001).

ACE genetik yapısında insersiyon polimorfizmi taşıyan bireylerin, fiziksel sağlık durumu iyi olan kişilere kıyasla ardışık biceps fleksiyonlarını daha uzun süre sürdürebildiği gözlemlenmiştir. Maksimal iş sırasında insersiyon aleli için homozigot (I/I) olan bireylerin diastolik kan basınçlarının daha düşük seviyelerde bulunduğu ve bu polimorfizmin kardiyovasküler sistemin egzersize yanıtında etkin bir rol oynadığı düşünülmektedir (Folland ve Leach, 2000; McArdle ve diğerleri, 2001; Şahin, 2005).

2.4.2. *ACE* Gen Polimorfizminin Fizyolojik Etkileri

Anjiyotensin I'in organizmanın işlevsel bir yolunun olmamasına rağmen, anjiyotensin II, arteriyoller üzerinden direkt etkileyen güçlü bir vazokonstriktördür. Bunun yanı sıra, renin salınımını doğrudan inhibe eder ve aldosteron salınımını faaliyete geçirir. Anjiyotensin I'in Anjiyotensin II'ye dönüştürülmesi, birçok dokuda yaygın olarak var olan, özellikle akciğerde bulunan dönüştürücü (converting) enzim aracılığıyla gerçekleşir. Anjiyotensin I enzim, vazodilatör kininlerin parçalanmasına ve anjiyotensin II'nin oluşturulmasına neden olur (Brown ve Kem, 1990; Rosendorf, 1996).

Anjiyotensin I hormonunun üretiminde ve fonksiyonunda etkili olan genler arasında yer alan *ACE* geni, anjiyotensin dönüştürücü enzimi kodlar, aynı zamanda

anjiyotensin tip 1 ve tip 2 reseptörlerini kodlayan AT1 ve AT2 genleri bulunmaktadır (Kaysuya, Horiuchi, Koike, Dzau, 1995; Rigat, Hubert, Corvol, Sourbrier, 1992).

Artan bilgiler, anjiyotensin sisteminin miyokard, yağ dokusu, iskelet kası gibi birçok dokuda lokal olarak mevcut olduğunu ve metabolik bir rol üstlendiğini göstermektedir. Bu genler aynı zamanda kardiyovasküler sistemde de ifade edilmektedir. Lokal sistemlerin dokuların metabolik reaksiyonları üzerindeki etkisi, ACE inhibitör tedavisinin uygulaması sırasında miyokard fonksiyonunu ve yaşamı koruma amacıyla nasıl kullanabileceğini ortaya koymaktadır. Renin-anjiyotensin sisteminin genlerinin potansiyel etkisi, kardiyovasküler sistemin egzersize olan adaptasyonu üzerinde kontrol sağlar ve daha genel olarak üst düzey sporcuların oluşumuna katkıda bulunmaktadır (Rigat ve diğerleri, 1992; Şahin, 2005).

Kalp dokusundaki ACE enzim seviyelerinin yükselmesi, yüksek anjiyotensin II seviyelerine yol açar ve dolayısıyla koroner arter hastalıklarına neden olabilir (Bristow, Reynolds, 1992). Ancak delesyon aleli için homozigot bireylerdeki egzersiz sonrasında atrial natriüretik peptit (ANP) seviyelerinin arttığı gözlemlenmiştir. Bu durum, kalpte sodyum düzeyini artıran peptidin arttığını ve kardiyovasküler sorunların potansiyel oluşma riskinin yükseldiğini göstermektedir (Folland, Leach, 2000; McArdle ve diğerleri, 2001). İnsan doku yapılarında, özellikle iskelet kaslarında, lokal renin-anjiyotensin sistemlerinin keşfedildiği ve bu sistemlerin metabolik fonksiyonlara sahip olabileceği yönünde yeni bulgular vardır (Booth ve Hamilton, 2000).

2.5. *ACE* Geni ve Metabolik Performans

ACE genotipinin kas liflerinin metabolik yapısı ve agiotensin II'nin RAS'ın metabolik verimlilik üzerindeki etkisi düşündürücüdür. Delta verimlilik, kas gücü dönüşümü ile enerji dönüşümü arasındaki değişimi orantılar. Kas çalışması için geçerli bir metabolik verimlilik ölçütü olan delta verimlilik, antrenman programları ve *ACE* genotipi gelişimiyle yakından ilişkilidir. II genotipinde sahip bireylerde delta verimliliği artarken, DD genotipinde delta verimliliği düşer. Yüksek RAS aktivitesi, metabolik verimlilikte azalmaya sebep olabilir (Montgomery ve Payne, 2003).

2.6. Kas Fonksiyonunda *ACE* Geni

İskelet kasındaki ACE varlığı, ilk kez ACE kas aktivitesinin serum ACE ile ilişkisi olmadığını gösteren biyopsi örneği incelenmesiyle belirlenmiştir (Lithel ve Reneland, 1994). Ratlar ve köpekler üzerinde yapılan iskelet kası hücre membranlarının incelenmesi sonucunda ACE varlığı tespit edilmiştir (Dragovic, Minhall, Jackman, Wang, Erdos, 1996). İskelet kası miyoblastlarının ACE aktivitesi sergilediği ve tavşan iskelet kası membranlarının Ang II üretiminin yanı sıra ACE'nin bradikinin (BK) yıkımında rol oynadığı gösterilmiştir (Ward, Russell, Vaghy, 1995). Bu durum, lokal ACE'nin kas fonksiyonunu belirlemede önemli bir rol oynamaktadır (Vicaut, 1993). *ACE* gen ekspresyonundaki değişimlerin Ang II üretimini ve BK yıkımına etki etmesi beklenir. *ACE* gen ekspresyonu değişken bir nitelik gösterir ve bu seviye, *ACE*-mRNA transkriptlerinin sayısı ile tanımlanır. *ACE* gen ekspresyon düzeyi, aynı zamanda kas fibril alanı, damarsal düz kas ve kapiller yoğunluk ile ters ilişki sergiler (Schaufelberger, Drexler, Schieffer, Swedberg, 1998).

2.7. *ACE* Geni ve Atletik Performans

Plazma *ACE* düzeylerinin belirlenmesinde kritik bir rol oynayan *ACE* geni, 17. kromozomda (17q23) konumlanmış olan 21 kilobazlık, 26 ekzon ve 25 introndan oluşan bir genin belirleyicisidir. Bu genin yaygın bir mutasyonu, 287 baz çifti insersiyon/delesyon polimorfizmidir ve bu polimorfizm DD, ID ve II alellerini içerir, *ACE* geninin 16. intronundaki 287-bp'lik fragmanın varlığı veya yokluğu, serum *ACE* seviyelerinde önemli değişikliklere neden olur ve insersiyon (I aleli) ile delesyon (D aleli) polimorfizmini oluşturur (Sona ve diğerleri, 2001). Serum ve doku örneklerinde en yüksek *ACE* düzeyleri, genellikle *ACE* geni D aleli homozigot bireylerde (DD genotipli) gözlemlenirken, en düşük *ACE* düzeyleri genellikle *ACE* geni I aleli homozigotlarda (II genotiplilerde) görülmüştür (Danser, Schalekamp, Bax, Saxena, Reigger, Schunkert, 1995; Sona, Sharp, Knapik, Cullivan, Angel, Patton, Lilly, 2001).

ACE geninin serum ACE seviyeleri üzerindeki etkileri ve damarsal uyumla ilişkili maddelerin metabolizmasında yer alması nedeniyle, *ACE* I ve D polimorfizmlerinin bireylerin aynı antrenmana farklı tepkiler vermesini açıklayabileceği düşünülmüştür. Yüksek *ACE* aktivitesi, Ang II üretiminin artmasına sebep olur. Bu durum, vazokonstriksiyonun artmasına bağlı olarak doku kanlanmasını azaltabilir (Rigat ve diğerleri, 1992).

Egzersize adaptasyon, kan damarlarının performansıyla yakın ilişkilidir. Düzenli yapılan antrenmanın ardından, kan damarları egzersiz sırasında daha rahat bir şekilde genişleme ile kaslara daha fazla kan akışı sağlar. Hızlı kan akışı, kas liflerine geniş bir oksijen akışı sağlar. Bu vasküler genişleme süreci, damar endotel hücreleri tarafından salgılanan nitrik oksit (NO) ile düzenlenir. NO, vazodilatasyonu başlatarak, egzersiz esnasında kas hücrelerine yeterli miktarda kan akışını sağlar. Nitrik oksidin (NO) sentezinden sorumlu olan nitrik oksit sentaz enzimi (NOS), nitrik oksit sentaz geni tarafından düzenlenmektedir. Egzersiz sırasında endotelyal fonksiyonun gelişim mekanizması tam olarak açıklanmamış olmasına rağmen, NO'in endotelyal NOS gen ekspresyonunun artması, VEGF'nin neden olduğu anjiyogenez ve antioksidanların artışının NO inaktivasyonunun azaltması gibi faktörlerin etkisiyle NO üretimi artar. Bu faktörler arasında süper oksit dismutaz (SOD), glutatyon peroksidaz (GPO) gibi antioksidanların artışı ve nikotinamid adenin, dinükleotid/nikotinamid adenin, dinükleotid fosfat (NAD/NADPH) oksidaz aktivitesi bulunmaktadır (Higashi ve Yoshizumi, 2004).

D aleli taşıyan bireylerdeki artmış *ACE* aktivitesinin, bradikinini azaltarak NO salınımını etkileyebileceği ancak DD genotipine sahip bireylerdeki artan Ang II üretiminin ve buna bağlı olarak NADH/NADPH oksidaz aktivitesindeki artışın süperoksit konsantransyonunu artırarak NO üretimini azaltabileceği belirtilmiştir (Harrison, 1997). Bu nedenle, *ACE* DD genotipli bireylerde artan vazokonstriksiyonun kas dokusuna yeterli kan akışını sağlayamayabileceği ve bu durumun, bu bireylerde maksimum oksijen tüketimindeki gelişimin ve dayanıklılık performansının düşük olabileceği hipotezi öne sürülmüştür. *ACE* geninin I aleli, dayanıklılık performansı ile ilişkili olabileceğini gösteren bulgular mevcuttur (Myerson, Hemingway, Budget, Martin, Humphries, Montgomery, 1999). Elit mesafe koşucuları ve dağcılarda, I alel frekansının yüksek olması, kas hücrelerinde enerji maddelerinin serbest bırakılma veya kullanma mekanizmalarını artırma potansiyeli taşıdığı düşünülmektedir (Montgomery ve diğerleri, 1998).

2.8. Atletik Performans Parametreleri

2.8.1. Kuvvet ve Dayanıklılık

Kas ve iskelet sistemi, dirence karşı koyabilme ve dirence maruz kaldığında direnç oluşturabilme kapasitesini "kuvvet", aynı zamanda herhangi bir dirence karşı tekrarlı yüklenmeler gerçekleştirme yeteneğini de "kuvvette dayanıklılık" olarak adlandırır (Prentice, 2004). Maksimal kuvvet, bireyin 'bench press' ya da 'back squat' gibi egzersizlerde, hareketin formunu koruyarak gerçekleştirebildiği en üst düzeydeki kuvveti ifade eder. Bu, bireyin belirli bir egzersizde bir tekrarda kaldırabildiği maksimum ağırlıkla ölçülebileceği gibi, izometrik bir platforma karşı oluşturulan kuvvetin elektronik sistemler aracılığıyla veya izokinetik sistemlerde belirli bir hıza karışı gerçekleştirilen maksimal eforla nicelleştirilerek test edilebilir (Haff ve Triplett, 2015). Kuvvet dayanıklılığı değerlendirildiğinde, sporcu üzerine 'chin-up', 'paralel bar dips', 'push-up' gibi egzersizleri maksimal tekrar sayısında gerçekleştirebilme yeteneği incelenir. Ayrıca, belirli bir ağırlığı maksimum seviyede kaldırabilme veya izokinetik sistemde yüksek hızda gerçekleştirilen tekrar sayısını artırarak elde edilen kassal iş, kuvvet dayanıklılığı ölçümlerine katkı sağlamaktadır (Haff ve Triplett, 2015).

2.8.2. Hız ve Güç

Çeşitli spor branşlarında gerekli olan hareketleri etkili bir şekilde yerine getirmek için, bireyin güçlü ve hızlı olması önemlidir (Allergeiligen, 2000). Birim zamanda üretilen kuvvet miktarındaki artış, gücün arttığını gösterir. Herhangi bir spor branşı için, sporcu tarafından üretilen gücün kapasitesi, atletik performans üzerinde doğrudan etkili olan önemli bir faktördür (Mastropaolo, 1992). Maksimal güç, bireyin en kısa sürede kaldırabileceği maksimum ağırlığı ifade eden bir kavramdır. Bu parametre, maksimal kuvvetten farklı olarak sürenin ve çabukluğun öncelikli olduğu patlayıcı egzersizlerle, örneğin 'snatch', 'power clean', 'push jerk', sıçrama yüksekliği ve kassal seviyede izokinetik sistemlerle ölçülebilmektedir. Bu bağlamda, hareketin süresi ve çabukluğu önem arz etmektedir (Haff ve Triplett, 2015).

2.8.3. Çeviklik

Spora özgü uyarılara karşı vücudun, ani bir şekilde hızını veya yönünü değiştirme yeteneği, çeviklik olarak adlandırılmaktadır. Bu kavram, yön değiştirmedeki reaksiyon hızı ve kognitif tepkiler olmak üzere iki temel bileşen içerir (Sheppard ve Young, 2006). T testi gibi yöntemlerle, 505 çeviklik testi, arrowhead agility drill testi, 30 metre sprint performans testi gibi çeşitli testlerle ölçülebilir. Ayrıca, izokinetik dinamometrede gecikme zamanı ve karşılıkla gecikme parametreleri gibi nicel ölçümlerle değerlendirilebilir (Haff ve Triplett, 2015).

2.8.4. Hız ve İvmelenme

Birim zamanda kat edilen mesafe, hız olarak adlandırılmaktadır. Sprint örneğinde, kısa mesafelerdeki hız, özellikle başlangıçtan 10 metre gibi kısa mesafede ivmelenme olarak değerlendirilirken, 40 metrelik bir mesafe maksimal hız ölçümü için uygun bir mesafedir. Hız testlerinin 100 metreden daha kısa bir mesafede gerçekleştirilmesi, enerji yolakların kapasitesini yansıtabileceği için sadece hız ölçümü açısından değil, aynı zamanda enerji kapasitesi bakımından da önemli bir noktayı ortaya koyar (Haff ve Triplett, 2015).

2.9. Yetenek Seçim İlkeleri

Yeteneği tanımlamak, onu geliştirmekten daha zorlu bir süreçtir. Howe ve diğerleri (1998) tarafından yapılan çalışmada, yeteneğin kısmen doğuştan geldiği, nispeten belirli bir alana özgü olduğu, sadece az sayıda bireyde bulunan ve kısmi olarak gelişimin başlangıç aşamasında tanımlanabilen nadir bir performans olduğu öne sürülmüştür (Howe, Davidson, Sloboda, 1998). Eğer çocuklardaki yetenek belli bir düzeyde tanımlanabilirse, yetenek tanımlama programları potansiyel sporcular daha erken tespit edebilir, doğuştan gelen yetenekleri göz önüne alarak uygun alanlara yönlendirebilir ve özel eğitim için daha fazla fırsat sunarak gelecekteki performanslarında gelişme sağlayabilir. Olimpik seviyede başarı için gereken minimum 10.000 saat antrenman ya da tekrar seviyesine ulaşma sınırı, özel antrenmanın uzun yıllar boyunca gerekli olduğunu ifade etmektedir (Ericsson, Krampe, Tesch-Römer, 1993). Erken yetenek belirleme ve seçme, birçok spor disiplini için dünya genelinde kurumsallaşmış bir süreç haline gelmiştir. Atletik performans ulusal veya kültürel değerlerle önemli hale geldiği bir ortamda, spor yönetim organları,

sponsorlar ve antrenörler, sınırlı kaynaklarla gelecekteki sporcuları eğitmek amacıyla belirli bir spora ilgi gösteren gençleri belirlemek için çaba sarf etmektedir. Birçok ülkenin tüm spor disiplinlerinde gelecekteki şampiyonları üretme hedefiyle genç sporcuları tanımlama ve geliştirme araçlarına sahip oldukları, bu alandaki araştırma ve geliştirme projelerine büyük önem verdikleri bilinmektedir (Ericsson, Krampe, Tesch-Römer, 1993).

Genellikle, atletik yetenek tanımlaması, morfolojik ve motor özellikler, psikolojik faktörler ve spora özgü faaliyetlerdeki performans yeteneğine odaklanır. Farklı spor disiplinlerinde çeşitli stratejilere dair birçok makale yayımlanmıştır. Fakat, araştırmacılar, başarının temel anahtarının disiplinin kusurlu doğasını da kabul etmektedir (Lenoir, Vaeyens, Philippaerts, Williams, 2008). Erken yaşta yetenek seçimi, gelecekteki sporculara spora özgü etkinliklerde yeterli eğitim süresi sağlamak amacıyla önemli görülmektedir. Ancak, çocukların fiziksel ve psikolojik gelişimi doğrusal olmayan bir süreç izlendiğinden, yetenek tanımlama programlarının başarısı için önemli bir zorluk arz etmektedir (Abbott, Button, Collins, Pepping, 2005). Farklı yaş grupları incelendiğinde, bireylerin yaşlarına uygun akranlarına kıyasla özellikleri, vücut oranları, psikolojik davranışlar, motor becerileri gibi her bir özellikte bireye özgü doğrusal olmayan gelişimsel süreçleri takip etmektedir. Bu nedenle, yetenek tanımlama programları, gençliği geniş bir zaman diliminde takip eder ve performansın mevcut durumunu değil, gelecekteki performans potansiyelini belirlemeye odaklanarak psikolojik ve fiziksel faktörlere vurgu yapar (Abbott ve diğerleri, 2005). Ortalama yetenek tanımlama uygulamalarındaki zorluklar, genetik teknolojilerin seçim aşamasına eklenmesiyle daha belirgin hale gelmiştir. Başarılı bir yetişkin sporcunun özelliklerinin en azından bir kısmı genetik olarak belirlenirse, bu genetik faktörlerin gençlerde tanımlanması süreci, olumsuz beklentilerin azaltılmasına yardımcı olabilir. Morfoloji veya çeviklik testlerine dayalı performans değerlendirmeleri, genetik teknolojilerle yapılan seçimden önemli ölçüde farklı olmasa da her ikisi de gelecekteki başarı olasılığını küçük bilgi parçalarına dayanarak tahmin etmeye çalışır. Performans eşiğini karşılayan veya genetik profiline sahip sporcular, potansiyellerini daha da geliştirebilmek için özel eğitim fırsatlarına katılmak üzere seçilirler. Temel genetik bilgiler, atlet seçiminin stratejisini daha ölçülebilir hale getirmeye çalışmaktadır. Seçkin atletik performansın genetik faktörlerle ne ölçüde etkilendiği üzerinde durulması gereken temel bir konudur.

Yetenek avcıları, gelecekte başarıya ulaşma potansiyeli olan genç yetişkin sporcuların özelliklerini belirlemeye çalışırken, yıllar boyunca özel eğitimlerle geliştirilen ve rafine edilen özelliklere odaklanmaktadır. Yetişkin elit bir sporcunun sahip olduğu birçok özellik, antrenmansın bir çocukta doğrudan gözlenemeyeceğinden, gelecekteki özelliklerin tahmini ve gelişim potansiyeli, genetik bir seçim programının temek fikirlerini oluşturur (Abbott ve diğerleri, 2005).

Genler, sinyal yolları ve biyokimyasal reaksiyonlarla etkileşime giren kompleks ağlar içinde düzenlenir ve her biri sonuca özgü öngörülemezlik gösteren sinyal yolakları içerir. Gen transkripsiyon ve translasyon süreçleri belirli bir hücresel sinyal olayı için öngörülebilir sonuçlar doğurabilir, ancak bu olayın spesifik zamanlaması ve nihai sonucu belirsizdir. Bu nedenle, doğru genler ve elverişli ortam dahi, hücresel girişiminin rastlantısallığı sebebiyle maksimum gelişmeyi sağlamak için tek başına tatmin edici olmayabilir (Baker ve Davids, 2007). Sonuç olarak, fizyolojik, motor veya psikolojik özelliklere katkıda bulunan belirli genetik faktörleri ortaya koyan genetik çalışmalar, geniş birey grupları üzerinde yapıldığında, söz konusu özelliklere katkıda bulunan belirli bir faktörün bir popülasyondaki olasılığı hakkında bilgi sağlayabilir. Ancak, bir sporcu için önem derecesi, gözlemlenen birden fazla sporcu örneğinden daha değişken olacaktır. Bu nedenle, genotip XX'a sahip bireylerin bir grup elit dayanıklılık atletinde daha büyük bir oranda bulunması beklenirken, genetik etkilerin karmaşıklığı nedeniyle YY genotipe sahip sporcuların bu grupta her zaman bulunmayabileceği unutulmamalıdır (Baker ve Davids, 2007).

Mikro dizi tabanlı gen düzenleme teknolojilerinin ortaya çıkması, genetik tarama olasılığını genel olarak genoma yönelik kapsamlı bir şekilde arttırmıştır. Atletik performans alanında ise, genetik tarama teknolojisinin anlayışı daha da gelişmiştir. Birçok genin performans özellikleri altındaki genetik faktörleri belirleme çabaları, performansla ilişkilendirilen özelliklerle geçici olarak bağlantılı olabilir; ancak eğer varsa, adlandırılabilecek kesin bir düzeye ulaşmak için çalışmalar devam etmektedir (Baker ve Davids, 2007).

Genetik testler aracılığıyla yapılan sporcu seçimi, yanıltıcı ve ayrımcılık düzeyine sahip olabilir. Genetik etkileşimin kompleks yapısı, bazı "nedensel" genlerin farklı bireylerde az veya çok önemli olabileceğini gösterir. Bu durum, eşsiz genetik profili olan bireylerin elit statüyü engellemediği, bazı bireylerin genetik bilgi temelinde seçilebilecekleri ancak gerçekte spor mükemmelliği elde edemeyecekleri ve

aynı zamanda diğer bireylerin gerçekte spor katılımından seçici olarak çıkarılabileceği bir sonuca yol açabilir (Munthe, 2002). Bu riskler, mevcut yetenek seçim programlarına dayalı kapsam ve istisnalardan ayrı değildir; ancak, mevcut programların genetik profili bireysel kontrolün ötesinde olduğu durumlarda, bireyin çeşitli görevleri başarma zorunluluğu açısından benzersizdir. Bazı etik endişeler ise daha geniş bir toplumsal düzeye odaklanmaktadır. Genetik seçim, belirli bir spor dalında üstün başarı olasılığı en yüksek olan bireyleri seçerek ortaya çıkabilecek genetik farklılıkları en aza indirme çabalarını, çıtayı daha da yükseltme olarak değerlendirilir (Munthe, 2002).

Genetik tarama yöntemlerinin, yetenek belirleme uygulamalarının bir bileşeni olarak doğal avantajları veya yetenekleri tanımlayıp tanımlayamayacağı önemlidir. Gelecekte, belirli fizyolojik, motor ve psikolojik özelliklere ait genlerin belirlenmesi mümkün olabilir; fakat, bu faktörlerin çocukluk döneminde tanımlanmasının, başarılı bir atlet tanımlamasına ne ölçüde katkı sağlayabileceği henüz kesinleşmemiştir. Elbette, uygun genetik profillere sahip sporcuların doğru antrenman uygulamalarıyla etkileşime girmesi, daha yüksek performans seviyelerine ulaşma olasılıklarını artırabilir. Ancak, muhtemel genetik ve çevresel faktör kombinasyonlarının, elit düzey performansa yol açma potansiyeli büyük ve genellikle öngörülemezdir. Belirtilen parametreler (genetik, çevre ve yaşam biçimi), genetik taramanın bir yetenek tanımlama uygulamaları içindeki kullanışlılığını kısıtlayabilir. Yalnızca 10.000 kişiden birinin elit seviyedeki spor başarısına erişebileceği bir durumda, genetik değerlendirmenin, mevcut yetenek tanımlama yöntemlerinden daha etkili bir şekilde bu özel bireyi tanımlama şansı oldukça iyimser görünmektedir (Munthe, 2002).

Genetik tarama, çekirdek yetenek, doğuştan gelen yetenekler, ebeveyn desteği ve antrenman ile performans fırsatlarının arasındaki olağan bağlantıları ayırt etme potansiyeline sahiptir (Gardner, 1988). Ebeveynler, antrenörler, sponsorlar ve yönetim organları, başarı potansiyeli olan bireylerin mümkün olan en erken aşamada tanımlamaya çaba sarf ederler, çünkü başarının temelinde nitelikli eğitim ve gerekli kaynaklara erişim bulunmaktadır (Baker ve Davids, 2007). Ancak, sporcular genellikle daha erken dönemde spora özel antrenman ve özelleşme yoluna girmenin, gelecekteki başarı şansını arttıracağı yanılgısına düşebilirler. Bu erken özelleşme yalnızca negatif sonuçlara değil, diğer yandan ileriye yönelik başarı için bu tür bir

özelleşmenin ne kadar gerekliliğini sorgulamaya açık olduğu konusunda da tartışmalar bulunmaktadır. Genetik bilgiler, sporla ilişkilendirilen atletik performansı değerlendirmede yol gösterici olabilir ve sağlıklı yaşam için spor yapar bireylerin egzersiz planlarını düzenlemede etkili olabilir. Sonuç olarak, bireylerin kişisel ilgi ve zevkleri, çaba sarf etme ve motivasyonlarını etkilemede önemli bir rol oynayabilir. Sporla ilgili antrenman ve yarışmalara uygun olan kişisel duygu durumu reaksiyonları veya motivasyon seviyeleri, yetenek tanımlama programlarında genetik taramanın kullanımını en güçlü şekilde destekleyen faktörlerdir (Baker ve Davids, 2007).

Bir spor etkinliği sırasında bir araya gelen bir dizi yabancı faktör, bir rakibin diğerinden üstün olduğu varsayımı altında bile, ideal genlerin bir sporcu üzerinde etkili olabileceği gerçeğini ortaya koyar. Atletik performans gelişim sürecinde mükemmelliği açıklarken, eğitim, motivasyon, çevresel etkenler gibi faktörlerin karmaşıklığı dikkate alınmalıdır. Uzun bir dönem boyunca devam yoğun, branşa özgü antrenman gerekliliği sebebiyle, genetik veri kaynakları en fazla kişinin ileriye dönük performans başarısının bir kesimini ifade edebilir (Baker ve Davids, 2007).

2.9.1. Atletik Performansı Ortaya Çıkaran Genetik Testler

Müsabık genç sporcuların ve rakip sayısının sürekli olarak artması, atletik performans içinde rekabet ortamını giderek daha zorlu bir hale getirmiştir; bu durum, sadece üstün yeteneklere sahip olan bireylerin elit statüye ulaşmayı umut edebileceği bir noktaya kadar ilerlemiştir. Seçkin ya da elit sporcuların muhtemelen ilgili sporcunun morfolojik, fizyolojik, metabolik, motor, algısal, biyomekanik ve kişilik belirleyicileri açısından olumlu bir profil taşıdığı düşünülmektedir. Bu seçkin sporcuların, antrenmanlarının ve egzersiz uygulamalarını devamlılık prensiplerine uygun olarak sürdürmeleri ve aynı zamanda oldukça duyarlı bireyler olmaları gerekmektedir. Bu bağlamda, potansiyel seçkin sporcuların tanımlanması için iki ana yöntem bulunmaktadır: İlk olarak, sedanter ve antrenmanlı bireyler üzerinde uygulanan yüklenmelere verilen bireysel yanıtların değerlendirilmesi, ikinci olarak ise yetenek durumlarının laboratuvar veya saha testleri gibi yöntemlerle ölçülmesidir. Temel performans ölçümü olarak VO2max gibi faktörler, bireylerin spor performans potansiyelini belirlemede kullanılabilir. Diğer bir güçlü yöntem ise sporcunun antrenmanlardan önce performans yeteneğinin ölçülmesidir, ki bu muhtemelen daha etkili bir ölçüm yöntemidir. Genetik belirteçler paneli, hangi bireylerin antrenmana

yüksek yanıt verebileceğini belirlemede kullanılabilir ve bu sayede zaman içinde daha yüksek performans gösterme olasılığını tahmin etmede yardımcı olabilir. Yetenek seçimi aşamasında temel kriter, antrenmana yanıt verme olasılığı yüksek olan sedanter bireyleri belirleyip optimal performans özelliklerine sahip sporcuları seçebilmektir (Bulğay ve Ergün, 2023).

Elit sporcular, sportif performansın maksimum düzeye çıkarılması için tüm önemli dokuları, organların ve sistemlerin en üst düzeyde verimlilikle çalışmasını sağlamak amacıyla özenle planlanmış antrenman programlarına tabi tutulmaktadırlar. Özellikle olimpik branşlar ve benzeri sportif etkinliklerde, motor gelişim, koordinasyon, ritim, denge, çeviklik gibi yanında fosfojenlerin etkili kullanımı, aerobik (solunum ve dolaşım sisteminin geliştirilmesi) ve anaerobik kapasitelerin (kas gücü, kuvvet ve dayanıklılık) progresif yüklenme prensibi çerçevesinde optimal düzeye ulaştırılması hedeflenir. Bu antrenman uygulamaları ve yüklenmeler, atletik başarının temelini oluştururken, fiziksel performans düzeyini belirleyen faktörler arasında yalnızca bir bileşen olduğunu anlamak önemlidir. Bununla birlikte, atletik başarıyı etkileyen bir dizi diğer parametre arasında yaşam biçimi, epigenetik faktörler, motivasyon, aile ve çevre ilişkileri, beslenme ve antrenörün bilgi ve deneyimi gibi unsurlar yer almaktadır. Bu faktörlerin yanı sıra, genetik varyasyonun, sporcularda gözlemlenen farklılıkların önemli bir belirleyicisi olduğu, ancak henüz yeterince anlaşılmamış bir alan olduğu da göz önüne alınmalıdır (Cerit, 2022).

Genetik mirasın sportif başarı üzerindeki etkisi, dışsal etkenler, kişisel yaşam tarzı, antrenman uygulamaları, yüklenmelerin alanı ve yoğunluğu, sinir kas koordinasyonunun gelişimi (kas içi ve kaslar arası koordinasyon), dengeli beslenme ve etnik çeşitlilik gibi unsurlarla etkileşime girdiğinde, bireysel evrim veya varyasyonlar ortaya çıkabilir. Bu parametreler dikkate alınarak, performans artışı ve atletik başarıyla ilgili genel tahminlerde bulunabilir. Ancak, önemli olan sadece sahip olunan genlerin varlığı değil, aynı zamanda bu genlerin nasıl tetiklendiği veya değerlendirildiğidir. Kaliteli antrenman ve nitelikli antrenör gibi temel unsurlar, başarıya ulaşmada vazgeçilmezdir; ancak birincilik kürsüsüne çıkanlar genellikle en ideal genlere sahip olanlardır (Guth ve Roth, 2013; Yamak, Yuce, Bagci, Imamoglu, 2015).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Araştırmanın Türü

Araştırmanın, ön test-son test analitik model kullanılarak yapılması tasarlanmıştır.

3.2. Araştırmanın Yapıldığı Yer ve Zamanı

Ölçümler Maden Tetkik Arama (MTA) Spor tesislerinde uygulanmıştır. Gönüllüler, Ekim 2023 ve Haziran 2024 tarihleri arası araştırma programına dahil edilmiştir.

3.3. Araştırmanın Evreni ve Örneklem

Araştırma grubu, Lokman Hekim Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi'nde öğrenim gören 19-24 yaş arası, sağlıklı, sigara kullanmayan, taekwondo sporu yapan 39 erkek öğrencinin gönüllülük esasına dayalı olarak oluşturulmuştur. Güven seviyesi %95, hata payı 0,05'e göre örneklem sayısı toplam 35 olarak tespit edilmiş (Çıngı, 1994).

3.4. Araştırmanın Değişkenleri

Araştırma, gen tipi, cinsiyet, yaş durumu ve vücut ağırlığı gibi bağımsız değişkenlerin, fiziksel aktivite düzeyleri ile fiziksel performans test değerleri gibi bağımlı değişkenlere olan etkilerini sistematik bir şekilde incelemiştir.

3.5. Araştırma Materyali ve Veri Toplama Araçları

Araştırmaya gönüllü olarak katılmak için başvuru yapan öğrencilere gerekli bilgilendirmeler yüz yüze yapılmış ve ''Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formu'' okutularak imzalatılmıştır (Ek- 1). Yapılan araştırmanın evrenini, Spor Bilimleri Fakültesi öğrencilerinden oluşan 19-24 yaş arası taekwondo sporu yapan 39 erkek öğrenciden oluşmaktadır. Güven seviyesi %95, hata payı 0,05'e göre örneklem sayısı toplam 35 erkek öğrenci, gönüllülük esasına dayalı olarak tespit edilmiştir. Araştırma kapsamında, ön testin 08 Nisan 2024, son testin ise 20 Mayıs 2024 tarihinde uygulanmıştır. Verilerin toplanması ve analiz etme aşamaları sorumlu ve yardımcı araştırmacı tarafından yapılmıştır. Araştırmada katılımcılara bir hafta öncesinden

ölçüm prosedürü ve çalışma hakkında bilgi verilerek, ölçüm öncesinde katılımcılara Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formu okutularak imzalatılmıştır. İlk test sabahı gönüllülerle bir araya gelinmiş tüm gönüllülerden DNA analizi için ağız sürüntüsü örnekleri alınmıştır. Ölçümleri alınan gönüllülere, gönüllülere, anaerobik performans seviyelerinin ölçülmesi maksadıyla başlangıçta ve 6 hafta sonunda (ön test- son test) arrowhead çeviklik yetenek testi ve 30 metre sürat koşusu (30 metre sprint) testi uygulanmıştır. Katılımcılardan fiziksel performans testine başlamadan en az 2 saat önce kahvaltılarını yapmaları istenmiştir. Testlerden 24 saat öncesinden başlayarak kafeinli ve/veya alkollü içecek tüketmeleri yasaklanmıştır. Katılımcılara haftada 3 gün (tek seans 75-90 dk) toplam 6 microcycle (6 hafta) kondisyon geliştirici anaerobik/aerobik eşik (uzun süreli tempolu koşular) ve kassal dayanıklılık (circuit antrenman) antrenmanları yapılmıştır.

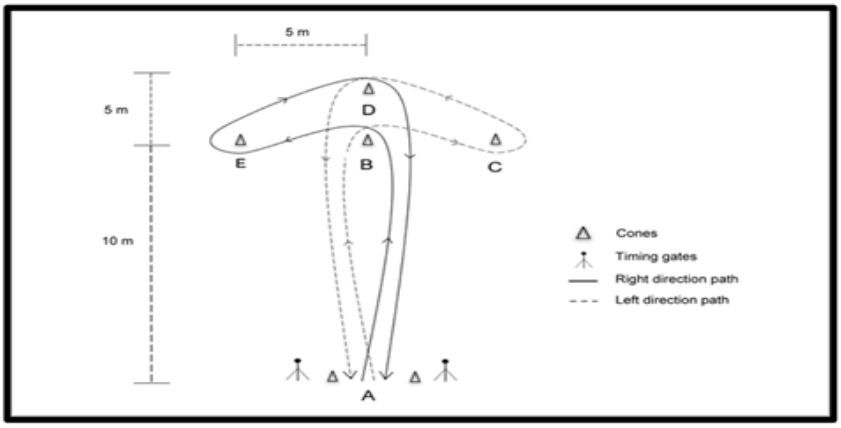
3.5.1. Ağız Sürüntü Örnekleri

Araştırmaya katılan gönüllülerden *ACE* gen polimorfizmi analizi için eküvyon çubuğu ile ağız içi epitel dokudan sürüntü (Buccal Swap) örnekleri alınmıştır. Besiyersiz eküvyon çubuğu, yüksek mukavemete dayanıklı, kırılmaz polipropilen tüp içerisinde, pamuk uçlu plastik çubuktan oluşmaktadır. Besiyerli çubukların aksine içerisinde bakterinin çoğalması için besiyer bulunmamaktadır. Gönüllülere ‘’Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formu’’ (**EK-1**) imzaları alınacaktır. Gönüllülerden 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 birliği ile yapılmıştır. Laboratuvara gönderilen örneklerin DNA izolasyonları gerçekleştirilecektir. *ACE* gen polimorfizmleri Real Time PCR yöntemiyle yapılmıştır.

3.5.2. Arrowhead Çeviklik Testi

Futbola özgü çeviklik testi olarak kabul edilen Arrowhead testi, başlangıç noktasının bir metre gerisinden başlayıp fotoselden geçilerek sürenin başlaması, 10 m sonra A noktasından 5 metre sağ ve solda bulunan D veya C noktasına dönüş, A noktasının başlangıç noktasına göre 5 metre daha ilerisinde bulunan B noktasından dönüş ve başlangıç noktasından ikinci kez geçilerek fotoselin durdurulmasını kapsamaktadır. Performansın ölçülmesi ve gelişiminin planlanması açısından çeviklik

testi oldukça önemlidir. Testi uygulamak için sadece fotosel ve huni yeterlidir Katılımcı, test prosedürünün bir parçası olarak önceden tanımlanmış bir başlangıç çizgisinin (A) arkasında başlangıç pozisyonunu almıştır, sonrasında ise istediği zaman çıkışını yapmıştır. Katılımcı ortadaki huniye kadar sprint attıktan sonra (C) veya (E) hunisinin arkasından bir dönüş yapacak ve uzak koniye (D) ye doğru ilerleyecek, daha sonrasında ise tekrar başlangıç noktasına varıp testini tamamlamıştır. Katılımcının testi tamamladığı süre saniye (sn) cinsinden kaydedilmiş ve veri formuna işlenmiştir. Katılımcı, toplam 4 adet 2 kere sağ 2 kere sol taraf olmak üzere testini tamamladığında test geçerli sayılmıştır. Katılımcılar, testlerden önce genel (orta hızda beş dakika koşma, ardından üç dakika aktif alt ekstremite germe) ve özel egzersizler (test edilen egzersizden daha düşük seviye) gibi geleneksel ısınma egzersizlerini tamamlamışlardır. Katılımcılara testleri gerçekleştirmeden önce ısınmadan sonra dinlenmek için üç dakika süre verilmiştir. Katılımcılar haftada 3 gün (bir ünite/90 dk) kondisyon geliştirici anaerobik/aerobik eşik (uzun süreli tempolu koşular) ve kassal dayanıklılık (circuit antrenman) antrenmanları yapmışlardır.

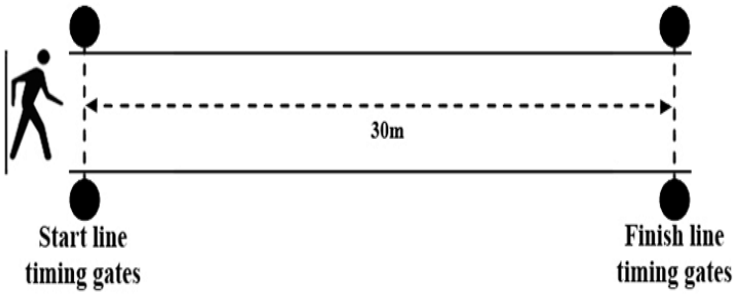


Şekil 3.1. Arrowhead Çeviklik Testi (Joo, 2016)

3.5.3. 30 Metre Sürat Koşusu (30 Metre Sprint) Testi

Katılımcılar Arrowhead testi sonrası tam dinlenme (5 dk) uygulanmış olup ardından 30 metre sürat koşusu testine alınmıştır. Katılımcıların, 30 m sürat koşusu testleri Newtest, Finland marka fotoselli kronometre cihazı ile ölçülmüştür. 0–30 m arasına kurulan fotoselli kronometre ile katılımcıların bu mesafeyi koşma süresi ölçülmüştür. İki denemeden en iyisi saniye (sn) olarak kaydedilmiştir. Koşuya başlangıç noktasında yüksek çıkış pozisyonu alan katılımcının, hazır komutundan

sonra kendisinin fotoseli harekete geçirmesi ve varışta fotoselin otomatik olarak durmasından alınan sonuç sn cinsinden kaydedilmiştir.

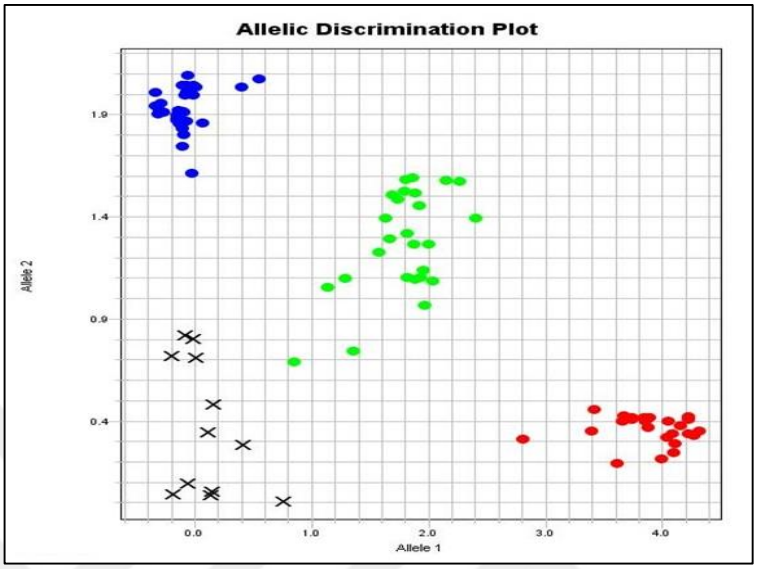


Şekil 3.2. 30 Metre Sürat Koşusu Testi (Kaçoğlu ve Kirkaya, 2020)

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, Holme, Anthony, 2014).



Şekil 3.3. KASP Genotipleme Yöntemiyle Elde Edilen Alelik Ayrım 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 Toplanması

Araştırmaya gönüllü olarak katılmak için başvuru yapan öğrencilere gerekli bilgilendirmeler yüz yüze yapılmış ve araştırmaya katılmayı kabul eden sağlıklı 35 gönüllüye ‘’Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formu’’ okutularak imzalatılmıştır. Araştırmayı kabul eden sağlıklı 35 gönüllü Spor Bilimleri Fakültesi öğrencisi ile araştırmadan iki hafta önce bir araya gelerek uyulması gereken kurallar anlatılmıştır. İlk test sabahı gönüllülerle bir araya gelinerek tüm gönüllülerden DNA analizi için ağız sürüntü örnekleri alınmıştır.

Ölçümleri alınan gönüllülere, gönüllülere, anaerobik performans seviyelerinin ölçülmesi maksadıyla başlangıçta ve 6 hafta sonunda (ön test- son test) arrowhead çeviklik yetenek testi ve 30 metre sürat koşusu (30 metre sprint) testi uygulanmıştır. Katılımcılardan fiziksel performans testine başlamadan en az 2 saat önce kahvaltılarını yapmaları istenmiştir. Testlerden 24 saat öncesinden başlayarak kafeinli ve/veya alkollü içecek tüketmemeleri istenmiştir.

3.7. Verilerin Analizi

Elde edilecek verilerin istatistiksel analizleri için Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 25 programı kullanılarak analiz edilmiştir. Katılımcılarla ilgili parametreler tek yönlü varyans analizi (ANOVA), çoklu karşılaştırma testi Kruskal Vallice varyans analizi ve aynı zamanda etkileri incelemek içinde çoklu regresyon modeli ile elde edilecek verilerle allel sıklıkları karşılaştırılmıştır. Allel sıklıklarının Hardy-Weinberg dengesine uyumu analiz edilmiştir. İstatistiksel anlamlılık düzeyi olarak $p<.05$ kabul edilmiştir.

3.8. Araştırmanın Etik Boyutu

Bu araştırma, Lokman Hekim Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu tarafından, 2023-248/1 karar numarası ile tıbbi yönden etik bulunmuştur. Araştırmada etik sorunların ortaya çıkmaması için benzerlik oranı hesaplanacaktır.

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, taekwondo branşında aktif olarak yer alan genç erkek sporcular bulunmaktadır. Araştırmaya katılan gönüllülerin, demografik bilgileri alınmış, ayrıca *ACE* genotipi gibi performansa etki eden genetik faktörler de incelenmiştir. Katılımcıların performans ölçütleri olarak Arrowhead Çeviklik Yetenek Testi (Arrowhead Agility Test) ve 30 metre sürat koşusu (30 metre sprint) performansları başlangıç (ön test) ve antrenman periyodunun 6 hafta sonunda (son test) olmak üzere iki farklı zaman diliminde ölçülmüştür.

ACE gruplarının karşılaştırılması ANOVA testi ile yapılırken *ACE* grupları ayrımında ön test son test değerlerinin karşılaştırılması bağımlı gruplar t testi ile yapılmıştır. Katılımcıların *ACE* genotipine göre dağılımları Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Katılımcıların *ACE* Genotipine Göre Dağılımları

		n	%
ACE	D/I	16	45,7
	I/I	11	31,4
	D/D	8	22,9
	Toplam	35	100,0

Tablo 4.1'e bakıldığında katılımcıların %45,7'sinin D/I genotipine, %31,4'ünün I/I genotipine ve %22,9'unun D/D genotipine sahip olduğu görülmektedir. Bu dağılım, araştırma popülasyonunun genetik çeşitliliğini göstermesi açısından önemlidir. Toplamda, 35 katılımcının genotip frekansları incelendiğinde, D/I genotipinin bu örneklemde en yaygın olduğu gözlenmektedir.

Çalışmada yer alan katılımcıların, fiziksel performans test ölçümlerinin ön test ve son test değerleri Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2. Katılımcıların Fiziksel Performans Test Ölçümlerinin Ön Test ve Son Test Değerleri

	n	min	maks	ort.	ss
30 m (ön test)	35	4,72	6,77	5,58	0,54
30 m (son test)	35	4,27	6,78	5,52	0,56
Arrowhead çeviklik (sağ-ön test)	35	8,75	11,71	9,71	0,78
Arrowhead çeviklik (sol-ön test)	35	8,70	11,71	9,71	0,83
Arrowhead çeviklik (sağ-son test)	35	8,71	11,25	9,76	0,74
Arrowhead çeviklik (sol-son test)	35	8,73	11,36	9,67	0,79

Tablo 4.2'ye bakıldığında, 30 metre sprint testinin (ön test) başlangıçta ortalama 5,58 saniye (±0,54) olduğu, son testte ise bu değerin ortalama 5,52 saniye (±0,56) ile benzer bir performans gösterdiği gözlenmiştir. Sağ taraflı yapılan arrowhead çeviklik yetenek testinde (ön test) başlangıçta ortalama 9,71 saniye (±0,78) kaydedilirken, son testte ortalama süre 9,76 saniye (±0,74) bulunmuştur. Sol taraflı yapılan arrowhead çeviklik yetenek testinde (ön test) başlangıçta ortalama 9,71 saniye (±0,83) iken, son testte ortalama 9,67 saniye (±0,79) olarak belirlenmiştir.

Katılımcıların *ACE* genotipleri bazında fiziksel performans ölçütlerinin ve antropometrik ölçümlerin gruplar arası karşılaştırmaları Tablo 4.3'te verilmiştir. Her bir testin ön test ve son test değerleri genotip gruplarına göre (D/I, I/I, D/D) ayrılmış ve gruplar arası ortalamalar ile standart sapmalar rapor edilmiştir. F ve p değerleri, genotipler arasındaki performans farklılıklarının istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını test etmek için kullanılmıştır.

Tablo 4.3. Katılımcıların *ACE* Genotipleri Bazında Fiziksel Performans Ölçütlerinin ve Antropometrik Ölçümlerin Gruplar Arası Karşılaştırmaları

		n	Ort.	ss	F	p
30 m (ön test)	D/I	16	5,44	0,47	**0,971**	**0,390**
	I/I	11	5,70	0,63		
	D/D	8	5,69	0,52		
30 m (son test)	D/I	16	5,39	0,59	**0,755**	**0,478**
	I/I	11	5,61	0,56		
	D/D	8	5,64	0,51		
Arrowhead çeviklik (sağ-ön test)	D/I	16	9,60	0,59	**0,479**	**0,624**
	I/I	11	9,70	0,82		
	D/D	8	9,94	1,07		
Arrowhead çeviklik (sol-ön test)	D/I	16	9,62	0,69	**0,724**	**0,492**
	I/I	11	9,61	0,86		
	D/D	8	10,02	1,07		

Tablo 4.3'ün devamı

Arrowhead çeviklik (sağ-son test)	D/I	16	9,60	0,55		
	I/I	11	9,76	0,77	**0,986**	**0,384**
	D/D	8	10,06	1,01		
Arrowhead çeviklik (sol-son test)	D/I	16	9,44	0,58		
	I/I	11	9,66	0,78	**2,345**	**0,112**
	D/D	8	10,16	1,04		
Boy uzunluğu (cm)	D/I	16	1,77	0,06		
	I/I	11	1,75	0,10	**0,569**	**0,571**
	D/D	8	1,75	0,07		
Vücut ağırlığı (kg)	D/I	16	73,00	9,35		
	I/I	11	68,73	11,91	**1,200**	**0,315**
	D/D	8	65,25	16,17		

Tablo 4.3'e bakıldığında, 30 metre sürat testinde, genotip grupları arasında ön test ve son test değerleri için ortalamalar benzer bulunmuştur (sırasıyla F değerleri; 0,971 ve 0,755). Her iki durumda da p değerleri 0,05 anlamlılık düzeyinin üzerindedir (sırasıyla p=0,390 ve p=0,478). Genotip grupları arasında yapılan bu testlerde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

Arrowhead çeviklik yetenek testlerinde de (sağ ön test, sağ son test, sol ön test, sol son test), genotipler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamıştır. F ve p değerleri her test için anlamlılık sınırının üzerinde yer almaktadır. Ancak sol taraflı son test değerleri için F=2,345 ve p=0,112 ile, diğer testlere göre biraz daha düşük bir p değeri bulunmuştur, bu da bu özel test için potansiyel bir eğilim olduğunu düşündürebilir, ancak yine de istatistiksel olarak anlamlılık düzeyine ulaşmamıştır.

Antropometrik ölçümler (boy uzunluğu ve vücut ağırlığı) için de genotip grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir (F=0,569, p=0,571 boy uzunluğu; F=1,200, p=0,315 vücut ağırlığı). Bu durum genotiplerin boy uzunluğu ve vücut ağırlığı üzerinde belirleyici bir etkisi olmadığını göstermektedir.

Yukarıda belirtilen bulguların sonucu olarak, katılımcıların *ACE* genotipleri ile fiziksel performans test sonuçları ve antropometrik ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olmadığını göstermektedir. Bu sonuçlar, genotiplerin bu örneklemde söz konusu fiziksel özellikler üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olmadığını düşündürmektedir.

5. TARTIŞMA

Beceriyi etkileyen faktörler oldukça karmaşık ve çeşitlidir. Atletik yetenekle ilişkilendirilen aday genler, elit sporcuların antrenman programlarının içeriği ve şiddeti, yüklenme ve dinlenme süreleri, beslenme alışkanlıkları ve sakatlanma riskleri gibi önemli ipuçlarını sunabilir. Atletik performans, genetik faktörlerin (kas tipi oranları, aerobik ve anaerobik kapasite gibi) ortak çevre ve yaşam tarzı gibi değişkenlerin farklı oranlarda birleşiminden kaynaklanır, ayrıca bireye özgü egzersiz programları, beslenme alışkanlıkları, epigenetik mekanizmalar ve kültürel farklılıklar tarafından da etkilenir. Bu etkileşimler, atletik başarıyı takip etme ve optimize etme süreçlerinde önemli rol oynar. Benzer antrenman programını uygulayan bireylerin ortaya çıkardığı performans gelişim seviyeleri de farklılık gösterebilir. Bu tip araştırmalarda soyaçekimden kaynaklı farklılıkların olası etkilerinin tetkik edilebilmesi için mümkün mertebe benzer spor branşı ve statüsü, cinsiyet, yaş, etnik köken ve coğrafya gibi ortak özellikler göz önünde bulundurulmalıdır. Bu yüzden yapılan araştırmalarda çalışma gruplarının homojenliği diğer değişkenlerin yanı sıra büyük önem taşımaktadır (Cerit ve diğerleri, 2022). Bu yüzden, *ACE* geni ile atletik performans arasındaki bağlantıyı incelenirken sportif statü (elit, non-elit) ve spor branşının tipi (egzersiz ya da müsabaka süresi ve egzersiz şiddeti) gibi ayırt edici özellikler göz önüne alınarak değerlendirmeler yapılmalıdır. *ACE* I aleli veya II genotipi ile aerobik dayanıklılık arasındaki üst düzey performans ilişkisini değerlendiren birçok çalışmada katılımcılar arasında branş veya mesafe ayrımı yapılmaksızın yüzme, kürek, bisiklet, atlet, hentbol oyuncusu ve koşucular (farklı mesafelerden) tek bir grup olarak ele almıştır (Alvarez ve diğerleri, 2000; Gayagay, Hambly, Boston, Hahn, Celermajer, Trent, 1998; Nazarov, Woods, Montgomery, Shneirder, Kazakov, Tomilin, Rogozkin, 2001). Örneğin, Alvarez ve diğerleri (2000), tarafından yürütülen bir araştırmada dayanıklılık performansı ile *ACE* II genotipi arasında olumlu bir ilişki belirlenmiştir, fakat, bu çalışmada yer alan 60 elit erkek sporcu içerisinde 25 bisikletçi (mesafeleri belirtilmemiş), 20 uzun mesafe koşucusu (mesafeleri belirtilmemiş) ve 15 hentbol oyuncusu yer almıştır. Sporcuların farklı mesafelerde ve branşlarda farklı ihtiyaçlara sahip olmaları, antrenman programlarının bu ihtiyaçlara göre düzenlenmesini gerektirir. Bu nedenle, Alvarez ve diğerlerinin (2000) çalışma grubu heterojen özellik sergilemektedir, ayrıca bahse konu çalışma

bulguları *ACE* II genotipi ile ilişkilendirilen dayanıklılık kriterlerini açıklamada yetersiz kalmaktadır (Alvarez ve diğerleri, 2000). Gayagay ve diğerlerinin (1998), yaptığı bir başka araştırmada, 64 kürek sporcusunda II genotipi ile dayanıklılık performansı arasında gözlemlenen anlamlı ilişkide müsabaka eforlarının süresi belirtilmemiş, tüm sporcuların eşit mesafede yarışıp yarışmadığı ve başarı düzeyleri açıklanmamıştır. Ayrıca, tüm sporcular tek bir grup olarak ele alınmıştır (Gayagay ve diğerleri, 1998). Nazarov ve diğerleri (2001) tarafından gerçekleştirilen bir benzer bir çalışmada, farklı disiplinlerden sporcular (yüzme, atletizm, mukavemet kayağı ve triatlon) branşlarına göre gruplara ayrılmadan, sürelerine göre sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmada; bir dakikadan kısa süreli, 1-20 dakika arasındaki müsabakalarda yarışan sporcuların yanı sıra, 20 dakikadan uzun süren müsabakalara katılan sporcularda bulunmaktadır. Söz konusu çalışmada sporcuların farklı branşlarda yarıştıkları göz önüne alındığında, kassal dayanıklılık, aerobik ve anaerobik dayanıklılık gibi parametreler değişkenlik göstermektedir (Nazarov ve diğerleri, 2001). Aynı şekilde 19 farklı spor branşından toplam 404 katılımcı üzerinde yapılan bir çalışmada ise alel sıklıklarının sporcularda ve kontrol grubunda farklılık göstermediği gözlemlenmiştir (Myerson ve diğerleri, 1999).

Yukarıda bahsedilen homojenlik taşımayan çalışma bulgularının tartışmalı sonuçları bireyler arası soyaçekimden kaynaklı performans farklılıklarının belirlenmesi olasılığını azaltmaktadır. Benzer şekilde, bazı çalışmalar bulguları *ACE* I/D polimorfizmlerinin egzersiz performanslarıyla ilişkili olup olmadığı konusunda çelişkili sonuçlar ortaya koymaktadır. Rankinen ve diğerleri (2000) elit dayanıklılık sporcularında *ACE* gen polimorfizmleri arasında herhangi bir ilişkinin bulunmadığını gözlemlemişlerdir (Rankinen, Wolfarth, Simoneau, Maier, Rauramaa, Rivera, Boulay, Chagnon, Perusse, Keul, Bouchard, 2000). Taylor ve diğerleri (1999) de aynı şekilde, her iki cinsiyette böyle bir ilişkiyi gözlemlemediklerini bildirmişlerdir. Diğer yandan, Taylor ve diğerleri (1999), erkeklerde DD genotipi ile performans arasında bir eğilim olduğunu gözlemlemişler ancak aynı sonuca kadınlarda tespit edememişler (Taylor ve diğerleri, 1999). Bir diğer benzer araştırma sonucunda da *ACE* gen polimorfizmleri ile maxVO2 ve kassal dayanıklılık performansları arasında herhangi bir ilişki bulunamamıştır (Sonna ve diğerleri, 2001).

Yukarıda bahsi geçen homojen olmayan araştırmaların aksine, spor branşının özelliğine uygun benzer antrenman yüklenmelerinin gerçekleştirildiği özgün bir

çalışmada elit basketbol ve voleybol oyuncularının *ACE* gen polimorfizmi genotip sıklıklarının benzer olduğu ve bu iki spor branşı arasında gen varyantlarının benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca, aynı çalışmada elit sporcular ile sedanterler arasında ve sporcu alt grupları arasında genotip ve alel dağılımı açısından anlamlı bir fark bulunamamış olmasına rağmen, DD genotipi sıklığının erkek voleybol oyuncularında basketbol oyuncularına oranla daha fazla olduğu gözlemlenmiştir (Pehlivan ve Süel, 2015). Bu çalışmayı destekleyen bir diğer araştırma sonuçlarında *ACE* DD genotipli elit sporcuların kısa mesafe koşusu, uzun atlama, yüksek atlama, disk atma ve kısa mesafe yüzme gibi hız ve kuvvet gerektiren anaerobik kapasitenin baskın olduğu spor dallarında daha başarılı oldukları belirtilmiştir (Ulucan ve diğerleri, 2013). Shahmoradi ve diğerleri (2013), farklı spor branşlarından elit sporcuların yer aldığı çalışmalarında, ACE gen polimorfizmin sportif performans arasındaki ilişkisi ve elit sporcular arasındaki alel frekanslarını incelemişlerdir. Çalışmaya 156 elit sporcu (deney grubu) ve 163 sağlıklı birey (kontrol grubu) katılmıştır. Deney ve kontrol grubunda ACE geninin genotip dağılımı ve alel sıklığı açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Farklı spor branşlarına sahip sporcularda da ACE geninin alel frekansında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar görülmüştür. Sonuç olarak, elit sporcularda ACE gen (I/D) polimorfizmi ile sportif performans arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulunmuştur (Shahmoradi, Ahmadalipour, Salehi, 2014). Wei (2021), kadın futbolcularda (kontrol ve deney grubu) ACE ve ACTN3 gen polimorfizmlerinin atletik performans arasındaki ilişkisini incelemiş, ACE gen polimorfizm dağılımında deney ve kontrol grubu arasında genotip açıdan anlamlı farklılık bulunmamıştır. Deney grubu ve kontrol grubu arasında I/D alel frekansı açısından farklılık görülmezken, ACTN3 polimorfizm dağılımında genotip frekans açısından anlamlı farklılıklar bulunmuştur (Wei, 2021). Bizim çalışmamızın bulgularında (Tablo 4.1) katılımcıların (n=35) %45,7'sinin I/D genotipine, %31,4'ünün I/I genotipine ve %22,9'unun D/D genotipine sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca, Tablo 4.2'de yer alan katılımcıların fiziksel performans test ölçümlerinin ön test ve son test değerleri arasında da istatiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır.

Bununla birlikte, II genotipine sahip elit sporcuların orta ve uzun mesafe koşular, yürüyüş ve kayak gibi aerobik ve kassal dayanıklılık gerektiren spor dallarında DD genotiplilere oranla daha başarılı olabileceği bildirilmiştir (Holdy, Kryściak, Stanisławski, Gronek, 2011). Celal ve diğerlerinin (2020), *ACE* gen

polimorfizmleri ve elit atletlerin performans durumunu inceleyerek yapmış oldukları benzer çalışma sonuçları da genetik faktörlerin gibi belirli gen varyasyonlarının sportif performansı üzerindeki olumlu etkisini vurgulamaktadır (Celal ve diğerleri, 2020).

Alvero-Cruz ve diğerleri (2022), aktif bireylerde atletik performans üzerinde ACTN3 R577X ve ACE I/D genlerinin arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Çalışmaya, 200 sağlıklı gönüllü katılmış ve gen testleri alındıktan sonra Cooper testi, 20 m sürat testi ve dikey sıçrama testine tabi tutulmuşlardır (Alvero-Cruz, Alarcón-Martín, García-Romero, Ruiz-Galdon, Carrillo-Albornoz-Gil, Royo, 2022). Sonuç olarak, aktif bireylerde ACTN3 ve ACE gen polimorfizmleri ve atletik performansları arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki olduğu görülmüştür. Bizim çalışmamızda (Tablo 4.2), 30 metre sprint testinin (ön test) başlangıçta ortalama 5,58 saniye (±0,54) olduğu, son testte ise bu değerin ortalama 5,52 saniye (±0,56) ile benzer bir performans gösterdiği gözlenmiştir. Sağ taraflı yapılan arrowhead çeviklik yetenek testinde (ön test) başlangıçta ortalama 9,71 saniye (±0,78) kaydedilirken, son testte ortalama süre 9,76 saniye (±0,74) bulunmuştur. Sol taraflı yapılan arrowhead çeviklik yetenek testinde (ön test) başlangıçta ortalama 9,71 saniye (±0,83) iken, son testte ortalama 9,67 saniye (±0,79) olarak belirlenmiştir.

Jeremic ve diğerleri (2019), farklı ACE/ACTN3 gen profillerine sahip genç kadın futbolcuların anaerobik ve aerobik performans göstergelerini değerlendirmek üzere yaptıkları çalışmaya 16-18 yaş arası 27 kadın sporcu katılmıştır. Sporculara kuvvet, anaerobik güç ve aerobik dayanıklılık antrenmanları verilmiş, genetik testleri yapılarak ACE ve ACTN3 polimorfizmleri belirlenmiştir. Sonuç olarak, ACE DD ve ACTN3 RX genotipleri, daha hızlı ve güçlü sporcularda daha iyi performans göstermiştir (Jeremic, Macuzic, Vulovic, Stevanovic, Radovanovic, Varjacic, Djordjevic, 2019). Eider ve diğerleri (2013), Polonyalı elit sporcularda ACE geninin D aleli ile kuvvet performansı arasındaki ilişkiyi incelemiş, üst düzey sporcularda kuvvet performansı ile ACE D aleli arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulmuştur. Ayrıca ACE D aleli güç fenotipinin oluşturulmasına katkıda bulunan genetik faktörlerden biri olarak belirtilmiştir (Eider, Cieszczyk, Ficek, Sawczuk, Maciejewska-Karlowska, Zarebska, 2013).

Eken ve diğerleri *ACE* I ve D polimorfizmlerinin sporcu performansı ile ilişkisini inceledikleri çalışma bulguları soyaçekimden kaynaklı özelliklerin spesifik spor dallarında başarıyı etkileyebileceğini, *ACE* DD genotipinin hız-kuvvet gerektiren

sporlarda daha başarılı olan bireylerde daha sık görüldüğünü, benzer şekilde *ACE* II genotipine sahip bireylerin de dayanıklılık gerektiren spor dallarında daha başarılı olduğunu saptamışlardır (Eken ve diğerleri, 2021). Cam ve diğerleri (2005), homojen gruplarda ACE gen polimorfizmi ile atletik performans arasındaki ilişkiyi incelemiş, ACE DD genetotipinin kısa süreli aerobik dayanıklılık performansı ile ilişkili olabileceği sonucunu bulmuştur. Collins ve diğerleri (2004), ACE gen polimorfizminin Güney Afrikalı triatlon sporcularında atletik performans ilişkisini incelemiş, ACE geninin I aleli ile dayanıklılık performansı arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulunmuştur (Cam, Colakoglu, Sekuri, Colakoglu, Berdeli, 2005). Ancak bizim çalışmamızda (Tablo 4.3) katılımcıların *ACE* genotipleri bazında ön test ve son test fiziksel performans ölçütlerinin ve antropometrik ölçümlerin gruplar arası karşılaştırmalarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır.

Bugüne kadar yapılan araştırma sonuçlarında *ACE* D alel ile kısa süreli aerobik dayanıklılık ve anaerobik performans gelişimi arasında pozitif bir ilişki bulunduğu, buna mukabil *ACE* I alelin aerobik antrenmana yanıt olarak orta ve uzun süreli aerobik dayanıklılık performansında daha olumlu bir gelişimle ilişkilendirebileceği belirlenmiştir (Cam ve diğerleri, 2005). *ACE* DD genotipinin kısa süreli aerobik dayanıklılık gelişiminde antrenmana daha olumlu yanıt verdiği, *ACE* I alelinin ise maksimal efor esnasında dayanıklılık performansı üzerinde belirgin bir etkinliğinin 10 ile 30 dakika arasında bir zaman diliminde olduğu düşünülmektedir. Benzer şekilde, *ACE* DD genotipine sahip bireylerin, antrenmanlara verdiği yanıtların II genotipine oranla daha fazla kas kuvveti geliştirdiği ve anaerobik kapasitelerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Folland ve Leach, 2001).

Cerit ve diğerlerinin (2006) yaptığı çalışmanın *ACE* gen polimorfizmi ile performans arasındaki ilişkinin anlaşılmasına önemli bir katkı sağladığı görülmektedir. Özellikle, aerobik dayanıklılık ve kassal dayanıklılık antrenmanları sonrasında kısa süreli aerobik performans gelişiminde, *ACE* DD genotipinine sahip bireylerin diğer genotiplere oranla avantajlı olduğu, performans gelişiminde *ACE* DD>ID>II şeklinde doğrusal bir eğilim saptandığı belirtilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen bulgular, *ACE* genotipinin spesifik spor dallarında performans gelişimine katkı sağlayabileceğini ortaya koymaktadır. Özellikle, maksimal efor gerektiren kısa süreli aktivitelerde *ACE* DD genotipine sahip bireylerin daha fazla performans gelişimi sağlayabileceği öngörülmektedir (Cerit ve diğerleri, 2006).

ACE geni ile atletik performans arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla homojen gruplar üzerinde yapılan bir takip çalışmasında, kısa süreli aerobik dayanıklılık, kassal dayanıklılık, vücut yağ yüzdesi, vücut ağırlığı gibi parametrelerin egzersiz ve aday gen etkileriyle ilişkisi incelenmiştir. Sonuçlar, aday gen varyantları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur. Ancak, bu farklılıkların yaşam tarzı ve egzersize bağlı olarak değiştiği, ayrıca zaman içinde metabolizma, çevresel faktörler ve yaşam tarzından kaynaklanan değişikliklerin aday gen varyantlarında benzer şekilde görüldüğü belirlenmiştir. Başlangıçta *ACE* geni varyantının (DD) istatistiksel olarak avantajlı olduğu ancak ilerleyen yıllarda diğer gen varyantlarıyla (ID ve II) benzer performans sonuçlarına yol açtığı bulunmuştur (Cerit, 2019; Yıldırım ve diğerleri, 2022).

Fiziksel performans gelişiminde yalnızca genetik faktörlerin incelenmesi yeterli değildir (Beunen, AI Thomis, Peeters, 2010). Çevresel etkenler, vücut yapısı, iskelet kası fiber tipi oranındaki farklılıklar, yaşam tarzı ve antrenman sürekliliği gibi değişkenlerin de önemli katkıları bulunmaktadır (Montgomery ve diğerleri, 1997). Genetikle ilişkili çalışmalardan elde edilen bulguların düzeyini sınırlayan temel sorunlardan bir tanesi örneklem sayısının yetersizliğidir (Varillas-Delgado, Del Coso, Gutiérrez-Hellín, Aguilar-Navarro, Muñoz, Morencos, 2022). Örneklem sayısının yetersizliği bizim çalışmamızın da sınırlılıkları arasındadır.

Gelecekte, daha doğru sınıflandırmalarla birlikte poligenik profil oluşturma araçlarının geliştirilmesi ve bu araçlara genetik varyantların eklenmesi, atletik yeteneği ortaya çıkaran belirteçlerin sayısını arttıracaktır (Pickering, Kiely, Grgic, Lucia, Del Coso, 2019). Bilimsel çalışmalar, teknolojik yenilikler ve genomik gelişmeler yaşandıkça, genetik bilginin spor alanında daha fazla fayda sağlaması mümkündür, ancak bu her zaman yeteneğin belirlenmesi için geçerli olmayabilir. Soyaçekimden kaynaklı tahminlerde büyük farklılıklar olsa da tüm insan özelliklerinin genetik faktörlerden etkilendiği kabul edilmektedir (Polderman ve diğerleri, 2015). Ayrıca, neredeyse tüm özellikler karmaşıktır, yani birden fazla genden etkilenir ve yüksek kalıtsallığa sahip olanlar bile çok sayıda genetik varyantın etkisi altındadır. Örneğin, boy uzunluğunun kalıtsallık oranı %80 olarak tahmin edilmekte ve 3.000'den fazla genetik varyantla ilişkilendirilmektedir, ancak bu bireyler arasındaki varyantın yalnızca yaklaşık %25'ini açıklamaktadır (Yengo, Sidorenko, Kemper, Zheng, Wood, Weedon, Giant, 2018). Bu bağlamda, aday gen çalışmaları yapılırken dikkate alınması

gereken en önemli unsurlardan biri örneklem büyüklüğüdür. Yetersiz örneklem büyüklüğü, günümüzde fiziksel performansı etkileyen genotiplerin keşfinin kısıtlanmasının başlıca nedenlerinden biridir (Zilberman-Schapira, Zmora, Itav, Bashiardes, Elinav, Elinav, 2016). Yetersiz örneklem büyüklüğünün sonuçların doğruluğunu sınırladığı ve istatiksel olarak anlamlı farkların değerini azalttığı belirtilmiştir. Bununla birlikte, bir ülke veya bölgede her spor etkinliği için yeterli sayıda elit sporcu ile çalışmanın oldukça zor olduğu ifade edilmektedir (Hagberg, Rankinen, Loos, Pérusse, Roth, Wolfarth, Bouchard, 2011). Diğer bir neden ise aynı genin fiziksel fenotipinin etnik kökeni, çevresel faktörler ve diğer değişkenler tarafından etkilenmesidir (Zilberman-Schapira ve diğerleri, 2016; Wang, Mikami, Chiu, De Perini, Deason, Fuku, Galloway, 2013).

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yaptığımız araştırmada, 30 metre sprint ve arrowhead çeviklik testi sonuçları üzerinde yapılan analizlerde genetik varyasyonların spor performansı üzerine olası etkileri incelenmiştir. Bizim çalışmamızda *ACE* gen varyantları ve performans değişimleri arasında istatiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir. Bu bulgular, genetik varyasyonların söz konusu test sonuçlarından elde edilen performans ölçüm değerleri üzerinde herhangi bir etki sağlamadığını göstermektedir. Bu nedenle, *ACE* gen varyantlarına yönelik yaklaşımların daha öngörülebilir olabilmesi için daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğu değerlendirilmektedir. Bu çerçevede, yapmış olduğumuz araştırmanın bulgularının spor genomiği alanındaki benzer çalışmalara katkı sağlayabileceği öngörülmektedir. Ayrıca, gelecekte yapılacak araştırmalarda aday genlerin atletik performans üzerindeki etkilerini daha kapsamlı bir şekilde incelemek için geniş örneklem büyüklüğüne sahip, uzun dönemli homojen gruplar üzerinde yapılan boylamsal tasarımların tercih edilmesini öneriyoruz.

KAYNAKÇA

Abbott, A., Button, C., Pepping, G. J., Collins, D. (2005). Unnatural selection: Talent identification and development in sport. *Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences, 9* (1), 61-88.

Ahmetov, I. I., Fedotovskaya, O. N. (2015). Current progress in sports genomics. *Advances in Clinical Chemistry, 70,* 247-314.

Allerheiligen, W. B. (2000). Speed development and plyometric training. Essentials of strength training and conditioning. *National Strength and Conditioning Association,* 314-344.

Alvarez, R., Terrados, N., Ortolano, R., Igleisas-Cubero, G., Reguero, J. R., Batalla, A., Cortina, A., Fermandez-Garcia, B., Rodriguez, C., Braga, S., Alvarez, V., Coto, E. (2000). *J. Appl. Physiol., 82* (1-2), 117-120.

Alvero-Cruz, J. R., Alarcón-Martín, E., García-Romero, J., Ruiz-Galdon, M., Carrillo-Albornoz-Gil, M., Polvillo, R., Royo, J. L. (2023). Moderate exercise reveals the influence of ACTN3 R577X and ACE I/D polymorphisms on physical performance in non-athlete active subjects. *Gene, 850,* 146958.

Başöz, İ. (2002). *Elit futbolcularda Angiotensin Dönüştürücü Enzim (ACE) gen polimorfizminin sedanter populasyon ile karşılaştırılması* (Yayımlanmamış doktora tezi). M.Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Ben-Zaken, S., Eliakim, A., Nemet, D., Rabinovich, M., Kassem, E., Meckel, Y. (2015). ACTN3 polymorphism: Comparison between elite swimmers and runners. *Sports Medicine – Open, 1* (1), 13.

Beunen, G. P., AI Thomis, M., Peeters, M. W. (2010). Genetic variation in physical performance. *The Open Sports Sciences Journal, 3* (1).

Bulgay, C., Çetin, E. O. (2020). Koşucularda ACTN3 ve ACE genlerinin sportif performansına etkisi. *İnönü Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi, 7* (1), 1-12.

Bulğay, C., Ergün, M. A. (2023). Atletik performans, genetik ve epigenetik üçlüsü. *Egzersiz Fizyolojisi ve Temel Kavramlar*, 43.

Bulğay, C., Zorba, E., Akman, O., Bayraktar, İ., Kazan, H. H., Ergun, M. A., Ulucan, K. (2022). PPARGC1A gen polimorfizmi ile elit sporcuların müsabaka performansı arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi. *Gazi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi, 27* (4), 323-332.

Bulğay, C., Zorba, E., Ergün, M. A. (2021). MCT1 geninin sporcu performansına etkisi: Derleme çalışması. *Gazi Medical Journal, 32* (4).

Cam, F. S., Colakoglu, M., Sekuri, C., Colakoglu, S., Sahan, Ç., Berdeli, A. (2005). Association between the ACE I/D) gene polymorphism and physical

performance in a homogeneous non-elite cohort. *Canadian Journal of Applied Physiology, 30* (1), 74-86.

Cavalli-Sforza, L. L., Bodmer, W. F. (1971). *The Genetics of Human Populations.* San Fransisco: WH Freeman.

Cerit M., Çolakoğlu, M., Berdeli, A., Cam, F. S. (2006). Relationship between ace genotype and short duration aerobic performance development. *Eur J Appl Physiol, 98* (5), 461–465. doi: 10.1007/s00421-006-0286-6.

Cerit, M. (2018). Atletik performansa yönelik enerji sistemleriyle ilişkili genotiplerin (ACE ve ACTN3) konumuna varsayımsal yaklaşım. *Spor Bilimleri Araştırmaları Dergisi, 3* (1), 97-105.

Cerit, M. (2022). *Sport for all bireysel spor danışmanlığı (personal coaching, training & consulting).* D. S. Yıldırım (Ed.). İstanbul: Efe Akademi Yayınevi.

Cerit, M., Dalip, M., Yıldırım, D. S. (2020). Genetics and athletic performance. *Research in Physical Education, Sport & Health, 9* (2).

Cicavoğlu, H. E., Kaya, C. ve Cerit, M. (2021). Genetik faktörlerin yüksek irtifa antrenman performansına etkisi. *Genetik ve Uygulamalar, 5* (1), 2-9.

Ciloğlu, F. (2001). *ACE gen polimorfizminin uzun mesafe koşucuları, sprinter, futbolcular ve sedenter popülasyonda karşılaştırılması.* Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Colakoglu, M., Cam, F, S., Kayitken, B., Cetinoz, F., Colakoglu, S., Turkmen, M., Sayin, M. (2005). ACE genotype may have an effect on single vs multiple set preferences in strength training. *European Journal of Applied Physiology, 95*, 20-27.

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.

Costerousse, O., Allegrini, J., Lopez, M., Alhenc-Gelas, F. (1993). Angiotensin I converting enzyme in human circulating mononuclear cells: genetic polymorphism of expression in T- lymphocytes. *Biochem J, 290*, 33-40.

Çıngı, H. (1994). *Örneklem Kuramı*. Ankara: H.Ü. Fen Fakültesi Yayınları.

Danser, A, H, J., Schalekamp, M, A, D, H., Bax, V, A., van den Brink, A, M., Saxena, P, R., Reigger, G, A, J., Schunkert, H. (1995). Angiotensin converting enzyme in the human heart, effect of the deletion/insertion polymorphism. *Circulation, 92*, 1387-1388.

Davids, K., Baker, J. (2007). Genes, environment and sport performance: Why the nature-nurture dualism is no longer relevant. *Sports Medicine, 37*, 961-980.

Dick, F. W. (1992). *Sports Training Principals*. London: A&C Black.

Dragovic, T., Minhall, R., Jackman, H, L., Wang, L, X., Erdos, E, G. (1996). Kininase II type enzymes: Their putative role in muscle energy metabolism. *Diabetes*, (Suppl.1), S34-S37.

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.

Eken, B. F., Yılmaz, Ö. Ö., Polat, T., Aslan, B. T., Ulucan, K., (2021). Türk futbolcularda alfa-aktinin-3 (ACTN3) ve anjiyotensin dönüştürücü enzim (ACE) polimorfizmleri atletik performans için bir biyobelirteç olabilir mi? *Spor Bilimlerinde Avrasya Araştırması, 6* (2), 147-159.

Ergen, H. A. (2003). ACE Gen Polimorfizmi. *Kalıtsal Hastalıklara Molekül Tıp Açısından Bakış Semineri*, Elâzığ, s. 311.

Ericsson, K. A., Krampe, R. T., Tesch-Römer, C. (1993). The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review, 100*(3), 363.

Fatini, C., Guazzelli, R., Manetti, P., Battaglini, B., Gensini, F., Vono, R., Toncelli, L., Zilli, P., Capalbo, A., Abbate, R., Gensini, G. F., Galanti, G. (2000). RAS genes influence exercise-induced left ventricular hypertrophy: An elite athletes study.

Folland, J., Leach, B. (2000). Angiotensin-converting enzyme genotype affects the response of human skeletal muscle to functional overload. *Exp Physiol, 85* (5), 575-579.

Gardner, H. (1988). *12 Creative lives and creative works: A synthetic scientific approach*. İçinde *The nature of creativity: Contemporary psychological perspectives* (s. 298). Cambridge University Press.

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. *Hum Genet, 103*, 48-50.

Guth, L. M., Roth, S. M. (2013). Genetic influence on athletic performance. *Current Opinion in Pediatrics, 25* (6), 653.

Haff, G. G., Triplett, N. T. (2015). *Essentials of Strength Training and Conditioning* (4. Baskı). Human Kinetics.

Hagberg, J. M., Ferrell, R. E., McCole, S. D., Wilund, K. R., Moore, G. E. (1998). VO2 max is associated with ACE genotype in postmenopausal women. *Journal of Applied Physiology, 85*, 1842-1846.

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.

Hamilton, M. T., Booth, F. W. (2000). Skeletal muscle adaption to exercise, a century of progress. *J. Appl. Physiol*.

Harrison, D, G. (1997). Endothelial function and oxidant stress. *Clin Cardio*, *20*, 2–7.

Hawkes, C.H., Macgregor, A. J. (2009). İkiz çalışmaları ve MS'in kalıtsallığı: Bir sonuç. *Multipl Skleroz Dergisi*, *15* (6), 661-667.

He, C., Holme, J., Anthony, J. (2014). SNP genotyping: The KASP assay. *Crop Breeding: Methods and Protocols*, 75-86.

Higashi, Y., Yoshizumi, M. (2004). Exercise and endothelial function: Role of endothelium-derived nitric oxide and oxidative stress in healthy subjects and hypertensive patients. *Pharmacol Ther, 102*, 87–96.

Holdys, J., Kryściak, J., Stanisławski, D., Gronek, P. (2011). ACE I/D gene polymorphism in athletes of various sports disciplines. *Human Movement*, *12* (3), 223–231.

Howe, M. J., Davidson, J. W., Sloboda, J. A. (1998). Innate talents: Reality or myth. *Behavioral and Brain Sciences, 21* (3), 399-407.

Jeremic, D., Macuzic, I. Z., Vulovic, M., Stevanovic, J., Radovanovic, D., Varjacic, V., Djordjevic, D. (2019). ACE/ACTN3 genetic polymorphisms and athletic performance of female soccer players. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, *25*, 35-39.

Joo, Ch. (2016). Futbolcularda kısa süreli antrenmansız kalmanın egzersiz performansı üzerine etkileri. *Egzersiz Rehabilitasyonu Dergisi, 12* (1), 54.

Kaçoglu, C., Kırkaya, I. (2020). The acute effects of pre-conditioning activities with a weighted vest on subsequent linear sprint and change of direction performance in physical education students. *Asian Journal of Education and Training, 6* (3), 341-346.

Kaman, T., Kapıcı, S., Serca, C., Konuk, M., Ulucan, K. (2017). Türk milli bisikletçilerde Alfa-Aktinin-3 R577X polimorfizm dağılımının belirlenmesi. *Marmara Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi, 2* (1), 41-47.

Kaysuya, T., Horiuchi, M., Koike, G., Dzau, V. J. (1995). Cloning and characterization of human angiotensin II type 2 receptor gene and its polymorphism. *Circulation*, *92* (1), 282.

Kem, D. C., Brown, R, D. (1990). Renin-from beginning to end. *N. Engl. J. Med*., *323*, 1136-1137.

Kızılet, A. (t.y.). *Genel antrenman bilgisi ders notları*. Marmara Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksek Okulu, İstanbul.

Kurtuluş, M., Günay, M., Çelenk, Ç., Cicioğlu, İ., Kesici, T. (2019. Elit türk güreşçilerinin anjiotensin ı-dönüştürücü enzim gen polimorfizmi ve vo2max düzeyleri ile atletik performans arasındaki ilişkinin belirlenmesi. *Spormetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergis*i, *17* (4), 275-284.

Lander, E. S., Schork, N. J. (2006). Karmaşık özelliklerin genetik diseksiyonu. *Odak, 265* (3), 2037-2458.

Levin, B. (2000). *Genes VII*. New York: Oxford University Press.

Malik, F. S., Lavie C. S., Mehra, M. R., Milani, R. V., Re, R. (1997). Renin-angiotensin system: Genes to bedside. *Am Heart J., 134* (3), 514-526.

Mastropaolo, J. A. (1992). A test of the maximum-power stimulus theory for strength. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol., 65* (5), 415–420.

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.

McArdle, W. D., Katch, F. L, Katch, V. L. (2001). Exercise physiology. *Baltimore*.

Mendez-Villanueva, A., Buchheit, M., Kuitunen, S., Douglas, A., Peltola, E., Bourdon, P. (2011). Age-related differences in acceleration, maximum running speed, and repeated-sprint performance in young soccer players. *Journal of Sports Sciences, 29* (5), 477-484.

Montgomery, H. E., Marshall, R., Hemingway, H., Myerson, S., Clarkson, P., Dollery, C., Humphries, S. E. (1998). Fiziksel performans için insan geni. *Tabiat, 393* (6682), 221-222.

Munthe, C. (2002). *Selected champions: Making winners in the age of genetic technology.* İçinde *Values in sport* (s. 227-241). Taylor & Francis.

Murakami, H., Soma, R., Hayashi, J., Katsuta, S., Matsuda, M., Ajisaka, R., Okada, M., Kuno, S. (2001). Relationship between mitochondrial DNA polymorphism and the individual differences in aerobic performance. *Jpn Physiol*.

Myerson, S., Hemingway, H., Budget, R., Martin, J., Humphries, S., Montgomery, H. (1999). Human angiotensin I-converting enzyme gene and endurance performance. *Journal of Applied Physiology, 87* (4), 1313-1316.

Nazarov, I. B., Woods, D. R., Montgomery, H. E., Shneirder, O. V., Kazakov, V. I., Tomilin, N. V., Rogozkin, V. A. (2001). The angiotensin converting enzyme I/D polymorphism in Russian athletes. *Eur J Hum Genet, 9* (10), 797-801.

Noakes, T. D. (1991). *Lore of Running* (3. Baskı). Campaign, IL.: Leisure Press/Human Kinetics.

Payne, J., Montgomery, E. (2003). The renin-angiotensin system and physical performance. *Biochem. Trans. 31*, (1286-1289).

Pickering, C., Kiely, J., Grgic, J., Lucia, A., Del Coso, J. (2019). Can genetic testing identify talent for sport? *Genes, 10* (12), 972.

Pocock, N. A., Eisman, J. A., Hopper, J. L., Yeates, M. G., Sambrook, P. N., Eberl, S. (1987). Genetic determinants of bone mass in adults. A twin study.

Prentice, W. (2024). *Rehabilitation Techniques for Sports Medicine and Athletic Training*. Taylor & Francis.

Rankinen, T., Wolfarth, B., Simoneau, J. A., Maier, Lenz, D., Rauramaa, R., Rivera, M. A., Boulay, M. R., Chagnon, Y. C., Perusse, L., Keul, J., Bouchard, C. (2000). No association between angiotensin-converting enzyme ID polymorphism and elite endurance athlete status. *J Appl Physiol, 88* (5), 1571-1575.

Reneland, R., Lithell, H. (1994). Angiotensin-converting enzyme in human skeletal muscle. A simple in vitro assay of activity in needle biopsy specimens. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation, 54*, 105-111.

Reynolds, M. V., Bristow, M. R. (1992). Angiotensin converting enzyme DD genotype in patients with ischemic or idiopathic dilated cardiomyopathy. *Lancet, 342* (8879), 1073.

Rivera, M. A., Dionne, F. T., Wolfarth, B., Chagnon, M., Simoneau, J. A., Perusse, L., Boulay, M. R., Gagnon, J., Song, T. M., Keul, J., Bouchard, C. (1997). Muscle-specific creatine kinase gene polymorphisms in elite endurance athletes and sedentary controls. *Med. Sci. Sports. Exerc., 29* (11), 1444-1447.

Rivera, M. A., Dionne, F. T., Wolfarth, B., Chagnon, M., Simoneau, J. A., Perusse, L., Boulay, M. R., Gagnon, J., Song, T. M., Leon, A. S., Rao, D. C., Skinner, J. S., Wilmore, J. H., Keul, J., Bouchard, C. (1998). Three mitochondrial DNA restriction polymorphisms in elite endurance athletes and sedentary controls. *Med. Sci. Sports. Exerc., 30* (5), 687-690.

Rosendorf, C. (1996). The renin-angiotensin system and vascular hypertrophy. *J. Am. Coll. Cardiol., 28*, 803-812.

Santos, C. G., Pimentel-Coelho, P. M., Budowle, B., de Moura-Neto, R. S., Dornelas-Ribeiro, M., Pompeu, F. A., Silva, R. (2015). The heritable path of human physical performance: from single polymorphisms to the "next generation". *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports, 26* (6), 600-612.

Schaufelberger, M., Drexler, H., Schieffer, E., Swedberg, K. (1998). Angiotensin-converting enzyme gene expression in skeletal muscle in patients with chronic heart failure. *Journal of Cardiac Failure, 4*, 185-191.

Shahmoradi, S., Ahmadalipour, A., Salehi, M. (2014). Evaluation of ACE gene I/D polymorphism in Iranian elite athletes. *Advanced Biomedical Research, 3* (1), 207.

Sheppard, J. M., Young, W. B. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *J. Sports Sci*., *24* (9), 919–932.

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

Sunderland, D. (1996). Progression and methods of training for 800 meter runners. *New Studies in Athletics, 1* (4), 65–70.

Süel, E., Pehlivan, A. (2015). Angiotensin dönüştürücü (Converting) Enzim (ACE) gen polimorfizminin elit basketbolcu ve voleybolcularda karşılaştırılması. *International Journal of Sport Exercise and Training Sciences-IJSETS, 1* (1), 40-50.

Swan, Ş., Birnie, D. H., Padmanabhan, S., Inglis, G., Connell, J. M., Hillis, W. S. (2003). The genetic determination of left ventricular mass in healthy adults.

Taylor, R. R., Mamotte, C. D., Fallon, K., van Bockxmeer, F. M. (1999). Elite athletes and gene for angiotensin-converting enzyme. *J Appl Physiol, 87,* 1035-1037.

Ulucan, K., Göle, S., Altindas, N., Güney, A. I. (2013). Preliminary findings of alphaactinin-3 gene distribution in Turkish elite wind surfers. *Balkan Journal of Medical Genetics, 16* (1), 69- 72.

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.

Ulucan, K., Topal, E. S., Aksulu, B. K., YAmAn, B., Ciftci, İ. C., Bıyıklı, T. (2015). Atletik performans, genetik ve gen dopingi. *İstanbul Kanuni Sultan Süleyman Tıp Dergisi, 7* (2), 58-62.

Vaeyens, R., Lenoir, M., Williams, A. M., Philippaerts, R. M. (2008). Talent identification and development programmes in sport: Current models and future directions. *Sports Medicine, 38,* 703-714.

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.

Vicaut, E, H, X. (1993). Arteriolar constriction and local renin–angiotensin system in rat microcirculation. *Hypertension, 21,* 491–497.

Wang, G., Mikami, E., Chiu, L. L., De Perini, A., Deason, M., Fuku, N., Galloway, S. D. (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.

Ward, P, E., Russell, J, S., Vaghy, P, L. (1995). Angiotensin and bradykinin metabolism by peptidases identified in skeletal muscle. *Peptides, 16,* 1073–1078.

Wei, Q. (2021). The ACE and ACTN3 polymorphisms in female soccer athletes. *Genes and Environment, 43*, 1-8.

Woods, D, R., Montgomery, H, E. (2001). Angeotensin-converting enzyme and genetics at high altitude. *High Altitude Medicine and Biology, 2* (2), 201- 210.

Yamak, B., Yuce, M., Bagci, H., Imamoglu, O. (2015). Association between sport performance and alpha-actinin-3 gene R577X polymorphism. *International Journal of Human Genetics, 15* (1), 13-19.

Yengo, L., Sidorenko, J., Kemper, K. E., Zheng, Z., Wood, A. R., Weedon, M. N., Giant C. (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.

Yıldırım, D. S., Koçak, M. S., Cerit, M. (2022). Genlerin gizemli dünyası: Uluslararası performans ve genetik etkileşimler: Geleneksel derleme. *Türkiye Klinikleri Spor Bilimleri Dergisi, 14* (3).

Yüksel, H. (2004). Kardiyovasküler hastalıkların tedavisinde anjiyotensin dönüştürücü enzim inhibitörleri. *Türk Kardiyoloji Derneği Arşivi*, *32* (3), 188-196.

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. *Clin Genet, 63* (2), 139-144.

Zilberman-Schapira, G., Zmora, N., Itav, S., Bashiardes, S., Elinav, H., Elinav, E. (2016). The gut microbiome in human immunodeficiency virus infection. *BMC Medicine, 14*, 1-11.

EKLER

EK-1. Araştırma Amaçlı Çalışma İçin Aydınlatılmış Onam Formu

Araştırma amaçlı çalışma için "Aydınlatılmış Onam Formu" (Araştırıcı Açıklaması) Atletik performans gelişimi ile ilgili yeni bir araştırma yapmaktayız. Araştırmanın ismi. 'Aktif yetişkin erkeklerde *ACE* gen polimorfizminin atletik 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) arrowhead agility yetenek testi ve 30m sprint testi 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 olacağının 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 sorunumun 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 veya 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 bakımıma ve hekim ile olan ilişkime 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.

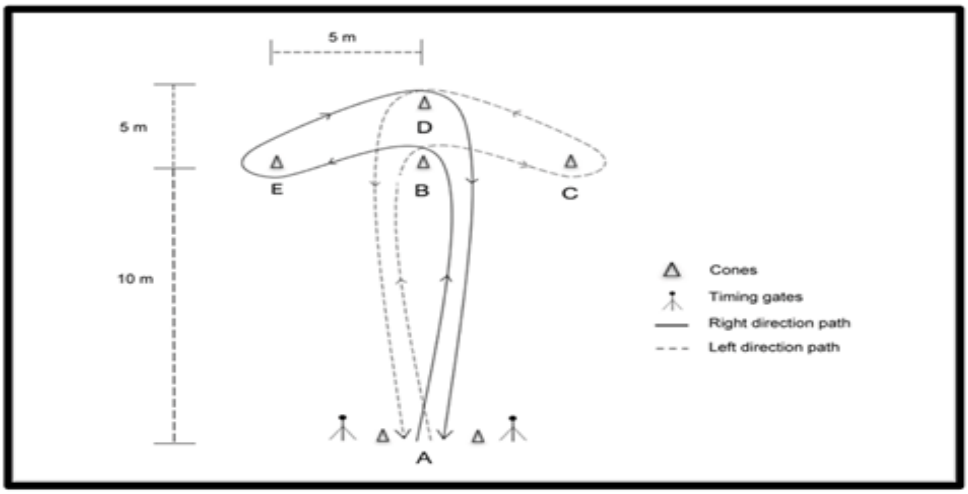
Sorumlu Öğretim Üyesi: Doç. Dr. Mesut Cerit, Lokman Hekim Üniversitesi Sağlık Bilimleri Entitüsü Spor Bilimleri Ana Bilim Dalı (ABD) Telefon:

Araştırma Ekibi
Özge COŞKUN

Katılımcı **Görüşme Tanığı** **Katılımcı ile Görüşen Araştırmacı**

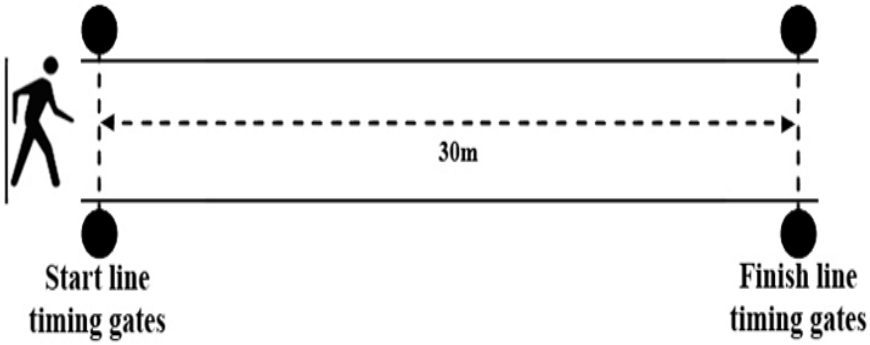
Adı Soyadı:
Adres :
Tel. :
Tarih :
İmza :

EK-2. Arrowhead Agility Drill Testi (Arrowhead Çeviklik Yetenek Testi)



(Joo, 2016.)

EK-3. 30 Metre Sürat Koşusu Testi



(Kaçoğlu ve Kirkaya, 2020)

EK-4. Etik Kurul Onayı

EK-5. Aktif Yetişkin Erkeklerde Ace Gen Polimorfizminin Atletik Performans Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi Benzerlik Raporu



ORIGINALITY REPORT

9%
SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	Suel, Emin. "Angiotensin Donusturucu (Converting) Enzim (ACE) Gen Polimorfizminin Elit Basketbolcularda ve Voleybolcularda Karsilastirilmasi", Marmara Universitesi (Turkey), 2021 ProQuest	144 words — 1%
2	docplayer.biz.tr Internet	143 words — 1%
3	dergipark.org.tr Internet	128 words — 1%
4	acikbilim.yok.gov.tr Internet	77 words — 1%
5	www.ozguryayinlari.com Internet	35 words — < 1%
6	www.researchgate.net Internet	33 words — < 1%
7	Daglioglu, Onder. "Elit Yuzuculerde Ve Sedanterlerde Aerobik Ve Anaerobik Egzersizin Oksidatif Stres uzerine Etkisi Ve PON1 Gen Polimorfizminin Arastirilmasi.", Marmara Universitesi (Turkey), 2021 ProQuest	27 words — < 1%

8	www.omedyam.com Internet	24 words — < 1%
9	"Polimorfismo de variação de número de cópias do gene PDLIM3 como candidato para associação com o desempenho esportivo: um estudo exploratório de associação", 'Universidade de Sao Paulo, Agencia USP de Gestao da Informacao Academica (AGUIA)' Internet	22 words — < 1%
10	openaccess.izu.edu.tr Internet	19 words — < 1%
11	www.kitapambari.com Internet	18 words — < 1%
12	Doğan, Canan Sercan. "Buz Hokeyi Milli Takım Oyuncularında ACE I/D (rs1799752), ACTN33 (rs1815739), PPARA (rs4253778) ve HIF1A(rs11549465) Polimorfizmleri Ile Fiziksel Testlerin Değerlendirilmesi", Marmara Universitesi (Turkey), 2023 ProQuest	17 words — < 1%
13	abakus.inonu.edu.tr:8080 Internet	16 words — < 1%
14	Cornett, Andrew Cli. "Implications of the distribution of human performance", Proquest, 2012. ProQuest	13 words — < 1%
15	dokument.pub Internet	12 words — < 1%
16	www.bakirkoytip.org Internet	12 words — < 1%

17	www.gecekitapligi.com Internet	12 words — < 1%
18	www.passeidireto.com Internet	12 words — < 1%
19	ibima.eu Internet	11 words — < 1%
20	pdfs.semanticscholar.org Internet	10 words — < 1%
21	www.ahievranconference.org Internet	10 words — < 1%
22	www.iat.uni-leipzig.de Internet	10 words — < 1%
23	9lib.net Internet	9 words — < 1%
24	open.metu.edu.tr Internet	9 words — < 1%
25	Yağmur YILDIZ, Hüseyin ÜNLÜ. "Effects of Core Exercises on Anthropometric Features and Some Performance Parameters in Taekwondo Athletes: Experimental Study", Turkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences, 2023 Crossref	8 words — < 1%
26	acikerisim.deu.edu.tr Internet	8 words — < 1%
27	adudspace.adu.edu.tr:8080 Internet	8 words — < 1%
	paper.researchbib.com	

28	Internet	8 words — < 1%
29	pdrkongre2022.pdr.org.tr Internet	8 words — < 1%
30	www.berjournal.com Internet	8 words — < 1%
31	Songül BUDAK DİLER. "Athletic Performance and Angiotensin I-Converting Enzyme Gene: Review", Turkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences, 2017 Crossref	7 words — < 1%
32	TURAL, Şengül, TURAL, Ercan, KARA, Nurten and AĞAOĞLU, Seydi Ahmet. "Sporda gen dopingi", TUBITAK, 2011. Publications	7 words — < 1%
33	Misirlioğlu, PenbeEcem. "Tip Fakültesi 6. Sinif Öğrencilerinde Yeme Farkindaliğinin Beslenme Durumu ve Obezite ile İlişkisi", Dokuz Eylul Universitesi (Turkey), 2024 ProQuest	6 words — < 1%
34	TAŞKIN, Cengiz, KARAKOÇ, Önder, NACAROĞLU, Ersin and BUDAK, Cemalettin. "FUTBOLCU ÇOCUKLARDA SEÇİLMİŞ MOTORİK ÖZELLİKLER ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ", Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yaşar Doğu Besyo, 2015. Publications	6 words — < 1%
35	Çıkıkcı, Alper. "Kadın Futbolcularda Sekiz Hafta Boyunca Uygulanan Farklı Kontrast Kuvvet Antrenman Metotlarının Performans Çıktısına Etkisi", Marmara Universitesi (Turkey), 2024 ProQuest	6 words — < 1%


36
Şenyiğit, Çiğdem. "Sorgulama Temelli Öğrenmenin Sınıf Öğretmeni Adaylarının Bilimsel süreç Becerilerine ve Kavramsal Anlamalarına Etkisi", Dokuz Eylul Universitesi (Turkey), 2024
ProQuest
6 words — < 1%
EXCLUDE QUOTES OFF
EXCLUDE BIBLIOGRAPHY OFF
EXCLUDE SOURCES OFF
EXCLUDE MATCHES OFF

EK-6. Özgeçmiş

Kişisel Bilgiler:

Adı Soyadı: Özge COŞKUN

Doğum Yeri ve Tarihi:

Yabancı Dil: İngilizce

E-Posta Adresi:

Eğitim Durumu:

Bahçeşehir Üniversitesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü

İş Durumu: Fizyoterapist