

Sporda Genetik Testler Performans İçin Belirleyici Midir?

Sedat Kahya¹

Akan Bayraktar²

Özet

Sportif performans, birçok faktörden etkilenen kompleks bir olgudur. Genetik faktörler, spor performansının belirlenmesinde önemli bir misyona sahip olabilir. Mevcut çalışma, sporda genetik testlerin spor performansını belirlemede etkili yöntemler olup olmadığını literatürde yer alan çalışmalar dahilinde incelemesi amacıyla yapılmıştır. Çalışma anlatısal (narrative) derleme türünde dizayn edilmiştir. Verilerin elde edilmesinde NCBI veri tabanında yer alan PubMed ve PubMed-Central arama motorları, Web of Science, Google Akademik veri tabanları kullanılmıştır. Çalışmada, DNA dizileme yöntemlerinin gelişmesi sonucunda genetik testlerin hem sayısının hem de kullanım alanlarının arttığı raporlanmıştır. Genetik testler, spora dair becerileri belirlemede kritik bir öneme sahip olsa da bu amaca ulaşmada bu testlerin halen erken bir aşamada olduğu tespit edilmiştir. Bu doğrultuda, sporda genetik testlerin halihazırda yapılan uygulamaları incelendiğinde bu testlerin büyük bir oranının ticari amaçlı yapıldığı görülmektedir. Genetik testler, sporcunun sahip olduğu performans ile ilgili biyolojik alt yapıyı detaylı bir şekilde açıklamasına rağmen sporda başarının önemli bir şartı olan psikolojik ve zihinsel durumla ilgili birtakım eksiklikleri de barındırmaktadır. Ayrıca bu testler, insanları sahip olduğu biyolojik özelliklere göre sınıflayabilir. Bu durum, insanların yaşadıkları toplumda ayrımcılığa maruz kalmaları ile sonuçlanabilir. Bu sonuçlara rağmen sporda genetik testler insanlara birtakım faydalar da sağlayabilir. Bu testler aracılığıyla, sporcuların besin hassasiyetleri ve darbeye bağlı olmayan yaralanma eğilimleri rahatlıkla tespit edilebilir. Elde edilen sonuçlara göre de sporcuya/sporculara özgü antrenman planlamaları yapılarak sporda başarı yüzdesi önemli oranda artırılabilir.

1 Dr., Milli Eğitim Bakanlığı, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1169-2642>
sedatkayha58@gmail.com

2 Doç. Dr., Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3217-0253>, akan.bayraktar@alanya.edu.tr

Sonuç olarak, genetik testler kontrollü bir şekilde amaca hizmet ettiği sürece mevcut yetenek testlerine entegre edilerek kullanılabilir. Alanla ilgili daha fazla çalışmanın yapılması önerilmektedir.

Giriş

Yetenek, belirli bir alanda ifade edilen ve doğuştan getirilen yüksek performansa ilişkin bir olgu olarak tanımlanabilir (Tümen, 2024). Bu olgu; sanat, spor, dil, sayısal, sözel, sosyal, akademik, vb. birçok alanı içerisine alan geniş bir terimdir. Birey/bireylerin sahip olduğu olası beceri durumları, onların ilgili alanlarda başarılı olmalarında önemli bir kriter olabilir. Ancak bu başarının elde edilmesinde, çoğu faktörün etki gücü dikkate alınması gereken önemli bir husustur. Çünkü yetenek, kalımsal olarak belirlenen ve çevre etkisiyle şekillenen kompleks bir özelliktir (Sevimli, 2015).

Spor, günümüzde insanların bireysel, takım, profesyonel, rekreatif, vb. birçok farklı şekillerde dahil olduğu etkinliklerdir. Teknolojik gelişmelerin gölgesinde gelişen spor, zamanla daha spesifik alanlara hizmet etme gayesiyle sporcu yeteneğinin belirlenmesinde önemli bir misyon üstlenmiştir. Bu görevin yerine getirilmesinde, başarının ilgili olduğu performans karakteristiğinin ortaya çıkarılması nihai hedeftir. Bu durum, spora dair becerilerin zaman kaybetmeden tespit edilerek geliştirilmesinde kritik rol oynamaktadır. Bu doğrultuda, sportif başarıda erken dönem spora başlama önemlidir (Güçlüöver ve ark., 2019).

Spora özgü becerilerin tespit edilmesinde, birçok teknik kullanılmaktadır. Bu tekniklerin ortak noktası, bireylerin spor branş/branşlarına özgü beceri uygunluğunu fiziksel parametreler üzerinden tahmin edebilmek üzerinedir. Ancak bu testler, bazı durumlarda öngördükleri amaçlara tam olarak ulaşamayabilir. Bu bağlamda, iyi bir kısa mesafe koşucusunun sahip olduğu performansı koşunun yalnız fiziksel durumu ile davranışsal bir şekilde açıklamak sürat kavramının tam olarak değerlendirilmesi için doğru bir yaklaşım olmayacaktır. Bu durum, sürat performansını etkileyebilecek başkaca faktörlerin varlığını da düşündürmektedir. Fizikte sürat, hareket halindeki bir nesnenin birim zamanda aldığı yolun uzunluğu tanımlayan skaler bir büyüklüktür. Ancak bu tanımlama sürati yalnız mekanik ve fiziksel açılarından tanımlayan bir özellik değildir. Sürat, aynı zamanda biyolojik ve fizyolojik süreçleri de içerisine alan bir olgudur. Sinirlerden gelen uyarılar yardımıyla kasların ATP (Adenozin trifosfat)'yi hızlı bir şekilde yenilemesi süratin fizyolojik boyutuna örnek teşkil etmektedir. Bu durum, ATP'nin rejenerasyonunda, kalımsal mekanizmaların sürat becerisinde önemli olabileceğini göstermektedir (Yağcıner, 1990). Ayrıca kaslarda enerji metabolizmasının düzenlenmesinde, bazı genetik markırların anahtar rol oynadığı ve bu amaçla sporcuların spor branşlarının gerektirdiği

sürat, dayanıklılık, kuvvet, vb. becerilerinin genetik faktörlerin etkisi altında olduğunu da bilinmektedir (Balberova ve ark., 2021).

Spor ve genetik ilişkisi bağlamında yapılan literatür taramasında, spor branşına özgü performans becerileri üzerinde bazı biyolojik özelliklerin genetik testler aracılığıyla belirlenebildiği görülmüştür. Bu amaçla, genetik testler spor performansını belirlemede kritik bir öneme sahip olabilir (Varley ve ark., 2017). Ancak bu sonucun aksine, ilgili literatürde genetik testlerin spor yeteneğini belirlemede tam bir yetkinliğe sahip olmadığını belirten bazı çalışmalar da bulunmaktadır. Bu doğrultuda, spor yeteneğinin belirlenmesine yönelik yapılan genetik testlerin etki durumları ile ilgili literatür kapsamında net veriler bulunmamaktadır.

Mevcut çalışma, sporda genetik testlerin spor performansını belirlemede etkili yöntemler olup olmadığını literatürde yer alan çalışmalar dahilinde incelemesi amacıyla yapılmıştır. Çalışmadan elde edilen verilerin bu alanda çalışan bireylere rehber olabileceği düşünülmektedir.

Yöntem

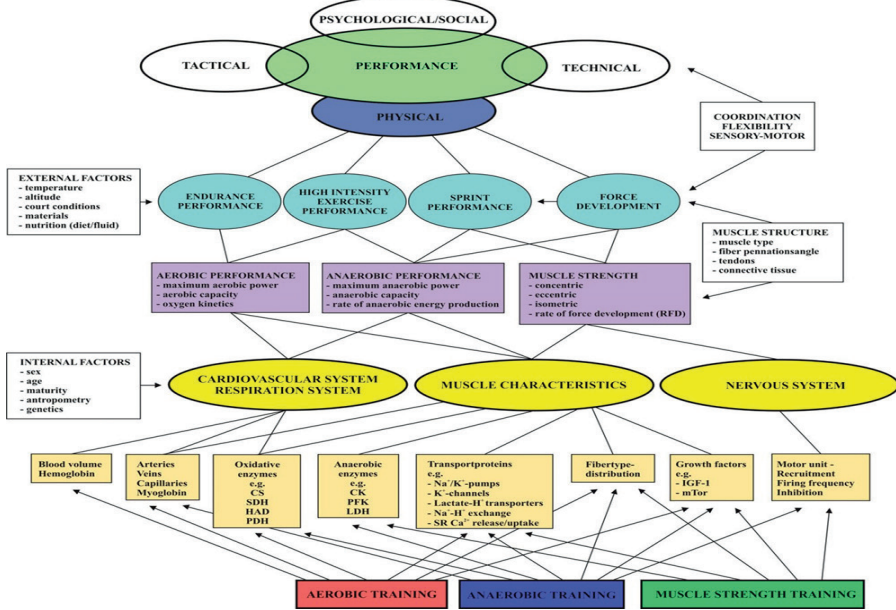
Mevcut çalışma, anlatsal (narrative) derleme türünde olup genel literatür değerlendirmesi şeklinde dizayn edilmiştir. Anlatsal derlemeler, literatürde konu ile ilgili verileri özetleyen, eleştiren ve kritiğini yapan makale türleridir (İlçe ve ark., 2025). Çalışma kapsamında, verilerin elde edilmesinde NCBI veri tabanında yer alan PubMed ve PubMed-Central arama motorları, Web of Science, Google Akademik veri tabanları aktif olarak kullanılmıştır. İlgili veri tabanlarına “sporda yetenek belirleme” “ sporda genetik testler ” “ genetik test “ “ sporda performansı etkileyen faktörler, “ spor ve genetik ilişkisi “ anahtar kelimeleri yazılarak elde edilen veriler titizlikle incelenmiş ve çalışma kapsamına uygun olan dokümanlar çalışmaya dahil edilmiştir. Mevcut çalışmada, yalnız alanla ilgili yapılmış makale türündeki çalışmalardan faydalanılmıştır. Bu amaçla çalışmaya; geleneksel derleme, sistematik derleme ve meta analiz, kohort, kesitsel, vaka-kontrol türünde yapılmış makaleler dahil edilmiştir. Ayrıca çalışmada, PubMed verileri indekslemek için NIH (National Library of Medicine) veri tabanında bulunan MeSH (Medical Subject Headings)’den yararlanılmıştır. MeSH, PubMed veri tabanında yer alan makalelerin indekslenmesinde kullanılan NLM kontrollü eş anlamlılar sözlüğüdür.

Sportif Performans üzerinde Etkili Faktörler

İnsanoğlu, varoluşundan itibaren hayatta kalmak ve mevcut durumunu geliştirmek adına bazı temel yaşam becerileri edinmiştir. Sürekli mücadele içerisinde geçen asırlar ardından insanoğlu artık etkinliklerini daha planlı ve

düzenli bir şekilde yapmaya başlamış ve bunun sonucunda fiziksel aktiviteyi de içerisinde alan “spor kavramı” ortaya çıkmıştır. Spor, yaşadığımız dünyada hem sağlık hem de mücadele amaçlı birçok insan tarafından gerçekleştirilen ve belirli hareket deseni/desenlerine sahip uygulamalar bütünüdür. Ayrıca spor, insanların birbirleriyle rekabet ettiği ve bu amaçla sahip oldukları becerilerini ve fiziksel kapasitelerini ortaya çıkarttıkları eylemlerdir (Terlemez, 2022). Spor, günümüz dünyasında insanlar tarafından yoğun ilgiye maruz kalarak popülaritesi giderek artan bir konumda yer almaktadır (Yetim, 2000).

Genel olarak; fizyolojik, psikolojik, sosyolojik, teknik ve taktik becerileri içeren sportif performans kavramı sporun merkezinde yer alan ve sporcunun verimlilik düzeyini ifade eden bir olgudur. Bu olgu, spora özgü yapılması gereken görevin yerine getirilmesindeki çabaların tamamı olarak da tanımlanabilir (Aktürk ve Yüksek, 2023). Sportif performans, doğası gereği sürekli gelişim halindedir. Bu duruma sporcuyu açısından bakıldığında, sürekli artan performans spor başarısında istenen bir durumdur. Ancak spor performansını artırma noktasında, bazı hususların iyi bir şekilde analiz edilmesi gerekmektedir. Özellikle performans üzerinde etkili olabilecek faktörlerin etki gücünü bilmek ve anlamak spor paydaşlarına önemli bir kılavuz olabilir (Bozkurt, 2009). Sportif performans, birçok faktörün hem dolaylı hem de doğrudan etkisi altındadır. Bu durum, spor performansının multifaktöriyel özelliğinden sahip olması ile açıklanabilir (Kürklü ve ark., 2025; Yaşar ve Umay, 2025).



Şekil 1. Sportif performansı etkileyen faktörlerin ilişki durumları (Bangsbo, 2015).

Şekil 1’de görüldüğü üzere spor performansını etkileyen faktörler, birbirleriyle karışık bir ilişki halindedir. Bu ilişkiye, farklı antrenman uygulamaları ve spor branşları da dahil edildiğinde mevcut durum daha da karmaşık hale gelmektedir. Ayrıca son yıllarda, bu alanda yapılan çalışmalarda, farklı antrenman uygulamalarının spor performansı üzerinde önemli etkilere sahip olabileceği de ortaya çıkarılmıştır (Alpözgen ve ark., 2022). Spor performansını etkileyen faktörlerin sayısındaki artışa rağmen bu kavram genel anlamda içsel ve dışsal olmak üzere iki bölümde incelenmektedir. Bu faktörler, her sporcu için farklı etki düzeyinde ifade edilmektedir. Bu faktörlere ilişkin bilgiler aşağıda sunulmuştur. (Tablo 1).

Tablo 1. Spor performansı üzerinde etkili faktörler (Bayraktar ve Kurtoğlu, 2009).

Sportif Performansı Etkileyen Faktörler	
İçsel faktörler	Dışsal faktörler
Yaş	Beslenme
Cinsiyet	Ergojenik yardımcıları (vitamin, mineral, vb.)
Genetik	Ekonomik bileşenler
Sinir-kas uyumu	İklim ve sıcaklık
Psikoloji ve motivasyon	Coğrafi konum (yüksekti)
Fizyoloji	Seyirci ve tezahürat
Kognitif	Sosyal çevreyle ilişki
Anatomik	Aile ve arkadaşlık durumu
Kas yapısı (Tip I ve Tip II)	Geçirilmiş sakatlanma durumu
Kas-iskelet sistemi adaptasyonu	İllegal madde kullanımı (doping)
Kas-iskelet biyomekaniği ve kinantropometrik özellikler	Zamansal farklılıklar
Otonom sinir sistemi	Beğeni ve takdir edilme duygusu
Hormonal	Antrenman yöntemleri
Metabolizma	Antrenmanın içeriği, yoğunluğu, şiddeti ve sıklığı
Enerji harcama mekanizmaları	Esneklik ve hareket genişliğine ilişkin uygulanan yöntemler
Vücut organlarının ilişkisi	Antrenör etkisi
Alerjik durumlar	Isınma ve soğuma
Kardiyopulmoner sistem durumu	Uykunun kalitesi ve düzeni

Spor performansı, sporcu/sporcuların performanslarına ilişkin gerçekçi veriler ortaya çıkarsa da bu durum üzerinde spor branşına özgü bazı beceriler önemli bir sebep olabilir. Bu durumu bir örnekle açıklamak gerekirse; uzun

mesafe atletizm sporcusunun koşu sırasında gösterdiği performans ile bir basketbolcunun topla yaptığı ani hareketler, performans üzerinde etkili faktörlerin spor dalına özgü olarak da farklılaştığını göstermektedir (Kılınç ve ark., 2011). Bu örnekten de anlaşılacağı üzere spor performansı ile ilgili iki farklı fiziksel beceri (dayanıklılık ve sürat, çeviklik) performans akışını önemli oranda değiştirebilmektedir. Ancak, sporun kompleks yapısı göz önüne alındığında spor performansını yalnız fiziksel faktörlerle değerlendirmek sorunun çözümünde doğru bir yaklaşım olmayacaktır. Bunun üzerinde, sporcunun psikolojik hazır oluşu da dikkate alınması gereken bir husus olabilir. Bir okçunun atışı esnasında göstereceği sağlam bir konsantrasyonun, başarı için belirleyici bir etken olması bu duruma örnek olarak gösterilebilir (Kılınç ve Özen, 2024). Burada görüldüğü üzere, sportif performans yapısı gereği hem fiziksel hem fizyolojik hem de psikolojik faktörden etkilenme potansiyeline sahiptir. Performans üzerinde etkili faktörlerin çok boyutlu yapısı dikkate alındığında, bu durum üzerinde başkaca faktörlerin etkisi de dikkate alınmalıdır. Bu amaçla, insanların sahip olduğu biyolojik özellikler spor performansı üzerinde önemli bir etmen olabilir.

Kalıtımsal Faktörlerin Spor Performansına Etkisi

Spor performansının kompleks yapısı dikkatli bir şekilde incelendiğinde, birçok faktörün bu yapı üzerinde önemli etkilere sahip olduğu görülmektedir. Bu anlamda, içsel ve dışsal faktörler sportif başarıyı belirleyen etkenler olabilir. Ancak spor performansının geliştirilmesinde, bu faktörlerin etki düzeyleri sporcudan sporcuya farklılık gösterebilmektedir. Özellikle bu durum, sporcunun doğuştan getirdiği beceriler ile sonrasında elde ettiği beceriler karşılaştırıldığında daha net bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Sporcular, ilgili spor dallarındaki becerilerini geliştirmelerinde her ne kadarda düzenli ve doğru antrenman uygulamalarına maruz kalsalar da bazı durumlarda, egzersize bağlı olarak, performans limitlerinin ötesine geçmeleri çok da muhtemel gözükmemektedir (Yamanaka ve ark., 2026). Bu durum, antrenman bilimlerinde yapılan uzun soluklu çalışmalarda bahsi geçen spora özgü; yüklenme, şiddet, yoğunluk, dinlenme, beslenme, adanmışlık, güven, motivasyon, vb. faktörlerin bunca zaman boşuna mı ? incelendiğine işaret etmekte yoksa spor performansının gizli kalmış ve halen keşfedilmemiş bazı yönlerinin mi ? bulunduğunu bizlere göstermektedir. IGP (İnsan Genom projesi)'nin tamamlanmasının ardından bu soruların cevabı netlik kazanarak spor performansının kalıtımsal mekanizması alanda yapılan birçok çalışmayla ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla, yapılan çalışmalarda spor performansına katkıda bulunan genetik yapılar incelenmiştir (Ma ve ark., 2013). Özellikle 4488 ikiz üzerinde yapılan çalışmada, spor performansı üzerinde genetiğin % 66'lık bir güce sahip

olduğu raporlanmıştır (De Moor ve ark., 2007). Bu sonuç ardından, spor genetiğine yönelik ilgi giderek artmaya başlamıştır. Spor genetiği araştırmaları sonucunda sportif performans kavramı, spor fenotipini şekillendirmekten sorumlu olan birbirine bağlı genlerin ve varyantlarının karmaşık etkileşime dayandırılmıştır (Naureen ve ark., 2020). Literatürde, spor performansının kalıtsal mekanizmasını araştıran birçok çalışma bulunmasına rağmen, bu mekanizmanın nasıl çalıştığı ile ilgili belirsizlikler halen devam etmektedir.

Genetik Testler

Omiks teknolojilerde yaşanan hızlı gelişmeler sonucunda, DNA dizileme yöntemleri gelişmiş ve önceleri yapılması hem masraflı hem de zaman kaybına sebep olan uygulamalar yerini daha kısa süreli ve yüksek doğruluğa sahip yeni tekniklere bırakmıştır. Bu anlamda IGP, insanlık tarihi için bir dönüm noktası olmuştur. ABD Enerji Bakanlığı ve Ulusal Sağlık Enstitüleri (NIH) öncülüğünde yürütölen bu uluslararası proje, 1990 yılında başlamış ve 2003 yılında tamamlanmıştır. IGP, DNA dizileme yöntemlerine yeni ve çok boyutlu bir bakış açısı getirmiş ve bu durum tek gen dizilemelerinden birçok genin kısa sürede aynı anda dizilendiği yöntemlerin gelişimine kadar geniş bir yelpazede insan biyolojisine önemli katkılar sağlamaya başlamıştır. Bu yöntemlerden biri olan GWAS (Genome-Wide Association Study), bir hastalık veya belirli bir özellik için istatistiksel olarak ilişkili genomik varyantları belirlemek için kullanılan bir araştırma yaklaşımıdır. Bu yöntem, birçok insanın genomunu inceleyerek belirli bir hastalığa veya özelliğe sahip olanlarda, bu hastalığa veya özelliğe sahip olmayanlara kıyasla daha sık görölen genomik varyantları tanımlamayı içerir. Genomik varyantlar belirlendikten sonra, genellikle hastalığa veya özelliğe doğrudan katkıda bulunan yakınlardaki varyantlar araştırılmaktadır (NIH, 2016). GWAS, karmaşık hastalık özelliklerine yakınlık varyantlarını keşfetmede en güçlü ve yaygın olarak kullanılan yaklaşım olarak kabul edilmektedir. Ayrıca teknolojidaki gelişmeler, maliyetlerin düşmesi ve büyük, iyi tanımlanmış vaka ve kontrol gruplarının oluşturulması gibi gelişmeler GWAS kapsamında yapılan taramaların prevalansını artırmıştır (McAllister ve ark., 2011). Bu bağlamda, GWAS birçok kalıtsal hastalığın tanımlanmasında kritik bir öneme sahip olmuştur (Chen ve Schunkert, 2021). Hastalıklara hassasiyetin belirlenmesinde GWAS haricinde, aday gen (candidate gene) ve bağlantı (linkage) yaklaşımları da bulunmaktadır.

Aday genler, genellikle olası mutasyonları ortaya çıkarmak için, temel bilimsel ve klinik çalışmalardan elde edilen önceden var olan bilgileri içermektedir. Bu yaklaşımın avantajı, genetik varyantların nispeten hızlı ve küçük soy ağaçları şeklinde tanımlanmasıdır (Lagendijk ve ark., 2010). Ayrıca aday gen çalışmaları, biyolojik bilgilere dayanarak önceden seçilen bir genin alt

kümesinde yer alan polimorfizmleri de incelemektedir. Sonrasında incelenen sınırlı sayıda polimorfizmler, orta büyüklükte örneklem boyutları kullanılarak küçük etkilerin tespit edilmesine olanak tanıyan çoklu test düzenlemelerine dönüştürülür (Basson ve ark., 2012).

Bağlantı (Linkage) yaklaşımında ise, etiyojide yer alan belirli genler hakkında hiçbir varsayımda bulunmadan, bir özellik çoklu yapı içerisinde ayrıştığı kromozal bölgeler bakımından incelenir (Riley, 2004).

Günümüzde genetik testler, birçok hastalığı farklı yöntemlerle tespit edebilmektedir. Bu bağlamda, genetik testler zamanla farklı uygulama alanlarında kullanılmaya başlanmıştır. Spor, bu alanlardan biridir. Yapılan çalışmalar, spor performansının genetik süreçlerle açıklanabileceğini ortaya çıkartmıştır.

Sporda Yetenek Seçimi

Sporcunun sahip olduğu performans karakteristiğini belirlenmeye yönelik birçok test yapılmaktadır. Bu testlerin nihai amacı, sporcuların ilgili spor branşlarındaki becerilerini erken yaşlarda keşfederek onların uzmanlaşma ve gelişim sürelerini ciddi oranda kısaltmaktır. Bu sayede spora harcanan emek, zaman ve yatırım doğru bir şekilde kullanılmış olacaktır. Sporda yetenek, sportif bir alana yönelik olarak standartların üstünde olan ancak tam anlamıyla gelişmemiş beceriler için kullanılan bir terimdir (Arabacı, 2008). Çocuk ve genç bireylerin sahip oldukları becerileri erken dönemde ortaya çıkartmayı amaçlayan sporda yetenek seçimi, (Tolu ve Atılgan, 2024) her spor branşına özgü olarak birtakım ön şartları içermektedir. Bunlar; antropometrik, tekno-motorik, kondisyonel, öğrenim becerisi, performans, kognitif beceriler, sosyal ve psikolojik olarak sıralanabilir (Sevim, 1991). Spor becerisini belirlemede, her ne kadar da spora özgü şartlar yerine getirilse de sporun doğasında var olan çok faktörlü kompleks yapı bu durum içinde geçerlidir. Spor becerisi, yalnız sporcunun doğuştan sahip olduğu beceriler ile bu becerilerin tespit edilmesi süreçlerini değil aynı zamanda üzerinde içsel ve dışsal faktörlerin etkili olduğu koşulları da kapsayan bir süreçtir. Bu doğrultuda, Guevara-Araya ve ark. (2025) yaptıkları çalışmada sporda yetenek seçiminde; yaş, cinsiyet, coğrafya ve uygunluk düzeyi gibi faktörlerin de dikkate alınması gerektiğini raporlamışlardır.

Sportif başarıda, sporcuların ilgili oldukları spor branşlarındaki becerilerine ait performans karakteristiklerinin yaşamın ilk yıllarında belirlenmesi ve bu veriler üzerinden sporcu/sporcuların yetiştirilmesi önemli bir kriterdir. Bu amaçla, bu alanda yapılan çalışmalarda sportif başarı ile spora erken dönem yönlendirme arasında doğrudan bir ilişki olduğunu ortaya çıkarılmıştır

(Dinçer, 2023). Ayrıca bu durum üzerinde, küçük yaştaki potansiyel bireylere uygulanan testlerin içerdiği kapsam da önemli bir etken olabilir. Bu doğrultuda, sporda beceri testlerinin genel kapsamda bir uygulamaya sahip olması sporcu performansının doğru tahmin edilmesinde anahtar rol oynayabilir. Marinho ve ark. (2024) tarafından yapılan çalışmada genel motor beceri testlerinin yetenek belirleme sürecinde, performans ayırımında ve tahmininde önemli bir misyona sahip olduğunu raporlamışlardır. Bu durum üzerinde, motor koordinasyon düzeyinin spor performansı ile olan ilişkisi sebep olarak gösterilmiştir. Ancak spor yeteneği her ne kadarda bu testler yardımıyla nihai olarak belirlense de maksimum performans değerini ortaya çıkartmada mutlak bir sonuç veremeyebilir (Berthelot vd., 2015).

Sporda Genetik Testler

Son yıllarda, sportif performansın altında yatan gizli mekanizmaların araştırılması ve teknolojik gelişmelerin spor biyolojisine yansımaları sporda yetenek belirleme sürecini çok farklı bir boyuta getirmiştir. Özellikle bu durum, sporcuların doğuştan getirdiği spora özgü birtakım becerilerin tanımlanmasına olanak sağlayarak sportif performansın başarıyı tahmin edebilme yüzdesine ciddi katkılarda bulunmuştur. Bu doğrultuda sporda genetik testler, spor becerisinin genetik alt yapısını inceleyerek performans üzerinde hangi genotipin etkili olduğunu belirleyen uygulamalar olarak tanımlanabilir (Akgül ve ark., 2018).

Günümüzde, sporda genetik testler büyük bir endüstri haline gelmiştir. Hatta bu testler ile ilgili veriler, sporculara ve alilerine doğrudan sunulan bir hizmet olmuştur. Bu amaçla, DTC (Direct-to-Consumer) genetik testler, sporcuların sahip olduğu performans durumunu (güç, kuvvet, dayanıklılık, yaralanma, kardiyovasküler sistem, vb.) tahmin eden ticari amaçlı bir uygulamadır (Wagner ve Royal, 2012). DTC genetik testlerde, öncelikle birey/ bireylerin ağız hücrelerinden salya örnekleri pamuk çubuk aracılığıyla alınır. Bu örnekler, DNA izolasyonu yapılacak ilgili şirkete gönderilir. Daha sonra alınan bu numuneler, şirket içi programlar yardımıyla analiz edilir ve genetik profile ilişkin elde edilen veriler doğrudan kişi/kişilere sunulur. Genetik testler, şirketlerin operasyonel iş ve işlemlerine göre farklılaşabilmektedir. Genetik testlerin ortalama maliyeti, uygulamayı yapan test şirketlerine değişmekle birlikte ortalama 100 ile 1000 dolar arasındadır (Oh, 2019). Çoğu DTC genetik test uygulamalarında, tüm genom dizilenmez. Genellikle, genetik kod boyunca belirli varyantların varlığını veya yokluğunu kontrol eden SNP-çip genotipleme adı verilen bir yöntem kullanılır ve bu uygulamalarda belirli tek nükleotid polimorfizmleri (SNPs²), küçük insertions (eklemeler) veya deletions (silinmeler) lar taranır (Horton ve ark., 2019). DTC genetik testleri uygulayan

şirketler, Web siteleri üzerinden müşterilerine genellikle řu iddialarda bulunurlar (Webborn ve ark., 2015).

- Genlerinizin atletik özelliklerinize nasıl katkıda bulunduğunu keşfedin.
- Spor genetiği sonuçlarınıza göre antrenmanınızı kişiselleştirin.
- Doğuştan gelen gücünüzün avantajını alın ve sınırlarınızı aşın.
- Çocukların takım ve bireysel sporlarında, ebeveynlere ve antrenörlere erken bilgi sağlar.
- Genetik yatkınlığın belirlenmesi, atletik ve spor gelişiminde gerekli olan antrenman ve kondisyon programlarının ana hatlarının çizilmesinde değerli olabilir.
- Test sonuçları, daha sonra diğer atletik performans unsurlarıyla birlikte geliştirme sürecinde kullanılabilir.
- DNA sonuçlarınızı kullanarak yağ yakmanıza, incelmeye, kas yapmanıza ve daha fit olmanıza yardımcı oluyoruz.
- Atletik yeteneği belirleyen genetik testler şunları tanımlar;
 - hem dayanıklılık sporlarına hem de güç gerektiren sporlara katılma konusunda daha iyi veya eşit bir yatkınlığa sahip olmayı,
 - 8 puanlık bir ölçekte dayanıklılık veya güç gerektiren sporlarla uğraşmaya yönelik genetik yatkınlığın puanını,
 - kaslarınızdaki kan akışının, çalışma kapasitesinin ve metabolik süreçlerin düzenlenmesini,
 - kas liflerinin hangi tür (hızlı ya da yavaş kasılan) olduğunu,
 - hücrelerdeki enerji varlığını,
 - egzersiz sırasında kaslarınızdaki sürekli enerjinin varlığını ve
 - kaslarınızın yorgunluğa karşı korunma düzeyi ve kapsamını.

Genetik testler sportif başarının tespitinde önemli bir göreve sahip olmasına rağmen, birtakım endişeleri de barındırmaktadır. Özellikle bu testlerin bilimsel alt yapıdan yoksun olarak dizayn edilmesi bu endişeleri daha da artırmaktadır. Bu doğrultuda, Zourmand ve ark. (2025) yaptıkları çalışmada genetik testlerin yetenek tespiti amacıyla kullanılmasına ilişkin etik hususların halen kritik bir endişe kaynağı olmaya devam ettiğini vurgulamışlardır. Bu sonuç üzerinde ilgili şirketlerin bu testleri uygulamada ve yorumlamada henüz istenen seviyeye gelmemeleri etkili olmuş olabilir. Bu amaçla, Collins ve September (2023) yaptıkları çalışmada, ticari anlamda, kas-iskelet sistemi yaralanma hassasiyetini

tahmin etmeye yönelik yapılan genetik testlerin gelişim aşamasında olduğunu raporlamışlardır. Bir diğer çalışmada, Borzemska ve ark. (2024) genetiğin yaralanmaları önlemedeki klinik uygulamalarının henüz çok erken bir dönemde olduğu tespit etmişlerdir. Ancak sporda genetik testlerin gelişim süreci içerisinde olması, bu testlere yönelik uygulamaların süreç içerisinde gelişeceği anlamına da gelmemelidir. Aksine bu durum, hızla gelişen teknolojiyle birlikte, bu alanda hizmet veren insanları yeni birtakım bilgi ve beceriler elde etmeye zorlayacak ve bu işe harcanan zaman ve maliyeti hatırı sayılır bir şekilde de artırabilecektir. Bu doğrultuda, Taranto ve ark. (2018) tarafından ABD’de yapılan çalışmada, spor hekimlerinin sağlam mesleki organizasyon politikaları geliştirebilmeleri için sporda genetik testler konusunda daha fazla bilgilendirilmeleri gerektiği raporlanmıştır. Ancak yaşadığımız dönem itibariyle sporun artan popüleritesi ve hızla gelişen teknoloji, her geçen zamanda sporda genetik testlere daha yeni ve daha farklı bir anlam yüklemiştir. Bu amaçla, günümüzde genetik testler spor kulüplerinin büyük paralara transfer edeceği sporculardan bazı ülkelerin prestijlerini korumak adına katılacakları organizasyonlardaki saygınlıklarına kadar birçok amaca hizmet eden bir lokasyondadır. John ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmada, genetik testlerin her ne kadar da ciddi etik kaygılara yol açtığı bilirse de 21. yüzyılda bazı spor federasyonları ve bazı ülkeler oyuncularını için genetik testler yapmayı gündemlerine aldığını raporlamışlardır.

Genetik testler; kuvvet, sürat, dayanıklılık, esneklik, hareket genişliği gibi motorik beceriler ile kardiyopulmoner sistem verimliliği, darbeye bağlı olmayan yaralanmalara karşı hassasiyet, kas fibril yapısı, vb. spora özgü performans özelliklerini belirli polimorfizm, genotip ve alel üzerinden belirleyebilmektedir. Bu doğrultuda, *ACE* (Anjiyotensin-I Dönüştürücü Enzim) I > D rs1799752 insersiyon-delesyon ve *ACTN3* (Alfa-Aktinin 3) C > T rs1815739 tek nükleotid polimorfizmleri (SNPs) spor genetiğinde sıklıkla çalışılan genlerdir. Özellikle *ACE* I/D rs1799752 polimorfizmi yüksek irtifa dağcılarını konu alarak çalışılan ilk gen varyantı olma özelliğine sahiptir (Montgomery ve ark., 1998).

ACE, renin anjiyotensin önemli bir parçası olarak, damarların iç yüzeylerinde bulunan tek katlı yassı hücrelerden oluşan endotel aktivitesi için kritik öneme sahip bir enzimdir. RAAS (Renin-Angiotensin-Aldosterone System), kan basıncını ve akış dengesini düzenleyen bir hormon sistemidir (Liu ve ark., 2012; Durmic ve ark., 2017). *ACE* enzim aktivitesinin ana fonksiyonu, anjiyotensin I’i anjiyotensin II’ye dönüştürerek vazokonstriktör kinin degradasyonu oluşturmak ve damarların iç yüzeyinde bulunan endotel zarını inaktif hale getirmektedir. Böylece bradikinin peptiti parçalanır ve damar içi basınç da yükselmeye başlar (Di Mauro ve ark., 2010). Bu genle ilgili yapılan çalışmalarda, *ACE* I/D rs1799752 polimorfizm intron 16’da 287 bp (baz

çifti)'nin insertion (I alel) sporda dayanıklılık performansı ile ilişkilendirilirken bu durumun aksine deletion (D alel) ise sporda güç ve kuvvet performanslarıyla ilişkilendirilmiştir (Cabrera ve ark., 2025; Goulart ve ark., 2025).

α -Aktinin, iskelet kasının Z çizgisinde bulunan ve kas liflerinin düzenli dizilimini ve kasılma fonksiyonunu korumak için ince miyofilamentlerle birleşen bir aktin bağlayıcı proteindir (Yang ve ark., 2023). α -Aktinin proteinin işlevi, *ACTN3* geni tarafından düzenlenmektedir. *ACTN3* geni, iskelet kaslarında bağlayıcı bir protein olan α -aktinin-3'ü kodlar. Bu genin ekson 16'daki 1747C > T transisyonu, (CGA'dan TGA'ye) arginin amino asitinin (C alleli) erken durdurma kodonuna (T aleli) denk gelmesine sebep olur (Lima ve ark., 2023). *ACTN3* geni ile ilgili yapılan çalışmalar, bu gendeki (rs1815739) C > T baz değişikliğinin iskelet kaslarının hız ve güç özellikleriyle ilişkili olabileceğini gösterilmiştir. Bu doğrultuda, *ACTN3* sadece hızlı kasılan glikolitik kas liflerinde ifade edilmekte olup, bu gendeki iki T alelinin (anlamsız aleller) birleşimi *ACTN3* gen ifadesinin tamamen yokluğuna yol sebep olabilmektedir (Godina ve ark., 2025).

Literatür incelendiğinde, sporda genetik testler ile ilgili olarak birçok çalışmanın bulunduğu görülmektedir. Bu bağlamda, özellikle *ACE* I/D ve *ACTN3* R577X gen varyantları sporcu performansını belirlemede üzerinde sıklıkla çalışılan genlerdir. Sonuç olarak, bu genlerin spor performansı üzerindeki etkisine yönelik birçok kanıt elde edilmiştir. Ancak *ACE* I/D ve *ACTN3* R577X gen varyantları ile spor performansı ilişkisine yönelik daha fazla ve sağlam kanıtlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Mevcut veriler, barındırdığı sınırlılıklar sebebiyle spor performansı ve genetik ilişkisini henüz tam olarak açıklayamamaktadır (Ferreira ve ark., 2024). Bu doğrultuda, genetik testler spor yeteneğini tek başına belirlemede yeterli veriye sahip olmayabilir. Genetik testlerle birlikte diğer test araç-gereçleri ve tekniklerinin birlikte kullanılması, spora yatkınlığın yüksek doğrulukla tahmin edilmesine önemli katkılar sağlayabilir (Pickering ve ark., 2019).

Sonuç

Çalışmada, spor performansını belirlemede uygulanan yetenek testlerinin çocuk ve gençlerin sahip olduğu beceri potansiyelini belirlemede önemli bir misyona sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca teknolojide yaşanan gelişmelere paralel DNA dizileme yöntemlerinin gelişmesi, spora dair biyolojik yapıyı keşfetmeye yönelik ilginin artmasına ve bu doğrultuda genetik testlerin hem sayısının hem de kullanım alanlarının artması sebep olmuştur. Mevcut çalışmada, genetik testlerin her ne kadarda spora dair becerileri belirlemede kritik bir öneme sahip olduğu tespit edilse de bu testlerin bu görevi yerine

getirmede halen erken bir evrede olduğu düşünülmektedir. Bu doğrultuda, sporda genetik testlerin halihazırda yapılan uygulamaları incelendiğinde bu testlerin büyük bir oranının ticari amaçlı yapıldığı görülmektedir. Genetik testler, sporcunun sahip olduğu performans ile ilgili biyolojik alt yapıyı detaylı bir şekilde açıklamasına rağmen sporda başarının önemli bir şartı olan psikolojik ve zihinsel durumla ilgili birtakım eksiklikleri de barındırmaktadır. Ayrıca bu testler, insanları sahip olduğu biyolojik özelliklere göre sınıflayabilir. Konuya bu açıdan bakıldığında, genetik testler insanların yaşadıkları toplumda ayrımcılığa maruz kalmalarına da sebep olabilir. Bu olumsuzluklara rağmen, sporda genetik testler insanlara birtakım faydalar da sağlayabilir. Bu testler aracılığıyla, sporcuların besin hassasiyetleri ve darbeye bağlı olmayan yaralanma eğilimleri rahatlıkla tespit edilebilir. Elde edilen sonuçlara göre de sporcuya/ sporculara özgü antrenman planlamaları yapılarak sporda başarı yüzdesi önemli oranda artırılabilir.

Sonuç olarak, genetik testler kontrollü bir şekilde amaca hizmet ettiği sürece mevcut yetenek testlerine entegre edilerek kullanılabilir. Alanla ilgili daha fazla çalışmanın yapılması önerilmektedir.

Kaynaklar

- Akgül, M., Ünlüışler, Ş., & Karaca, D. (2018). Genetik yapının sportif performansa etkisi. *Research Studies Anatolia Journal* 1(3), 424-437. doi.org/10.33723/rs.470847.
- Aktürk, O., & Yüksek, S. (2023). Masajın sporcu performansı üzerine etkilerinin incelenmesi . *Kafkas Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi* 3(1), 65-73.
- Alpözgen, A. Z., Sırma, G. Ç., & Işıklar, Ç. (2022). Sporcu performansını geliştirmede kullanılan güncel egzersiz yaklaşımları. *Aksaray University Journal of Sport and Health Researches* 3(1), 48-60.
- Arabacı, R. (2008). Olimpiyatlar için sporda yetenek seçimi ve spora yönlendirme projesi II. aşama sonuçlarının incelenmesi. *Sports Sciences* 3(2), 86-98.
- 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 (Basel)* 12(11), 2-18. doi: 10.3390/genes12111682.
- Bangsbo, J. (2015). Performance in sports--with specific emphasis on the effect of intensified training. *Scand J Med Sci Sports*. 25 (Suppl. 4), 88-99. doi: 10.1111/sms.12605.
- Basson, J., Simino, J., & Rao, D. (2012). Between candidate genes and whole genomes: time for alternative approaches in blood pressure genetics. *Curr Hypertens Rep*. 14, 46-61. doi: 10.1007/s11906-011-0241-8.
- Bayraktar, B., & Kurtoğlu, M. (2009). Sporda performans, etkili faktörler, değerlendirilmesi ve artırılması. *Klinik Gelişim* 22(1), 16-24.
- Berthelot, G., Sedeaud, A., Marck, A., Antero-Jacquemin, J., Schipman, J., Saulière, G., . . . Toussaint, J.-F. (2015). Has athletic performance reached its peak? *Sports Med*. 45(9), 1263-1271. doi: 10.1007/s40279-015-0347-2.
- Borzemska, B., Cięszczyk, P., & Żekanowski, C. (2024). The genetic basis of non-contact soft tissue injuries-are there practical applications of genetic knowledge? *Cells* 13(22), 2-27. doi: 10.3390/cells13221828.
- Bozkurt, S. (2009). Sportif performansa psikolojik bakış. *BESBD* 5(1), 28-37.
- Cabrera, P., de Villarreal Sáez, E., & Cardozo, L. (2025). Genotypic distribution and allele frequency of the ACE I/D and ACTN3 R577X in colombian young athletes. *Revista Iberoamericana de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte* 14(3), 42-52. doi: 10.24310/riccafd.14.3.2025.21812.
- Chen, Z., & Schunkert, H. (2021). Genetics of coronary artery disease in the post-GWAS era. *JIM* 290(5), 980-992. doi: 10.1111/joim.13362.
- Collins, M., & September, A. V. (2023). Are commercial genetic injury tests premature? *Scand. J. Med. Sci. Sports*. 33, 1584–1597. doi: 10.1111/sms.14406.

- De Moor, M. H., Spector, T. D., Cherkas, L. E., Falchi, M., Hottenga, J. J., Boomsma, D. I., & De Geus, E. J. (2007). Genome-wide linkage scan for athlete status in 700 British female DZ twin pairs. *Twin Res Hum Genet.* 10(6), 812-820. doi: 10.1375/twin.10.6.812.
- Di Mauro, M., Izzicupo, P., Santarelli, E., Falone, S., Pennelli, A., Amicarelli, E., . . . Gallina, S. (2010). ACE and AGTR1 polymorphisms and left ventricular hypertrophy in endurance athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 42(5), 915-921. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181c29e79.
- Dinçer, U. (2023). Sporda yetenek seçimi ve yönetimi ile ilgili Türkiye’de yapılmış araştırmaların derlemesi. *Uluslararası Dağcılık ve Tırmanış Dergisi* 6(1), 8-27. doi.org/10.36415/dagcilik.1302013.
- Durmic, T. S., Zdravkovic, M. D., Djelic, M. N., Gavrilovic, T. D., Saranovic, S. D., Plavsic, J. N., . . . Antic, M. N. (2017). Polymorphisms in ACE and ACTN3 genes and blood pressure response to acute exercise in elite male athletes from Serbia. *Tohoku J. Exp. Med.* 243, 311-320.
- Ferreira, C. P., Silvino, V. O., Trevisano, R. G., de Moura, R. C., Almeida, S. S., & dos Santos, M. P. (2024). Influence of genetic polymorphism on sports talent performance versus non-athletes: a systematic review and meta-analysis. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation* 16, 2-21. doi: 10.1186/s13102-024-01001-5.
- Godina, E., Khromov-Borisov, N., & Bondareva, E. (2025). Prediction of success in sports based on assumed individual genetic predisposition: lack of association with the C > T variant in the ACTN3 gene. *J Physiol Anthropol.* 44, 2-8. doi: 10.1186/s40101-025-00386-7.
- Goulart, C. C., Scheer, A. K., Silva, C. S., Atrib, A. B., Schneider, A., Schadock, L., . . . Barros, C. C. (2025). Prevalence of ACE I/D and ACTN3 R577X genetic polymorphisms in Taekwondo athletes. *Physiology International* 112(3), 380-391. doi.org/10.1556/2060.2025.00658.
- Guevara-Araya, A., Curripan-Henríquez, S., Aguilera-Julio, J., Antinao-Soto, A., & Araneda, O. F. (2025). Chilean national sports talent detection system: influence of biological age, sex, and geographic area. *J. Funct. Morphol. Kinesiol.* 10(1), 2-15. doi.org/10.3390/jfmk10010006.
- Güçlüöver, A., Şahin, İ. N., Güllü, M., & Esen, H. T. (2019). Sporda yetenek seçimi ve spora yönlendirmede 9-10 yaş çocukların bazı fiziksel özellikleri ve performans profillerinin incelenmesi: Kırıkkale örneği. *Gaziantep Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi* 4(2), 199-210. doi.org/10.31680/gaunjs.513784.
- Horton, R., Crawford, G., Freeman, L., Fenwick, A., Wright, C. F., & Lucassen, A. (2019). Direct-to-consumer genetic testing. *BMJ* 367, 1-6. doi: https://doi.org/10.1136/bmj.l5688.

- İlçe, A., Andsoy, I. I., & Turgut, A. (2025). Sağlıkla ilgili araştırmalarda derleme (inceleme) türleri . Sağlık Akademisi Kastamonu 10(1), 83-98. doi: <https://doi.org/10.25279/sak.1386841>.
- John , R., Dhillon, M. S., & Dhillon , S. (2020). Genetics and the elite athlete: our understanding in 2020. *Indian J Orthop.* 54(3), 256–263. doi: 10.1007/s43465-020-00056-z.
- Kılınç, F., & Özen, G. (2024). Basketbolcularda çoklu performans analizi. *ÇOMÜ Spor Bilimleri Dergisi* 7(3), 123-152.
- Kılınç, F., Koç, H., Erol, A. E., Pulur, A., & Gelen, E. (2011). Kısa kamp döneminde uygulanan yoğun antrenmanların yıldız erkek basketbolcuların biyomotorik ve teknik performansları üzerine etkileri. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* 8(1), 1072-1080.
- Kürklü, G. B., Güler, C., & Mengütay, S. (2025). A review of muscle injury prevention methods in athletes. *Spor & Hareket Bilimleri Dergisi* 6(2), 157-162.
- Lagendijk, A. K., Smith, K. A., & Bakkers, J. (2010). Genetics of congenital heart defects: a candidate gene approach. *TCM* 20(4), 124-128.
- Lima, G., Almeida, S. S., Silva, E. D., Rosa, J. P., de Souza, A. L., Sierra, A. R., . . . Costa, C. A. (2023). Association between basketball playing position and ACTN3 R577X polymorphism in athletes of first division Brazilian basketball league . *Gene* 863, 2-8. doi.org/10.1016/j.gene.2023.147302.
- Liu, B., Zhang, L., & Yang, Q. (2012). Genetics of intracerebral hemorrhage: insights from candidate gene approaches. *Neurology India* 60(1), 3-8. doi: 10.4103/0028-3886.93581.
- Ma, F., Yang, Y., Li, X., Zhou, F., Gao, C., Li, M., & Gao, L. (2013). The association of sport performance with ACE and ACTN3 genetic polymorphisms: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One* 8(1), 1-9. doi: 10.1371/journal.pone.0054685.
- Marinho, B., do Amaral, F V., de Oliveira Luz , L. G., Guimarães, G. L., Batista , L. A., & Chagas, D. d. (2024). Generic motor tests as tools to identify sports talent: a systematic review. *Hum Mov.* 25(2), 53-63. doi: <https://doi.org/10.5114/hm/188260>.
- McAllister, K., Eyre, S., & Orozco, G. (2011). Genetics of rheumatoid arthritis: GWAS and beyond. *Open Access Rheumatology: Research and Reviews* 3, 31-46. doi: 10.2147/OARRR.S14725.
- Montgomery, H. E., Marshall, R., Hemingway, H., Myerson, S., Clarkson, P., Dollery, C., . . . Holliman, D. E. (1998). Human gene for physical performance. *Nature* 393, 221-222.
- Naureen, Z., Perrone, M., Paolacci, S., Maltese, P. E., Dhuli , K., Kurti, D., . . . Miotto, R. (2020). Genetic test for the personalization of sport training. *Acta Biomed.* 91(13-S), 2-15. doi: 10.23750/abm.v91i13-S.10593.

- NIH. (2016). <https://www.genome.gov/genetics-glossary/Genome-Wide-Association-Studies-GWAS#:~:text=A%20genome%2Dwide%20association%20study,disease%20or%20a%20particular%20trait>.
- Oh, B. (2019). Direct-to-consumer genetic testing: advantages and pitfalls. *Genomics Inform.* 17(3), 1-3. doi: 10.5808/GI.2019.17.3.e33.
- Pickering, C., Kiely, J., Grgic, J., Lucia, A., & Del Coso, J. (2019). Can genetic testing identify talent for sport? *Genes (Basel)* 10(12), 2-13. doi: 10.3390/genes10120972.
- Riley, B. (2004). Linkage studies of Schizophrenia. *Neurotoxicity Research* 6(1), 17-34.
- Sevim, Y. (1991). Sporda yetenek seçimi ve temel ilkeleri. *Journal of Physical Education and Sports Studies* 2(7), 45-48.
- Sevimli, D. (2015). Sporda yetenek geliştirme sürecinin yönetimi. *CBÜ Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi* 10(1), 1-9.
- 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. doi: 10.3390/sports6040145.
- Terlemez, M. (2022). Modern sporun sosyolojik ve tarihsel temelleri . *Kafkas Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi* 2(1), 16-25.
- Tolu, M., & Atılğan, D. (2024). Sportif performansla ilişkili en çok araştırılan genler: literatür incelemesi. *Genç Mütefekkirler Dergisi* 5(1), 152-173.
- Tümen, E. (2024). Yetkinlik mi? Yetenek mi? *Uluslararası Akademik Yönetim Bilimleri Dergisi* 10(16), 1-19.
- Varley, I., Patel, S., Williams, A. G., & Hennis, P. J. (2017). The current use, and opinions of elite athletes and support staff in relation to genetic testing in elite sport within the UK. *Biol Sport.* 35(1), 13-19. doi: 10.5114/biol sport.2018.70747.
- Wagner, J. K., & Royal, C. D. (2012). Field of genes: an investigation of sports-related genetic . *J. Pers. Med.* 2, 119-137. doi:10.3390/jpm2030119.
- Webborn, N., Williams, A., McNamee, M., Bouchard, C., Pitsiladis, Y., Ahmetov, I., . . . Byrne, N. (2015). Direct-to-consumer genetic testing for predicting sports performance and talent identification: consensus statement. *Br J Sports Med.* 49, 1486-1491. doi:10.1136/bjsports-2015-095343.
- Yalçın, M. (1990). Süratin fizyolojik özellikleri. *Journal of Physical Education and Sports Studies* 1(3), 28-31.
- Yamanaka, K., Kim, J., Tsukioka, K., Ezure, S., Ichihara, H., Pham, L. T., & Waki, H. (2026). Amygdala-hypothalamus-brainstem circuits underlying cardiovascular responses associated with the limits of high-intensity endurance exercise. *Front Physiol.* 16, 1-7. doi: 10.3389/fphys.2025.1714093.

- Yang, S., Lin, W., Jia , M., & Chen, H. (2023). Association between ACE and ACTN3 genes polymorphisms and athletic performance in elite and sub-elite Chinese youth male football players. *PeerJ* 11, 2-21. doi: 10.7717/peerj.14893.
- Yaşar, N., & Umay, B. (2025). Yüksek performans sporcularında aşırı antrenman sendromu ve dinlenme ihtiyacı. *OM Spor Bilimleri Dergisi* 8(3), 112-125.
- Yetim, A. A. (2000). Sporun sosyal grnm. *Gazi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi (Gazi BESBD)* 5(1), 63-72.
- Zourmand, G., Taheri, M., Ezdini, E. S., & Irandoust, K. (2025). The role of genetic and hormonal factors in shaping exercise responses and performance in children: a comprehensive review. *Cell Mol Biol (Noisy-le-grand)* 71(5), 66-77. doi: 10.14715/cmb/2025.71.5.10.