



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

ELİT GÜREŞÇİLERDE BDNF GEN POLİMORFİZMİ VE ATLETİK PERFORMANS

Savaş ORHAN

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 BDNF GEN POLİMORFİZMİ VE ATLETİK PERFORMANS

Savaş ORHAN

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 Savaş ORHAN tarafından hazırlanan “*Elit Güreşçilerde BDNF Gen Polimorfizmi ve Atletik Performans*” başlıklı tez, Bingöl Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliği’nin ilgili maddeleri uyarınca aşağıdaki jüri tarafından bilimsel kalite ve içerik açısından değerlendirilerek “**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 vesayılı 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 BDNF Gen Polimorfizmi ve Atletik Performans*” 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

Savaş ORHAN

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 Anıl KASAKOLU'na en içten teşekkürlerimi sunarım.

Savaş ORHAN



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.....	3
2.1. Atletik Performans	3
2.1.1. İçsel Faktörler.....	3
2.1.2. Dışsal Faktörler	4
2.3. Tek Nükleotid Polimorfizmi (SNP)	5
2.4. Spor Genetiği	6
2.5. Dayanıklılık Performansını Etkileyen Genler	7
2.6. Güç Sporlarını Etkileyen Genler.....	7
2.7. Kuvvet Sporlarını Etkileyen Genler.....	9
2.8. BDNF Gen Polimorfizmi	9
2.9. Kuvvet.....	10
2.10. Kuvvet Çeşitleri	11
2.10.1. Genel Kuvvet.....	11
2.10.2. Özel Kuvvet.....	12
2.10.3. Maksimal Kuvvet	12
2.10.4. Çabuk Kuvvet.....	13
2.10.5. Kuvvette Devamlılık	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	16
3.4. İstatistiksel Analizler.....	16
4. BULGULAR.....	18
5. TARTIŞMA.....	20
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	24
6.1. Öneriler	24
KAYNAKLAR	25
ÖZGEÇMİŞ	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

%	: Yüzde
EKK	: El Kavrama Kuvveti
BDNF	: Beyin Kökenli Nörotrofik Faktör
DNA	: Deoksiribo Nükleik Asit
SNP	: Tek Nükleotid Polimorfizm
SS	: Standart Sapma
İGP	: İnsan Genom Projesi

TABLÖLAR DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 4.1. El Kavrama Kuvvetinin Genotipe Göre İncelenmesi	18



ŞEKİLLER DİZİNİ

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



ÖZET

Elit Güreşçilerde *BDNF* Gen Polimorfizmi ve Atletik Performans

El kavrama kuvveti (EKK), fiziksel uygunluğun temel bileşenlerinden biri olarak kabul edilmekte olup hem sağlık değerlendirmelerde hem de atletik performans analizlerinde yaygın biçimde kullanılmaktadır. Bununla birlikte, EKK ile genetik varyasyonlar arasındaki ilişkiyi inceleyen araştırmaların sayısı oldukça sınırlıdır. Bu noktadan hareketle, mevcut araştırmanın amacı, elit düzeydeki güreşçilerde Beyin Kökenli Nörotrofik Faktör (*BDNF*) genine ait rs6265 polimorfizmi ile EKK performansı arasındaki olası ilişkiyi araştırmaktır.

Yapılan araştırmaya, yaşları 18–35 arasında değişen 56 elit erkek güreşçi dâhil edilmiştir. Güreşçilerin EKK, dijital el dinamometresi kullanılarak standart protokollere uygun şekilde ölçülmüştür. Genetik analizler için ise, oral epitel hücrelerinden Invitrogen DNA İzolasyon Kiti aracılığıyla genomik DNA elde edilmiş ve genotiplendirme işlemleri gerçek zamanlı polimeraz zincir reaksiyonu (qPCR) yöntemi ile gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen veriler, GG genotipine sahip güreşçilerin, GA ve AA genotipine sahip güreşçilere kıyasla EKK açısından daha yüksek ortalama değerlere sahip olduğunu göstermiştir. Ancak bu farklar istatistiksel olarak anlamlı tespit edilmemiştir ($p > 0.05$).

Sonuç olarak, elde edilen bulgular *BDNF* rs6265 polimorfizmi ile EKK arasında anlamlı bir ilişki olmadığını ortaya koymakla birlikte, GG genotipine sahip güreşçilerin daha yüksek ortalamalara sahip olması, literatürde yer alan bazı bulgularla örtüşmektedir. Bu durum, söz konusu genetik varyantın EKK üzerinde potansiyel bir etkisinin olabileceğine işaret etmekte ve daha geniş örneklem gruplarıyla gerçekleştirilecek ileri araştırmalar için önemli bir veri olduğu söylenebilir.

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

ABSTRACT

***BDNF* Gene Polymorphism and Athletic Performance in Elite Wrestlers**

Hand Grip Strength (HGS) is considered one of the fundamental components of physical fitness and is widely used in both health assessments and athletic performance analyses. However, studies investigating the relationship between HGS and genetic variations remain quite limited. Based on this, the present study aimed to explore the potential association between the Brain- Derived Neurotrophic Factor (*BDNF*) gene rs6265 polymorphism and HGS performance in elite- level wrestlers.

A total of 56 elite male wrestlers, aged between 18 and 35, participated in the study. The athletes' HGS was measured using a digital hand dynamometer following standard protocols. For genetic analyses, genomic DNA was extracted from oral epithelial cells using the Invitrogen DNA Isolation Kit, and genotyping was performed through real-time polymerase chain reaction (qPCR) methods.

The results indicated that wrestlers with the GG genotype had higher average HGS values compared to those with GA and AA genotypes. However, these differences were not statistically significant ($p > 0.05$).

In conclusion, while the findings did not reveal a statistically significant association between the *BDNF* rs6265 polymorphism and HGS, the observation that individuals with the GG genotype exhibited higher average values is consistent with certain findings in the literature. This suggests a potential influence of this genetic variant on HGS and provides a meaningful foundation for future research with larger sample sizes.

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

1. GİRİŞ

Elit düzeyde atletik performans, sporcunun branşa özgü motor bileşenleri etkili biçimde yerine getirebilmesi için yüksek düzeyde fiziksel uygunluk gerektirmektedir. Bu kapsamda, kas kuvveti/gücü ve dayanıklılık, başarıyı belirleyen temel fiziksel uygunluk bileşenleri arasında yer almaktadır. Özellikle takım sporlarında, müsabaka esnasında rakiplere karşı üstünlük sağlanabilmesi için sporcuların yüksek aerobik kapasite, çeviklik, sürat ve çabuk kuvvet gibi özelliklere sahip olmaları kritik öneme sahiptir (Stølen ve ark. 2005; Ziv ve ark. 2010). Nitekim literatürde, hem takım (futbol) hem de bireysel (jimnastik, kürek) branşlarda elit düzeyde yarışan sporcuların; kas kuvveti, sprint süresi gibi fiziksel uygunluk parametrelerinde, sub-elit ya da rekreatif düzeydeki bireylere kıyasla anlamlı düzeyde üstün performans sergiledikleri gösterilmiştir (Cometti ve ark. 2001; Lawton ve ark. 2011; Vandorpe ve ark. 2011). Bu bağlamda, kuvvet antrenmanları, fiziksel performansı artırmaya yönelik en etkili yaklaşımlardan biri olarak öne çıkmakta ve bu antrenman türünün atletik performansa olan katkısı çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur (Ebben ve ark. 2004; Rønnestad ve ark. 2015; Sander ve ark. 2013).

Kas kuvvetinin değerlendirilmesi, fiziksel uygunluk analizlerinin temel bileşenlerinden biridir ve çeşitli yöntemlerle gerçekleştirilebilmektedir (Bohannon ve ark. 2019; Kuschel ve ark. 2022). Ancak izole kas gruplarına yönelik ölçümler zaman alıcı ve uygulama açısından sınırlayıcı olabildiğinden, genel kas kuvvetini yansıtan, uygulanması kolay, ekonomik ve zamandan tasarruf sağlayan pratik ölçüm yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu noktada, el kavrama kuvveti (EKK) öne çıkmakta ve düşük maliyetli, uygulanabilirliği yüksek bir ölçüm yöntemi olarak genel kas kuvvetinin güvenilir bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Kim ve ark. 2022; Vaishya ve ark. 2024; Karaoğlu ve ark. 2025).

Mevcut literatürde EKK'nin; aerobik kapasite, fiziksel aktivite düzeyi, fonksiyonel kapasite, yürüme hızı, alt ekstremité kuvveti ve genel atletik performans gibi birçok fiziksel uygunluk parametresiyle anlamlı düzeyde ilişkili olduğu gösterilmiştir (Bohannon 1998; Braun ve ark. 2018; Cooper ve ark. 2010; Dag ve ark. 2021; Desrosiers ve ark. 1997; Kuh ve ark. 2005; Vaidya ve Nariya 2021).

Ayrıca EKK, yalnızca sportif performansla değil; metabolik bozukluklar (Byeon ve ark. 2019; Merchant ve ark. 2020), sarkopeni (Marques ve ark. 2019; Pratt ve ark. 2021), kardiyovasküler fonksiyonlar (Zhu ve ark. 2020), bilişsel bozukluklar (Zammit ve ark. 2019) ve ruh sağlığı (Cabanas-Sánchez ve ark. 2022) gibi çeşitli sağlık göstergeleriyle de ilişkilendirilmiştir. Yakın tarihli bir derleme araştırmasında da düşük EKK düzeyinin kardiyovasküler hastalıklar, sarkopeni ve yaşam kalitesindeki düşüşle bağlantılı olduğunu ortaya koymuştur (Vaishya ve ark. 2024). Bu çerçevede, EKK hem atletik performansın öngörülmesinde hem de genel fonksiyonel kapasitenin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan pratik ve güvenilir bir ölçüm aracı olarak öne çıkmaktadır (Karaoğlu ve ark. 2025). EKK'nin sağlık ve performansa ilişkin çok sayıda parametreyle olan ilişkisi kapsamlı biçimde incelenmiş olmakla birlikte, bu fiziksel uygunluk göstergesinin genetik temellerine yönelik araştırmalar sınırlı düzeydedir. Oysa kas kuvveti gibi kompleks fenotiplerin oluşumunda genetik varyasyonların önemli bir rol oynadığı bilinmektedir. Bu nedenle, EKK ile genetik polimorfizmler arasındaki potansiyel ilişkilerin araştırılması hem bireysel performans öngörülerinin güçlendirilmesi hem de genetik temelli sağlık risklerinin erken dönemde belirlenmesi açısından önemli bir katkı sağlayabilir. Bu durum, konuyla ilgili literatürdeki önemli bir boşluğa işaret etmekte ve genetik temelli çalışmalara duyulan ihtiyacı artırmaktadır (Karaoğlu ve ark. 2025). EKK ile bazı genetik varyantlar arasındaki ilişkileri ele alan çalışmalar bulunsada bilişsel işlevler, kas hipertrofisi, sprint performansı, güç üretimi, atletik statü ve kas lifi tipi gibi çok yönlü performans belirleyicileriyle ilişkilendirilen (Guilherme ve ark. 2022; Moreno-Infantes ve ark. 2024; Bulgay ve ark. 2025), Beyin Türevli Nörotrofik Faktör (*BDNF*) genine ait rs6265 (Val66Met) polimorfizmi özelinde EKK'ye odaklanan bir araştırmaya, mevcut bilgi dahilinde literatürde rastlanmamıştır. *BDNF* rs6265 polimorfizmi özellikle GG (Val/Val) genotipi ile dikkat çekmekte olup, bu genotipin nöromusküler adaptasyon süreçleri ve kas kuvvetiyle ilişkili olabileceği öne sürülmektedir. Bu doğrultuda, *BDNF* rs6265 GG genotipine sahip elit güreşçilerin daha yüksek frekansta bulunması ve bu grubun EKK düzeylerinin diğer genotiplere göre anlamlı ölçüde yüksek olması beklenmektedir. Ancak bu ilişkinin bilimsel olarak netleştirilebilmesi için ileri düzey genetik araştırmalara gereksinim duyulmaktadır. Bu bağlamda, mevcut araştırma, elit güreşçilerde EKK ile *BDNF* rs6265 polimorfizmi değerlerini incelemeyi amaçlamakta ve bu alandaki literatüre özgün bir katkı sunmayı hedeflemektedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Atletik Performans

Atletik performans, sporcuların herhangi bir sportif etkinlik sırasında gösterdikleri zihinsel ve fiziksel becerilerinin toplamı olarak değerlendirilmektedir. Bu performansın, düzenli antrenmanlarla geliştirilebildiği ve hem ortaya çıkışında hem de ilerleyişinde genetik faktörlerin önemli bir etkiye sahip olduğu çeşitli araştırmalarla ortaya konmuştur (Bulgay ve ark. 2025). Ancak atletik performans yalnızca genetik unsurlara bağlı değildir; fizyolojik yapı, fiziksel aktivite düzeyi, beslenme alışkanlıkları ve çevresel faktörler de bu süreci önemli ölçüde etkilemektedir. Sistematiik ve planlı egzersiz programlarıyla geliştirilebilen atletik performansın, fizyolojik açıdan genetik özelliklerin desteğiyle daha da iyileştirilebileceği bilimsel verilerle kanıtlanmıştır. Hem bireysel hem de takım sporlarında yüksek seviyede başarı elde edebilmek için, sporcunun motorik özelliklerine uygun antrenman ve beslenme programlarının oluşturulması büyük bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır. Son yıllarda sporun ekonomik açıdan büyümesiyle birlikte, antrenman bilimi ve atletik performansa yönelik akademik çalışmaların önemi giderek artmaktadır (Bulgay ve ark. 2023).

Atletik performansın temel unsurlarından biri olan kuvvet, iskelet kaslarının kasılma kapasitesiyle doğrudan ilişkilidir ve bireyin kas lifi yapısı, sinir-kas etkileşimi ile genetik faktörler gibi biyolojik değişkenler tarafından belirlenmektedir (Yang ve ark. 2003). Kuvvet antrenmanları hem sporcuların performansını artırmak hem de kas gücünün dengeli bir şekilde gelişmesini sağlamak amacıyla uygulanmakta olup, aynı zamanda bireyin genel yaşam kalitesine de olumlu katkılar sunmaktadır (Folland ve ark. 2008).

2.1.1. İçsel Faktörler

Performansı etkileyen içsel faktörler, bireyin doğasında var olan, büyük ölçüde kalıtsal temellere dayanan ve zamanla yalnızca sınırlı ölçüde değişim gösterebilen unsurlardır. Bu faktörler, dış çevrenin etkisine neredeyse kapalıdır ya da dışsal müdahalelerle değiştirilmeleri oldukça güçtür. Özellikle ergenlik döneminde bireyler bedensel ve zihinsel olarak önemli değişimlerden geçer; bu süreç sonunda içsel faktörler daha

durağan bir hâl alır ve değiştirilmeleri daha da zorlaşır (Bayraktar ve Kurtoğlu 2011; Bulgay ve ark. 2025).

Yaş, cinsiyet, olgunluk düzeyi, kinantropometrik yapı, genetik özellikler, kardiyovasküler sistemin işleyişi, solunum kapasitesi, nöromüsküler sistemin durumu, enerji üretim mekanizmaları, fiziksel uygunluk seviyesi, genel sağlık durumu, biyolojik saat olarak da bilinen sirkadiyen ritim ile psikolojik etkenler temel içsel faktörler arasında yer almaktadır (Bangsbo 2015; Bayraktar ve Kurtoğlu 2011). Bu faktörlerin sayısı artırılabilir olsa da her birini nesnel şekilde değerlendirmek oldukça güçtür. Ayrıca, bu unsurların performans üzerindeki etkilerini kesin biçimde ölçmek, kıyaslamak ya da değişikliklerin sonucunu öngörmek çoğu zaman mümkün değildir (Bayraktar ve Kurtoğlu 2011; Bulgay ve ark. 2025).

2.1.2. Dışsal Faktörler

Performansı etkileyen dışsal faktörler, isminden de anlaşılacağı gibi bireyin bedeninden veya yapısal özelliklerinden kaynaklanmayan; dış çevreden gelen etkilerle şekillenen ve bu nedenle performansı dolaylı olarak etkileyen unsurlardır. Bu faktörler çoğunlukla fiziksel ya da psikolojik öğelerle ilişkilidir. İçsel faktörlere kıyasla dışsal faktörler üzerinde daha fazla kontrol sağlanabilmektedir. Aynı zamanda, bu faktörlere müdahale ederek onları iyileştirmek veya değiştirmek genellikle mümkündür. Bu bağlamda, sporcuların performans düzeyini artırmaya yönelik olarak dışsal faktörlerde gerçekleştirilecek olumlu değişiklikler hem uygulama açısından daha kolay hem de etkili sonuçlar yaratma açısından daha avantajlıdır (Bayraktar ve Kurtoğlu 2011).

Dışsal faktörlerin sayısı, içsel olanlara oranla çok daha fazladır. Bu çeşitlilik nedeniyle yalnızca bazılarına değinilecek ve performans üzerinde daha belirgin etkiye sahip olanlar detaylı olarak ele alınacaktır. Bu faktörler arasında; iklim koşulları (soğuk ya da sıcak hava), rakım, spor alanlarının yüzey özellikleri, kullanılan malzeme ve ekipmanlar, sosyal çevre, seyirci etkisi, iletişim düzeyi, ekonomik durum, beslenme (diyet ve sıvı dengesi), jetlag, uyku düzeni, ısınma süreçleri, dinlenme, antrenman planlaması ve değişkenleri, doping ve ergojenik destekler gibi unsurlar yer almaktadır (Bangsbo 2015; Bayraktar ve Kurtoğlu 2011).

2.3. Tek Nükleotid Polimorfizmi (SNP)

Bir popülasyonda genetik dizilimde rastlanan iki veya daha fazla alternatif allelin belirli bir sıklıkta bulunması durumuna polimorfizm denir. Nükleotid ise, DNA molekülünü oluşturan temel birimlerden biridir. DNA, dört çeşit nükleotidden oluşmaktadır: adenin (A), timin (T), sitozin (C) ve guanin (G). Bu nükleotidler, tüm canlılarda ortak olup, genetik yapının temel bileşenlerini oluşturur. Örneğin, bir insanın DNA'sındaki guanin bazı ile bir kutup ayısındaki guanin bazı aynı kimyasal yapıya sahiptir. Ancak, canlılar arasındaki farklılıklar DNA dizilimindeki varyasyonlardan kaynaklanmaktadır. Genetik dizilimlerin %99,9'u benzerlik gösterirken, geri kalan %0,1'lik kısım bireyler arasındaki genetik çeşitliliği oluşturur. Bu değişimler bazen spontane olarak meydana gelirken bazen de ebeveynlerden kalıtsal olarak aktarılmaktadır. DNA diziliminde meydana gelen bu farklılıklar "polimorfizm" olarak adlandırılmaktadır (Cerit 2021; Ateş 2016).

Tek nükleotid polimorfizmi (SNP), DNA dizisinde tek bir nükleotid bazında meydana gelen genomik bir varyasyonu ifade eder. Her bireyde yaklaşık 4 ila 5 milyon SNP bulunduğu ve genomda her 1000 baz çifti başına bir SNP'ye rastlandığı tahmin edilmektedir (Auton ve ark. 2015). Bugüne kadar dünya genelinde 600 milyondan fazla SNP tanımlanmıştır (MedlinePlus 2023). SNP'ler, genetik çeşitliliğin önemli bir kaynağını oluşturur ve bu varyasyonların sağlık, hastalık ve ilaç yanıtları gibi çeşitli biyolojik süreçler üzerindeki etkileri araştırılmaktadır (MedlinePlus 2023). Son yıllarda, tek nükleotid polimorfizmlerinin (SNP) atletik performansla ilişkisi üzerine yapılan çalışmalar dikkat çekmektedir. Özellikle ACE genindeki belirli bir SNP'nin dayanıklılık performansı ile bağlantılı olduğu saptanmış ve bu bulgu, spor genetiği alanında önemli bir dönüm noktası olarak değerlendirilmiştir (Ahmetov ve ark. 2009). Günümüze kadar, spor performansı ile ilişkili 100'ün üzerinde SNP tanımlanmış olup, bu genetik bilgilerin kişiselleştirilmiş antrenman programlarında kullanım alanı giderek genişlemektedir (Ostrander ve ark. 2009). Ayrıca, *ACE*, *ACTN3*, *AMPD1*, *PPARA*, *PPARD* ve *PPARGC1A* genlerindeki varyantların belirli spor dallarına yakınlıkla ilişkili olduğu gösterilmiştir (Bray ve ark. 2009; Semenova ve ark. 2023). 2023 yılına kadar yapılan araştırmalarda, atletik performansla bağlantılı 250'den fazla genetik varyant tanımlanmış, bunlardan 20'den fazlasının elit sporcu düzeyiyle anlamlı ilişkisi olduğu ortaya konmuştur (Semenova ve ark. 2023).

2.4. Spor Genetiği

Spor genetiği, sporcuların genom işlevlerini inceleyerek; yetenek belirleme, kişiselleştirilmiş egzersiz programlarının oluşturulması, beslenme planlaması ve yaralanma riskinin azaltılması gibi alanlarda moleküler yöntemlerin geliştirilmesini amaçlamaktadır. Bir sporcunun egzersiz kapasitesi; çevresel faktörler, psikolojik durum ve genetik yapı gibi çok sayıda etkene bağlıdır. Spor performansı, genetik faktörlerin önemli ölçüde rol oynadığı poligenik bir özellik olarak kabul edilmektedir. Fiziksel uygunluk üzerinde etkili olan güçlü belirleyicilerden biri de genetik yapıdır ve bu etkinin %50'ye kadar ulaşabildiği bildirilmiştir (Bouchard ve ark. 1992).

Doğuştan gelen özellikler arasında yer alan güç, dayanıklılık, aerobik kapasite, esneklik, koordinasyon ve mizaç gibi faktörlerin; spor performansı ve buna bağlı fenotipler üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir (Naureen ve ark. 2020). 2023 yılı itibarıyla atletik performans ile ilişkili 251 DNA polimorfizmi tanımlanmış, bunlardan 97'sinin en az iki farklı çalışmada anlamlı sonuçlar verdiği rapor edilmiştir. Bu polimorfizmlerden 41'in dayanıklılık performansı, 45'in güç parametreleri ve 42'sinin kuvvetle ilgili ölçütlerle ilişkili olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca, 29 genetik belirtecin yumuşak doku yaralanmalarıyla bağlantılı olduğu saptanmıştır (Bulgay ve ark. 2023; Bulgay ve ark. 2025).

En umut vadeden genetik belirteçler arasında *HFE* (rs1799945), *MYBPC3* (rs1052373), *NFIA-AS2* (rs1572312), *PPARA* (rs4253778), *PPARGC1A* (rs8192678), *ACTN3* (rs1815739), *AMPD1* (rs17602729), *CPNE5* (rs3213537), *CKM* (rs8111989), *NOS3* (rs2070744), *LRPPRC* (rs10186876), *MMS22L* (rs9320823), *PHACTR1* (rs6905419), *PPARG* (rs1801282), *COL1A1* (rs1800012), *COL5A1* (rs12722), *COL12A1* (rs970547), *MMP1* (rs1799750), *MMP3* (rs679620) ve *TIMP2* (rs4789932) yer almaktadır (Ahmetov ve ark. 2022).

Bununla birlikte, atletik performans ve yaralanma risklerinin daha hassas şekilde tahmin edilebilmesi için yüzlerce, hatta binlerce DNA polimorfizminin birlikte değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Sporcuların yaralanma eğilimleri ve fiziksel performansları ile ilişkili genetik araştırmalar, yalnızca bireysel genlerin etkisini değil, aynı zamanda genler arası etkileşimlerin de rolünü anlamayı hedeflemektedir. Bu nedenle, atletik başarıyı öngörebilmek ve yaralanma risklerini azaltmak amacıyla daha

geniş kapsamlı genetik analizlerin yapılması büyük önem taşımaktadır (Bulgay ve ark. 2023; Bulgay ve ark. 2025).

2.5. Dayanıklılık Performansını Etkileyen Genler

Dayanıklılık kapasitesi; kas lifi tipolojisi, hemoglobin kütlesi, mitokondriyal biyogenez, maksimal kardiyak debi ve VO_{2max} gibi çok sayıda fizyolojik parametre tarafından belirlenir. Bu ara fenotiplerin genetik bileşenlerinin güçlü olduğu, dayanıklılıkla ilişkili özelliklerdeki varyansın %70'e kadarının genetik faktörlere atfedilebileceği bildirilmektedir. Genellikle dayanıklılık sporcularıyla ilişkili genetik belirteçler, sporcu ve kontrol grupları arasındaki alel frekanslarının karşılaştırılmasıyla tanımlanır (Abernethy ve ark. 1990; Simoneau ve ark. 1995; Bassett ve ark. 2000; Ahmetov ve ark. 2012; Malczewska-Lenczowska ve ark. 2016; Semenova ve ark. 2019; Konopka ve ark. 2022; Miyamoto-Mikami ve ark. 2018).

Genotip-fenotip ilişkisini desteklemek amacıyla VO_{2max} , FEV1, yavaş kas lifi oranı, toparlanma hızı, koşu ekonomisi, laktat eşiği, eritropoietin düzeyi, mitokondriyal yoğunluk ve yorgunluğa direnç gibi çeşitli fizyolojik ölçümler kullanılmaktadır. Literatür taramamızda, bildirilen 114 belirteçten 41'inin dayanıklılık sporculuğu ile anlamlı düzeyde ilişkili olduğu görülmüştür. En güçlü aday aleller arasında *AMPD1* rs17602729 C, *CDKN1A* rs236448 A, *HFE* rs1799945 G, *MYBPC3* rs1052373 G, *NFIA-AS2* rs1572312 C, *PPARA* rs4253778 G ve *PPARGCIA* rs8192678 G yer almaktadır. Buna karşılık, diğer 73 alel henüz yeterli düzeyde tekrarlanabilirlik gösteremediği için kesin olarak dayanıklılıkla ilişkilendirilmemiştir. Bu belirteçlerin çoğu önceki derlemelerde bildirilmiş olsa da güvenilir kabul edilebilmeleri için daha fazla çalışmayla doğrulanmaları gerekmektedir (Ahmetov ve ark. 2015; Ahmetov ve ark. 2016; Semenova ve ark. 2019).

2.6. Güç Sporlarını Etkileyen Genler

Güç performansı ile pozitif yönde ilişkilendirilen çeşitli fizyolojik ve morfolojik özellikler bulunmaktadır. Bu özellikler arasında dolaşımdaki testosteron düzeyleri, hızlı kasılan (tip II) kas liflerinin oranı ve kesitsel alanı, toplam kas kütlesi ve kas kuvveti, vücut ve topuk (kalkaneus) yüksekliği, kas demeti uzunluğu ve reaksiyon süresi gibi birçok parametre yer almaktadır (Ahmetov ve ark. 2015; Ahmetov ve ark. 2016;

Semenova ve ark. 2019; Kumagai ve ark. 2000; Weyand ve ark. 2005; Uth 2005; Tønnessen ve ark. 2013; Haugen ve ark. 2019; Suga ve ark. 2020; Hall ve ark. 2021). Literatürde, güçle ilişkili fenotiplerin kalıtılabilirliğine yönelik yapılan çalışmalarda; sıçrama yeteneği, kas kuvveti gibi farklı fenotiplere ait genetik katkının %49 ile %86 arasında değiştiği rapor edilmiştir (Hughes ve ark. 2011; Zempo ve ark. 2017).

Genetik belirteçlerin güç sporcularıyla olan ilişkisi genellikle vaka-kontrol çalışmaları aracılığıyla ortaya konmaktadır. Bu kapsamda, elit güç sporcuları (örneğin 100 metre sprinterleri, gülle atıcılar, bilek güreşçileri vb.) ile antrenman geçmişi olmayan sedanter bireyler arasında alel frekanslarının karşılaştırılmasıyla güç performansı ile ilişkili genetik varyantlar belirlenmektedir. Bu tür karşılaştırmalı çalışmalara ek olarak, genotip-fenotip ilişkisinin daha derinlemesine anlaşılabilmesi için sprint süresi, sıçrama yüksekliği, kas lifi boyutu ve tipi, maksimal kuvvet, kuvvet gelişim hızı ve dolaşımdaki anabolik hormon (testosteron vb.) düzeyleri gibi performans parametreleri ölçülmektedir (Semenova ve ark. 2023).

İlgili literatür taramasında, güç sporcuları ile ilişkili olduğu bildirilen 95 genetik belirteçten 45'inin belirlenen bilimsel kriterleri karşıladığı saptanmıştır. Güç sporculuğu ile en güçlü ilişki gösteren genetik adaylar arasında şu aleller öne çıkmaktadır: *ACTN3* rs1815739 C (kas tipi II lifi fonksiyonlarıyla ilişkili), *AMPD1* rs17602729 C (kas enerji metabolizmasında rol oynayan AMP deaminaz enzimi ile ilişkili), *CDKN1A* rs236448 C (hücre döngüsü ve kas hücresi proliferasyonu ile bağlantılı), *CPNE5* rs3213537 G, *GALNTL6* rs558129 T, *IGF2* rs680 G (büyüme faktörleri), *IGSF3* rs699785 A, *NOS3* rs2070744 T (nitrik oksit sentezi ve damar genişlemesi) ve *TRHR* rs7832552 T (tirotropin salgılatıcı hormon reseptörü ile ilişkili) (Semenova ve ark. 2023).

Buna karşılık, kalan 50 belirteç sıkı dahil edilme kriterlerini karşılamamış olup, bunlar arasında *ARHGEF28* rs17664695 G, *CACNG1* rs1799938 A, *CLSTN2* rs2194938 C, *DMD* rs939787 T, *EPAS1* (HIF2A) varyantları ve *PPARGC1A* rs8192678 A gibi polimorfizmler yer almaktadır. Ayrıca bazı mitokondriyal DNA lokuslarına (örneğin m.16278T, m.5601T, m.5108C gibi) ilişkin varyantlar da bu grupta yer almaktadır. Bu belirteçlerin çoğu daha önceki kapsamlı derleme çalışmalarda bildirilmiş olmasına rağmen bilimsel geçerlilik kazanabilmeleri için daha fazla bağımsız örneklem grubunda tekrarlanarak doğrulanmaları gerekmektedir. Sonuç olarak, güç performansı ile ilişkili

genetik altyapının anlaşılmasında vaka-kontrol çalışmaları, genotip-fenotip analizleri ve moleküler düzeyde yapılacak işlevsel çalışmalar büyük önem taşımaktadır. Bu tür araştırmalar, yalnızca elit güç sporcularının genetik profilini anlamaya katkı sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda kas gelişimi, kuvvet kapasitesi ve yaşa bağlı kas kaybı (sarkopeni) gibi konuların da aydınlatılmasına katkı sunabilir (Maciejewska-Skrendo ve ark. 2019; Semenova ve ark. 2023).

2.7. Kuvvet Sporlarını Etkileyen Genler

Kuvvet sporlarında performans; kas hipertrofisi, hızlı kasılan lif oranı, nöromusküler adaptasyon, glikolitik kapasite ve testosteron düzeyi gibi faktörlerle ilişkilidir (Kuschel ve ark. 2022). Güç sporcuları, dayanıklılık sporcuları ve sedanter bireylerle karşılaştırıldığında belirgin genetik, fizyolojik ve biyomekanik farklılıklar sergiler (Stepito ve ark. 2009; Fuku ve ark. 2019). Genetik çalışmalar, maksimum kuvvetle ilişkili özelliklerin %85'e kadarının kalıtsal olduğunu göstermektedir (Zempo ve ark. 2017).

Elit sporcular üzerinde yapılan çalışmalarda, el kavrama gücüyle ilişkili 170 polimorfizm tespit edilmiş; Moreland ve ark. (2022) ise 23 polimorfizmin güç sporculuğu ile anlamlı düzeyde ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Bunlardan bazıları aynı zamanda halter performansı ile de ilişkilendirilmiştir (Kikuchi ve ark. 2021).

İlgili literatürde, güç sporcuları ile ilişkili en az 42 genetik belirteç belirlenmiş olup; en güçlü adaylar arasında *ACTN3* rs1815739 C, *LRPPRC* rs10186876 A, *MMS22L* rs9320823 T, *PHACTR1* rs6905419 C ve *PPARG* rs1801282 G alelleri yer almaktadır (Semenova ve ark. 2023).

2.8. BDNF Gen Polimorfizmi

Beyin Türevli Nörotrofik Faktör (BDNF), ilk olarak 1982 yılında Yves-Alain Barde ve Hans Thoenen tarafından domuz beyninden izole edilmiştir (Zheng ve Wang 2009). BDNF, insan genomunda 11. kromozomun kısa kolunda (11p13) yer alan ve yaklaşık 70 kb uzunluğundaki bir gen tarafından kodlanmaktadır (Binder ve Scharfman 2004; Jones ve Reichardt 1990; Maisonpierre ve ark. 1991). Nörotrofinler ailesine ait olan bu protein; kolinerjik, dopaminerjik ve serotonerjik nöronların gelişimi, farklılaşması, çoğalması ve korunmasında temel bir rol üstlenmektedir (Zheng ve Wang 2009).

BDNF geni, çok sayıda tek nükleotid polimorfizmi (SNP) içermektedir. Bunlar arasında rs6265, C270T, rs7103411, rs2030324, rs2203877, rs2049045 ve rs7124442 gibi varyantlar yer almaktadır. Bu polimorfizmler arasında en kapsamlı şekilde araştırılan rs6265'tir (Egan ve ark. 2003; Liu ve ark. 2005). rs6265 polimorfizmi, BDNF geninde guanin (G) nükleotidinin adenin (A) ile yer değiştirmesiyle meydana gelir ve bu değişiklik, CpG metilasyon bölgesinin kaybına neden olabilir. Bu durum, çevresel faktörlerle şekillenen fenotiplerin genetik ve epigenetik etkileşimler yoluyla açıklanmasına imkân tanımaktadır (Nguyen ve ark. 2023). rs6265 polimorfizminin küresel görülme sıklığı yaklaşık %20 düzeyindeyken, bazı Doğu Asya popülasyonlarında bu oran %72'ye kadar çıkabilmektedir (Szarowicz ve ark. 2022). Bu düzeydeki genetik çeşitlilik, popülasyon temelli çalışmalarda BDNF polimorfizmlerinin etkilerinin daha geniş kapsamda değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır.

BDNF, merkezi sinir sistemi ve iskelet kaslarında aktif rol oynayan bir proteindir. Nöronların büyümesini, hayatta kalmasını ve korunmasını destekleyen bu molekül; öğrenme, bellek, motor kontrol ve nöroplastisite gibi bilişsel ve fiziksel işlevlerde kilit rol oynamaktadır (De Vincenti ve ark. 2019; Miranda ve ark. 2019; Andreska ve ark. 2020). BDNF, etkilerini TrkB (Tropomiyosin Reseptör Kinaz B) ve p75 nörotrofin reseptörleri aracılığıyla göstermekte ve bu reseptörler üzerinden hücre içi sinyal iletimini başlatmaktadır (Li ve ark. 2022). Öte yandan, düşük BDNF düzeylerinin; depresyon, hafıza bozuklukları ve çeşitli nörolojik hastalıklarla ilişkili olduğu bildirilmektedir (Pisani ve ark. 2023; Lei ve ark. 2024).

2.9. Kuvvet

Kuvvet, bir nesne üzerinde fiziksel değişiklik yapabilme, zorlu koşullara karşı koyabilme veya kas gücüyle bir etki oluşturabilme yeteneği olarak tanımlanır (Mandzyak and Artemenko 2010). Bir sporcunun ulaştığı maksimum kuvvet düzeyi, kasların kesitsel büyüklüğü ile biyomekanik yapıların gelişimine bağlıdır (Nadler ve ark. 2002). Holmann, kuvveti, kasların bir dirence karşı kasılabilme veya bu dirence dayanabilme yeteneği şeklinde tanımlar. Biyomekanik disiplini açısından bakıldığında kuvvet, fiziksel bir büyüklük olarak ele alınmaktadır. Nett ise kuvveti, kasın kasılıp yeniden gevşemesi sırasında bir dış dirence etkili şekilde karşı koyabilme becerisi

olarak tarif etmektedir. Bir başka tanımda ise kuvvet, bir etkiyi ortaya koyma kapasitesi olarak ifade edilir (King 2000).

Meusel'in kapsamlı ve alanına özgü açıklamaları doğrudan sportif faaliyetlerle ilişkilidir. Kuvvet, bireysel temel motorik özelliklerden biri olarak öne çıkar; bu yeti sayesinde bireyler ya kendi vücut ağırlıklarını ya da bir spor ekipmanını hareket ettirebilir, karşılaştıkları fiziksel bir zorlamaya direnç gösterebilir veya kas gücüyle tepki oluşturabilir. Çocuk ve gençlerin taşıyabildikleri yük miktarına bakıldığında; 8–9 yaş grubundaki çocukların vücut ağırlıklarının yaklaşık üçte birini tek kolla taşıyabildikleri, 12–13 yaş grubundakilerin ise vücut ağırlıklarının iki katına kadar yük kaldırabildikleri gözlenmiştir. 16 yaşındaki gençlerde ise vücut ağırlığına eşit yükleri kaldırmak kapasitesi gelişmektedir. Kas kütlelerinin, kuvvet, güç ve hız gibi performans bileşenleriyle doğrudan ilişkili olduğu spor dallarında, yaş ilerledikçe bu gelişim süreci gözle görülür biçimde yavaşlamaktadır. Bu nedenle kuvvet antrenmanları, yapılan spor dalının özellikleri ve ihtiyaçlarına uygun şekilde planlanmalıdır (Günay ve Yüce 2008).

Kas gücündeki artış, beraberinde kas hipertrofisini getirir. Güç düzeyindeki bu yükselişin aynı zamanda yağlı ve yağsız vücut kütlelerinde artışa neden olduğu bilinmektedir. Eğer kuvvet kazanımı uygun bir biçimde sağlanır ve bu süreçte vücut ağırlığında bir değişim yaşanmazsa, toplam kütle azalmasıyla birlikte hareket sırasında daha az enerji harcanır ve enerji verimliliği elde edilir (Kibler ve ark. 2006).

2.10. Kuvvet Çeşitleri

2.10.1. Genel Kuvvet

Genel kuvvet, kas gruplarının bir dış dirence karşı verdiği tepki olarak tanımlanabilir. Bu nedenle uygulanan antrenmanların, vücuttaki tüm kas gruplarını kapsayacak şekilde planlanması önem taşır. Genel kuvvet çalışmaları, sporcunun branşa özgü kuvvet gelişimine geçiş yapabilmesi için bir temel oluşturur. Bu süreçte, kullanılan ağırlıklar bireysel özelliklere göre belirlenmelidir. İstasyon çalışmaları, genel kuvvet seviyesinin artırılmasında oldukça etkili yöntemler arasında yer alır. Bu tür antrenmanlar sayesinde, farklı kas grupları çeşitli yöntemlerle çalıştırılarak kas gücü verimli ve dengeli şekilde geliştirilmiş olur (Çağlayan ve Özbar 2017).

2.10.2. Özel Kuvvet

Özel kuvvet antrenmanları, belirli bir spor branşına özgü olarak planlanan ve o branşın ihtiyaç duyduğu kas gruplarını hedef alan çalışmalar bütünüdür. Bu tür antrenmanlarda sıklıkla dairesel kuvvet antrenman modeli tercih edilir. Genel kuvvet çalışmalarında daha fazla istasyon bulunurken, özel kuvvet antrenmanlarında istasyon sayısı daha az tutulur ve daha spesifik içeriklere odaklanılır (Çağlayan ve Özbar 2017). Spor dallarının özelliklerine göre kas grubu kullanımı da farklılık göstermektedir; bazı branşlarda üst ekstremité ön plandayken, bazı branşlarda ise alt ekstremité daha yoğun kullanılır. Örneğin, futbolda alt ekstremité kasları temel rol oynarken; voleybol ve basketbol gibi sporlarda hem alt hem de üst ekstremité aktif rol alır, ancak bu branşlarda özellikle el kuvveti daha belirleyici olabilir. Kuvvetin önemli ölçütlerinden biri olan el kavrama kuvveti, yalnızca lokal bir kuvvet göstergesi olmakla kalmaz, aynı zamanda tüm vücut kuvvet düzeyinin genel bir göstergesi olarak da değerlendirilebilir (Narin ve ark. 2009; Gencer ve ark. 2019).

2.10.3. Maksimal Kuvvet

Maksimal kuvvet, kasların en yüksek düzeyde kasılabilme ya da bir dış dirence karşı en üst seviyede dayanım gösterebilme yetisi olarak tanımlanır. Bu kuvvet türünü geliştirmeye yönelik antrenmanlarda, yüklenme şiddetinin %90 ile %100 arasında olması, tekrar sayısının ise düşük tutulması önerilmektedir (Gökmen 2019). Maksimal kuvvetin artırılması genellikle yüksek dirençli ağırlık antrenmanlarıyla sağlanır. Bu çalışmalar, kısa süreli, yüksek şiddetli ve patlayıcı kas kasılmaları şeklinde planlandığında daha etkili sonuçlar vermektedir. Alman antrenman bilimcisi Hollman'a göre maksimal kuvvet, bir kasın belirli bir dirence karşı kasılarak o dirence belli bir süre dayanabilme yeteneğidir (Herbert ve ark. 2015). Bu doğrultuda maksimal kuvvet antrenmanları, %85 ila %95 şiddet aralığında, 3 ila 5 set arasında, bireyin bir tekrar maksimumuna ulaşacak şekilde planlanmaktadır (Hill ve ark. 2012). Bu tür antrenmanlar, konsantrik fazda kuvvet artışını destekleyerek daha fazla sayıda bir tekrar maksimum kaldırabilmeye olanak tanır. Farklı spor branşları ve sporcu grupları üzerinde yapılan araştırmalar, bu antrenman modelinin kuvvet artışı üzerindeki etkisini açıkça ortaya koymuştur. Hatta daha düşük şiddetle yapılan geleneksel kuvvet antrenmanlarına kıyasla, maksimal kuvvet çalışmalarının kuvvet kazanımı bakımından

yaklaşık iki kat daha etkili olduğu tespit edilmiştir (Ovretveit ve Toien 2018).

2.10.4. Çabuk Kuvvet

Çabuk kuvvet, sinir-kas sisteminin yüksek hızda kasılma gerçekleştirilmesiyle, büyük bir direnç karşısında hızlı ve etkili tepki verebilme yeteneği olarak tanımlanır. Antrenmanların ise mümkün olduğunca sabit tempo ve düzenlilikte yapılması önerilmektedir (Gökmen 2019). Özellikle hücum geçiş gibi mücadele durumlarında, çabuk kuvvet ile birlikte kuvvette devamlılık gibi karmaşık motorik özelliklerin önemli rol oynadığı bilinmektedir (Tetik ve ark. 2013). Çabuk kuvvet antrenmanlarının temel amacı, kasların kasılma süresini kısaltarak bireylerin performansını artırmaktır. Bu hedef doğrultusunda, çalışmaların eşit aralıklarla veya düşük ağırlıklarla gerçekleştirilmesi gerekmektedir (Korkmaz 2019).

2.10.5. Kuvvette Devamlılık

Kuvvette devamlılık, uzun süreli egzersizler sırasında ortaya çıkan yorgunluğa karşı kasların direnç gösterme yeteneği olarak tanımlanır (Gökmen 2019). Bu becerinin geliştirilmesinde en yaygın ve etkili yöntem olarak interval antrenmanlar tercih edilir. Kuvvette devamlılık antrenmanları, ek ağırlıklarla desteklenerek uygulanmalıdır. Bu tür antrenmanlarda genel olarak düşük yükleme şiddetiyle yüksek tekrar sayılarına ulaşılması esastır (Gürbüz 2013).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Etik Onay

Mevcut çalışma, Gazi Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun 2023 tarihli ve 642 sayılı kararı ile ayrıca Bingöl Üniversitesi Etik Kurulu'nun 2024 tarihli ve 24/18 sayılı kararı ile etik açıdan onaylanmıştır. Araştırmaya katılan tüm güreşçilerden yazılı ve sözlü gönüllü onam alınmıştır.

3.2. Araştırma Grubu

Mevcut araştırma Türkiye Güreş Federasyonu'na bağlı 56 erkek güreşçi (yaş ortalaması $22,35 \pm 5,34$ yıl; boy uzunluğu $172,24 \pm 6,15$ cm; vücut ağırlığı $= 80,65 \pm 15,70$ kg; spor deneyimi $13,40 \pm 3,85$ yıl; EKK $50,81 \pm 7,05$ kg) katılmıştır. Tüm güreşçiler uluslararası organizasyonlarda yarışan elit güreşçilerdir.

3.3. Verilerin Toplanması

3.3.1. El Kavrama Kuvveti (EKK)

Mevcut araştırma, üst ekstremité kas kuvvetinin değerlendirilmesinde el kavrama kuvveti (EKK) ölçümü kullanılmıştır. Ölçümler, standart bir Smedley tipi el dinamometresi (Grip-D 5101; Takei, Niigata, Japonya) aracılığıyla, katılımcıların ayakta durur pozisyonda olduğu bir test protokolü doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Güreşçilerden, test sırasında değerlendirme yapılacak ellerine dinamometreyi almaları, kollarını tamamen düz bir şekilde aşağı sarkıtmaları ve üst kol ile gövde arasında yaklaşık 15 derecelik bir açı oluşturmaları istenmiştir. Bu pozisyon, testin standartizasyonunu sağlamak amacıyla uygulanmış ve tüm ölçümler bu duruş doğrultusunda gerçekleştirilmiştir.

Dinamometrenin tutma sapı, katılımcının dört parmağının ikinci interfalangeal eklemi ile başparmağın avuç içi tabanı arasına gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Güreşçilerden, cihazı bu pozisyonda maksimum izometrik kas gücüyle sıkmaları ve bu sıkma işlemi yaklaşık beş saniye boyunca sürdürmeleri istenmiştir. Her bir el için test, iki tekrar halinde uygulanmış; elde edilen iki değer arasından en yüksek olanı 0,1 kg hassasiyetle

kaydedilmiştir.

Değerlendirmeler sırasında hem baskın (dominant) hem de baskın olmayan (non-dominant) ellerin EKK ölçülmüştür. Ancak istatistiksel analizlerde sadece baskın elden elde edilen en yüksek ölçüm değeri dikkate alınmıştır. Bu tercih, bireyin motor kontrol ve kuvvet üretiminde daha aktif kullandığı eldeki kas kapasitesinin, üst ekstremitate kuvvet düzeyini daha doğru temsil edeceği varsayımına dayanmaktadır. Ölçümler, tüm güreşçiler için aynı standart prosedür izlenerek deneyimli bir araştırmacı gözetiminde gerçekleştirilmiştir.

3.3.2. Moleküler Analizler

3.3.2.1. DNA İzolasyonu

Güreşçilerden 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 30-45 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 *BDNF* gen polimorfizmi rs6265, 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 (*BDNF* rs6265 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 analizler, Microsoft Excel ve SPSS 27.0 (Mac) yazılımları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analiz sürecinin ilk aşamasında, veri setinin analiz için uygunluğunu ve temel varsayımların karşılanma durumunu değerlendirmek amacıyla eksik ve hatalı veriler gözden geçirilmiştir. Bu kapsamda, eksik ya da hatalı yanıtlar içeren katılımcı verileri çalışma dışı bırakılmış ve analizler, 56 elit düzey güreşçiden elde edilen geçerli veri seti üzerinden yürütülmüştür.

Veri dağılımının normalliğini test etmek amacıyla Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk testlerinden elde edilen sonuçlar incelenmiş; elde edilen bulgular doğrultusunda verilerin normal dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Buna bağlı olarak, genotip değişkenine göre güreşçilerin EKK düzeyleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla bağımsız örneklem için t-testi uygulanmıştır. Elde edilen farklılıkların büyüklüğünü belirlemek amacıyla Cohen's *d* etki büyüklüğü katsayısı hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar, karşılaştırmaların niceliksel anlamda önemini ortaya koymuştur. Etki büyüklükleri, Cohen (1988) tarafından önerildiği şekilde yorumlanmıştır: $d = .20$ küçük, $d = .50$ orta, $d = .80$ ve üzeri büyük etki olarak kabul edilmiştir. Ayrıca, SNPStats yazılımı ek doğrulama amacıyla kullanılmış; alel ve genotip frekansı

analizleri ile ilişkilendirme çalışmaları bu yazılım aracılığıyla desteklenmiştir (Sole ve ark. 2006). Tüm analizlerde istatistiksel anlamlılık düzeyi $p < .05$ olarak belirlenmiştir.



4. BULGULAR

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

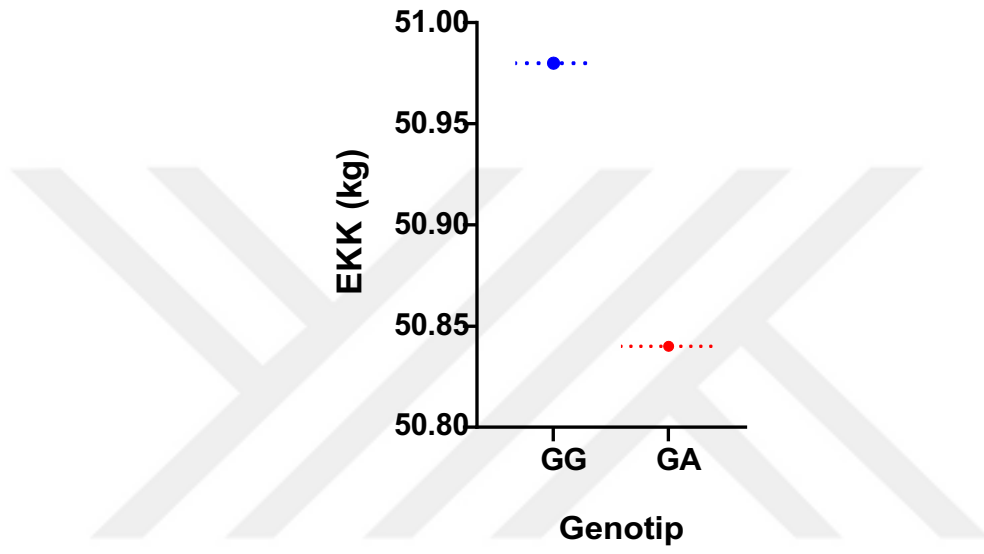
Mevcut araştırmada, *BDNF* gen polimorfizminin güreşçilerde EKK üzerindeki potansiyel etkileri incelenmiştir. Farklı genotip gruplarının ilgili performans parametreleri üzerindeki olası etkileri değerlendirilmiştir.

Tablo 4.1. El Kavrama Kuvvetinin Genotipe Göre İncelenmesi

Genotip	N	M	Ss	t	p	Cohen's d
GG	37	50.98	7.13	.066	.947	.019
GA	19	50.84	7.09			
AA	---	---	---			

EKK: El kavrama kuvveti

Tablo 1 incelendiğinde, EKK açısından GG genotipine sahip güreşçilerin ortalama performans düzeylerinin, GA genotipine sahip güreşçilere kıyasla daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Ancak bu farklar istatistiksel olarak anlamlı tespit edilmemiştir ($p > 0.05$).



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

5. TARTIŞMA

Mevcut araştırma elit güreşçiler üzerinde EKK ile BDNF rs6265 polimorfizmi arasındaki olası ilişki incelenmiştir. Bulgular, GG genotipine sahip güreşçilerin EKK açısından GA genotipine sahip güreşçilere kıyasla daha yüksek ortalama performans düzeylerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Ancak, bu farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı saptanmamıştır. Bununla birlikte, GG genotipine sahip güreşçilerin hem frekans dağılımının hem de ortalama EKK değerlerinin daha yüksek olması, literatürdeki benzer araştırmalarla örtüşmektedir. Örneğin, yakın zamanda yapılan bir araştırmada BDNF gen ekspresyonunun vastus lateralis kasında MTOR gen ekspresyonu ile pozitif ilişkili olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, genetik olarak öngörülen daha yüksek BDNF ekspresyonunun (yani rs6265 (Val66Met) *BDNF* polimorfizminin C allelinin taşınması), sporcularda hızlı kasılan kas liflerinin enine kesit alanı, güç sporcularının kişisel en iyi dereceleri ve güç sporcusu olma durumu ile pozitif ilişkili olduğu bildirilmiştir (Bulgay ve ark. 2025).

Son yıllarda, özellikle kas lifi enine kesit alanı ile ilişkili genetik varyantların belirlenmesine yönelik çalışmalar dikkat çekici biçimde artmıştır (Guilherme ve ark. 2024; Çığırtaş ve ark. 2024). Söz konusu araştırmalar yalnızca temel performans göstergeleri olan kas kuvveti (Gabbasov ve ark. 2013; Tikkanen ve ark. 2018; Moreland ve ark. 2022; Kikuchi ve ark. 2021) ile sınırlı kalmayıp; ekstremité yağsız kütlesi (Pei ve ark. 2020), sarkopeni (Semenova ve ark. 2023), güç sporculuğu potansiyeli (Maciejewska-Skrendo ve ark. 2019) ve testosteron düzeyleri (Ahmetov ve ark. 2014; Ruth ve ark. 2020; Guilherme ve ark. 2022) gibi farklı fenotipik özellikleri de kapsamaktadır. Bu bağlamda, genetik belirteçlerin hem kas yapısının hem de atletik performansın moleküler temellerinin anlaşılmasında önemli biyolojik göstergeler sunduğu açıktır.

BDNF, etkilerini başta TrkB (tropomyosin receptor kinase B) ve p75 nörotrofin reseptörleri üzerinden göstererek, nöronların büyümesini, farklılaşmasını ve sinaptik bağlantılarını desteklemektedir (Li ve ark. 2022). Literatürdeki bulgular, BDNF düzeylerindeki azalmaların; nörodejeneratif hastalıklar, psikiyatrik bozukluklar ve kardiyovasküler riskler gibi pek çok patolojik durumu tetikleyebileceğini

göstermektedir (Pisani ve ark. 2023; Lei ve ark. 2024). Ayrıca, BDNF'nin sinaptik iletimi güçlendirme ve uzun süreli potansiyasyonu (LTP) destekleme kapasitesi, özellikle motor öğrenme süreçleri ve nöromusküler performans açısından kritik öneme sahiptir (De Vincenti ve ark. 2019; Miranda ve ark. 2019; Andreska ve ark. 2020). Bu bağlamda, fiziksel egzersizin bilişsel işlevler üzerindeki olumlu etkileri, büyük ölçüde egzersiz sırasında BDNF düzeylerinde meydana gelen artışla ilişkilendirilmektedir (Rasmussen ve ark. 2009; Wrann ve ark. 2013). *BDNF* gen ekspresyonunu etkileyen temel biyolojik etmenlerden biri, genetik varyasyonlardır. Bu doğrultuda, rs6265 polimorfizmi, *BDNF* geninin fonksiyonel regülasyonu açısından özel bir yere sahiptir. Yaygın C (Val) aleli, hem iskelet kasında (de Assis ve ark. 2021) hem de kalp kası dokusunda (GTEx Portalı 2025) daha yüksek BDNF ekspresyonuyla ilişkilendirilmiştir. Buna karşılık, daha nadir görülen T (Met) alelinin, genin ekspresyon düzeyini düşürdüğü ve bu durumun hem bilişsel hem de fiziksel performans üzerinde olumsuz sonuçlar doğurabileceği çeşitli çalışmalarda ortaya konmuştur. Nitekim T aleli; düşük sprint ve güç performansı (Murtagh ve ark. 2020), zayıflamış epizodik bellek (Egan ve ark. 2003) ve majör depresif bozukluk riski (Wang ve ark. 2023) gibi olumsuz fenotiplerle anlamlı şekilde ilişkilendirilmiştir. Bu kapsamda, *BDNF* rs6265 polimorfizmi yalnızca gen ekspresyonunu değil, aynı zamanda geniş bir fenotip yelpazesini öngörme potansiyeline sahip önemli bir genetik biyobelirteç olarak değerlendirilmektedir.

Literatürdeki çeşitli araştırmalar, egzersizin BDNF serum düzeyleri üzerindeki etkisini ortaya koyarak bu biyobelirtecın fizyolojik süreçlerdeki önemine ışık tutmaktadır. Örneğin, Bulgay ve ark. (2020), farklı egzersiz türlerinin BDNF düzeylerini farklı biçimlerde etkileyebileceğini vurgulamıştır. Öztasyonar (2017), koşucu, tekvandocu, boksör ve sedanter bireylerden oluşan gruplar üzerinde gerçekleştirdiği araştırmada, sporcuların BDNF düzeylerinin sedanter bireylerden daha yüksek olduğunu ve bu artışın en fazla tekvandocularda gözlemlendiğini belirtmiştir. Benzer şekilde, Cox ve ark. (1996), Çinli atletlerde egzersiz sırasında BDNF düzeylerinde anlamlı artışlar gözlemlemiştir. Arık (2019) kick boksçular, İpekten (2018) futbolcular, Dinçer (2011) ise kadın voleybolcular üzerinde yürüttükleri araştırmalarda, düzenli ve yoğun antrenmanların BDNF düzeylerini artırdığını göstermiştir. Ayrıca Gökçe ve ark. (2020), eskrim ve yüzme gibi açık ve kapalı beceri gerektiren spor branşlarında yer alan

sporcular ile sedanter bireyleri karşılaştırmış; akut egzersiz sonrasında sporcularda BDNF düzeylerinde anlamlı artışlar olduğunu bildirmiştir. Hung ve ark. (2018) ise badminton yapan bireylerin BDNF düzeylerinin koşu yapanlara kıyasla daha yüksek olduğunu göstermiştir.

Mevcut araştırmada herhangi bir egzersiz protokolü uygulanmamış olması, serum BDNF düzeylerine ilişkin doğrudan bir değerlendirme yapılmasını sınırlamaktadır. Ancak literatürdeki bulgular göz önünde bulundurulduğunda, bilişsel dikkat, motor koordinasyon ve konsantrasyon gerektiren spor dallarında egzersize bağlı BDNF artışının daha belirgin şekilde gözlemlendiği bildirilmektedir. Bu bulgular, BDNF'nin hem merkezi sinir sistemi plastisitesi hem de nöromusküler performans üzerinde çift yönlü ve bütüncül bir etki mekanizmasına sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Genetik altyapının kas kuvveti üzerindeki etkisi, geniş örneklemle yürütülen genom çapında ilişki çalışmalarıyla (GWAS) bildirilmiştir. Willems ve ark. (2017), 195.180 kişilik örneklemle yürüttükleri çalışmada, iskelet kası yapısı, nöronal iletim ve nörolojik sendromlarla ilişkili 16 genetik lokus tanımlamıştır. Benzer şekilde Tikkanen ve ark. (2018), 101 lokus tespit etmiş ve bunların çoğunun nörolojik işlevlerle ilişkili olduğunu göstermiştir. Ayrıca, EKK'nin kardiyometabolik sağlık ve bilişsel işlevlerle genetik düzeyde bağlantılı olduğu; Mendelyen randomizasyon analizleriyle yüksek kas gücünün kardiyovasküler hastalık riskini azalttığı bildirilmiştir. Jones ve ark. (2021), 60 yaş üzeri 256.523 Avrupalı bireyi kapsayan meta-analizinde, bağışıklık sistemi, inflamasyon, hücre döngüsü ve kas iskelet gelişimiyle ilişkili 15 yeni lokus tanımlamıştır. Bulgular, yaşa bağlı kas zayıflığının çoklu biyolojik yollarla ilişkili olduğunu göstermektedir. Carmelli ve Reed'in (2000) ikiz çalışması, EKK'deki 10 yıllık düşüşün %35'inin genetik, %48'inin ortak çevresel faktörlerle ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Frederiksen ve ark. (2002) ise EKK'nin kalıtılabilirliğini %52 olarak bildirmiştir. Söz konusu bulgular, EKK'nin yalnızca kas fonksiyonu değil, aynı zamanda yaşam kalitesi ilişkili güçlü bir biyobelirteç olduğunu göstermektedir.

Mevcut literatür incelendiğinde, bilgi düzeyimiz doğrultusunda *BDNF* rs6265 polimorfizmi ile EKK arasındaki ilişkiyi doğrudan inceleyen herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu durum, söz konusu genetik varyant ile EKK arasında nedensel bir bağ kurulmasını ve genetik düzeyde kapsamlı yorumlar yapılmasını kısıtlamaktadır.

Ancak mevcut araştırmada, *BDNF* rs6265 polimorfizmine ilişkin elde edilen bulgular dikkat çekicidir. Özellikle GG genotipine sahip gürreşçilerin hem daha yüksek frekansta görölmesi hem de daha yüksek performans puanlarına sahip olması, bu genetik varyantın atletik performansla ilişkili olabileceğini düşündürmektedir. Mevcut bulgu, *BDNF*'nin nörotrofik etkileri ve sinaptik plastisite üzerindeki rolü göz önünde bulundurulduğunda, merkezi sinir sistemi aracılığıyla motor beceriler ve kuvvet üretimi üzerinde dolaylı etkilerinin olabileceği yönündeki hipotezleri desteklemektedir. Önceki araştırmalarla tutarlılık gösteren mevcut bulgular, *BDNF* rs6265 polimorfizminin özellikle atletik performansı bağlamında değerlendirilmesinin önemini ortaya koymakta ve ilerleyen araştırmalarda EKK gibi spesifik performans ölçütleriyle olan ilişkisini ortaya koyacak ileriki araştırmalara ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

Mevcut araştırma grubunun yalnızca elit düzeydeki gürreşçilerden oluşması, araştırmanın en önemli güçlü yönlerinden biri olarak değerlendirilebilir. Zira, bu düzeydeki gürreşçilerin fizyolojik ve performans özelliklerinin homojen bir yapıya sahip olması, elde edilen bulguların gürreşçi popölasyonuna yönelik geçerliliğini artırmaktadır. Ancak, bu duruma rağmen çalışmanın bazı sınırlılıkları da mevcuttur ve elde edilen sonuçların yorumlanmasında bu hususların göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Birincil sınırlılık, örneklem büyüklüğünün nispeten düşük olmasıdır. Katılımcı sayısının sınırlı oluşu, istatistiksel analizlerin gücünü azaltabileceği gibi, elde edilen sonuçların genellenebilirliğini de kısıtlayabilir. Bu bağlamda, daha geniş ve çeşitli örneklemelerin dahil edileceği ileri düzey çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. İkinci olarak, çalışmada yalnızca EKK testi kullanılarak fiziksel performans ölçümü yapılmış olması, performansın çok boyutlu doğasını tam olarak yansıtmada yetersiz kalabilir. Farklı spor branşlarından katılımcıların dâhil edilmemiş olması da genetik yapı ile performans arasındaki ilişkinin branşa özgü özelliklerle nasıl şekillendiğine dair daha derinlemesine bir analiz yapılmasını engellemiştir. Üçüncü olarak, genetik farklılıkların değerlendirilmiş olmasına rağmen, epigenetik mekanizmaların dikkate alınmaması çalışmanın diğer bir sınırlılığıdır. Zira, egzersiz ve çevresel faktörlerin genetik ifade üzerindeki etkileri göz önüne alındığında, epigenetik düzenlemelerin değerlendirilmesi, elde edilen verilerin yorumlanmasına önemli katkılar sağlayabilir. Tüm bu sınırlılıklar, mevcut araştırmanın bulgularının daha ileri düzey ve çok boyutlu çalışmalara desteklenmesinin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak, EKK açısından GG genotipine sahip güreşçilerin ortalama performans düzeylerinin, GA genotipine sahip sporculara kıyasla daha yüksek olduğunu göstermiştir. Ancak bu farklar istatistiksel olarak anlamlı düzeyde bulunmamıştır. Bununla birlikte, GG genotipinin örnekleme daha yüksek frekansta gözlemlenmesi, mevcut literatürle uyumlu olup, *BDNF* rs6265 polimorfizminin atletik performans üzerindeki potansiyel etkilerini destekler niteliktedir. *BDNF* rs6265 varyantı ile EKK arasındaki ilişkiyi inceleyen bu çalışma, özellikle elit güreşçilerden oluşan özgün örneklem grubuyla spor genetiği alanındaki literatüre katkı sunmakta; ayrıca gelecekte yapılacak araştırmalar için referans niteliğinde bulgular sağlamaktadır.

6.1. Öneriler

- Atletik performansla ilişkili potansiyel genetik varyantların kapsamlı bir şekilde değerlendirilebilmesi için tüm ekzom dizileme, mikroyarray analizleri veya tüm genom dizileme çalışmaları gerçekleştirilmelidir.
- Farklı spor branşlarından sporcuların dahil edildiği karşılaştırmalı analizler yapılmalıdır.
- Araştırma kapsamı, daha geniş sporcu popülasyonunu içerecek şekilde genişletilmelidir.
- Aerobik ve anaerobik kapasiteyi ölçen farklı performans testleri araştırmaya dâhil edilmelidir.
- Sporcuların genetik yapılarındaki ve performans düzeylerindeki değişimleri izlemek amacıyla boylamsal araştırma desenleri tercih edilmelidir.

KAYNAKLAR

Abernethy PJ, Thayer R and Taylor AW. (1990). Acute and chronic responses of skeletal muscle to endurance and sprint exercise: a review. *Sports Medicine*, 10,365-389.

Ahmetov II, Donnikov AE and Trofmov DY. (2014). ACTN3 genotype is associated with testosterone levels of athletes. *Biology of Sport*, **31** (2), 105–108.

Ahmetov II and Fedotovskaya ON. (2015). Current progress in sports genomics. *Advances in Clinical Chemistry*, 70,247–314.

Ahmetov II, Egorovab ES, Gabdrakhmanovaa LJ and Fedotovskayad ON. (2016). Genes and athletic performance: an update. *Genetics and Sports*, 61,41-54.

Ahmetov II, Gavrilov DN, Astratenkova IV. et al. (2013). The association of ACE, ACTN3 and PPARA gene variants with strength phenotypes in middle school-age children. *Journal of Physiological Sciences*, 63,79–85.

Ahmetov II, Hall ECR, Semenova EA, Pranckevičienė E and Ginevičienė V. (2022). Advances in sports genomics. *Advances in Clinical Chemistry*, 107,215-263.

Ahmetov II, Mozhayskaya IA, Flavell DM. et al. (2006). PPARalpha gene variation and physical performance in Russian athletes. *European Journal of Applied Physiology*, **97** (1), 103-108.

Ahmetov II, Roos TR, Stepanova AA, Biktagirova EM, Semenova EA, Shchuplova IS. et al. (2019). Is tezivsterone responsible for athletic success in female athletes?. *BioRxiv*, 557348.

Ahmetov II, Vinogradova OL and Williams AG. (2012). Gene polymorphisms and fiber-type composition of human skeletal muscle. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, **22** (4), 292-303.

Ahmetov II, Williams AG, Popov DV, Lyubaeva EV, Hakimullina AM, Fedotovskaya ON. et al. (2009). The combined impact of metabolic gene polymorphisms on elite endurance athlete status and related phenotypes. *Human Genetics*, 126,751-761.

Andreska T, Rauskolb S, Schukraft N, Lüningschrör P, Sasi M, Signoret-Genest J. et al. (2020). Induction of BDNF expression in layer II/III and layer V neurons of the motor cortex is essential for motor learning. *J. Neurosci*, 40,6289–6308.

Arık F. (2019). *Elit Kickboks Sporcularında Kümülatif Kafa Travmasının Bilişsel Fonksiyonları ve Nörotrofik Faktörler Üzerine Etkileri*. Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Fizyoloji Anabilim Dalı, Konya, 58 s.

Ateş A. (2016). Gen mi, RNA mı?. *Deneyisel Tıp Araştırma Enstitüsü Dergisi*, **6** (11),

43-49.

Auton A, Brooks LD, Durbin RM, Garrison EP, Kang HM, Korbel JO. et al. (2015). A global reference for human genetic variation. *Nature*, **526** (7571), 68–74.

Bangsbo J. (2015). Performance in sports—With specific emphasis on the effect of intensified training. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, **25**, 88-99.

Bassett DR and Howley ET. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **32** (1), 70-84.

Bayraktar B ve Kurtoğlu M. (2011). Sporda performans ve performans artırma yöntemleri. İçinde: Atasü T, Yücesir İ, Bayraktar B , (Editörler) *Dopingle mücadele ve futbolda performans artırma yöntemleri*. 2. baskı, Ajansmat Matbaacılık, Ankara, ss.301–328.

Binder DK and Scharfman HE. (2004). Mini review. *Growth Factors*, **22** (3), 123-131.

Bohannon RW. (2019). Considerations and practical options for measuring muscle strength: A narrative review. *BioMed Research International*, **2019** (1), 8194537.

Bohannon RW. (1998). Hand-grip dynamometry provides a valid indication of upper extremity strength impairment in home care patients. *Journal of Hand Therapy*, **11** (4), 258-260.

Bouchard C, An P, Rice T. et al. (1999). Familial aggregation of VO₂max response to exercise training: Results from the HERITAGE Family Study. *Journal of Applied Physiology*, **87** (3), 1003-1008.

Bouchard C, Dionne FT, Simoneau JA and Boulay MR. (1992). Genetics of aerobic and anaerobic performances. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, **20** (1), 27-58.

Braun AK, Hess ME, Ibarra-Moreno U, Salvatore MD and Saunders NW. (2018). Handgrip strength as a screening assessment for functional limitations. *Age*, **62** (14.3), 64–67.

Bray MS, Hagberg JM, Perusse L, Rankinen T, Roth SM, Wolfarth B. et al. (2009). The human gene map for performance and health-related fitness phenotypes: the 2006-2007 update. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **41** (1), 34-72.

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.

Bulgay C, Çetin E ve Ergün M. (2020). Sportif performans ve BDNF ilişkisi. *Gazi*

Medical Journal, **31** (4), 686-689.

Byeon JY, Lee MK, Yu MS, Kang MJ, Lee D H, 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.

Cerit M. (2021). *İnsan Metabolizmasının Bilinmeyenleri, Genetik ve Atletik Performans*. 1. Baskı, Spor Yayınevi ve Kitabevi, Ankara, 144 s.

Chiu LL, Chen TW, Hsieh SS, et al. (2012). ACE I/D, ACTN3 R577X, PPARD T294C and PPARGC1A Gly482Ser polymorphisms and physical fitness in Taiwanese late adolescent girls. *Journal of Physiological Sciences*, **62**, 115–121.

Cometti G, Maffiuletti NA, Pousson M, Chatard JC and Maffulli N. (2001). Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, **22** (01), 45-51.

Cooper R, Kuh D, Hardy R and Mortality Review Group. (2010). Objectively measured physical capability levels and mortality: Systematic review and meta-analysis. *BMJ*, **341**, c4467.

Cox RH, Liu Z and Qiu Y. (1996). Psychological skills of elite Chinese athletes. *International Journal of Sport Psychology*, **27** (2), 123-132.

Çağlayan A ve Özbar N. (2017). The examination of the effects of functional training program applied on instable ground on anaerobic capacities of elite martial arts athletes. *European Journal of Education Studies*, **11**, 812–824.

Çığırtaş E, Guilherme JPLF, Yusupov RA, Larin AK, Kulemin NA. et al. (2024). The ARK2N (C18ORF25) genetic variant is associated with muscle fiber size and strength athlete status. *Metabolites*, **14** (4), 390

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.

De Assis GG, Hofman JR, Bojakowski J, Murawska-Ciałowicz E, Ciężczyk P and Gasanov EV. (2021). The Val66 and Met66 allele-specific expression of BDNF in human muscle and their metabolic responsivity. *Frontiers in Molecular Neuroscience*, **14**, 638176.

De Vincenti AP, Ríos AS, Paratcha G and Ledda F. (2019). Mechanisms that modulate and diversify BDNF functions: Implications for hippocampal synaptic plasticity. *Front Cell Neurosci* 13:135.

Desrosiers J, Bravo G and Hébert R. (1997). Isometric grip endurance of healthy elderly men and women. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, **24** (1), 75-85.

Dinçer Ö. (2011). *Bayan Voleybolcularlarda Egzersizin Sinir Sistemi Üzerine Etkilerin Plazma Glukoz, İnsülin, Kortizol, Brain Derived Nörotropik Faktör (BDNF) ve İnsülin Like Growth Faktör 1 (Igf-1) Düzeyleri ile İncelenmesi*. Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı, Kocaeli, 76 s.

Drozdovska SB, Dosenko VE, Ahmetov II and Ilyin VN. (2013). The association of gene polymorphisms with athlete status in Ukrainians. *Biology of Sport*, 30,163–167.

Ebben WP, Kindler AG, Chiridon KA, Jenkins NC, Polichnowski AJ and Ng AV. (2004). The effect of high-load vs. high-repetition training on endurance performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, **18** (3), 513-517.

Egan MF, Kojima M, Callicott JH, Goldberg TE, Kolachana BS, Bertolino A. et al. (2003). The BDNF val66met polymorphism affects activity-dependent secretion of BDNF and human memory and hippocampal function. *Cell*, **112** (2), 257–269.

Folland JP, Mc Cauley TM and Williams AG. (2008). Allometric scaling of strength measurements to body size. *European Journal of Applied Physiology*, **102** (6), 739-745.

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.

Fuku N, Kumagai H and Ahmetov II. (2019). Genetics of muscle fiber composition. In: Barh D and Ildus IA, (Eds), *Sports, Exercise, and Nutritional Genomics: Current Status and Future Directions*. Vol 1, Elsevier, Amsterdam, pp. 295-314.

Gabbasov RT, Arkhipova AA, Borisova AV, Hakimullina AM, Kuznetsova AV, Williams AG. et al. (2013). The HIF1A gene Pro582Ser polymorphism in Russian strength athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, **27** (8), 2055–2058.

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

Gómez-Gallego F, Ruiz JR, Buxens A, Artieda M, Arteta D, Santiago C. et al. (2009). The -786 T/C polymorphism of the NOS3 gene is associated with elite performance in power sports. *European Journal of Applied Physiology*, 107,565–569.

Gökçe E, Güneş E, Arı F ve Nalçacı E. (2020). Açık ve kapalı beceri egzersizlerinin, bilişsel işlevler ve serum BDNF düzeyine etkisi. 18. Ulusal Sinirbilim Kongresi, Bilkent Üniversitesi, 6-9 Kasım, Ankara, ss. 255-256.

Gökmen M. (2019). *Hentbolcularda Sekiz Haftalık Kuvvet Antrenmanının Sürat, Dikey Sıçrama ve Kuvvet Üzerine Etkisi*. Yüksek lisans tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Antrenörlük Eğitimi Anabilim Dalı, Manisa, 78 s.

GTEEx Portal. (2025. February 15). *GTEEx Portal*. <https://gtexportal.org/home/index.html>

Guilherme JPLF, Semenova EA, Kikuchi N, Homma H, Kozuma A, Saito M. et al. (2024). Identification of genomic predictors of muscle fiber size. *Cells*, **13** (14). 1211. <https://doi.org/10.3390/cells13141211>.

Guilherme JPL, Semenova EA, Borisov OV, Kostyukova ES, Vepkhvadze TF, Lysenko EA. et al. (2022). The BDNF-increasing allele is associated with increased proportion of fast-twitch muscle fibers, handgrip strength, and power athlete status. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, **36** (7), 1884- 1889.

Günay M ve Yüce A. (2008). *Futbol Antrenmanının Bilimsel Temelleri*. 1. Baskı, Gazi Kitabevi, Ankara., 562 s.

Gürbüz M. (2013). *17-22 Yaş Grubu Genç Erkeklerde 6 Haftalık Maksimal Kuvvet Antrenmanının Fiziksel Fizyolojik Parametreler Üzerine Etkileri*. Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Antrenörlük Eğitimi Anabilim Dalı, Konya, 65 s.

Hall EC, Lysenko EA, Semenova EA, Borisov OV, Andryushchenko ON, Andryushchenko LB. et al. (2021). Prediction of muscle fiber composition using multiple repetition testing. *Biology of Sport*, **38** (2), 277-283.

Haugen T, Seiler S, Sandbakk Ø and Tønnessen E. (2019). The training and development of elite sprint performance: an integration of scientific and best practice literature. *Sports Medicine-Open*, **5**, 1-16.

Herbert P, Sculthorpe J, Baker S and Grace F. (2015). Validation of a six second cycle test for the determination of peak power output. *Research in Sports Medicine*, **23** (2), 115–125.

Hill TR, Gjellesvik TI, Moen PMR, Tørhaug T, Fimland MS, Helgerud J and Hoff J. (2012). Maximal strength training enhances strength and functional performance in chronic stroke survivors. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, **91**, 393-400.

Hughes DC, Day SH, Ahmetov II and Williams AG. (2011). Genetics of muscle strength and power: polygenic profile similarity limits skeletal muscle performance. *Journal of Sports Sciences*, **29** (13), 1425-1434.

Hughes DC, Day SH, Ahmetov II. et al. (2011). Genetics of muscle strength and power: Polygenic profile similarity limits skeletal muscle performance. *Journal of Sports Sciences*, **29**, 1425–1434.

Hung CL, Tseng JW, Chao HH, Hung TM and Wang HS. (2018). Effect of acute exercise mode on serum brain-derived neurotrophic factor (BDNF) and task switching performance. *Journal of Clinical Medicine*, **7** (10), 301.

İpekten E. (2018). *Amatör Futbolcularda Bilişsel Fonksiyonların Beyin Hasarı Belirteçleri Nörotrofik Faktörleri ve Miyokinlerle İlişkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Fizyoloji Anabilim Dalı, Konya, 92 s.

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.

Jones KR and Reichardt LF. (1990). Molecular cloning of a human gene that is a member of the nerve growth factor family. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **87** (20), 8060–8064.

Karaoğlu B, Ceviz E, Ünver Ş, Çiftçi İ, Demir GT, Güvendi B. ve ark. (2025). Association between hand grip strength and exercise addiction among high-level athletes: Differences by sport category and sex in elite athletes. *Frontiers in Psychology*, 1-10.

Kibler W, Press J and Sciascia A. (2006). The role of core stability in athletic function. *Sports Medicine*, **36** (3), 189–198.

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, Article 17496.

King M. (2000). Core stability: Creating a foundation for functional rehabilitation. *Athletic Therapy Today*, **5** (1), 6–13.

Konopka MJ, Zeegers MP, Solberg PA, Delhaije L, Meeusen R, Ruigrok G. et al. (2022). Factors associated with high-level endurance performance: An expert consensus derived via the Delphi technique. *PLoS One*, **17** (12), e0279492.

Korkmaz R. (2019). *Sedanter Erkeklerde Maksimal Kuvvet Antrenmanının Ortalama Trombosit Hacmi, Trombosit Dağılım Aralığı, Nötrofil/Lenfosit Oranı ve Trombosit/Lenfosit Oranı Üzerindeki Etkisi*. Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Fizyoloji Anabilim Dalı, Konya. 75 s.

Kuh D, Bassey EJ, Butterworth S, Hardy R and Wadsworth ME. (2005). Grip strength, postural control, and functional leg power in a representative cohort of British men and women: Associations with physical activity, health status, and socioeconomic conditions. *The Journals of Gerontology: Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, **60** (2), 224–231.

Kumagai K, Abe T, Brechue WF, Ryushi T, Takano S and Mizuno M. (2000). Sprint performance is related to muscle fascicle length in male 100-m sprinters. *Journal of Applied Physiology*, **88** (3), 811-6.

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.

Lawton TW, Cronin JB and McGuigan MR. (2011). Strength testing and training of rowers: a review. *Sports Medicine*, 41,413-432.

Lei M, Liu Q, Nie J, Huang R, Mei Y, Pan D. et al. (2024) Impact and mechanisms of action of BDNF on neurological disorders, cancer, and cardiovascular diseases. *CNS Neurosci Ther* 30:e70138.

Li X, Zhang Y, Liu Z, Wang H and Chen J. (2022). *The role of BDNF signaling in central nervous system: Mechanisms involving TrkB and p75 neurotrophin receptors.* Neuroscience Bulletin, **38** (5), 1234–1248.

Li Y, Li F, Qin D, Chen H, Wang J, Wang J. et al. (2022) The role of brain-derived neurotrophic factor in the central nervous system. *Front Aging Neurosci*, 14:986443.

Liu Q R, Walther D, Drgon T, Polesskaya O, Lesnick TG, Strain KJ. et al. (2005). Human brain derived neurotrophic factor (BDNF) genes, splicing patterns, and assessments of associations with substance abuse and Parkinson's Disease. *American Journal of Medical Genetics Part B: Neuropsychiatric Genetics*, **134B** (1), 93–103.

Maciejewska A, Sawczuk M and Cieszczyk P. (2011). Variation in the PPARalpha gene in Polish rowers. *Journal of Science and Medicine in Sport*, **14** (1), 58-64.

Maisonpierre PC, Le Beau MM, Espinosa R, Ip NY, Belluscio L, de la Monte SM. et al. (1991). Human and rat brain-derived neurotrophic factor and neurotrophin-3: Gene structures, distributions, and chromosomal localizations. *Genomics*, **10** (3), 558-568.

Malczewska-Lenczowska J, Orysiak J, Majorczyk E, Zdanowicz R, Szczepańska B, Starczewski M. et al. (2016). Total hemoglobin mass, aerobic capacity, and HBB gene in Polish road cyclists. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, **30** (12), 3512-3519.

Marques LP, Confortin SC, Ono LM, Barbosa AR and d’Orsi E. (2019). Quality of life associated with handgrip strength and sarcopenia: EpiFloripa Aging Study. *Archives of gerontology and geriatrics*, 81,234-239.

Medline Plus. (2025). What are Single Nucleotide Polymorphisms (SNPs)? <https://medlineplus.gov/genetics/understanding/genomicresearch/snp/> Erişim tarihi: 21 Haziran 2025.

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*, 13,2677–2686.

Miranda M, Morici JF, Zanoni MB and Bekinschtein P. (2019). Brain-derived neurotrophic factor: A key molecule for memory in the healthy and the pathological brain. *Front Cell Neurosci*, 13:363.

Miyamoto-Mikami E, Zempo H, Fuku N, Kikuchi N, Miyachi M and Murakami H.

(2018). Heritability estimates of endurance-related phenotypes: A systematic review and meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, **28** (3), 834-845.

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 and Conditioning Research*, **11** (3), 1-6.

Moreno-Infantes F, Díaz-Quesada G, Radesca-Fabiano K, Muñoz-Andradas G and Domínguez-Balmaseda D. (2024). Impact of High-Intensity Exercise on BDNF Levels and Its Implications in High-Performance Sport: A Systematic Review. *Physiologia*, **4** (4), 414-423.

Murtagh CF, Brownlee TE, Rienzi E, Roquero S, Moreno S, Huertas G. et al. (2020). The genetic profile of elite youth soccer players and its association with power and speed depends on maturity status. *PLoS ONE*, **15** (6), e0234458.

Nadler F, Malanga GA, Bartoli LA, Feinberg JH, Prybicien M and DePrince M. (2002). Hip muscle imbalance and low back pain in athletes: Influence of core strengthening. *Medicine & Science in Sports and Exercise*, **34** (1), 9-16.

Narin S, Demirbüken İ, Özyürek S ve Eraslan U. (2009). Dominant el kavrama ve parmak kavrama kuvvetinin önkol antropometrik ölçümlerle ilişkisi. *DEÜ Tıp Fakültesi Dergisi*, **23** (2), 81–85.

Nguyen VT, Hill B, Sims N and Others. (2023). Brain-derived neurotrophic factor rs6265 (Val66Met) single nucleotide polymorphism as a master modifier of human pathophysiology. *Neural Regeneration Research*, **18** (1), 102-106.

Ostrander EA, Huson HJ and Ostrander GK. (2009). Genetics of athletic performance. *Annual Review of Genomics and Human Genetics*, **10**, 407-429.

Ovretveit K and Toien T. (2018). Maximal strength training improves strength performance in grapplers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, **32**, 3326-3332.

Öztasyonar Y. (2017). Interaction between different sports branches such as taekwondo, box, athletes and serum brain derived neurotrophic factor levels. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, **57** (4), 457-460.

Pei YF, Liu YZ, Yang XL, Zhang H, Feng GJ, Wei XT. et al. (2020). The genetic architecture of appendicular lean mass characterized by association analysis in the UK Biobank study. *Communications Biology*, **3**, 608.

Pisani A, Paciello F, Del Vecchio V, Malesci R, De Corso E, Cantone E. et al. (2023). The role of BDNF as a biomarker in cognitive and sensory neurodegeneration. *J. Pers Med* **13**:652.

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.

Rasmussen P, Brassard P, Adser H, Pedersen MV, Leick L, Hart E. et al. (2009). Evidence for a release of brain-derived neurotrophic factor from the brain during exercise. *Experimental Physiology*, **94** (10), 1062–1069.

Rønnestad BR, Hansen J, Hollan I and Ellefsen S. (2015). Strength training improves performance and pedaling characteristics in elite cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, **25** (1), e89-e98.

Ruth KS, Day FR, Tyrrell J, Thompson DJ, Wood AR, Mahajan A. et al. (2020). Using human genetics to understand the disease impacts of testosterone in men and women. *Nature Medicine*, **26**, 252–258.

Sander A, Keiner M, Wirth K and Schmidtbleicher D. (2013). Influence of a 2-year strength training programme on power performance in elite youth soccer players. *European Journal of Sport Science*, **13** (5), 445-451.

Semenova EA, Hall EC and Ahmetov II. (2023). Genes and athletic performance: the 2023 update. *Genes*, **14** (6), 1235.

Semenova EA, Khabibova SA, Borisov V, Generozov EV and Ahmetov II. (2019). The variability of DNA structure and muscle-fiber composition. *Human Physiology*, **45** (2), 225-232.

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

Simoneau JA and Bouchard C. (1995). Genetic determinism of fibril type proportion in human skeletal muscle. *FASEB Journal*, **9** (12), 1091-1095.

Stepto NK, Coffey VG, Carey AL, Ponnampalam AP, Canny BJ, Powell D. 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.

Stølen T, Chamari K, Castagna C and Wisløff U. (2005). Physiology of soccer: an update. *Sports Medicine*, **35**, 501-536.

Suga T, Terada M, Tanaka T, Miyake Y, Ueno H, Otsuka M. et al. (2020). Calcaneus height is a key morphological factor of sprint performance in sprinters. *Scientific Reports*, **10** (1), 15425.

Szarowicz CA, Steece-Collier K and Caulfield ME. (2022). New frontiers in neurodegeneration and regeneration associated with brain-derived neurotrophic factor and the rs6265 single nucleotide polymorphism. *International Journal of Molecular Sciences*, **23** (14), 8011.

Tetik S, Koç M, Atar Ö ve Koç H. (2013). Basketbolcularda anaerobik güç değerinin lig başarı sıralamasına göre değerlendirilmesi. *Spor ve Performans Araştırmaları Dergisi*, **4** (2), 35-42.

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*, 8,6451.

Tønnessen E, Haugen T and Shalfawi SA. (2013). Reaction time aspects of elite sprinters in athletic world championships. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 27 (4), 885-892.

Uth N. (2005). Anthropometric comparison of world-class sprinters and normal populations. *Journal of Sports Science and Medicine*, 4 (4), 608.

Vaidya S and Nariya DM. (2021). Handgrip Strength as a Predictor of Muscular Strength and Endurance: A Cross-sectional Study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 15 (1). DOI: 10.7860/JCDR/2021/45573.14437.

Vaishya R, Misra A, Vaish A, Ursino N and D'Ambrosi R. (2024). Hand grip strength as a proposed new vital sign of health: A narrative review of evidences. *Journal of Health, Population and Nutrition*, 43(1), 7. <https://doi.org/10.1186/s41043-024-00500-y>.

Vandorpe B, Vandendriessche J, Vaeyens R, Pion J, Lefevre J, Philippaerts R. et al. (2011). Factors discriminating gymnasts by competitive level. *International Journal of Sports Medicine*, 32 (08), 591-597.

Wang Y, Li O, Li N, Sha Z, Zhao Z and Xu J. (2023). Association between the BDNF Val66Met polymorphism and major depressive disorder: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Psychiatry*, 14,1143833.

Weyand PG and Davis JA. (2005). Running performance has a structural basis. *Journal of Experimental Biology*, 208 (14), 2625-2631.

Willems SM, Wright DJ, Day FR, Trajanoska K, Joshi PK, Morris. et al. (2017). Large-scale GWAS identifies multiple loci for hand grip strength providing biological insights into muscular fitness. *Nature Communications*, 8 (1), 16015.

Williams AG, Day SH, Folland JP. et al. (2005). Circulating angiotensin converting enzyme activity is correlated with muscle strength. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37,944–948.

Wrann CD, White JP, Salogiannnis J, Laznik-Bogoslavski D, Wu J, Ma D. et al. (2013). Exercise induces hippocampal BDNF through a PGC-1 α /FNDC5 pathway. *Cell Metabolism*, 18 (5), 649–659.

Yang N, MacArthur DG, Gulbin JP, Hahn AG, Beggs AH, Eastal S. et al. (2003). ACTN3 genotype is associated with human elite athletic performance. *American Journal of Human Genetics*, 73 (4), 627–631.

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 and Science in Sports*, **27** (12), 1537-1546.

Zheng F and Wang H. (2009). NMDA-mediated and self-induced BDNF exon IV transcriptions are differentially regulated in cultured cortical neurons. *Neurochemistry International*, **54** (5-6), 385-392.

Zhu R, Li W, Xia L, Yang X, Zhang B, Liu F. et al. (2020). Hand grip strength is associated with cardiopulmonary function in Chinese adults: Results from a cross-sectional study. *Journal of Exercise Science and Fitness*, **18** (2), 57-61.

Ziv G and Lidor R. (2010). Vertical jump in female and male volleyball players: a review of observational and experimental studies. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, **20** (4), 556-567.

