



T.C.
BİNGÖL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR
ANABİLİM DALI

ELİT GÜREŞÇİLERDE ACTN3 GEN POLİMORFİZMİ İLE ATLETİK PERFORMANS ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ

Ebru DOLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
Doç. Dr. Celal BULĞAY

BİNGÖL-2025



T.C.
BİNGÖL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR
ANABİLİM DALI

ELİT GÜREŞÇİLERDE ACTN3 GEN POLİMORFİZMİ İLE ATLETİK PERFORMANS ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ

Ebru DOLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
Doç. Dr. Celal BULĞAY

BİNGÖL-2025

KABUL VE ONAY SAYFASI

T.C. Bingöl üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi EBRU DOLU tarafından hazırlanan “*Elit Güreşçilerde ACTN3 Gen Polimorfizmi Atletik Performans Arasındaki İlişkinin İncelenmesi*” başlıklı tez, aşağıdaki jüri üyeleri tarafından “**Yüksek Lisans Tezi**” olarak kabul edilmiştir.

Tez savunma Tarihi: 18/08/2025

Jüri Bilgileri:

S.NO	Unvan, Adı Soyadı	Üniversite	İmza
1	Doç. Dr. Celal BULĞAY	Bingöl Üniversitesi	
2	Doç. Dr. İsa ÇİFTÇİ (Üye)	Bingöl Üniversitesi	
3	Doç. Dr. Oktay KIZAR (Başkan)	Munzur Üniversitesi	
4			
5			

ONAY:

Bu tez, Bingöl Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun .../.../2025 tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.../.../ 2025

Prof. Dr. Erdal KAYGUSUZUOĞLU

Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

T.C.

BİNGÖL ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Bingöl Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım “*Elit Güreşçilerde ACTN3 Gen Polimorfizmi ile Atletik Performans Arasındaki İlişkinin İncelenmesi*” başlıklı “**Yüksek Lisans**” tezimin içindeki bütün bilgi, veri, doküman, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kuralları içerisinde elde ettiğimi, kullandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi, elde edilen verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı, maddi ve manevi desteği olan tüm kurum / kuruluş ve kişileri belirttiğimi, burada sunduğum verileri unvan almak amacıyla daha önce hiçbir şekilde kullanmadığımı ve bu çalışmanın özgün olduğunu **beyan ederim.**

Beyan edilen bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ettiğimi bildiririm.

.../.../2025

Ebru DOLU

Öğrenci

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitim sürecim boyunca bilgi, deneyim ve rehberliğiyle karşılaştığım her aşamada bana yol gösteren, desteğini daima hissettiren değerli danışmanım Doç. Dr. Celal BULĞAY'a, tez sürecinde katkılarını esirgemeyen Doç. Dr. Hasan Hüseyin KAZAN'a, Doç. Dr. Türker BIYIKLI'ya ve Arş. Gör. Anıl KASAKOLU'na en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ebru DOLU



İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI.....	i
ETİK BEYAN	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
TABLolar DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT.....	x
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Güreş.....	4
2.2. Atletik Performans.....	5
2.3. Atletik Performansı Etkileyen Faktörler	6
2.3.1. İçsel Faktörler.....	6
2.3.2. Dışsal Faktörler	7
2.4. Kuvvet	8
2.5. Kuvvet Çeşitleri.....	8
2.5.1. Genel Kuvvet.....	8
2.5.2. Özel Kuvvet.....	9
2.5.3. Maksimal Kuvvet	9
2.5.4. Çabuk Kuvvet.....	9
2.5.5. Kuvvette Devamlılık (Dayanıklılık).....	10
2.6. Spor Genetiği.....	10
2.7. Tek Nükleotid Polimorfizmi (SNP).....	11
2.8. Kuvvet Performansına Etki Eden Genler	11
2.9. <i>ACTN3</i> Gen Polimorfizmi	13
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	14
3.1. Etik Onay.....	14
3.2. Araştırma Grubu.....	14
3.3. Verilerin Toplanması.....	14

3.3.1. El Kavrama Kuvveti (EKK)	14
3.3.2. Moleküler Analizler.....	15
3.3.2.1. DNA İzolasyonu.....	15
3.3.2.2. Genotipleme İşlemleri	15
3.4. İstatistiksel Analizler	16
4. BULGULAR.....	17
5. TARTIŞMA.....	19
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	22
6.1. Öneriler.....	22
KAYNAKLAR	23
ÖZGEÇMİŞ	30

SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

%	: Yüzde
EKK	: El Kavrama Kuvveti
ACTN-3	: Alfa aktinin-3
DNA	: Deoksiribo Nükleik Asit
FILA	: Uluslararası Güreş Federasyonu
UWW	: Dünya Güreş Federasyonu
SNP	: Tek Nükleotid Polimorfizm
Max.	: Maksimum
SS	: Standart Sapma
İGP	: İnsan Genom Projesi

TABLÖLAR DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 4.1. El Kavrama Kuvvetinin Genotipe Göre İncelenmesi	17



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 4.1. El Kavrama Kuvvetini Genotiplere Göre İncelenmesi.....	19



ÖZET

Elit Güreşçilerde *ACTN3* Gen Polimorfizmi ile Atletik Performans Arasındaki İlişkinin İncelenmesi

El kavrama kuvveti (EKK), fiziksel uygunluğun temel bileşenlerinden biri olarak kabul edilmekte ve hem klinik uygulamalarda hem de sportif performans değerlendirmelerinde yaygın biçimde kullanılmaktadır. Ancak, EKK ile genetik varyasyonlar arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar sınırlı sayıdadır. Bu bağlamda, mevcut araştırmanın amacı, elit düzeydeki güreşçilerde *ACTN3* gen polimorfizmi (rs1815739) ile EKK'a performansı arasındaki potansiyel ilişkiyi araştırmaktır.

Mevcut araştırmaya, 18–35 yaş aralığında yer alan 57 elit erkek güreşçi dahil edilmiştir. Güreşçilerin EKK, dijital el dinamometresi ile ölçülmüştür. Genetik analizler için genomik DNA, Invitrogen DNA İzolasyon Kiti kullanılarak oral epitel hücrelerinden izole edilmiş ve genotipleme işlemleri gerçek zamanlı polimeraz zincir reaksiyonu (qPCR) yöntemiyle gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen bulgular, CT genotipine sahip sporcuların EKK bakımından CC ve TT genotipine sahip güreşçilere kıyasla daha yüksek ortalama değerlere sahip olduğunu ortaya koymuştur. Ancak bu farklılıklar istatistiksel açıdan anlamlı tespit edilmemiştir ($p > 0.05$).

Mevcut bulgular, *ACTN3* rs1815739 gen polimorfizmi ile EKK arasında belirgin bir ilişki olmadığını göstermektedir. Ancak CT genotipine sahip sporcuların daha yüksek ortalama değerlere sahip olması, gelecekte daha geniş örneklemle yapılacak araştırmalar için potansiyel bir araştırma alanı sunmaktadır.

Anahtar kelimeler: *ACTN3*, Atletik Performans, Güreşçi, Kas Kuvveti, El Kavrama Kuvveti

ABSTRACT

The Investigation of the Relationship Between *ACTN3* Gene Polymorphism and Athletic Performance in Elite Wrestlers

Handgrip strength (HGS) is considered one of the fundamental components of physical fitness and is widely used in both clinical applications and sports performance evaluations. However, studies investigating the relationship between HGS and genetic variations are limited. In this context, the aim of the present study is to explore the potential relationship between *ACTN3* gene polymorphism (rs1815739) and HGS in elite-level wrestlers.

The present study included 57 elite male wrestlers aged between 18 and 35 years. Participants' HGS was measured using a digital hand dynamometer. For genetic analysis, genomic DNA was isolated from oral epithelial cells using the Invitrogen DNA Isolation Kit, and genotyping was performed using the real-time polymerase chain reaction (qPCR) method.

The findings revealed that wrestlers with the CT genotype had higher average HGS values compared to those with the CC and TT genotypes. However, these differences were not statistically significant ($p > 0.05$).

These findings indicate that there is no significant association between the *ACTN3* rs1815739 gene polymorphism and HGS. However, the higher average values observed in athletes with the CT genotype suggest a potential area for future research with larger sample sizes.

Key words: *ACTN3*, Athletic Performance, Wrestler, Muscle Strength, Handgrip Strength

1. GİRİŞ

Kas kuvveti, bir kasın ya da kas grubunun belirli bir hareket aralığında gerçekleştirdiği tek bir maksimal kasılma ile üretebildiği en yüksek kuvvet miktarını ifade etmektedir (do Amaral Benfıca ve ark. 2018). Kas kuvveti, bireylerin genel sağılık durumu ve fiziksel uygunluk düzeylerinin temel bileşenlerinden biri olarak kabul edilmekte ve günlük yaşam aktivitelerinin etkin biçimde sürdürülebilmesinde önemli bir rol üstlenmektedir (Volaklis ve ark. 2015; Weigent ve ark. 1998). Alanyazında, kas kuvvetinin bireyin fonksiyonel kapasitesini belirleyen en önemli unsurlardan biri olduğu vurgulanmaktadır. Ayrıca, kas kuvvetinde görülen yetersizliklerin engellilik durumu ile ilişkili olduğu ortaya konmuştur (Oliveira ve ark. 2018). Bu doğrultuda, kas kuvveti yalnızca fiziksel performans açısından değil, aynı zamanda genel sağılık durumu bakımından da önemli bir ölçüt olarak değerlendirilmektedir.

Kas kuvvetinin değerlendirilmesinde farklı test parametrelerinden yararlanılmaktadır (Ulubay 2017; Martins ve ark. 2022; Bostan ve Akalan 2023; Nuzzo 2023). Bu parametrelerden biri olan el kavrama kuvveti, fiziksel uygunluğun temel bileşenlerinden biri olarak kabul edilmekte olup hem klinik uygulamalarda hem de sportif değerlendirmelerde yaygın biçimde kullanılmaktadır (Kim ve ark. 2022). El kavrama kuvveti (EKK), üst ekstremité kas gücünü değerlendirmede yüksek düzeyde güvenilirlik sunması ve kolay uygulanabilirliği ile öne çıkmaktadır. Alanyazında, EKK'nin güç gerektiren spor dallarındaki performans göstergeleriyle (Suazo ve ark. 2021) olduğu kadar, alt ekstremité kuvveti ve aerobik kapasite gibi diğer fiziksel uygunluk parametreleriyle de anlamlı ilişkiler gösterdiği bildirilmektedir (Dağ ve ark. 2021; Vaidya ve ark. 2021; Saunders ve ark. 2019). Bununla birlikte, EKK yalnızca fiziksel performansın değerlendirilmesinde kullanılan bir ölçüm aracı olmanın ötesinde, genel sağılık durumu ile de ilişkili bir belirteç olarak değerlendirilmektedir. Mevcut araştırmalar, EKK'nin metabolik hastalıklar (Byeon ve ark. 2019; Merchant ve ark. 2020; Yi ve ark. 2018), kardiyopulmoner fonksiyonlar (Cabanas-Sánchez ve ark. 2022), bilişsel işlev bozuklukları (Zammit ve ark. 2019), ruh sağılığı (Cabanas-Sánchez ve ark. 2022), sarkopeni (Pratt ve ark. 2021) ile erken mortalite ve engellilik gelişimi gibi sağılık göstergeleri ile anlamlı düzeyde ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Bu bağlamda, EKK sadece sportif performansın değil, aynı zamanda bireylerin genel sağlık durumunun da bütüncül bir belirleyicisi olarak ele alınmalıdır. Ancak halter sporunda silkme performansı (Huebner ve ark. 2023), basketbolcularda şut isabet oranı (Gencer ve ark. 2019) ve yatay ile dikey sıçrama becerileri (Temur 2017) gibi performans değişkenleri dikkate alındığında, EKK ile sportif performans arasında anlamlı bir ilişki saptanamamıştır. Bu tür çelişkili bulgular, farklı yöntemlerin ve ölçüm yaklaşımlarının kullanılmasıyla ilişkili olabilir. Bu nedenle, konuya yönelik daha kapsamlı ve objektif bir değerlendirme yaklaşımına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu noktada genetik çalışmalar, kas kuvveti-performans ilişkisinin daha derinlemesine anlaşılmasına katkı sağlayabilir.

Genetik yapının atletik performans üzerindeki etkilerini inceleyen araştırmalar, “spor genetiği” olarak adlandırılan yeni ve hızla gelişmekte olan bir bilimsel disiplinin doğmasına zemin hazırlamıştır. Günümüzde spor genetiği, yetenek seçimi, bireyselleştirilmiş antrenman programlarının oluşturulması ve performansın üst düzeye çıkarılması gibi pek çok alanda etkili bir şekilde kullanılmaktadır (Bulgay ve Ergün 2022). Bu disiplin kapsamında gerçekleştirilen çok sayıda araştırma, çeşitli genetik varyantlar ile fiziksel performans göstergeleri arasındaki ilişkileri ele almıştır (Semenova ve ark. 2023; Varillas-Delgado ve ark. 2022). Ancak, genetik varyantlar ile EKK arasındaki ilişkileri inceleyen çalışmalar henüz sınırlı sayıdadır. Örneğin, 195.180 bireyin dahil edildiği büyük ölçekli bir çalışmada, EKK ile ilişkili on altı genetik lokus tanımlanmıştır ($p < 5 \times 10^{-8}$). Bu lokuslar arasında iskelet kası yapısıyla ilişkili *ACTG1*, nöronal sinyal iletiminde rol oynayan *PEX14*, *TGFA* ve *SYTI* ile bazı monogenik sendromlarla ilişkili *LRPPRC* ve *KANSL1* genleri yer almaktadır. Mendelyen randomizasyon analizleri, genetik olarak öngörülen yüksek kavrama kuvvetinin kırık riskini azalttığını göstermiştir (Willems ve ark. 2017). Benzer şekilde, başka bir çalışmada EKK ile ilişkili 101 farklı lokus belirlenmiş ve bu lokusların büyük bir bölümünün nörolojik işlevlerle bağlantılı olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca, EKK’nin kardiyometabolik risk faktörleri ve bilişsel sağlık ile genetik düzeyde anlamlı ilişkiler taşıdığı belirlenmiştir. Yüksek kas gücünün koroner kalp hastalığı ve atriyal fibrilasyon riskine karşı koruyucu etkiler sunduğu bildirilmiştir (Tikkanen ve ark. 2018). Son olarak, altmış yaş ve üzeri 256.523 Avrupalının dahil edildiği bir meta-analiz çalışmasında, sarkopeni ile ilişkili on beş yeni genetik lokus tanımlanmış ve bu lokusların otoimmün hastalıklar (*HLA-DQA1*), artrit (*GDF5*), hücre döngüsü, transkripsiyon süreçleri ve kas-

iskelet sistemi gelişimi ile bağlantılı olduğu gösterilmiştir. Bu bulgular, kas gücünün biyolojik temellerine ve yaşa bağlı sağlık riskleriyle ilişkisine dair önemli genetik kanıtlar sunmaktadır (Jones ve ark. 2021).

Genom çapında ilişkilendirme (GWAS) araştırmaları yaklaşımının ötesine geçilerek, özellikle atletik performansla ilişkili belirli lokuslara odaklanmak, genetik etkilerin daha ayrıntılı biçimde analiz edilmesini mümkün kılmaktadır. Bu çerçevede, insan kromozomu 11'in 11q13.2 bölgesinin literatürde sürat, güç ve kuvvet temelli fenotiplerle anlamlı düzeyde ilişkili olduğu belirtilmektedir. Söz konusu bölge, kas fonksiyonlarında önemli görevler üstlenen ve farklı performans profilleriyle bağlantılı olan *ACTN3* genini içermektedir. Bu doğrultuda, adı geçen lokusta yer alan tek nükleotid polimorfizminin (rs1815739) elit düzeyde rekabet eden güreşçilerde el dinamometresiyle ölçülen kas kuvveti düzeyleriyle olası ilişkilerini incelemek amaçlanmıştır. Söz konusu *ACTN3* geninin sürat, güç ve kuvvet temelli fenotipler açısından kritik öneme sahip olduğu, bu gende yer alan genetik varyantın ise spor branşına özgü olarak farklılık gösterebileceği varsayılmaktadır. Ayrıca, ilgili polimorfizmin elit düzeydeki güreşçilerde uygulanan EKK testinden elde edilen kas kuvveti parametreleri ile istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki gösterip göstermediği araştırılması planlanmaktadır. Mevcut araştırma, elit düzey güreşçilerde kas kuvvetinin genetik etiyolojisini aydınlatmaya katkı sunması ve tanımlanacak genetik belirtecin bireysel performansı artırmaya yönelik spora özgü stratejilerin geliştirilmesinde kullanılabilir olması beklenmektedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Güreş

Güreş, tarih boyunca en eski ve köklü spor dallarından biri olarak kabul edilmiştir. İnsan doğasında yer alan saldırganlık ve üstünlük kurma arzusu, bireyleri mücadeleye yöneltmiştir. Güreş; güç, çeviklik, hız, beceri, cesaret ve dürüstlük gibi nitelikleri bir arada barındırması sayesinde birçok toplum tarafından ilgiyle karşılanmış ve benimsenmiştir (Eberhart 1940).

Güreş, bireyin beden gücünü en etkili şekilde kullanarak rakibini kontrol altına almaya çalıştığı bir spor dalıdır. Başka bir ifadeyle, güreş; belirli ölçülerdeki bir minder üzerinde, ek bir ekipman kullanılmadan, FILA kuralları ve tekniklerine uygun olarak, iki sporcunun güç, teknik yetenek ve zekâlarını kullanarak karşılıklı mücadele ettikleri bir spor disiplini (Pehlivan 1986).

Güreşin kökeni oldukça eskilere dayanmaktadır. Yapılan araştırmalara göre, M.Ö. 708’de Yunanlılar, M.Ö. 2. yüzyılda Türkler, M.Ö. 22’de Japonlar, M.Ö. 260’ta Sümerler ve M.Ö. 2000’de Mısırlıların güreş ile ilgilendiği bilgilerine ulaşılmıştır. İnsanların yaşamlarını sürdürebilme içgüdü, rekabet duyguları ve üstünlük arzusu, başkaları üzerinde hâkimiyet kurma eğilimini de beraberinde getirmiştir. Bu durum, insanların herhangi bir araç kullanmadan en doğal ve yalın biçimde birbirleriyle mücadele etmelerini sağlayan güreş sporunun doğuşunu hazırlamıştır (Alpman 1992).

Uluslararası arenada ilk güreş karşılaşması, 1896 yılında Atina’da düzenlenen Olimpiyat Oyunları’nda gerçekleşmiştir. Bu organizasyonda yalnızca Grekoromen stilinde müsabakalar yapılmıştır. O dönemki kurallara göre maçlar süre sınırı olmaksızın, 30 dakikalık dinlenme aralarıyla, taraflardan biri yenilene kadar devam etmiştir. Bu uygulama 1912 Stockholm Olimpiyatları’na kadar sürmüştür. Aynı yıl Uluslararası Güreş Federasyonu’nun (FILA) kurulmasıyla birlikte güreş sporunda yeni bir döneme girilmiştir. Öncelikli olarak müsabaka süreleri ele alınmış ve zamanla bu sürelerde kısaltmalara gidilmiştir. Moskova Olimpiyatları’ndan itibaren güreş maçları, 3’er dakikalık iki devreden oluşacak şekilde düzenlenmiş; 1989 yılından itibaren ise maçlarda tek devre üzerinden, 5 dakikalık süreyle yapılmaya başlanmıştır. FILA, sıkletler ve

müسابaka süreleri konusunda zaman içinde pek çok değişiklik yapmıştır. Günümüzde ise ümitler, gençler ve büyükler kategorilerinde maçlar, birbirinden bağımsız iki devreden oluşmakta ve her devre 3 dakika sürmektedir (Morpa Spor Ansiklopedisi 2005).

Modern güreş, olimpiyat oyunlarının başlangıcından bu yana en popüler branşlar arasında yer almış ve her dönem oyunlarda kendine yer bulmuştur. Erkek sporcular açısından, dünya genelindeki güreş federasyonları tarafından kabul edilen iki ana stil bulunmaktadır: grekoromen ve serbest stil güreş (Garcia-Pallares ve ark. 2011).

Grekoromen stil, yalnızca üst vücudun kullanıldığı bir güreş türüdür. Bu stilde sporcular rakiplerine kalça ve üst bölgeye yönelik hamleler yapabilirler. Bacaklar ve ayaklar hem hücumda hem de savunmada kullanılmaz; yani bu bölgelerle yapılan hareketler kurallar gereği yasaktır. Bu durum, grekoromen stilin kendine özgü ve izleyiciye estetik açıdan keyif veren tekniklerle öne çıkmasına olanak sağlar (Bıyıklı 1991).

Serbest stil güreş ise hem üst hem de alt vücudun aktif olarak kullanılabildiği bir stildir. Güreşçiler, rakiplerine karşı el ve ayaklarını kullanarak çeşitli hücum ve savunma teknikleri uygulayabilirler. Dünya Güreş Birliği'nin (UWW) belirlediği kurallar çerçevesinde, sakatlanmaya neden olabilecek davranışlar dışında geniş bir teknik repertuar sergilenmesine izin verilir. Grekoromen stilden farklı olarak, serbest stil güreş daha fazla teknik çeşitliliğe sahiptir (Arus 2018).

Kadın güreşi ise daha yakın tarihte gelişim göstermiştir. Temelleri 1984 yılında atılan kadın güreşi, ilk kez 2004 Atina Olimpiyatları'nda resmi olarak yer almıştır. Kadın sporcular için tanımlanan tek güreş stili serbest stildir (Curby ve Jomand 2015).

2.2. Atletik Performans

Atletik performans, bireyin doğuştan getirdiği genetik özelliklerle çevresel etmenlerin, özellikle toplumsal etkilerle kazandığı becerilerin etkileşimi sonucu ortaya çıkar (Ulucan ve Göle 2014). Ancak, bu performansın doğuştan mı geldiği yoksa sonradan mı geliştiği konusu uzun süredir tartışma konusudur. Aynı şekilde, atletik performansın belirli bir sınırı olup olmadığı da bilimsel çevrelerde sıkça gündeme gelmektedir (Brown 2000). Bu tür sorular, özellikle son yıllarda yapılan araştırmalarla daha da önem kazanmıştır. Güncel araştırmalar, sporcuların performansında etkili olan sistemlerin genetik temelleri

incelenmektedir. Genetik faktörlerin; dayanıklılık, kuvvet, güç üretimi, yenilenme süreci ve psikolojik özellikler gibi pek çok unsuru etkilediği ifade edilmektedir (Ulucan ve Göle 2014).

Bu durum, yalnızca takım sporlarında değil bireysel branşlarda da başarılı olabilmek için sporcuların genetik yapılarına uygun beslenme ve antrenman programlarının hazırlanmasının önemini ortaya koymaktadır. Bu da spor genetiği alanının önemini gün geçtikçe artırmaktadır (Ulucan 2016).

2.3. Atletik Performansı Etkileyen Faktörler

Performans, genel olarak bireyin davranışının kısa vadeli ve sınırlı bir bölümünü ifade eder. Çoğunlukla belirli ve somut bir davranışın sergilenmesiyle ilişkilendirilir (Tiryaki 1991). Başka bir ifadeyle, performans; fiziksel bir aktivitenin gerçekleştirilmesinde gerekli olan psikolojik, biyomekanik ve fizyolojik verimliliği temsil eder.

Sportif performans ise, belirli bir davranışın başarıyla gerçekleştirilmesi için gösterilen tüm çabaların toplamı olarak tanımlanabilir. Bu bağlamda, sportif performans; bireyin tüm olumsuz koşullara rağmen, olumlu unsurları en iyi şekilde değerlendirerek sergilediği yetenek, kapasite ve kalite düzeyinin birleşimi şeklinde ele almak daha doğru olur. Performansa etki eden nedenler değerlendirilirken, bu süreci şekillendiren tüm bileşenlerin ve faktörlerin dikkate alınması önemlidir. Sportif performansın çok yönlü doğası, onu etkileyen faktörlerin çeşitliliğini de beraberinde getirir. Genel bir yaklaşımla, sportif performans içsel ve dışsal faktörler olmak üzere iki temel başlık altında incelenebilir (Atasü ve Yücesir 2004).

2.3.1. İçsel Faktörler

İnsanda bulunan ve büyük ölçüde kalıtsal özellikler taşıyan, zaman içinde küçük değişimlerle farklılaşabilen içsel faktörler üzerinde dışarıdan müdahale etme imkânı son derece sınırlıdır; hatta bazı durumlarda bu mümkün bile değildir (Bayraktar ve Kurtoğlu 2009). Ayrıca, bu içsel faktörlerin birçoğu ergenlik dönemiyle birlikte daha sabit bir hâl alır ve değiştirilmeleri daha da güçleşir.

Cinsiyet, yaş, genetik polimorfizmler, zekâ düzeyi, kas-iskelet sistemi özellikleri, psikolojik durum, alerjik yatkınlıklar, anatomik yapı, hormonal sistemin işleyişi, otonom

sinir sistemi yapısı, metabolik süreçler, denge kabiliyeti, fiziksel uygunluk düzeyi, iç organların fonksiyonel durumu, enerji üretim ve kullanım mekanizmaları, sinir-kas ileti hızı ve kardiyovasküler yapı gibi etmenler, başlıca içsel faktörler arasında sayılabilir. Tüm bu içsel faktörlerin performans üzerindeki etkilerini tam anlamıyla ölçmek ya da bunlara yönelik değişimlerin tümünü önceden kestirmek neredeyse olanaksızdır (Atasü ve Yücesir 2004; Maguhan 2005).

2.3.2. Dışsal Faktörler

İnsan anatomisinden kaynaklanmayan, çevresel kökenli ve bu nedenle sportif performansı dolaylı olarak fiziksel ya da psikolojik düzeyde etkileyen unsurlar dışsal faktörler olarak tanımlanır. Bu faktörler üzerinde bireylerin etkisi, içsel faktörlere kıyasla daha fazladır. Gerekli çevresel düzenlemeler ve uygun müdahaleler yoluyla büyük ölçüde geliştirilebilir ve değiştirilebilirler. Bu durum, sportif performansı artırmak amacıyla dışsal faktörlerde yapılacak olumlu düzenlemelerin daha kolay uygulanabilir ve daha etkili sonuçlar doğurabileceğini göstermektedir (Bayraktar ve Kurtoglu 2004).

Dışsal faktörlerin etkileri bireyden bireye farklılık gösterebilir. Örneğin, bir faktör X bireyinin performansını olumlu yönde etkileyebilirken, aynı durum Y bireyinde olumsuz bir etki yaratabilir. İçsel faktörlere göre sayıca daha fazla olan dışsal faktörler arasında; antrenörün niteliği, sporcu ile antrenör arasındaki iletişim, antrenman yoğunluğu ve şiddeti, vücut esnekliği, ısınma ve soğuma süreçleri, uyku düzeni, sporcunun yaşadığı ülkenin spor politikaları, iklim koşulları (örneğin nem oranı), spor branşının kuralları, beslenme alışkanlıkları, doping kullanımı, sakatlık öyküsü, sosyal çevre, rol model belirleme, takdir edilme duygusu ve boş zaman değerlendirme biçimi gibi unsurlar yer almaktadır (Bayraktar ve Kurtoglu 2009; Bayraktar ve Kurtoglu 2004; Kalkan ve Zekioğlu 2017).

Bireysel spor dallarında (örneğin güreş, badminton, atletizm), atletik performansın takibi ve antrenman programlarının bu doğrultuda planlanması, takım sporlarına oranla daha kolaydır (Özkara 2002). Ancak bir sporcunun performansını en üst düzeye çıkarmak istiyorsak, içsel ve dışsal faktörleri birlikte değerlendirmemiz gereklidir.

Bu iki boyuttan birinin ihmal edilmesi durumunda, gelişim süreci eksik kalacak ve performansın çok yönlü yapısı göz ardı edilmiş olacaktır (Mutlucan 2016).

2.4. Kuvvet

Literatürde birçok kuvvet tanımı mevcuttur. Erkan'ın (1972), yapmış olduğu tanımda kuvvet, dirence karşı durabilme yeteneğidir şeklinde ifade etmiştir. Başka bir tanımda kuvvet, yüksek düzeyde efor sarfederek kısa sürede ortaya konulan patlayıcı güçtür. Patlayıcı güç hız gereksinimi olan spor ve aktivitelerde, fırlatma, atma, sıçrama gibi etkinliklerde olması gereken bir özelliktir (Gallahue 1982). Kuvvet tek bir hareketle maksimum gücü ortaya koymaktır (Sharkey 1986). Kuvvet kasların veya kas gruplarının max itme-çekme yeteneği ile ifade edilir. Bu ifadeyle fizyolojik özelliği daha çok yansıtır (Sevim 1955).

Karmaşık bir özellikte olan kuvveti tanımlayabilmek için kuvvet antrenmanında hangi kas grubunu veya hangi özelliği geliştirme isteğine göre belirlenmesi gerekir. Bahsedilen bu kavramlar iç içe girmiştir. Bu kavramlar tek başına değerlendirilemez ve birbirilerinden soyutlanamazlar çünkü biri diğerinin ön koşulu halindedir (Dündar 2007).

Kuvvet antrenmanı, kasları geliştirmek ve kas içerisinde olan kas liflerini büyütüp büyük kas liflerinin oluşmasını sağlar (Fox 1998). Kuvvet antrenmanı bitiminde kaslar gelişir ve bir kasın maksimum kuvveti üretebilmesi için sporcunun kaslarının kasılma büyüklüğü ve biyomekanik özelliği göz önünde bulundurulmalıdır (Bompa 1998).

2.5. Kuvvet Çeşitleri

2.5.1. Genel Kuvvet

Belirli bir spor dalına özgü olmayan ve vücuttaki tüm kas gruplarının oluşturduğu toplam kuvvet, genel kuvvet olarak tanımlanır (Muratlı ve ark. 2011; Dündar 1994). Genel kuvvet, bireyin sahip olduğu kas gücünün açığa çıkmasında temel bir rol oynar. Sporla yeni tanışan bireyler ya da antrenmanlara yeni başlayan sporcular için hazırlık dönemlerinde öncelikli olarak genel kuvveti geliştirmeye yönelik antrenman programlarının uygulanması gereklidir. Yeterli düzeyde genel kuvvet geliştirilmemiş bir sporcuda, fiziksel gelişimin diğer yönlerinde de sınırlayıcı etkiler gözlemlenebilir (Bompa 1998).

2.5.2. Özel Kuvvet

Belirli bir spor branşına özgü olan ve o branşın gerektirdiği ihtiyaçlara uygun kuvvet türüne “özel kuvvet” denir (Muratlı ve ark. 2011; Dünder 1994). Özel kuvvet, spor dalına özgü hareket ve tekniklerde aktif olarak görev yapan kas gruplarının geliştirilmesine dayanır. Tüm spor branşlarında büyük öneme sahip olan bu kuvvet türü, özellikle elit düzeydeki sporcular için en üst seviyeye çıkarılmalı ve hazırlık dönemi sonunda diğer motorik özelliklerle birlikte uyum içinde geliştirilmelidir (Bompa 1988).

2.5.3. Maksimal Kuvvet

Bir sporcunun, karşılaştığı bir direnci yenebilmek için ortaya koyabileceği en yüksek düzeydeki kuvvete maksimum kuvvet denir (Bompa 1994; Brandon, 2003; Zatsiorky ve Kraemer 2006).

Maksimal kuvvet büyüklüğü;

- Motivasyon
- Kas içinde koordinasyon
- Uygulanan hareketlerde işlev gören kaslar arasındaki koordinasyon
- Kas fibril tüpü
- Kasın fizyolojik olarak kesitinin büyüklüğü (Bağcı 2016).

2.5.4. Çabuk Kuvvet

Çabuk kuvvet, en kısa sürede üretilen maksimum kuvvet olarak tanımlanır. Kas sisteminin, dışarıdan gelen dirençlere karşı mümkün olan en yüksek hızda kasılması bu kuvvetin temelidir. Bu kuvvet türünde kuvvet ve sürat olmak üzere iki temel bileşen ön plandadır. Bu iki unsurun birleşimi, sporcunun çok kısa bir sürede maksimum kuvvet üretmesini sağlar (Bompa 1988).

Çabuk kuvvet, bazı spor branşlarında performansın belirleyici unsurlarındandır. Özellikle atma, vurma, atlama gibi hareketlerin yoğun olduğu ve yüksek hızla yön değiştirmenin gerektiği spor dallarında büyük önem taşır (Açıkada ve Ergen 1990).

2.5.5. Kuvvette Devamlılık (Dayanıklılık)

Sporcunun, tüm vücudunu kullanarak uzun süreli fiziksel aktiviteler sırasında yorgunluğa karşı direnç gösterebilmesi ve yoğun yüklenmelere rağmen performansını sürdürebilmesi dayanıklılığın temelini oluşturur (Zorba 1999; Sevim 2002).

Kas dayanıklılığı ise, antrenman süresince kaslara uygulanan yüklenmelere karşı kasların kasılmaya devam edebilme kapasitesidir. Bu durum, ya uzun süre boyunca tekrarlayan kas kasılmalarına karşı direnci ya da belirli bir zaman diliminde yüksek düzeyde istemli kasılmaları sabit tutabilme yeteneğini ifade eder (Fox ve ark. 1988).

Dayanıklılığı etkileyen faktörler;

- Solunum sistemi
- Dolaşım sistemi
- Kas koordinasyonu ve viskozite
- Kas fibril tipi
- Enerji depoların zenginliği
- Antropometrik özellikler (Bağcı 2016).

2.6. Spor Genetiği

Spor genetiği, sporla ilgilenen bireylerin genetik yapısını ve işleyişini inceleyen bir bilim dalıdır. 2003 yılında tamamlanan İnsan Genom Projesi (İGP) ile, sportif performansı etkileyen fiziksel ve fizyolojik sistemlerin genetik temelleri daha net bir şekilde anlaşılmaya başlanmıştır. Bu gelişmeler, genetik faktörlerin sportif performans üzerindeki rolünü aydınlatmada önemli bir dönüm noktası olmuştur (Bulgay ve ark. 2023).

Spor genetiği alanındaki araştırmalar başlangıçta, atletik performansı etkilediği düşünülen genlerin ve genetik bölgelerin belirlenmesiyle başlamıştır. Takip eden süreçte ise bu aday genlerin, farklı spor branşlarındaki sporcular ile sedanter bireyler arasında karşılaştırmalı analizleri yapılmıştır. Araştırmaların son aşamasında ise elde edilen bulguların farklı popülasyonlar üzerinde test edilerek genetik yapı ile performans ilişkisine dair daha evrensel sonuçlara ulaşılması hedeflenmiştir. Günümüzde Türkiye’de

ve dünya genelinde devam eden çalışmalar sayesinde, sportif performansla ilişkili yaklaşık 250 genetik bölge tanımlanmıştır (Santos ve ark. 2016; Bulgay ve ark. 2025).

2.7. Tek Nükleotid Polimorfizmi (SNP)

İnsan DNA'sının gen diziliminde %99,9 oranında benzerlik bulunmakta olup, bu durum tüm insanlar arasında ortak genetik yapıyı yansıtır (Kotnis ve ark. 2005). Geriye kalan %0,1'lik genetik farklılık ise bireyler arasındaki fenotipik çeşitliliğin ve varyasyonun temelini oluşturur. Bu küçük farklılıklar arasında en yaygın olanlardan biri, tek bir baz çiftindeki değişimi ifade eden tek nükleotid polimorfizmleridir (SNP). Genomda belirli bir konumda meydana gelen ve genellikle %1 sıklıkla gözlemlenen bu değişimler, protein yapısını nadiren etkileyen mutasyonlardan farklıdır (Clarke 1987).

Başlangıçta SNP'lerin işlevsel açıdan önemsiz olduğu düşünülmüş olsa da daha güncel çalışmalar bu varyasyonların proteinlerin özelliklerini ve işlevlerini çeşitli düzeylerde etkileyebildiğini ortaya koymuştur (Collins ve ark. 1997; Chakravati 1998). SNP'ler, insan genomunda en sık karşılaşılan genetik değişim türlerinden biridir (Don Haeng ve Ki-Baik 2008). Fenotip üzerinde etkili olan yaklaşık 30.000 SNP'nin klinik olarak anlamlı olduğu belirlenmiş ve bu SNP'lerin büyük bir kısmının; translasyon sonrası süreçler, transkripsiyon düzeyleri, post-transkripsiyonel düzenlemeler ya da proteinlerin dördüncül yapısındaki değişiklikler gibi biyolojik mekanizmaları etkileyebildiği gösterilmiştir (Li ve ark. 2001).

2.8. Kuvvet Performansına Etki Eden Genler

Kuvvete temelli spor disiplinlerinde performans, çok sayıda fizyolojik, biyomekanik ve genetik faktörün etkileşimiyle şekillenmektedir. Kas kuvveti fenotipine anlamlı düzeyde katkı sağladığı düşünülen başlıca biyolojik bileşenler; iskelet kası hipertrofisi (kas lifi çapındaki artış), hiperplazi, hızlı kasılan (fast-twitch) kas lifi oranının yüksekliği, kas fasyasında geniş pennasyon açısı, gelişmiş nöromüsküler adaptasyon kapasitesi, artmış glikolitik potansiyel ve yükselmiş serum testosteron düzeyleridir (Kuschel ve ark. 2022). Ayrıca, kuvvet sporcuları ile dayanıklılık sporcuları ve/veya sedanter bireyler arasında transkriptomik, biyokimyasal, antropometrik, fizyolojik ve biyomekanik özellikler bakımından belirgin farklılıklar bulunduğu dair güçlü bilimsel kanıtlar mevcuttur (Stepto ve ark. 2009; Fuku ve ark. 2019). Bu varyasyonlar hem çevresel etkenlerle

(örneğin antrenman, diyet) hem de genetik varyasyonlarla açıklanabilmektedir. Nitekim, yapılan çalışmalar kas kuvvetiyle ilişkili özelliklerin yüksek düzeyde kalıtsal olduğunu, genetik faktörlerin maksimal izometrik, izotonik ve izokinetik kuvvet değişkenliğinin %85'ine kadarını açıklayabildiğini ortaya koymuştur (Zempo ve ark. 2017).

İleri yaşla birlikte iskelet kası kütlesi, kuvveti ve motor performansta gözlenen azalmalarla karakterize edilen sarkopeniye ilişkin genetik alt yapıyı inceleyen yakın tarihli bir çalışmada, Semenova ve ark. (2023), sarkopeni riskini artıran alellerin; yüksek düzeyde yorgunluk hissi, alkol ve tütün tüketimi, sedanter yaşam tarzı (örneğin aşırı televizyon izleme) ve tuzlu/işlenmiş et tüketimi gibi sağlıksız davranışlarla güçlü şekilde ilişkili olduğunu göstermiştir. Öte yandan, sarkopeniye karşı koruyucu etkisi olan alellerin; artmış serum testosteron, IGF-1 ve 25-hidroksivitamin D düzeyleri, daha uzun boy, düzenli fiziksel aktivite ve sağlıklı beslenme alışkanlıklarıyla (örneğin tam tahıllar, peynir, yağlı balık, protein, su, meyve ve sebze tüketimi) pozitif ilişki sergilediği rapor edilmiştir. Toplum genelinde kas kuvveti fenotipleri daha silik biçimde gözlemlense de kuvvet sporcuları bu fenotiplerle ilişkili genomik varyantların belirlenmesi açısından ideal bir örneklem grubunu temsil etmektedir. Bu bağlamda elde edilecek bulgular, yaşlanmaya bağlı kas kaybının (sarkopeni) önlenmesine yönelik genetik temelli stratejilerin geliştirilmesine katkı sağlayabilir.

Kuvvet sporcularında gözlenen genetik farklılıkların belirlenmesinde en yaygın yaklaşımlardan biri, sporcu ve kontrol grubu bireyler arasındaki alel frekanslarının karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Genotip-fenotip ilişkilerini daha güçlü şekilde desteklemek amacıyla, araştırmacılar el kavrama ve izokinetik kuvvet ölçümleri, halter ve güç kaldırma performansları ile direnç antrenmanına verilen akut ve kronik fizyolojik yanıtları incelemektedir. Bu kapsamda, daha önce yürütülen üç geniş çaplı genom çapında ilişki çalışmasında (GWAS), EKK ile ilişkili toplam 170 DNA polimorfizmi tanımlanmıştır (Willems ve ark. 2017; Tikkanen ve ark. 2018; Jones ve ark. 2021). Bu çalışmaları takiben, elit düzeyde halterci ve powerlifting sporcularının yer aldığı bir çalışmada Moreland ve ark. (2020), bu bireylerin kuvvetle ilişkili alelleri daha yüksek frekansta taşıdığı hipotezini test etmiş ve 23 DNA polimorfizminin anlamlı düzeyde ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Bunlar arasında *LRPPRC* rs10186876, *MMS22L* rs9320823 ve *PHACTR1* rs6905419 gibi varyantlar hem el kavrama kuvveti hem de rekabetçi halter performansı ile ilişkili bulunmuştur (Kikuchi ve ark. 2021).

Son olarak, güncellenmiş dahil etme kriterlerine dayanan sistematik literatür incelenmesinde, kuvvet sporculuğu ile ilişkili olabilecek en az 42 potansiyel genetik belirteç olduğunu ortaya koymuştur. Bu bağlamda en güçlü aday aleller arasında *ACTN3* rs1815739 C, AR ≥ 21 CAG tekrarları, *LRPPRC* rs10186876 A, *MMS22L* rs9320823 T, *PHACTR1* rs6905419 C ve *PPARG* rs1801282 G yer almaktadır (Semenova ve ark. 2023).

2.9. *ACTN3* Gen Polimorfizmi

ACTN3 geni, hızlı kas kasılması ve kuvvet üretimi ile ilişkili olan alfa-aktinin protein ailesinin bir üyesidir ve iskelet kası yapısının temel bileşenlerinden biridir. Bu gen, 11. kromozomun uzun kolunda yer alır ve memelilerde dört farklı formda (*ACTN1*, *ACTN2*, *ACTN3*, *ACTN4*) bulunur. Bu izoformlardan *ACTN2* ve *ACTN3*, iskelet kası dokusunda görev yapan özel proteinlerdir. Özellikle *ACTN3* proteini, hızlı kasılan (tip 2) kas liflerinde fonksiyon görür ve ani, yüksek kuvvet üretimiyle ilgili kas aktivitelerinde kritik rol oynar (Beggs ve ark. 1992).

ACTN3 geninin 16. ekzonunda meydana gelen bir mutasyon sonucunda, 577. pozisyonda arjinin (R) kodonu yerini durdurucu (X) bir kodona bırakır. Bu durum, bireyde *ACTN3* protein sentezinin durmasına ve dolayısıyla bu proteinin eksikliğine neden olur (MacArthur ve North 2007).

Söz konusu gen varyantına sahip olmayan bireyler, yani 577RR genotipine ve R alleleline sahip olanlar, sprint, patlayıcı güç ve yüksek kuvvet gerektiren sporlarda genetik açıdan avantaj sağlayabilir. Ancak, bu genotipe sahip bireyler dayanıklılık gerektiren spor dallarında aynı avantajı gösteremezler (Yang et al. 2003). Buna karşın, yapılan takip çalışmalarında 577XX genotipine sahip bireylerin dayanıklılık performansı gerektiren sporlarda daha elverişli kas özelliklerine sahip olduğu belirlenmiştir (Alfred ve ark. 2011).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Etik Onay

Mevcut çalışma, Gazi Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun Temmuz 2023 tarihli ve 642 sayılı kararı ile, ayrıca Bingöl Üniversitesi Etik Kurulu'nun Temmuz 2024 tarihli ve 24/18 sayılı kararı ile etik açıdan onaylanmıştır. Araştırma, Dünya Tabipler Birliği'nin 2013 yılında güncellenen Helsinki Bildirgesi ilkeleri ile spor ve egzersiz bilimlerinin etik standartlarına uygun olarak yürütülmüştür. Araştırmaya katılan tüm güreşçilerden yazılı ve sözlü gönüllü onam alınmıştır.

3.2. Araştırma Grubu

Mevcut araştırma Türkiye Güreş Federasyonu'na bağlı 57 erkek güreşçi (yaş ortalaması = 22,35 yıl [SS = 5,34]; boy = 172,24 cm [SS = 6.15]; kilo = 80,65 kg [SS = 15,70]; spor spor deneyimi= 13,40 yıl [SS = 3,85]; EKK = 50,81 yıl [SS = 7,05]) katılmıştır. Tüm güreşçiler Olimpiyat Oyunları, Avrupa Şampiyonası ve Balkan Şampiyonası gibi uluslararası organizasyonlarda yarışmış elit düzeyde sporculardır.

3.3. Verilerin Toplanması

3.3.1. El Kavrama Kuvveti (EKK)

Üst ekstremité kas kuvvetini ölçmek amacıyla el kavrama kuvveti (EKK) kullanılmıştır. Ölçümler, Smedley tipi bir el dinamometresi (Grip-D 5101; Takei, Niigata, Japonya) ile ayakta durarak gerçekleştirilmiştir. Sporculara, test edilecek ellerine dinamometreyi almaları, kollarını düz tutmaları ve kol ile vücut arasında yaklaşık 15° açı olacak şekilde pozisyon almaları söylenmiştir. Dinamometrenin sapı, dört parmağın ikinci interfalangeal eklemi ile başparmağın tabanındaki avuç bölgesi arasına yerleştirilmiştir. Bu pozisyonda, dinamometreyi maksimum izometrik güçle beş saniye boyunca sıkmaları istenmiştir. EKK iki kez ölçülmüştür ve en yüksek değer 0,1 kg hassasiyetle kaydedilmiştir. Hem baskın hem de baskın olmayan ellerin el kavrama kuvveti ölçülmüştür, ancak analizlerde yalnızca baskın elin sonuçları kullanılmıştır.

3.3.2. Moleküler Analizler

3.3.2.1. DNA İzolasyonu

Sporculardan onaylarının alınmasının ardından, bireylerin yanak mukozalarından swap yardımıyla epitel doku sürüntüsü alınmıştır ve swaplar kuru halde +4°C’de muhafaza edilmiştir. Araştırma protokolü gereği numune toplama işleminden en az 45 dakika önce sporculardan herhangi bir yiyecek veya içecek tüketmemeleri istenmiştir. Ayrıca, örnek alınmadan önce sporculardan ağızlarını su ile iyice çalkalayıp tükürmeleri talep edilmiştir. Besi yersiz eküvyon çubukları kullanılmadan önce sporcuların isimleri, örnek alma tarihleri ve kod numaraları çubukların üzerine yazılarak etiketlenmiştir. Steril eldivenlerle açılan eküvyon çubuğu, yanak içi mukozada 30 saniye süreyle gezdirilmiştir ve pamuk kısmı tamamen tükürükle dolana kadar işleme devam edilmiştir.

DNA izolasyon işlemi, ticari bir kit aracılığıyla sağlayıcının talimatları doğrultusunda Gazi Üniversitesi Tıbbi Genetik Laboratuvarı’nda gerçekleştirilmiştir. İşlem sırasında, kısaca, kit bileşeni olan özel solüsyona swaplar daldırılmıştır ve biyolojik materyalin solüsyona geçişi sağlanmıştır. Daha sonra liziz tamponu ile epitel hücreler parçalanmıştır. Bağlama solüsyonu ve DNA bağlayan manyetik boncuklar yardımıyla DNA, manyetik alan altında toplanmıştır. Boncuklar alkol ile iki kez yıkanmış ve boncuklara tutunan DNA, DNaz içermeyen su ile boncuklardan arındırılmıştır. DNA konsantrasyonları ve saflıkları bir nanodrop cihazı (NanoDrop 1000; Thermo Scientific, ABD) kullanılarak ve %1 agaroz jel elektroforezi ile belirlenmiştir.

3.3.2.2. Genotipleme İşlemleri

İzole edilen DNA’lar kullanılarak *ACTN3* gen polimorfizmi rs1815739, gerçek zamanlı polimeraz zincir reaksiyonu (real-time polymerase chain reaction; RT-PCR) yardımıyla erime eğrisi analizi ile genotiplenmiştir. Bu amaçla, özel tasarım bir ticari kit (*ACTN3* rs1815739 RT-PCR genotipleme kiti, SNP Biyoteknoloji, Ankara) kullanılmıştır. İşlem sırasında uygulanan termal profil şu şekildedir: 95°C’de 5 dakika başlangıç denatürasyonu; ardından 95°C’de 30 saniye döngü denatürasyonu, 60°C’de 30 dakika bağlanma ve 72°C’de 30 saniye uzama ve sinyal eldesi. Bu termal profil sonuna, 50–99°C arasında her bir saniyede 1 derece artacak şekilde erime eğrisi uygulanmıştır ve erime eğrilerinin kalitatif analizi ile genotipler (yabanıl ya da mutant/heterozigot ya da

homozigot) belirlenmiştir. Her bir örnek için duplike çalışma gerçekleştirilmiştir. Reaksiyona, herhangi bir varyant içermediği bilinen ticari referans insan DNA'sı da eklenmiştir ve diğer örneklerin sonuçları bu referans DNA ile karşılaştırılmıştır.

3.4. İstatistiksel Analizler

İstatistiksel veri analizi, Excel ve SPSS Mac 27.0 yazılımları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analiz sürecinin ilk aşamasında, analizlerin uygunluğunu ve varsayımların karşılanmasını sağlamak amacıyla eksik ve hatalı veriler değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda, eksik veya hatalı doldurulmuş yanıtları olan katılımcıların verileri analiz dışı bırakılmıştır ve analizler, 57 üst düzey sporcuya ait veriler üzerinden yürütülmüştür. Normallik varsayımlarını test etmek için Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk değerleri incelenmiş ve bu bağlamda verilerin normal dağılım gösterdiği belirlenmiştir. *ACTN3* rs1815739 polimorfizmi EKK, spor deneyimi ve yaş parametreleri kovaryant olarak belirlenerek tek yönlü kovaryans analizi (ANCOVA) kullanılarak incelenmiştir. Ayrıca, SNPStats yazılımı ek doğrulama amacıyla kullanılmış; alel ve genotip frekansı analizleri ile ilişkilendirme çalışmaları bu yazılım aracılığıyla desteklenmiştir (Sole ve ark. 2006). İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak kabul edilmiştir.

4. BULGULAR

Sunulan bölümde, araştırma kapsamında elde edilen bulgulara ve bu bulgulara ilişkin yorumlara yer verilmiştir.

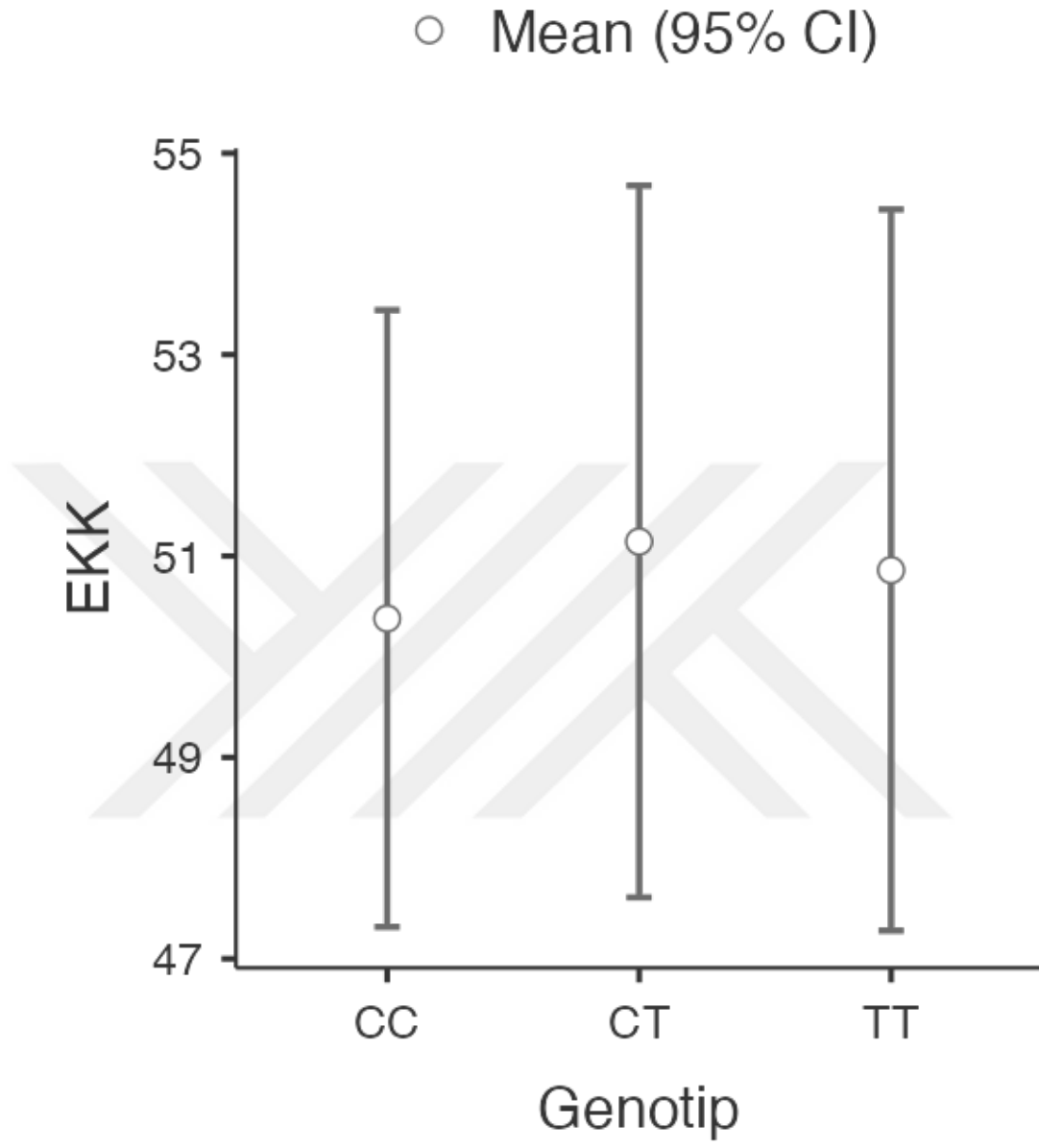
Mevcut araştırmada, *ACTN3* gen polimorfizminin güreşçilerde EKK üzerindeki potansiyel etkileri incelenmiştir. Farklı genotip gruplarının ilgili performans parametreleri üzerindeki olası etkileri değerlendirilmiştir.

Tablo 4.1. EKK'nin Genotipe Göre İncelenmesi

Değişken	Genotip			F	p
	CC (n=19)	CT (n=23)	TT (n=15)		
EKK (kg)	50.37±6.35	51.14±8.17	50.86±6.46	.059	.942

El kavrama kuvveti (EKK)

Tablo 1 incelendiğinde, EKK bakımından CT genotipine sahip güreşçilerin ortalama performans düzeylerinin, CC ve TT genotipine sahip sporculara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ancak söz konusu farklılıklar istatistiksel açıdan anlamlılık düzeyine ulaşmamıştır ($p > 0.05$).



Şekil 4.1. El Kavrama Kuvvetini Genotiplere Göre İncelenmesi $p > 0.05$.

5. TARTIŞMA

Elit düzeydeki atletik performansın değerlendirilmesinde karşılaşılan başlıca zorluklar arasında, yüksek maliyetli ekipmanlara duyulan ihtiyaç, özel altyapı gereklilikleri, elit sporcu popülasyonuna ulaşmadaki güçlükler ve teknik uzmanlık gereksinimi yer almaktadır. Bu sınırlamaları aşmak adına, araştırmacılar son yıllarda daha düşük maliyetli, erişilebilir ve uygulanabilir ölçüm yöntemlerine yönelmektedir. Bu bağlamda, el kavrama kuvveti (EKK) testi, pratikliği ve yüksek güvenilirliği nedeniyle öne çıkan bir değerlendirme aracı olmuştur (Kim ve ark. 2022). EKK ile atletik performans ve sağlık arasındaki ilişkiyi inceleyen birçok araştırma yapılmıştır (Kim ve ark. 2022; Vaishya ve ark. 2024). Ancak, EKK ile genetik faktörler arasındaki ilişkileri ele alan çalışmalar sınırlıdır. Bu bağlamda, mevcut araştırma EKK testinin uygulanabilirliğinden yola çıkarak, elit güreşçilerde *ACTN3* geninin rs1815739 polimorfizmi ile EKK arasındaki potansiyel ilişki araştırılmıştır.

Elde edilen bulgular, CT genotipine sahip sporcuların EKK açısından ortalama olarak daha yüksek değerlere sahip olduğunu göstermiştir. Ancak, bu farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı düzeyde bulunmamıştır. *ACTN3* R577X polimorfizmi daha önce güç odaklı spor dallarında yaygın olarak incelenmiş olup, RR ve RX genotiplerinin özellikle sürat ve kuvvet gerektiren sporcularda, dayanıklılık sporcuları ve sedanter bireylere kıyasla daha yüksek oranda gözlendiği bildirilmiştir (Roth ve ark. 2008; Alfred ve ark. 2011). Bu yönüyle, mevcut araştırmanın bulguları literatürdeki bazı bulgularla kısmen örtüşmektedir. Bununla birlikte, EKK düzeyi ile *ACTN3* polimorfizmi arasındaki ilişkiyi doğrudan ele alan çalışmaların eksikliği göz önünde bulundurulduğunda, mevcut araştırma literatüre özgün bir katkı sunmaktadır. *ACTN3* geni tarafından kodlanan sarkomerik α -aktinin-3 proteini, hızlı kasılan (fast-twitch) kas liflerinde Z çizgisi stabilizasyonunda görev almaktadır. Bu protein, yüksek yoğunluklu ve kısa süreli güç üretiminde kritik rol oynamaktadır. R577X polimorfizmi, fonksiyon kaybına yol açan bir varyant olup, bireylerin kas fonksiyonlarını doğrudan etkileyebilmektedir (Pickering and Kiely 2017; Gutiérrez-Vargas ve ark. 2022). A-aktinin-3 eksikliği, kasların hızlı ve güçlü kasılmalar üretme kapasitesinde azalmaya neden olarak, sprint ve halter gibi yüksek yoğunluklu sporlarda dezavantaj oluşturabilmektedir (Houweling ve ark. 2018).

En az bir R aleline sahip bireyler (RR veya RX), α -aktinin-3 proteini üretirken, XX genotipine sahip bireylerde bu protein eksiktir. Bu durumun, yaşla birlikte kas gücündeki düşüşü hızlandırabileceği öne sürülmektedir (Henrique ve ark. 2022).

Genetik altyapının kas gücü üzerindeki etkisi, büyük örneklemlemlerle gerçekleştirilen genom çapında ilişki çalışmalarıyla (GWAS) da desteklenmiştir. Willems ve ark. (2017), 195.180 kişilik bir örneklemle yürüttükleri çalışmada, EKK ile ilişkili 16 genetik lokus tanımlanmış. Bu lokusların iskelet kası yapısı, nöronal sinyal iletimi ve bazı nörolojik sendromlarla ilişkili genleri kapsadığı belirlenmiştir. Söz konusu bulgular, kas gücünün yalnızca kas sistemine değil, sinir sistemi ve metabolik süreçlere de bağlı olduğuna işaret etmektedir. Aynı şekilde, Tikkanen ve ark. (2018), tarafından yürütülen başka bir çalışmada, 101 genetik lokus saptanmış ve bu lokusların büyük bir kısmının nörolojik fonksiyonlarla ilişkili olduğu gösterilmiştir. Ayrıca, EKK'nın kardiyometabolik sağlık ve bilişsel işlevlerle genetik düzeyde anlamlı ilişkiler taşıdığı tespit edilmiştir. Mendelyen randomizasyon analizleri, yüksek kas gücünün kardiyovasküler hastalık riskini azalttığını ortaya koymuştur.

Jones ve ark. (2021), tarafından gerçekleştirilen meta-analiz çalışmasında, 60 yaş ve üzeri 256.523 Avrupalı birey incelenmiş ve yaşlı bireylerde kas zayıflığı ile ilişkili 15 yeni genetik lokus tanımlanmıştır. Söz konusu lokusların çoğu, bağışıklık sistemi, inflamasyon, hücre döngüsü düzenlemesi ve kas iskelet sistemi gelişimiyle ilişkili biyolojik yolları içermektedir. Bulgular, yaşlı bireylerde kas zayıflığına yol açan mekanizmaların yalnızca kas sistemine özgü olmadığını; aynı zamanda yaşlanma sürecine özgü çoklu biyolojik yollarla bağlantılı olduğunu göstermektedir. Ayrıca, EKK'nın zamanla azalması sürecinde hem genetik hem de çevresel faktörlerin rol oynadığı kanıtlanmıştır. Carmelli ve Reed (2000), tarafından yapılan uzunlamasına ikiz çalışmasında, 10 yıllık sürede EKK'deki azalma %35 oranında genetik etkilerle, %48 oranında ise paylaşılan çevresel faktörlerle ilişkilendirilmiştir. Bu sonuçlar, geç yetişkinlikte fiziksel kapasitenin yalnızca yaşla değil, genetik miras ve çevresel etkileşimlerle şekillendiğini ortaya koymaktadır.

Frederiksen ve ark. (2002), tarafından yapılan ikiz araştırması, EKK'nın kalıtılabilirliğini %52 olarak belirlemiş; bu bulgu EKK'nın genetik çalışmalarda fenotip olarak kullanımını desteklemiştir. EKK'nın sadece kas fonksiyonu değil, günlük yaşam aktiviteleri ve

bağımsızlık gibi yaşam kalitesiyle de yakından ilişkili olması, onu yaşlı bireylerde fiziksel işlevselliğin değerlendirilmesinde önemli bir biyobelirteç haline getirmiştir.

İlgili literatür incelendiğinde, *ACTN3* gen polimorfizmi ile çalışmamızda ele alınan değişken arasında doğrudan bir ilişki kuran herhangi bir araştırmaya rastlanmamıştır. Bu durum, elde edilen bulguların yorumlanmasını sınırlamakta ve doğrudan bir sonuca ulaşmayı güçleştirmektedir. Ancak mevcut literatür ve çalışmamızdan elde edilen veriler birlikte değerlendirildiğinde, spor performansının yalnızca genetik özellikler doğrultusunda şekillenmediği, aynı zamanda çevresel faktörlerin de önemli ölçüde etkili olduğu görülmektedir. Bu bağlamda, bireylerin genetik altyapıları spor performansı üzerinde belirli bir rol oynasa da antrenman programları, beslenme düzeni, motivasyon, psikolojik faktörler ve çevresel koşullar gibi unsurların da performans üzerinde etkili olduğu unutulmamalıdır. Dolayısıyla, elde edilen sonuçlar, performans değerlendirmelerinde hem genetik hem de çevresel faktörlerin bütüncül bir şekilde ele alınması gerektiğini bir kez daha ortaya koymaktadır.

Bununla birlikte, mevcut araştırmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. İlk olarak, örneklem büyüklüğünün sınırlı olması, istatistiksel analizlerin gücünü zayıflatmakta ve sonuçların genellenebilirliğini kısıtlamaktadır. İkinci olarak, çalışmanın yalnızca güreş branşına özgü sporcularla sınırlandırılması, bulguların diğer spor dallarına doğrudan uygulanabilirliğini engellemektedir. Üçüncü olarak, yalnızca *ACTN3* geni üzerine odaklanılmış olması, sportif performans gibi çok faktörlü bir olgunun genetik arka planını yeterince açıklamakta yetersiz kalabilir. Daha kapsamlı genetik analizlerin, bu alanda daha bütüncül sonuçlar sağlaması beklenmektedir. Son olarak, EKK'nin tek başına performans belirteci olarak kullanılması, sportif performansın çok boyutlu doğasını yansıtmak açısından sınırlıdır. Performansın dayanıklılık, çeviklik, denge ve patlayıcı güç gibi farklı boyutlarını kapsayan ölçütlerle birlikte değerlendirilmesi, daha bütüncül analizlere olanak sağlayacaktır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak, EKK açısından *ACTN3* geninin CT genotipine sahip güreşçilerin ortalama performans düzeylerinin, CC ve TT genotipine sahip sporculara kıyasla daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Ancak bu farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Kas kuvveti değerlendirmelerinde yalnızca tek bir gen üzerinden sonuçlara ulaşmak, elde edilen bulguları olumlu ya da olumsuz yönde etkileyebileceği gibi, atletik performansın gelişiminde çoklu genetik faktörlerin ve çevresel değişkenlerin birlikte rol oynadığı unutulmamalıdır. Ayrıca, genetik çalışmaların güvenilirliğini ve tutarlılığını artırmak adına mevcut araştırmada homojenliğin sağlanması önemli bir husus olarak değerlendirilmelidir. Özetle, *ACTN3* gen polimorfizmi açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamış olsa da GA genotipine sahip bireylerin güreş branşında daha yüksek oranda temsil edilmesi, bu branşın fizyolojik gereksinimleri doğrultusunda literatürde yer alan bulgularla örtüşmektedir.

6.1. Öneriler

Mevcut araştırmadan elde edilen bulgular doğrultusunda, gelecekte gerçekleştirilecek araştırmalara yönelik bazı öneriler geliştirilmiştir. İleri araştırmalarda daha geniş ve temsili örneklem gruplarının kullanılması, farklı spor branşlarını kapsayan karşılaştırmalı analizlerin gerçekleştirilmesi, birden fazla genetik belirtecin eş zamanlı olarak incelenmesi ve çeşitli fiziksel performans testlerinin bütüncül bir yaklaşımla değerlendirmeye dahil edilmesi, elde edilecek verilerin geçerlilik ve güvenilirliğini anlamlı ölçüde artıracaktır. Bu tür metodolojik yaklaşımlar, spor genetiği alanında daha derinlemesine ve genellenebilir sonuçlara ulaşılmasına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Açıkada C ve Ergen E. (1990). *Bilim ve spor*. 1. Baskı, Büro-tek Ofset Matbaacılık, Ankara, 227 s.

Ahmetov II, AM Druzhevskaya, EV Lyubaeva et al. (2011). The dependence of preferred competitive racing distance on muscle fibre type composition and ACTN3 genotype in speed skaters. *Exp Physiol*, **96** (12),1302-1310.

Alfred T, Ben S, Cooper R and Hardy R. (2011). *ACTN3 genotype, athletic status, and life course physical capability: Meta-analysis of the published literature and findings from nine studies*. *Hum Mut*, **32** (9),1008-1018.

Alpman C. (1992). *Eğitimin Bütünlüğü İçinde Beden Eğitimi ve Çağlar Boyunca Gelişim İçinde*. Gençlik ve Spor Bakanlığı Eğitim Genel Müdürlüğü Milli Eğitim Basımevi, İstanbul, 78 s.

Arus E. (2018). *Biomechanics of Human Motion Applications in The Martial Arts*. 2nd Edition, CRC Press Taylor and Francis Group, Abingdon, 270 p.

Atasü T ve Yücesir İ. (2004). *Doping ve Futbolda Performans Artırma Yöntemleri*. T.F.F. Yayınları, İstanbul, 439 s.

Bağcı O. (2016). *12-14 Yaş Arası Güreşçilerde 8 Haftalık Kuvvet Antrenmanının Bazı Fiziksel Uygunluk Parametrelerine Etkisi*. Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı, Konya, 57 s.

Bayraktar B ve Kurtoglu M. (2004). Sporda performans ve performans artırma yöntemleri. Doping ve futbolda performans artırma yöntemleri. *Klinik Gelişim Dergisi*, **11** (3), 269-296.

Bayraktar B ve Kurtoğlu M. (2009). Sporda performans, etkili faktörler, değerlendirilmesi ve artırılması. *Klinik Gelişim Dergisi*, **22** (1),16-24.

Beggs A, Byers T, Knoll J and Boyce F. (1992). Cloning and characterization of two human skeletal muscle alpha-actinin genes located on chromosomes 1 and 11. *J. Biol Chem*, **267** (13),9281-9288.

Bıyıklı T, Çiftçi İ, Ulucan K, Yaman B, Topal ES ve Aksulu BK. (2015). Athletic performance, genetics and gene doping. *İstanbul Kanuni Sultan Süleyman Tıp Dergisi*, **7** (2),58-62.

Bıyıklı Y. (1991). *Genç Güreşçi Yetiştirilmesi Konusunda Kamu Kuruluşlarının Rolü Bursa Bölge Örneği*. Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı, İstanbul, 91 s.

Bompa TO. (1998). *Antrenman Kuramı ve Yöntemi*. 5. Baskı, Kültür Ofset, Ankara, 488 s.

Bostan G ve Akalan C. (2023). Haftada 3 ve 6 kez yapılan direnç egzersiz sıklığının kas gücü ve kas hacmi üzerindeki etkisi: deneysel araştırma. *Türkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences*, **15** (3),341-349.

Brandon R. (2003). The world sports training workbook. Elektrik world plc. *Great Britain*, 1,70- 77.

Brown LE. (2000). *Isokinetics in Human Performance, Human Kinetics*. 1st Edition, USA, 456 p.

Bulgay C ve Ergun MA. (2022). *Atletik Performans, Genetik ve Epigenetik Üçlüsü. Egzersiz Fizyolojisi ve Temel Kavramlar*. İçinde: Durakan E ve Göktepe M, (Editörler), Egzersiz Fizyolojisi ve Temel Kavramlar. 1. Baskı, Efe Akademi Yayınları, Ankara, ss.44-54.

Bulgay C, Kasakolu A, Kazan HH, Mijaica R, Zorba E, Akman O. ve ark. (2023). Exome-wide association study of competitive performance in elite athletes. *Genes*, **14** (3),660.

Bulgay C, Zorba E, Kazan HH, Bayraktar I, Uca M, Ergün MA. ve ark. (2025). BDNF coexpresses with MTOR and is associated with muscle fiber size, lean mass and power-related traits. *European Journal of Applied Physiology*, 1-12.

Byeon JY, Lee MK, Yu MS, Kang MJ, Lee DH, Kim KC. et al. (2019). Lower relative handgrip strength is significantly associated with a higher prevalence of the metabolic syndrome in adults. *Metabolic Syndrome and Related Disorders*, **17** (5),280-288.

Cabanas-Sánchez V, Esteban-Cornejo I, Parra-Soto S, Petermann-Rocha F, Gray SR, Rodríguez-Artalejo F. et al. (2022). Muscle strength and incidence of depression and anxiety: findings from the UK Biobank prospective cohort study. *Journal of cachexia, Sarcopenia and Muscle*, **13** (4),1983-1994.

Carmelli D and Reed T. (2000). Stability and change in genetic and environmental influences on hand-grip strength in older male twins. *Journal of Applied Physiology*, **89** (5),1879-1883.

Chan MY, Tchikanda DN, Gunathilake T, Armstrong NJ, Kwok JB, Schofield PR. et al. (2015). A genome-wide association study to identify genetic loci associated with hand grip strength in middle and late adulthood. *Gero Science*, **37** (4),517-528.

Clarke CA. (1987). *Human Genetics and Medicine*. 3rd Edition, Edward Arnold, Great Britain, 74 p.

Collins FS, Guyer MS and Charkravarti A. (1997). Variations on a theme: cataloging human DNA sequence variation. *Science*. **278**,1580-1581.

Costa AM, Breitenfeld L, AJ Silva et al. (2012). Genetic inheritance effects on endurance and muscle strength: an update. *Sports Med*, **42**,449-458.

Curby D and Jomand G. (2015). The evolution of women's wrestling: History, issues and future. *International Journal of Wrestling Science*, **5** (1),2-12.

Dag F, Tas S and Cimen OB. (2021). Hand-grip strength is correlated with aerobic capacity in healthy sedentary young females. *Montenegrin Journal of Sports Science and Medicine*, **10** (1),55-60.

Do Amaral Benfica P, Aguiar LT, de Brito SAF, Bernardino LHN, Teixeira-Salmela LF and de Moraes Faria CDC. (2018). Reference values for muscle strength: A systematic review with a descriptive meta-analysis. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, **22** (5),355-369.

Don Haeng L and Ki-Baik H. (2008). Inflammatory cytokine gene polymorphisms and gastric cancer. *J Gastroenterol Hepatol*, **23** (10),1470-1472.

Dündar U. (1995). *Antrenman teorisi*. 2. Baskı, Seren Matbaacılık, Ankara, 416 s.

Dündar U. (2007). *Antrenman teorisi*. 7. Baskı, Bağırhan Yayinevi, Ankara, 326 s.

Eberhard W. (1940). Çin kaynaklarına göre Türkler ve komşularında spor (Çev. Nimet Uluğtuğ). *Ülkü Dergisi*, 110-250.

Eynon N, Duarte JA, Oliveira J. et al. (2009). ACTN3 R577X polymorphism and Israeli top-level athletes. *Int J. Sports Med*, **30** (9),695-698.

Fox EL, Bowers RW and Fos MI. (1988). The physiological basis of physical education and athletics. *Saunders Collage Publishing*. p. 4.

Frederiksen H, Gaist D, Petersen HC, Hjelmberg J, McGue M, Vaupel JW. et al. (2002). Hand grip strength: A phenotype suitable for identifying genetic variants affecting mid- and late-life physical functioning. *Genetic Epidemiology*, **23** (2),110-122. <https://doi.org/10.1002/gepi.1127>

Gallahue DL. (1982). Understanding motor development in children. *Wiley*, **2** (3),415-435.

García-Pallarés J, López-Gullón J, Muriel X, Díaz A and Izquierdo M. (2011). Physical fitness factors to predict male olympic wrestling performance. *European Journal Of Applied Physiology*, **111** (8),1747-1758.

Gencer YG, Iğdır EC, Temur HB, Sarikaya M ve Seyhan S. (2019). El kavrama kuvveti basketbolda şut isabetini etkiler mi?. *Electronic Turkish Studies*, **14** (1),371-380.

Gutiérrez-Vargas R, Ugalde-Ramírez JA, Miranda G, Briceño-Suarez I, Ulloa-Sandí R and Rojas-Valverde D. (2022). ACTN-3 and ECA genes expression do not influence the acute change in muscle mechanical and functional properties in youth handballers. *Arch Med del Deport*, **39** (3),162-166.

Henrique JS, Braga PLG, Almeida SSD, Nunes NSP, Benfato ID, Arida RM. et al. (2022). Effect of the ACTN-3 gene polymorphism on functional fitness and executive function of elderly. *Frontiers in Aging Neuroscience*, **14**, 934-943.

Houweling PJ, Papadimitriou ID, Seto JT, Pérez LM, Coso JD, North KN. et al. (2018). Is evolutionary loss our gain? The role of ACTN3 p. Arg577Ter (R577X) genotype in athletic performance, ageing, and disease. *Human Mutation*, **39** (12),1774-1787.

Hughes DC, SH Day, Ahmetov II. et al. (2011). Genetics of muscle strength and power: polygenic profile similarity limits skeletal muscle performance. *J. Sports Sci*, **29**,1425-1434.

Jones G, Trajanoska K, Santanasto AJ, Stringa N, Kuo CL, Atkins JL. et al. (2021). Genome-wide meta-analysis of muscle weakness identifies 15 susceptibility loci in older men and women. *Nature Communications*, **12** (1),654.

Kalkan N ve Zekioğlu A. (2017). Eskrim antrenörlerine göre eskrim sporcularının performansını etkileyen psikolojik faktörlerin değerlendirilmesi nitel çalışma. *Ulusal Spor Bilimleri Dergisi*, **1** (1),29-42.

Kikuchi N, Moreland E, Homma H, Semenova EA, Saito M, Larin AK. et al. (2021). Genes and weightlifting performance. *Genes*, **13** (1),25.

Kim SH, Kim T, Park JC and Kim YH. (2022). Usefulness of hand grip strength to estimate other physical fitness parameters in older adults. *Scientific Reports*, **12** (1),17-496.

Kotnis A, Sarin R and Mulherkar R. (2005). Genotype, phenotype and cancer: Role of low penetrance genes and environment in tumor susceptibility. *Journal of Bioscience*, **30** (1),93-102.

Kuschel LB, Sonnenburg D and Engel T. (2022). Factors of muscle quality and determinants of muscle strength: A systematic literature review. *Healthcare*, **10** (10), 1937-1953.

Li WH, Gu Z, Wang H and Nekrutenko A. (2001). Evolutionary analyses of the human Genome. *Nature Sciences*, **409** (1),847-849.

Mac Arthur DG and North KN. (2007). ACTN3: A genetic influence on muscle function and athletic performance. *Exerc Sport Sci Rev*, **35** (1),30-34.

Martins PC, de Lima TR, Silva AM and Silva DAS. (2022). Association of phase angle with muscle strength and aerobic fitness in different populations: A systematic review. *Nutrition*, **93** (1),111-489.

Maughan RJ. (2005). The limits of human athletic performance. *Annals of Transplantation*, **10** (4),52-54.

Merchant RA, Chan YH, Lim JY and Morley JE. (2020). Prevalence of metabolic syndrome and association with grip strength in older adults: findings from the HOPE study. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity*, **27** (13),2677-2686.

Moreland E, Borisov OV, Semenova EA, Larin AK, Andryushchenko ON, Andryushchenko LB. et al. (2022). Polygenic profile of elite strength athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, **36** (9),2509-2514.

Morpa Spor Ansiklopedisi. (2005). *Morpa Spor Ansiklopedisi*. 1. Baskı, Morpa Kùltür Yayınları, İstanbul, 1231 s.

Muratlı S, Şahin G ve Kalyoncu O. (2011). *Antrenman ve Müsabaka*. 3. Baskı, Yayılım Yayıncılık, İstanbul, 792 s.

Mutlucan H. (2016). *Türk Erkek Futbolcularda Alfa Aktinin 3 R577X Polimorfizminin İncelenmesi*. Yüksek lisans tezi, İstanbul Gelişim Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Antrenörlük Eğitimi Anabilim Dalı, İstanbul, 52 s.

Nazarov IB, Woods DR, HE Montgomery et al. (2001). The angiotensin converting enzyme I/D polymorphism in Russian athletes. *Eur J. Hum Genet*, **9** (10),797-801.

Nuzzo JL. (2023). Narrative review of sex differences in muscle strength, endurance, activation, size, fiber type, and strength training participation rates, preferences, motivations, injuries, and neuromuscular adaptations. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, **37** (2),494-536.

Oliveira VH, Wiechmann SL, Narciso AM and Deminice R. (2017). Knee extension and flexion strength asymmetry in Human Immunodeficiency Virus positive subjects: a cross-sectional study. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, **21** (6),434-439.

Özkara A. (2002). *Futbolda Testler*. 1. Baskı, İlksan Matbaacılık, Ankara 343 s.

Pan PJ, Hsu NW, Lee MJ, Lin YY, Tsai CC and Lin WS. (2022). Physical fitness and its correlation with handgrip strength in active community-dwelling older adults. *Scientific Reports*, **12** (1), 1-14.

Pehlivan DA. (1986). *Çağdaş Serbest Güreş Teknikleri*. 1. Baskı, Nurol Matbaacılık, Ankara, 222 s.

Pickering C and Kiely J. (2017). ACTN3: More than just a gene for speed. *Frontiers in physiology*, **8**, 1080.

Pratt J, De Vito G, Narici M, Segurado R, Dolan J, Conroy J. et al. (2021). Grip strength performance from 9431 participants of the GenoFit study: normative data and associated factors. *Geroscience*, **43** (5),2533-2546.

Roth SM, Walsh S, Liu D, Metter EJ, Ferrucci L and Hurley BF. (2008). The ACTN3 R577X nonsense allele is under-represented in elite-level strength athletes. *European Journal of Human Genetics*, **16** (3),391-394.

Santos CGM, Pimentel-Coelho PM, Budowle B, De Moura-Neto RS, Dornelas-Ribeirio M, Pompeu Fams. et al. (2016). 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.

Saunders NW, Braun AK, Hess ME, Ibarra-Moreno U and Salvatore MD. (2019). Handgrip Strength as a Screening Assessment for Functional Limitations: 844 Board# 78 May 29 3: 30 PM-5: 00 PM. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, **51**(6),210.

Semenova EA, Hall EC and Ahmetov II. (2023). Genes and athletic performance: the 2023 update. *Genes*, **14** (6),12-14.

Semenova EA, Pranckevičienė E, Bondareva EA, Gabdrakhmanova LJ and Ahmetov II. (2023). Identification and characterization of genomic predictors of sarcopenia and sarcopenic obesity using UK biobank data. *Nutrients*, **15** (3),6-10.

Sevim Y. (1995). *Antrenman Bilgisi*. 5. Baskı, Gazi Büro Kitabevi, Ankara, 315 s.

Sevim Y. (2002). *Antrenman Bilgisi*. 1. Baskı, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 440 s.

Sharkey BH. (1986). *Coaches Guide To Sport Physiology*. 1.edition, Human Kinetics Publishers, Illinois, 234 p.

Stephens NK, Coffey VG, Carey AL, Ponnampalam AP, Canny BJ, Powell. et al. (2009). Global gene expression in skeletal muscle from well-trained strength and endurance athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **41** (3),546-565.

Suazo N and DeBeliso M. (2021). The relationship between powerlifting performance and hand grip strength among female athletes. *Turkish Journal of Kinesiology*, **7** (4),112-122.

Sole X, Guino E, Valls J, Iniesta R. (2006). SNPStats: A Web Tool for the Analysis of Association Studies. *Bioinformatics*. **22**, 1928–1929.

Temur HB. (2017). Alt ve üst ekstremité çevre ölçüm değerleri ile el kavrama kuvveti ve sıçrama mesafesi arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Spor ve Performans Araştırmaları Dergisi*, **8** (1),1-9.

Tikkanen E, Gustafsson S, Amar D, Shcherbina A, Waggott D, Ashley EA. et al. (2018). Biological insights into muscular strength: genetic findings in the UK Biobank. *Scientific Reports*, **8** (1),6-10.

Tiryaki Ş. (1991). Sportif performans ile edward kişisel tercih envanterleri verilerinin ilişkisi. Hacettepe Üniversitesi *Spor Bilimleri Dergisi*, **2** (2),32-37.

Ulubay G. (2017). Solunum kas fizyolojisi ve kas gücü ölçümü. *Bulletin of Thoracic Surgery/Toraks Cerrahisi Bülteni*, **10** (1),37-46

Ulucan K ve Göle S. (2014). ACE I/D Polymorphism Determination in Turkish Elite Wind- surfers. *Sports Science Review*, **23** (1-2),79-84.

Ulucan K. (2016). Spor genetiği açısından türk sporcuların ACTN3 R577X polimorfizm literatür özeti. *Clin Exp Health Science*, **6** (1),44-47.

Vaidya SM and Nariya DM. (2021). Handgrip Strength as a Predictor of Muscular Strength and Endurance: A Cross-sectional Study, *J. Clin of Diagn Res*, **15** (1),YC01-YC04.

Varillas-Delgado D, Del Coso J, Gutiérrez-Hellín J, Aguilar-Navarro M, Muñoz A, Maestro A. et al. (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.

Volaklis KA, Halle M and Meisinger C. (2015). Muscular strength as a strong predictor of mortality: a narrative review. *European Journal of Internal Medicine*, **26** (5),303-310.

Weigent DA, Bradley LA, Blalock JE and Alarcon GS. (1998). Current concepts in the pathophysiology of abnormal pain perception in fibromyalgia. *The American Journal of the Medical Sciences*, **315** (6),405-412.

Willems SM, Wright DJ, Day FR, Trajanoska K, Joshi PK, Morris JA. et al. (2017). Large-scale GWAS identifies multiple loci for hand grip strength providing biological insights into muscular fitness. *Nature Communications*, **8** (1),1-12.

Williams AG, Day SH, Folland JP. et al. (2005). Circulating angiotensin converting enzyme activity is correlated with muscle strength. *Med Sci Sports Exerc*, **37** (6),944-948.

Woods D, Hickman M, Jamshidi Y. et al. (2001). Elite swimmers and the D allele of the ACE I/D polymorphism. *Hum Genet*, **108** (3),230-232.

Yang N, Macarthur DG, Gulbin JP, Hahn AG, Beggs AH, Eastale S. et al. (2003). ACTN3 Genotype Is Associated with Human Elite Athletic Performance. *Am J Hum Genet*, **73** (3),627-631.

Yi D, Khang AR, Lee HW and Son Sand Hang YH. (2018). Relative handgrip strength as a marker of metabolic syndrome: the Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES) VI (2014-2015). *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*, **11**, 227-240.

Zammit AR, Robitaille A, Piccinin AM, Muniz-Terrera G and Hofer SM. (2019). Associations between aging-related changes in grip strength and cognitive function in older adults: a systematic review. *The Journals of Gerontology: Series A*, **74** (4),519-527.

Zempo H, Miyamoto-Mikami E, Kikuchi N, Fuku N, Miyachi M and Murakami H. (2017). Heritability estimates of muscle strength-related phenotypes: A systematic review and meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, **27** (12),1537-1546.

Zorba E. (1999). *Herkes İçin Spor ve Fiziksel Uygunluk*. 1. Baskı, Gençlik Spor Genel Müdürlüğü Eğitim Dairesi, Ankara, 601 s.