



GENÇ MÜTEFEKKİRLER DERGİSİ  
JOURNAL OF YOUNG INTELLECTUALS

e-ISSN: 2718-000X

Yıl: 5, Cilt: 5, Sayı: 1

Mart -2024

MAKALE BİLGİLERİ

SPORTİF PERFORMANSLA İLİŞKİLİ EN ÇOK ARAŞTIRILAN GENLER: LİTERATÜR  
İNCELEMESİ

THE MOST RESEARCHED GENES ASSOCIATED WITH SPORTS PERFORMANCE:  
LİTERATURE REVIEW

YAZARLAR

Mustafa TOLU

YL. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü

[mustafatolu1453@gmail.com](mailto:mustafatolu1453@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-5241-3742

Davut ATILGAN

Doç. Dr. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Spor  
Yöneticiliği Bölümü

ORCID: 0000-0002-8475-4488

[davutatilgan@ksu.edu.tr](mailto:davutatilgan@ksu.edu.tr)

Yayın Bilgisi

Yayın Türü: Araştırma Makalesi

Makale Geliş Tarihi: 12.11.2023

Makale Kabul Tarihi: 18.02.2024

Sayfa Aralığı: 152-173

## ÖZET

Sporcuların yeteneklerinin kökeni ‘doğuştan mı yoksa sonradan mı kazanıldığı’ uzun süredir tartışılan bir konudur. Bu tartışma genetik faktörlerin spor performansındaki rolünün giderek daha fazla kabul görmesiyle yeni bir boyut kazanmıştır. Genetik testlerin gelişimi, atletik performansın belirlenmesinde ve sporcuların yeteneklerinin anlaşılmasında önemli bir araç haline gelmiştir. Bu çalışmada atletik performansı etkileyen genler ve genetik testlerin spor yeteneği tespitindeki kullanımı üzerine yapılan mevcut literatürü kapsamlı bir şekilde incelemektedir. Araştırma, bilimsel makaleler, inceleme yazıları ve meta-analizler dâhil olmak üzere çeşitli kaynaklardan toplanan verilere dayanmaktadır. Bu literatür incelemesinin amacı genetik faktörlerin atletik performans üzerindeki etkisini derinlemesine anlamak ve genetik testlerin sporcu seçimi ve yetenek taramasındaki rolünü değerlendirmektir. Araştırma aynı zamanda genetik testlerin uygulanmasının etik boyutlarını ve bu testlerin spor dünyasındaki potansiyel etkilerini de ele almaktadır. Araştırma, genetik faktörlerin sporcuların fizyolojik uygunlukları, antrenmana adaptasyon kapasiteleri ve sakatlık risklerinin anlamada kritik bir yol oynadığını ortaya koymuştur. Genetik testler, bireylerin kendi fizyolojik ve morfolojik özelliklerine en uygun spor dallarına yönlendirilmesinde önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır. Bu literatür incelemesi, genetik testlerin sporcu seçimi ve yetenek taramasında kullanımının artan önemini vurgulamaktadır. Ancak bu testlerin uygulanmasının ayrımcılık ve mahremiyet ihlali gibi etik sorunlara yol açabileceği de tartışılmıştır. Araştırma, genetik testlerin etik ve sorumlu bir şekilde kullanılmasının önemini vurgulamaktadır. Spor yöneticileri ve antrenörlerin, genetik testlerin sonuçlarını sporcu seçimi ve yetenek taramasında dikkatli bir şekilde kullanmaları gerektiği önerilmektedir. Ayrıca genetik testlerin kullanımı konusunda daha fazla araştırma yapılması ve etik standartların geliştirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Bu çalışma, genetik testlerin spor bilimindeki rolünü anlamak için önemli bir adım oluşturmakta ve genetik faktörlerin atletik performans üzerindeki etkilerine dair kapsamlı bir bakış sunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Genetik Testler, Atletik Performans, Sportif Yetenek, Etik Sorunlar, Fizyolojik Özellikler

## ABSTRACT

The origin of athletes' talents has been debated for a long time, whether they are innate or acquired. This debate has gained a new dimension with the increasing recognition of the role of genetic factors in sports performance. The development of genetic testing has become an important tool in determining athletic performance and understanding the abilities of athletes. This study comprehensively examines the existing literature on genes affecting athletic performance and the use of genetic tests in determining sports talent. The research is based on data collected from a variety of sources, including scientific articles, review articles and meta-analyses. The purpose of this literature review is to understand in depth the impact of genetic factors on athletic performance and to evaluate the role of genetic testing in athlete selection and talent screening. The research also addresses the ethical aspects of performing genetic testing and the potential impact of these tests in the world of sports. Research has revealed that genetic factors play a critical role in understanding athletes' physiological fitness, training adaptation capacity, and injury risk. Genetic tests stand out as an important tool in directing individuals to sports branches that best suit their physiological and morphological characteristics. This literature review highlights the increasing importance of using genetic testing in athlete selection and talent screening. However, it has also been discussed that the application of these tests may lead to ethical problems such as discrimination and violation of privacy. The research highlights the importance of using genetic testing ethically and responsibly. It is recommended that sports managers and coaches should use the results of genetic tests carefully in athlete selection and talent screening. It was also stated that more research should be done and ethical standards should be developed regarding the use of genetic tests. This study constitutes an important step towards understanding the role of genetic testing in sports science and provides a comprehensive view of the effects of genetic factors on athletic performance.

**Keywords:** Genetic Tests, Athletic Performance, Sporting Ability, Ethical Issues, Physiological Characteristics

## GİRİŞ

Spor ve genetik araştırmaları, atletik performansın belirlenmesinde genetik faktörlerin rolünü ortaya koymak amacıyla giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bu araştırmaların bir kısmı, okullarda beden eğitimi öğretmenleri tarafından gerçekleştirilen yetenek testleri üzerine odaklanmaktadır. Bu testlerle öğrencilerin doğal yetenekleri keşfedilip, onların bu yeteneklere uygun spor dallarına yönlendirilmesi amaçlanmaktadır. Böyle bir yaklaşım, çocuklarda ve gençlerde sporla ilgili potansiyellerin erkenden tespit edilmesi ve geliştirilmesi için oldukça değerlidir. Öte yandan, yeteneklerin doğuştan gelip gelmediği ya da sonradan mı kazanıldığına dair tartışmalar devam ederken, atletik performansın niteliğini belirlemeye yönelik yapılan çalışmaların sayısı her geçen gün artmaktadır (Jacob vd., 2018). Bu çalışmaların temel amacı, yetenekli sporcuları tespit etmektir.

Kişinin ilgilenmekte olduğu spor dalına uygun özellikleri taşıması veya kendi özelliklerine uygun spor dalı ile ilgilenmesi, maksimum performansın sergilenebilmesi adına ve yeteneğinin en iyi şekilde değerlendirilmesi için uygun bir yaklaşım olabilir (Ölmez vd., 2019). Günümüz dünyasında, sporda uluslararası düzeyde yarışmak için yetenekli sporculara gereksinim duyulmaktadır (Ayan & Mülazımoğlu, 2009). Bu gereklilik doğrultusunda, başarılı ve elit düzey sporcu seçiminde yetenek tarama testleri yaygın olarak uygulanmaktadır. Bu testlerde amaç, bireyin erken yaşlardan itibaren başarılı olma ihtimali yüksek olan spor branşına yönlendirmektir (Kasap, 1990).

Yeteneğin belirlenmesinde bireyin sahip olduğu genetik kodlar ve bu kodların işlevleri, bireyin çevresel faktörlere verdiği tepkinin tespitinde önemli bir rol oynayabilir (Karayılan ve ark., 2013). Bu tepkinin belirlenmesi adına yapılan spor genetiği çalışmaları; atletik performans, egzersiz kapasitesi ve genetik faktörlerin incelenmesi açısından büyük önem taşımaktadır (Kitazawa vd., 2021). Genetik, metabolizmanın fizyolojik fonksiyonlarını düzenleyen ve sporcuların antrenmana olan uyumunu, sakatlık risklerini ve spor branşına olan fizyolojik avantajlarını belirlemede önemli bir faktördür (Appel vd., 2021).

Bazı araştırmacılar, üst düzey sportif performansın binlerce saatlik çalışma, sağlam irade ve adanmışlıkla mümkün olduğunu düşünse de, genetik özelliklerin bazı bireylerde avantaj sağlayabileceği konusunda geniş bir fikir birliği vardır (İlgün vd., 2020). Hem bilimsel hem de spor otoriteleri, atletik performans üzerinde genetik faktörlerin anahtar bir rol oynayabileceği konusunda hemfikirdir (Guth & Roth, 2013). Atletik performansın büyük bir

kısının kalıtımsal olduğu ve yetenekli bir sporcunun elit düzeye ulaşması için gereken 8-10 yıllık sıkı çalışmanın da göz önüne alınması gerekmektedir (Sevimli, 2015). Bu, sporcuların üst düzey performans sergilemek için sahip oldukları zamanın kısıtlı olduğunu ve doğru yönlendirilme ile bu sürenin kısaltılabileceğini göstermektedir.

Genetik testler, sporcunun ilgili spor branşına yönelik biyolojik alt yapıya sahip olup olmadığını belirlemede önemli bir araçtır ve sporda yetenek seçimi için vazgeçilmez hale gelmiştir (Subak vd., 2017). Bu testler, sporcuların antrenmana olan uyumlarını, morfolojilerini ve yaralanma potansiyellerini değerlendirmede kritik bilgiler sunar (Lippi vd., 2009). Ancak, genetik testlerin sporcuları ayrımcı bir biçimde sınıflandırması gibi etik sorunlara yol açabileceği unutulmamalıdır.

Sportif performansla ilişkili pek çok gen varyantı tespit edilmiştir ve bu genlerin sağladığı avantajlar, elit sporcu olmanın ön koşulu olarak görülmeye başlanmıştır. Bu çalışma, spor yeteneğinin belirlenmesinde kullanılan genetik testlerin mekanizmalarını aydınlatmayı amaçlamaktadır. Bu araştırmanın temel amacı, genetik faktörlerin atletik performans üzerindeki etkisini incelenmesi ve genetik testlerin sporcu seçimi ile yetenek tespitindeki rolünün değerlendirilmesidir. Araştırma, genetik testlerin atletik performansın belirlenmesinde ve sporcuların yeteneklerinin anlaşılmasında nasıl kritik bir araç haline geldiğini göstermeyi hedeflemektedir. Bunun yanı sıra, genetik testlerin uygulanmasının etik boyutları ve potansiyel etkileri de incelenmektedir.

Genetik faktörlerin sporcuların fizyolojik adaptasyonu, antrenmana uyumu ve sakatlık riskleri gibi alanlarda oynadığı rol, araştırmanın önemli bir parçasıdır. Genetik testler, bireylerin genetik yapılarına en uygun spor dallarına yönlendirilmesinde önemli bir yol gösterici olarak kabul edilmektedir. Bireyselleştirilmiş antrenman programları ve yetenek tespit stratejilerinin geliştirilmesine olanak sağlayan bu durum, spor biliminde önemli bir yer tutmaktadır. Ayrıca, genetik testlerin yaygınlaşması, etik sorunlara dair farkındalığın artmasını gerektirir. Araştırma, genetik testlerin kullanımıyla ilişkili ayrımcılık, mahremiyet ihlalleri ve etik meseleler üzerine bir tartışma başlatmayı ve bu alanda etik standartların geliştirilmesine yönelik önerilerde bulunmayı amaçlar.

Sonuç olarak, bu çalışma genetik testlerin spor bilimindeki rolünü aydınlatmayı, genetik faktörlerin atletik performans üzerindeki etkilerine dair derinlemesine bir anlayış sunmayı hedeflemekte ve böylece sporcuların yeteneklerinin daha etkin bir şekilde tespit edilmesi ve

geliştirilmesi için bilimsel bir temel oluşturmayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda, araştırma, spor yöneticileri, antrenörler ve spor bilimcileri için önemli bir kaynak teşkil etmekte ve genetik testlerin etik, sorumlu ve bilinçli bir şekilde kullanımına ilişkin kılavuzlar sunmaktadır.

## 1- SPORTİF PERFORMANSLA İLİŞİKLİ GENLER

Sporda genetik; aerobik kapasite, kas kuvveti gibi faktörleri etkileyerek elit düzey spor performansını belirlemede önemli bir marker (belirteç) olabilir (Eynon vd., 2011). Ancak bu durumun (sporunun sahip olduğu genetik yapının spor branşına olan etkisi) doğru bir şekilde analiz edilmesi gerekmektedir. Sporunun genetik olarak sahip olduğu kas yapısının (tip I/tip II) bilinmesi ve buna göre bir antrenman programının yapılması sporda başarı yüzdesini önemli ölçüde artırabilir. Gelişen teknolojiyle birlikte sporcuların sahip olduğu genetik özellikleri incelemek ve spor performansına katkı sağlayabilecek gen varyantları belirlemek mümkün olabilmektedir (Akgül vd., 2018; Ceylan, 2022). Spor genetiği ile ilgili olarak fiziksel performans fenotipleri; hangi genetik verinin kardiyorespiratuar dayanıklılık, kas kuvveti ve diğer performans özellikleri ile ilgili olduğunu belirleyebilmektedir (Bray vd., 2009). Bu duruma; izometrik diz kuvveti, el kavrama kuvveti ve dirsek fleksiyonu gibi çeşitli fenotiplerde kas kuvvetinin kalıtım derecesinin yaklaşık %30 ile %80 arasında değişebildiği örnek gösterilebilir (Maciejewska-Skrendo vd., 2019).

Geçtiğimiz son 20 yılda elit atlet statüsü ile ilgili olarak 185 genetik varyant tanımlanmıştır. Bunlardan 100'ü dayanıklılık, 69'u güç/kuvvet ve 16'sıda psikogenetikle ilgilidir (Youn vd., 2021). Sportif performans ile ilişkili bazı genlerin fonksiyonları, lokasyonları, polimorfizmleri ve performansla ilişkili alel yapıları Tablo 1'de detayları ile verilmiştir.

**Tablo 1.** Sportif performansla ilişkili bazı genler ve özellikleri

Gen	Fonksiyonu	Lokasyon	Polimorfizm	İlişkili alel
ACE	Anjiyotensin-i dönüştürücü enzimi kodlar,	17q23.3	rs4646994	İ/D

	kardiyo vasküler sistemdeki basıncı ayarlar (Velez et al., 2021).			
A C T N3	Kas gelişimini ve dayanıklılık kasını hızlı kasın hızına uyumunu etkileyerek kasın maksimum gücünü artırır (Vincen t et al., 2007).	11 q1 3.2	rs18 1573 9	R/ X
B D K R B2	Vazodilatör güçlendirici azalma k üzere sakın sırası ile genler (Yosifo va et al., 2022).	14 q3 2.1 - q3 2.2	rs58 1076 1	- 9/+ 9
C O L1 A 1	Yapısal kemik elemanları kodlar, kemik yapısını etkileye	17 q2 1.3 3	rs18 0021 2	G/ T

	rek yaşlan ma ve bazı hastalık ların belirlen mesi ve kırıkları (Vimalr aj et al., 2017).			
C O L5 A 1	Kas iskeleti bağlantı larında kritik bir genin hiperela stik dokuma ları kodlar, bazı sporlard a bağlantı da kritik bir öneme sahip (Birkbøl le et al., 2019).	9q 34. 3	rs12 722	C/ T
HI F1 A	Ortamı düşük oksijenli alanlara uygulay ıcıdır (Prabha kar ve Semenz a, 2012).	14 q2 3.2	Pro5 82Se r	Pr o/S er
V E G F A	Damarl ar ve yapılar oluşturu r ve	6p 21. 1	rs20 1096 3	G/ C



	yaraları iyileştirir (Holmes & Zachary, 2005).			
N O S3	Kanı gevşeterek damar içindeki basıncı azaltır, kardiyovasküler sistemler (Oliver-Pascual et al., 2016).	7q 36. 1	rs17 9998 3	G/ T
PP A R A	Enerji metabolizmasının düzenlenerek yağ asitlerinin oksidasyonunda anahtar bir rol oynar (Robinson et al., 2021).	22 q1 3.3 1	rs42 5377 8	G/ C
A M P D1	Adenin nükleotidleri yikan adenylsuccinate üretir (Brosnan ve	1p 13	rs17 6027 29	Gi n/ Te r

	Brosnan, 2007).			
A D R B2	Şekerli gıdaların ve yüksek adrenalinin etkilerini azaltır, direkt olarak yağ yakımını artırır (Ding & Chi, 2018).	5q 32	rs10 4271 3	Argl 6G ly

## 2- SPORDA GENETİK TEST NEDİR?

Genetik test; genetik bir hasarla ilgili anormallikleri belirlemek adına DNA, RNA, kromozomlar ya da proteinlerin incelenmesi çalışmalarını içeren bir uygulamadır (Doğğün, 2022). Genetik testler; sporcunun ailesinden getirdiği kalıtsal nitelikleri, onların etnik kökenlerini ve sahip olunan fiziksel- fizyolojik birçok olguyu belirlemede insanlara önemli bilgiler sunmaktadır (Ross vd., 2013; Anderson, 2013; Koku, 2015; Taranto vd., 2018). GWAS (Genom Çapında Yapılan Çalışmalar) başlarda hastalığa sebep olabilecek SNP (Single Nücleotide Polymorphisms)'lerin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalar iken, zamanla bu uygulamalar elit sporcu seçiminde kullanılan bir metot hâline gelmiştir (Pickering vd., 2019).

Sporda genetik testlerle ilgili yapılan ilk çalışmalar, 2008 yılında ABD Colorado'da Atlas Spor Genetik Şirketi tarafından yapılmıştır. Şirket yaptığı analizleri, müşterilerine sunarak sporda yetenek seçimine farklı bir boyut kazandırmıştır. Şirket hız/güç ve dayanıklılık için müşterilerinden 200 dolar; sporcuların yumuşak doku yaralanmaları da dâhil birçok analizi içerisine alan geniş çaplı taramalar içinde 1000 doların biraz altında ücretler talep etmiştir (Collier, 2012). 2015 yılından itibaren sportif performans ilgili yapılan genetik testler, direkt müşterilere sunulmaya başlanmıştır (Varillas-Delgado vd., 2022). Bu bağlamda, yapılan testler ile ilgili olarak en çok araştırılan genler Tablo 2'de gösterilmiştir.

**Tablo 2.** Sportif performansla ilişkili en çok araştırılan genler (Naureen vd., 2020).

Gen	%
ACTN3	88,8
ACE	61,1
PPARGCA1	50
ADRB2	44,4
COL5A-VDR	38,9
AGT-AMPD1-NOS3	27,7
MMP3-PPARD-TRHR-CRP	22,2

Genetik testler, günümüzde bu işle uğraşan birçok şirket tarafından uygulanmaktadır. Bu şirketler, elit sporcu seçiminde müşterilerine sporcuların antrenman/spor branşına karşı adaptasyon yetenekleri, sakatlık hassasiyetleri gibi özellikleri hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır (Özveren vd., 2014; Varley vd., 2018).

Genetik testlerin öneminin artması zamanla; genetik ayrımcılık, test sonuçlarına göre sigorta prim ödemeleri, sporcu sağlığı, haksız rekabet vb. bazı endişeleri gün yüzüne çıkartmıştır. Genetik testlerin ortaya çıkarttığı etik ve legal endişelerin sayısının artmasına rağmen, teknolojinin gelişimine paralel bu testlerin prevalansı (yaygınlık) da giderek artmaktadır (Vlahovich vd., 2017; Patel & Varley, 2019). Yetenek testlerine olan ilginin artmasında, bu testlerin antrenörler ve aileler tarafından (antrenörlerin ilgili spor branşına uygun sporcu seçimi ile ebeveynlerin çocukları için başarılı bir spor yaşantısı edinmelerinde) geleceğe yönelik yapılan bir yatırım olarak görülmesi önemli bir sebeptir (Webborn vd., 2015). Ancak sportif yeteneğin belirlenmesinde kullanılan genetik testlerin, birtakım sınırlılıkları bulunmaktadır. Gen analiz çalışmalarının, hem maliyetli hem de donanımlı laboratuvarlarda detaylı ve zorlu çalışmalar gerektirmesi bu testlerin başlıca zorluklarından.

Genetik testler sonucunda elde edilen sportif bilgiler dâhilinde, sporcuların uzmanlaşabilecekleri spor branşlarında başarı yüzdeleri önemli oranda artırılabilir. Ancak sporcuların performans ile ilgili gen yapılarının doğru analiz edilmesi gerekmektedir. Çünkü sporcular aynı genetik özelliklere sahip olsa bile, farklı performans karakteristiğine sahip olabilmektedir. Örneğin ACE geni II genotipi ile I aleline sahip sporcular dayanıklılığın baskın olduğu spor branşlarında daha başarılı olmalarına rağmen, aynı genin DD genotipi ile D aleline sahip sporcuların güç/kuvvet sporlarında daha başarılı olmaları imkân dâhilindedir. Sportif performans türünün (hız/güç ve dayanıklılık) belirlenmesine yönelik yapılan genetik testlerin sistematığı Şekil 1’de gösterilmektedir.



(Dayanıklılık: ACTN3 alpha actinin 3 XX, ACE angiotensin-converting enzyme II, VEGFA vascular endothelial growth factor A ve NOS3 endothelial nitric oxide synthase 3; Güç/Hız: ACTN3 alpha actinin 3 RR, ACE angiotensin-converting enzyme DD ve peroxisome proliferator-activated receptor gamma V) (VarillasDelgado vd., 2022).

Spor performansını belirlemeye yönelik yapılan genetik testlerin, spor yeteneğini belirleme işlevi her ne kadar da zor ve birtakım problemlere sebep olsa da, spor yaralanmalarına yönelik yapılan genetik testler sporcu sağlığına ciddi katkılar sağlayabilmektedir (Loland, 2015). Bu duruma sporcuların sakatlık hassasiyeti belirlemek üzere COL1A1 rs1800012 polimorfizminin, ön çapraz bağ, aşil tendon kopukları ile ligament yaralanmaları karşısında oluşturduğu koruyucu etki mekanizması örnek gösterilebilir (John vd., 2020). Ayrıca genetik testler, yalnız sporcunun sportif performansına olan uyumunu değil aynı zamanda ciddi patolojik hastalıkların farkında olmaksızın meydana gelen ölüm oranlarını da tespit edebilmektedir (Breitbach vd., 2014).

### 3- GENETİK AYRIMCILIK VE SPORA YANSIMASI

Sporun sürekli büyüyen ekonomisi bu alan hızlı gelişimi de beraberinde getirmektedir. Öyle ki modern çağın sporcuları, performanslarının limitlerini önemli oranda geliştirmektedir. Performans limitlerinin geliştirilmesinde bazı testlerin yüksek doğrulukta yapılması, spor branşlarına doğru sporcu seçiminde anahtar rol oynayabilir. Bu testlerin spor yeteneğini belirlemede kullanılması, genetik içerikli bazı uygulamaların (genetik testler) yapılmasına

olanak sağlamıştır. Ancak genetik testlerin gelişimi ve yaygınlığı, zamanla genetik bilgilerin istismar edilmesi durumunu gündeme getirerek ayrımcılık ilgili endişeleri de artırmıştır (Bland, 2010; Roberts & Uhlmann, 2013; Uzun vd., 2022). Bu nedenle sportif performansı geliştirmeye yönelik yapılan genetik testler, her ne kadarda sporcunun performans ve sağlık sorununa birtakım faydalar sağlasa da bazı riskleri de bünyesinde barındırmaktadır. Bu risklerden biri olan genetik ayrımcılık, spor etiği bağlamında üzerinde durulması gereken hassas ve önemli bir konudur. Genel manada ayrımcılık, toplumun azınlığı konumundaki bireylerin çoğunluğun yaralandığı haklardan yararlanamaması ya da bu hakların bir şekilde engellenmesi olarak tanımlanabilir (Alkan vd., 2016).

2008 yılında İngilizce adıyla The Genetic Information Nondiscrimination Act (Genetik Bilgi Ayrımcılık Yasağı Yasası) sayesinde genetiğe yönelik yapılan her türlü ayrımcılık yasaklanmıştır (Evans, 2009). Bu yasaya rağmen, günümüzde genetik ayrımcılık hâlâ güncelliğini önemli oranda korumaktadır. Genetik ayrımcılığa maruz kalma beraberinde birçok sorunu da gündeme getirmiştir. Bunlar; cinsiyete bağlı ayrımcılık, üstün birey yaratma çalışmaları, sigorta şirketlerinin sigorta primlerini genetik tarama sonuçlarına göre artırması vb. bu duruma örnek gösterilebilir (Demir, 2013). Sporda genetik ayrımcılık, sporcunun sahip olduğu kalıtsal özelliklerin diğer sporcularda olmaması ya da sporcunun sahip olduğu kalıtsal özelliklerin sporcuyu diğer sporculardan ayıran üstün bir meziyet olarak görmesi durumudur. Ancak sportif performansı belirlemede kullanılan genetik testlerinin, sporcuların performans yeteneklerini belirlemekten ziyade ayrımcılığa sebep olma durumları daha muhtemel görünmektedir (Testoni vd., 2013). Günümüzde sporda genetik ayrımcılık, elit düzey sporcuların transfer oldukları spor kulüplerinin bazı etik ilkeleri göz ardı ettiği bir durum hâline gelmiştir. Bu durumun sonucunda ise profesyonel sporlarda uğraşan sporcular, kulüplerle yaptığı anlaşmalar kapsamında genetik test yaptırmayı zorunluluk olarak görmektedir (Doğgün, 2022).

#### **4- GENETİK TESTLERİN GELECEĞİ**

Başlarda hastalıkların teşhisinde önemli bir araç olan genetik testler, teknolojinin ve genetik mühendisliğinin gelişmesiyle büyük bir değişim geçirmiştir. CRISPR-Cas gibi gen düzenleme teknolojilerinin yaygınlaşması ile istenilen DNA baz diziliminin oluşturulması ve GWAS çalışmalarının sayısının artması genetiğe yönelik uygulamaların yalnız hastalık tanısında kullanılan bir yöntem olmadığını, sağlıklı bireylerinde bu uygulamaları (gen dopingi)

kullandıklarını göstermiştir (Egesoy vd., 2013). Sporcuların performanslarını artırmak için kullandıkları maddeleri ve uygulamaları içeren gen dopingi, genlerin tedavi edici amacından uzaklaşarak fiziksel performans gelişimi için kullanılmasıdır (Schneider & Rupert, 2009). Bu durum, günümüzde sporcunun sahip olmadığı genetik yapının farklı yöntem ve teknikler kullanılarak sporcuya aktarılmasından, sporcunun sahip olduğu genetik özelliğin daha da geliştirilmesine kadar uzanan geniş bir yelpazede gerçekleşmektedir. Teknolojinin gelişimine paralel nano teknolojide yaşanan ilerlemeler, sportif performansın seyrini önemli bir şekilde farklılaştıracaktır (Oral vd., 2016). Bu amaçla RNA rekombinant teknolojisi kullanılarak sporcuda istenilen gen yapısının oluşturulması (ilgili genlerin aktif hâle getirilmesi) mümkün olacaktır. Bu durumun aksine istenmeyen genlerin kodladıkları proteinlerin durdurulması (susturulması) da RNA rekombinant teknolojisi ile gerçekleştirilebilir. Sporda performansın artırımına yönelik geliştirilen genetik tabanlı uygulamaların, yakın gelecekte genetik testleri farklı bir görünüm içerisine sokacağı aşikârdır. Bu sebeple yapılan çalışmaların titizlikle takip edilmesi ve bu uygulamaların ortaya çıkarabileceği sağlık risklerinin göz önünde bulundurulması sporcu sağlığı açısından oldukça önemlidir.

## **SONUÇ**

Genetik testlerin spor bilimi alanında gerçekleştirilen çalışmalarda etkin bir biyobelirteç olarak kullanılma potansiyeline sahip olduğu, bu testlerin yetenek seçimi ve sporcuların performansının geliştirilmesi konularında ne denli etkili olabileceğini gözler önüne sermektedir (Holtey & Özer, 2019). Bu çalışmalar, genetik yapıların sporcu performansı üzerindeki etkilerini derinlemesine inceleyerek, yetenek ve başarı arasındaki korelasyonu ortaya koyuyor ve gen analizlerinin performansı artırma potansiyeline dikkat çekiyor. Ancak, genetik testlerin kullanımı sadece pozitif sonuçlar doğurmakla kalmıyor; aynı zamanda etik ikilemleri, toplumsal damgalanmayı ve sigorta politikaları gibi alanlarda ciddi problemleri de beraberinde getiriyor. Sporcunun genetik özelliklerinin ifşası, toplum içinde damgalanmasına yol açabilirken; sigorta şirketlerinin bu bilgileri poliçe düzenlemelerinde kullanması gibi etik olmayan uygulamalar da mevcut.

Genetik testlerin spor dünyasında performans gelişimine sınırsız bir katkı sağlaması beklenirken, bu durumun gen dopingi gibi yasa dışı uygulamalara yol açabileceği ve spordaki rekabetçi doğayı daha da karmaşık bir hale getirebileceği göz ardı edilmemelidir. Bu gibi

sorunların giderilmesinde, sporun temel değerlerini ve olimpiyat ruhunu korumak ve canlandırmak hayati önem taşır. Bu bağlamda, okullarda beden eğitimi öğretmenlerinin yürüttüğü yetenek testleri ve genetik çalışmaların önemi vurgulanmalıdır. Beden eğitimi, öğrencilerin fiziksel ve atletik yeteneklerini keşfetmeleri için hayati bir platformdur ve genetik testlerle birlikte kullanıldığında, her öğrencinin benzersiz potansiyelini ortaya çıkarma ve bu potansiyeli geliştirme konusunda kritik bir rol oynayabilir. Genetik testlerin etik bir şekilde uygulanması, öğrencilerin sporla ilişkisini daha bilinçli ve hedef odaklı bir hale getirebilir. Ancak, bu süreçte genetik bilginin, öğrenciler arasında ayrımcılığa neden olmayacak ve her bireyin eşit şans ve fırsatlara sahip olmasını sağlayacak şekilde kullanılması gerekmektedir.

Son olarak, bu çalışma genetik testlerin ve genetik bilimin spor bilimindeki yerini ve önemini aydınlatmayı hedeflemekte, aynı zamanda genetik faktörlerin atletik performans üzerindeki etkilerine dair derinlemesine bir anlayış sunmayı amaçlamaktadır. Sporcuların yeteneklerinin daha etkin bir şekilde tespit edilmesi ve geliştirilmesi için bilimsel bir temel oluşturulurken, genetik testlerin etik ve sorumlu kullanımı konusunda rehberlik eden bu çalışma, spor yöneticileri, antrenörler ve spor bilimcileri için değerli bir kaynak olma özelliğini taşımaktadır. Genetik testlerin bilinçli kullanımı, sporcuların ve toplumun daha adil, sağlıklı ve rekabetçi bir spor ortamında ilerlemesine imkan tanıyacak ve spordaki başarının sadece genetik yapıyla değil, aynı zamanda eğitim, antrenman ve kişisel çabanın birleşimiyle elde edilebileceğini gösterecektir.

## **ÖNERİLER**

Genetik testler ve spor bilimi arasındaki etkileşimin sürekli evrildiği bu dönemde, aşağıdaki öneriler, genetik testlerin etik ve adil kullanımını teşvik etmek ve bu alandaki potansiyeli en üst düzeye çıkarmak için dikkate alınabilir:

### **1. ETİK İLKELERİN BELİRLENMESİ VE UYGULANMASI:**

- Genetik testlerin kullanımıyla ilgili net etik ilkelerin belirlenmesi ve bu ilkelerin sporcular, antrenörler, spor bilimcileri ve diğer ilgili taraflar tarafından uygulanması gerekmektedir.
- Ayrımcılığı önleyecek ve bireylerin mahremiyetini koruyacak yasal düzenlemelerin geliştirilmesi ve uygulanması önerilmektedir.

## 2. Eğitim ve Farkındalık Programları:

- Beden eğitimi öğretmenleri, antrenörler ve spor yöneticileri için genetik testler ve spor genetiği konusunda eğitim programlarının hazırlanması.
- Sporcuların ve genel toplumun genetik testlerin potansiyel yararları ve riskleri konusunda bilgilendirilmesi.

## 3. Bireysel Farklılıkların Tanınması:

- Her sporcunun genetik yapısının benzersiz olduğu ve bu nedenle bireyselleştirilmiş antrenman programlarının ve yetenek tespit stratejilerinin geliştirilmesi önerilir.

## 4. Yetenek Testlerinin Kapsamının Genişletilmesi:

- Genetik testlerin, okullardaki beden eğitimi derslerinde yetenek tespiti ve yönlendirme sürecinde yardımcı bir araç olarak kullanılması.
- Yetenek tespitinde sadece genetik faktörlerin değil, psikolojik, sosyal ve fiziksel faktörlerin de dikkate alınması.

## 5. Araştırma ve Geliştirmenin Desteklenmesi:

- Genetik testlerin spor bilimi içindeki uygulamalarını iyileştirmek için sürekli araştırma ve geliştirmenin teşvik edilmesi.
- Spor genetiği alanında yapılan araştırmalar için fonların ve kaynakların artırılması.

## 6. Etik ve Adil Kullanım İçin Kılavuzlar:

- Genetik testlerin kullanımına yönelik etik ve adil uygulama kılavuzlarının geliştirilmesi ve bu kılavuzların sürekli güncellenmesi.
- Kılavuzların uluslararası spor kuruluşları ve federasyonlar tarafından benimsenmesi ve uygulanması.

## 7. Teknolojik İlerlemelerin Entegrasyonu:

- Yeni teknolojik gelişmelerin ve bilimsel bulguların genetik test uygulamalarına entegre edilmesi, böylece testlerin doğruluğunun ve güvenilirliğinin artırılması.

## 8. Toplumsal Eşitliğin Sağlanması:



- Genetik test sonuçlarına dayalı olarak hiçbir sporcunun dezavantajlı duruma düşmemesi için politikaların ve uygulamaların geliştirilmesi.
- Sporcu seçim süreçlerinde genetik testlerin yanı sıra, bireylerin kişisel çabaları ve eğitimlerinin de göz önünde bulundurulması.

Bu önerilerin uygulanması, spor bilimi ve genetik testlerin birleştiği noktada bilgiyi güçlendirirken, bireylerin genetik bilgilerinin etik ve sorumlu bir şekilde kullanılmasını sağlayabilir. Bu kapsamlı yaklaşım, sporcuların yeteneklerini maksimize etmelerine ve sporun bütün katılımcıları için adil bir alan yaratılmasına katkıda bulunabilir.

### **KAYNAKÇA**

Akgül, M., Ünlüişler, Ş., & Karaca, D. (2018). Genetik yapının sportif performansa etkisi. *Research Studies Anatolia Journal*, 1 (3), 424-437.

Alkan, A., Erdem, R., & Çelik, R. (2016). Sağlık alanındaki ayrımcı tutum ve davranışlar: Kavramsal bir inceleme. *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, 19 (3), 365- 390.

Appel , M., Zentgraf, K., Krüger, K., & Alack, K. (2021). Effects of genetic variation on endurance performance, muscle strength, and injury susceptibility in sports: A systematic review. *Front Physiology*, 12, 1-18.

Ayan, V., & Mülazımoğlu, O. (2009). Sporda yetenek seçimi ve spora yönlendirmede 8-10 Yaş Grubu erkek çocuklarının fiziksel özelliklerinin ve bazı performans profillerinin incelenmesi (Ankara Örneği). *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Tıp Dergisi*, 23 (3), 113-118.

Balberova, O. V., Bykov, E. V., Medvedev, G. V., Zhogina, M. A., Petrov, K. V., Petrova, M. M., . . . Shnayder, N. A. (2021). Candidate genes of regulation of skeletal muscle energy metabolism in athletes. *Genes*, 12 (11), 2-18.

Baltazar-Martins, G., Gutiérrez-Hellín, J., Aguilar-Navarro , M., Ruiz-Moreno, C., Moreno-Pérez, V., López-Samanes, Á., . . . Coso , J. D. (2020). Effect of ACTN3 genotype on sports performance, exercise-induced muscle damage, and Injury epidemiology. *Sports (Basel)*, 8 (7), 2-12.

Bland, J. A. (2010). There will be blood testing: The intersection of professional sports and the genetic information nondiscrimination act of 2008. *Vand. J. Ent. & Tech. L.*, 13, 357.

Bray , M. S., Hagberg, J. M., Pérusse, L., Rankinen, T., Roth, S. M., Wolfarth, B., & Bouchard, C. (2009). The human gene map for performance and health-related fitness phenotypes: the 2006-2007 update. *Medicine Science Sports Exercise*, 41 (1), 35-73.

Breitbach, S., Tug, S., & Simon, P. (2014). Conventional and genetic talent identification in sports: will recent developments trace talent? *Sports Medicine*, 44 (11), 1489-14503.

Ceylan, L. (2022). *Sporcularda SLC6A4 geni ve saldırganlık*. Ankara: Gazi Kitabevi.

Collier, R. (2012). Genetic tests for athletic ability: Science or snake oil? *Canadian Medical Association Journal*, 184 (1), 43-44.

Demir, A. (2013). Etik açıdan insan genom projesi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimleri Dergisi*, 12 (23), 317-327.

Dinç, N., & Gökmen, M. H. (2019). Atletik performans ve spor genetiği. *Celal Bayar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(2), 127-137.

Doğgün, M. (2022). Spor branşına yönlendirmede genetik testlerin stratejik rolü. *Türk Spor Bilimleri Dergisi*, 5 (2), 155-167.

Drozdovska, S. B., Dosenko, V. E., Ahmetov , I. I., & Ilyin, V. N. (2013). The association of gene polymorphisms with athlete status in ukrainians. *Biology Sports*, 30 (3), 163-167.

Egesoy, H., Gümüşdağ, H., & Kartal, A. (2013). Gen dopingi ve sportif performans. *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 6 (1), 71-85.

Evans, R. B. (2009). Striking out: The Genetic Information Nondiscrimination Act of 2008 and title II's impact on professional sports employers. *NCJL & Technology*, 11 (1), 205.

Eynon, N., Ruiz, J. R., Oliveira, J., Duarte, J. A., Birk, R., & Lucia, A. (2011). Genes and elite athletes: a roadmap for future research. *The Journal of Physiology*, 589 (Pt 13), 3063-3070.

Gronek, P., Gronek, J., Lulińska-Kuklik, E., Spieszny, M., Niewczas, M., Kaczmarczyk, M., ... Żmijewski, P. (2018). Polygenic study of endurance-associated genetic markers NOS3 (Glu298Asp), BDKRB2 (-9/+9), UCP2 (Ala55Val), AMPD1 (Gln45Ter) and ACE (I/D) in Polish male half marathoners. *Journal of Human Kinetics*, 64, 87-98.

Guth, L. M., & Roth, S. M. (2013). Genetic influence on athletic performance. *Current Opinion Pediatrics*, 25 (6), 1-10.

Holmes, D. I., & Zachary, I. (2005). The vascular endothelial growth factor (VEGF) family: angiogenic factors in health and disease. *Genome Biology*, 6 (2), 1-10.

Holtey, J., & Özer, M. K. (2019). Sporda yetenek gelişimi ve ötesi. *Journal of Health and Sport Sciences*, 2 (2), 40-55.

Homma, H., Saito, M., Saito, A., Kozuma, A., Matsumoto, R., Matsumoto, S., . . . Kikuchi, N. (2022). The Association between Total Genotype Score and Athletic Performance in Weightlifters. *Genes (Basel)*, 13(11), 2-10.

İlgün, F., Günay, V., Yıldırım, S., & Cerit, M. (2020). Atletik performans genleri ve atletik yeteneğin belirlenmesine ilişkin yaklaşımlar. *TURAN-SAM Uluslararası Bilimsel Hakemli Dergisi*, 12 (48), 166-174.

Jacob, Y., Spiteri, T., Hart, N. H., & Anderton, R. S. (2018). The potential role of genetic markers in talent identification and athlete assessment in elite sport. *Sports (Basel)*, 6 (3), 2-17.

John, R., Dhillon, M. S., & Dhillon, S. (2020). Genetics and the elite athlete: Our understanding in 2020. *Indian Journal of Orthopaedics*, 54 (3), 256-263.

Karayılan, Ş. Ş., Dönmez, G., Babayeva, N., Yargıç, M. P., Korkusuz, F., & Doral, M. N. (2013). Spor yaralanmaları ve genetik. *Spor Hekimliği Dergisi*, 48 (4), 139-146.

Kasap, H. (1990). Sporda yetenek seçimi ve ülkemizdeki durum. *Journal of Physical Education and Sports Studies*, 1 (3), 36-38.

Kitazawa, H., Hasegawa, K., Aruga, D., & Tanaka, M. (2021). Potential genetic contributions of the central nervous system to a predisposition to elite athletic traits: State-of-the-art and future perspectives. *Genes (Basel)*, 12 (3), 2-13.

Koku, F. E. (2015). Sportif performansın genetik ile ilişkisi. *Spor Hekimliği Dergisi*, 50 (1), 21-30.

Lippi, G., Longo, U. G., & Maffulli, N. (2009). Genetics and sports. *British Medical Bulletin*, 93 (1), 27-47.

Loland , S. (2015). Against genetic tests for athletic talent: The primacy of the phenotype. *Sports Medicine*, 45 (9), 1229-1233.

Maciejewska-Skrendo, A., Ciężczyk, P., Chycki, J., Sawczuk, M., & Smółk, W. (2019). Genetic Markers Associated with Power Athlete Status. *Journal of Human Kinetics*, 68 (1), 17-36.

Miyamoto-Mikami, E., Miyamoto, N., Kumagai, H., Hirata, K., Kikuchi, N., Zempo, H., . . . Fuku, N. (2019). COL5A1 rs12722 polymorphism is not associated with passive muscle stiffness and sports-related muscle injury in Japanese athletes. *BMC Medicine Genetics*, 20 (1), 2-9.

Naureen, Z., Perrone, M., Paolacci, S., Maltese, P. E., Dhuli, K., Kurti, D.,..., Bertelli, M. (2020). Genetic test for the personalization of sport training. *Acta Biomediccal*, 91 (13), 2-15.

Oliveira-Paula, G. H., Lacchini, R., & Tanus-Santos, J. E. (2016). Endothelial nitric oxide synthase: from biochemistry and gene structure to clinical implications of NOS3 polymorphisms. *Genes*, 575 (2 Pt 3) , 584-599.

Oral, O., Hasdemir, S., Yıldız, M., Ertürk, G., Zusa, A., & Boz, B. (2016). Sporcularda gen dopingi. *TURAN-SAM Uluslararası Bilimsel Hakemli Dergisi*, 8 (29), 133-138.

Ölmez, C., Ayan, V., Yüksek, S., Öztaş, M. & Civil, T. (2019). 11-13 yaş erkek taekwondo sporcularının somatotip yapıları ve performans özellikleri arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Ulusal Spor Bilimleri Dergisi*, 3(1), 1-13.

Özveren, Y., Özçaldıran, B., Durmaz, B., & Oral, O. (2014). Talent selection and genetics in sport. *Turkish Journal of Sport and Exercise*, 16 (2), 1-8.

Patel, S., & Varley, I. (2019). Exploring the regulation of genetic testing in sport. *Entertainment and Sports Law Journal*, 17 (2), 1-13.

Pickering, C., Kiely, J., Grgic, J., Lucia, A., & Coso, J. D. (2019). Can Genetic Testing Identify Talent for Sport? *Genes*, 10 (12), 2-13.

Roberts, J. S., & Uhlmann, W. R. (2013). Genetic susceptibility testing for neurodegenerative diseases: Ethical and practice issues. *Progress in Neurobiology*, 110, 89-101.

Ross, L. F., Saal, H. M., David, K. L., & Anderson, R. R. (2013). Technical report: Ethical and policy issues in genetic testing and screening of children. *Genetics Medicine*, 15 (3), 234-245.

Schneider, A. J., & Rupert, J. L. (2009). Constructing winners: The science and ethics of genetically manipulating athletes. *Journal of the Philosophy of Sport*, 36, 182-206.

Sevimli, D. (2015). Sporda yetenek geliştirme sürecinin yönetimi. *CBÜ Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 10 (1), 1-9.

Subak, G. E., Özdemir, F. Ş., & Müniroğlu, R. S. (2017). Sporcuların başarısında genetik faktörlerin önemi. *Spormetre*, 15 (3), 109-118.

Taranto, E., Fishman, M., Benjamin, H., & Ross, L. (2018). Genetic testing by sports medicine physicians in the united states: Attitudes, experiences, and knowledge. *Sports (Basel)*, 6 (4), 2-12.

Testoni, D., Hornik, C. P., Smith, P. B., Benjamin, D. K., & McKinney, R. E. (2013). Sports medicine and ethics. *The American Journal of Bioethics*, 13 (10), 4-12.

Uzun, R. N., Çebi, M., Şahin, T., & Ceylan, L. (2022). *Elektronik spor'un yönetim gelişim bileşenler açısından yüzeysel incelenmesi*. Artikel Akademik: İstanbul.

Varillas Delgado, D., Del Coso, J., Gutiérrez Hellín, J., Aguilar Navarro, M., Muñoz, A., Maestro, A., & Morencos, E. (2022). Genetics and sports performance: the present and future in the identification of talent for sports based on DNA testing. *European Journal of Applied Physiology*, 122 (8), 1812-1830.

Varillas-Delgado, D., Morencos, E., Gutiérrez-Hellín, J., Aguilar-Navarro, M., Muñoz, A., Laiz, N. M., . . . Telleria-Orriols, J. J. (2022). Genetic profiles to identify talents in elite endurance athletes and professional football players. *Plos One*, 17 (9), 1-24.

Varley, I., Patel, S., Williams, A. G., & Hennis, P. J. (2018). The current use, and opinions of elite athletes and support staff in relation to genetic testing in elite sport within the UK. *Biology Sports*, 35 (1), 13-19.

Végh, D., Reichwalderová, K., Slaninová, M., & Vavák, M. (2022). The Effect of selected polymorphisms of the ACTN3, ACE, HIF1A and PPARA genes on the immediate

supercompensation training effect of elite slovak endurance runners and football players. *Genes (Basel)*, 13 (9), 2-16.

Vlahovich, N., Fricker, P. A., Brown , M. A., & Hughes , D. (2017). Ethics of genetic testing and research in sport: a position statement from the Australian Institute of sport. *British Journal Sports Medicine*, 51 (1), 5-11.

Vostrikova, A., Pechenkina, V., Danilova, M., Boronnikova, S., & Kalendar, R. (2022). Gene polymorphism and total genetic score in martial arts athletes with different athletic qualifications. *Genes*, 13 (9), 2-15.

Wang, C., Li, H., Chen, K., Wu, B., & Liu, H. (2017). Association of polymorphisms rs1800012 in COL1A1 with sports-related tendon and ligament injuries: a meta- analysis. *Oncotarget*, 8 (16), 27627-27634.

Webborn, N., Williams, A., McNamee, M., Bouchard, C., Pitsiladis, Y., Ahmetov, I., . . . Wang, G. (2015). Direct-to-consumer genetic testing for predicting sports performance and talent identification: Consensus statement. *British Journal Sports Medicine*, 49 (23), 1486-1491.

Youn, B.-Y., Ko , S.-G., & Kim , J. Y. (2021). Genetic basis of elite combat sports athletes: a systematic review. *Biology of Sport*, 38 (4), 667-675.