



(21)

**Furkan İLGÜN<sup>1</sup>; Volkan GÜNAY<sup>2</sup>; D. Selin YILDIRIM<sup>3</sup>; Mesut CERİT<sup>4</sup> <sup>141</sup>**  
**ATLETİK PERFORMANS GENLERİ ve ATLETİK YETENEĞİN BELİRLENMESİNE İLİŞKİN**  
**YAKLAŞIMLAR**

**ATHLETIC PERFORMANCE GENES and APPROACHES TO DETERMINING ATHLETIC ABILITY**

**ÖZ**

Atletik performansın kısmen genetik faktörlerden kaynaklandığı gerekçesiyle gündeme oturan genetik testler, yetenek seçim sürecini öne almak amacıyla yetişkin performans özelliklerine uyum sağlamadan önce soyaçekimin sağladığı avantajları belirlemenin bir yolunu sunmaktadır. Bazıları, elit yetenekler üretmek için gerekli olan uzun yıllar ve binlerce saatlik antrenman kararlılığının ve adanmış çabanın yeterli olduğunu iddia etseler de kalıtsallık çalışmaları ve sporcu ailelerinin geçmişleri doğuştan gelen niteliklerin belirli kişilere atletik performans için bir avantaj sağladığının açık kanıtıdır. Kuşkusuz, doğru antrenman uygulamalarıyla etkileşime giren uygun bir genetik profile sahip sporcuların daha yüksek performans seviyelerine ulaşma olasılığı daha yüksektir. Önemli olan genetik tarama tekniklerinin, yetenek belirleme programlarının bir parçası olarak söz konusu doğal avantajı ya da yeteneği belirleyip belirleyemeyeceğidir.

Bugün itibariyle kazanılan yeteneklerin büyük çoğunluğunun hem doğuştan gelen kalıtım hem de dış çevresel faktörlerin ve yaşam biçiminin birleşiminden kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Her ne kadar 10.000 kişiden sadece 1'i üst düzey spor başarısına mahkûm olsa da genetik taramanın o kişiyi mevcut yetenek tanımlama stratejilerinden daha iyi tanımlaması ihtimali de oldukça iyimser görünmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Soyaçekim, atletik performans, yetenek seçimi.

**ABSTRACT**

*Genetic testing, which is comes to the fore on the grounds that athletic performance is partially due to genetic factors, offers a way to determine the benefits of genealogy before adapting to adult performance traits to take the talent selection process forward. While some argue that the many years and thousands of hours of training determination and dedicated effort required to produce elite talent are sufficient, hereditary studies and the the backgrounds of athlete families are clear evidence that innate qualities give certain individuals an advantage for athletic performance. Undoubtedly, athletes with a favorable genetic profile who interact with correct training practices are more likely to achieve higher performance levels. What matters is whether genetic screening techniques can identify the natural advantage or talent in question as part of talent identification programs.*

*As of today, it is understood that the majority of the skills acquired are due to the combination of both innate inheritance and external environmental factors and lifestyle. Although only 1 out of 10,000 people is doomed to top sports success, the possibility that genetic screening will identify that person better than current talent identification strategies also seems quite optimistic.*

**Keywords:** Genealogy, athletic performance, talent selection.

<sup>141</sup> Sorumlu Yazar: Mesut Cerit, Lokman Hekim Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Söğütözü, 06510, Ankara/TÜRKİYE;

E-posta: mesut.cerit@lokmanhekim.edu.tr, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-6910-4770

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Lokman Hekim Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Söğütözü, 06510, Ankara, Turkey



## GİRİŞ

Aday genler ve ilişkili oldukları performans seviyelerinin belirlenmesini sağlayan gen testlerinden alınan bilgiler dayanıklılık veya güç sporlarında başarılı olma eğilimi, yaralanmalara duyarlılık vb. ilgili belirtiler hakkında açıklamalar sunmaktadır. Atletik potansiyelin öngörülebilmesi amacıyla tasarlanan genetik testler ve yetenek seçim havuzuna dahil edilebilecek çok gen ve çok faktörlü araştırmaların giderek artan bir ivme kazanacağından hiç şüphe yoktur<sup>1</sup>. Atletik yeteneğin doğrudan genetik seçimi için bir fırsat sunmaya başlamasıyla birlikte hem bilimsel bilgiler hem de CRISPR gibi teknolojik gelişmeler ortaya çıkmaya başlamıştır. Sporda branşa ve bireye özel eğitimlere erken başlamayı sağlamak için kullanılan yetenek seçimi prosedürleri genellikle çocuklarda uygulanmaktadır. Atletik performansın kısmen genetik faktörlerden kaynaklandığı gerekçesiyle gündeme oturan genetik testler, yetenek seçim sürecini öne almak amacıyla yetişkin performans özelliklerine uyum sağlamadan önce soyaçekimin sağladığı avantajları belirlemenin bir yolunu sunmaktadır<sup>2</sup>. Bununla birlikte, kalıtsal özelliklerin atletik performans gelişimi sürecindeki yansımalarına fizyolojik ve psikolojik özellikler üzerindeki etkileri de dahil olmak üzere her bir sporcuya özgü benzersiz gen-çevre etkileşimleriyle dikkat çekici derecede karmaşıktır<sup>3, 4, 5</sup>.

Bugüne kadar keşfedilen çoğu gen varyantı ve gen ürünleri sadece varsayımsal etkilere sahiptir veya gerçek bir değişken ile bağlantı dengesizliği içindedir. Hedeflenmiş bir yol içinde incelenen birden fazla genin kullanıldığı çok gen ve çok faktörlü bir yaklaşım (FABP4 ve FTR1 geni arasındaki karşılıklı ilişki) yeni yeni ortaya çıkmaya başlamıştır. Her ne kadar atletik potansiyeli tanımlayabilen gen test panellerine önemli ölçüde ilgi duyulsa da mevcut bilgiler, bu noktada böyle bir panelin geliştirilmesini ve uygulanmasını haklı çıkarmak için oldukça yetersizdir. Bir spor etkinliği vesilesiyle o kadar çok yabancı faktör bir araya geliyor ki, bir rakibin diğerinden üstün olduğu kabul edilse bile, sonuç neredeyse her zaman şüphelidir. İdeal genlerin muhtemelen bir sporcuyu büyüklüğe ittiğini, aynı zamanda da bu iyi genlerin de bir sonucu garanti etmediği aşikardır. Atletik performans gelişiminde yer alan süreçte mükemmellik açıklanırken eğitim, motivasyon, çevre vb. atletik performansın dikkate değer karmaşıklığı ve yıllarca süren yoğun, spora özel antrenman zorunluluğu nedeniyle, genetik bilgi en iyi ihtimalle bireyin gelecekteki performans başarı olasılığının sadece bir kısmını açıklayabilir. Bazı araştırmacılar, zirve performansı için ihtiyaç duyulan yeteneklerin kazanılabilmesi için binlerce saatlik antrenmanın ve uzun soluklu dönemlerin üstün bir irade gücü ve adanmış çabanın yeterli olabileceğini iddia etseler de kalıtsallık çalışmalarının ve sporcu ailelerinin geçmişleri doğuştan gelen niteliklerin belirli kişilere atletik performans için bir avantaj sağladığının açık kanıtıdır. Büyük göçlerin başladığı varsayılan alabildiğine büyük coğrafyada değişime uğrayan davranışlar, yaşam koşulları ve iklimsel koşullar Doğu Afrikalıları yüksek dirençli mesafe koşucuları, Batı Afrikalıları ise patlayıcı kuvvet gerektiren kısa süreli sprint disiplinlerinin alternatifsiz örnekleri yapmıştır. Bu durumu belirleyen temel gerçeklik genetikdir. Uzun yıllar boyunca zirvede kalmayı başarabilen son yüzyılın en iyi sprinterlerinin Jamaikalı olması sıradan bir tesadüf değildir. Bilim adamları atletik performansın genlerle güçlü bir bağ oluşturduğunu, insanlar arasındaki farklılıkların sadece deri rengi ve vücut şekli ile sınırlı olmadığını, yaşanan coğrafya ve iklim de bu farklılıkların oluşmasında oldukça etkili olduğunu kanıtlarıyla ifade etmektedirler. Ancak, antrenman uygulamalarının fiziksel performans başarı düzeyini belirleyen bileşenlerden sadece birisi olduğu dikkate alındığında, atletik başarıyı belirleyen yaşam biçimi, motivasyon, beslenme, antrenman stratejisi, deneyim, fiziksel altyapı vb. parametreler arasında dikkate alınması gereken en önemli olgunun da genetik tasarımın sunduğu avantajlardan kaynaklandığı gerçeğidir. DNA dizilimlerinde ya da zincirlerinde kodlanmış olan davranışların sağladığı söz konusu avantajlar bireyler arasındaki farklılıklara sebep olan atletik performansın ulaşabileceği limitleri de belirlemektedir. Ayrıca, atletik başarının öngörülen gelişimi için genetik değişkenlerin doğru diziliminin de hedeflenen çizgiye ulaşmayı ivmelendireceği de aşikardır.

Birçok genin performans özellikleri altında yatan genetik faktörleri ve performansla ilişkili özelliklerinin tahmin oranı yüksek bir seviyeye ulaşmıştır. İlerleyen yıllarda fizyolojik, motor ve psikolojik özelliklerin davranışlara yansıdığı genlerinin lokasyonlarının belirlenmesi muhtemel olmakla birlikte, ergenlik öncesi bahse konu faktörlerin öngörülmesinin başarılı atlet tanımlamasına katkıda bulunup bulunmayacağı da henüz kesinlik kazanmamıştır. Kuşkusuz, doğru antrenman uygulamalarıyla etkileşime giren uygun bir genetik profile sahip sporcuların daha yüksek performans seviyelerine ulaşma olasılığı daha



yüksektir. Önemli olan genetik tarama tekniklerinin, yetenek belirleme programlarının bir parçası olarak söz konusu doğal avantajı ya da yeteneği belirleyip belirleyemeyeceğidir. Bütün bunlara karşın, elit düzey performansla sonuçlanan olası genetik ve yaşanan coğrafyadan kaynaklı bileşimlerin muazzam ve genellikle öngörülemez olma ihtimali de devam edecektir. Son yıllarda özellikle insan genomunda keşfedilen mikro seviyede detayların artarak devam etmesiyle birlikte atletik yetenek ve ilişkili antrenman uygulamaları ve atletik performansı etkileyen genetik elementlerin rolü çok daha net anlaşılacaktır. Bununla birlikte, bugüne kadar elde edilen verilere bakılarak, atletik performans gelişiminde yer alan genlerin metabolizmada yarattığı olumlu ya da olumsuz etkilerin genel ifadesinin açık olmadığı da aşikardır.

### Atletik Performans ve Aday Genler

Bouchard ve arkadaşları (1997) tarafından başlatılan çalışmalarda biyomotor yeteneklerin ve çeşitli özelliklerle bağlantılı spesifik genlerin hedeflenen performans gelişimine kazandırdığı potansiyel etkiler araştırılmıştır. Yapılan çalışmalardaki ilerlemeler ve teknolojideki gelişmeler, performansla ilişkili özellikler ve genetik ilişki bağlantısı hakkında daha fazla çalışma yapılmasına olanak sağlamış ve yakın zamanlarda yayımlanan insan gen haritasında yaklaşık 200'den fazla aday gen tanımlanmıştır<sup>5,6,7</sup>. Bugüne kadar yapılan araştırmalar ve birçok tartışmaya rağmen genetik faktörlerin atletik yeteneği tanımlama önemini kanıtlara dayalı olarak tanımlanmış, antrenör ve sporcuların genetik teknolojileri kullanarak gelecekteki sporlara özel antrenman uygulamalarını seçmelerinin yolunu açmıştır. Yetenek seçimi stratejileri, farklı birçok disiplinde, gelecekteki atletik yeteneklerle ilişkisini çok gen ve çok faktörlü bir öngörüler çerçevesinde kurgulanan fizyolojik, zihinsel ve performans dayalı testlerin (bazen de aile geçmişinin) kombinasyonlarını içeren uzun bir geçmişe sahiptir. Bu yüzden antrenörlerin ve yetenek avcılarının yetenek seçimi kriterlerine genetik bilgilerin de eklenmesi mantıklı bir yaklaşım olarak düşünülebilir. Ancak söz konusu uygulama ya da yöntemlerin endişe yaratan sakıncaları da ortaya çıkabilir, daha da önemlisi genetik katkıların performans gelişiminde yaratacağı olumlu etkilerin, halihazırda kullanılan yetenek testlerinde (alan testleri) kayda değer bir şekilde iyileşme yaratıp yaratmayacağıdır. Ayrıca, genetik tarama yöntemlerinin tercih edilmesi atletin özerkliği, genetik mahremiyeti ve ayrımcılık gibi dikkate alınması gereken önemli detayları içermektedir. Yetenek seçimi kütüphanesine genetik testlerin eklenmesiyle ortaya çıkan etik ikilemlerin, sporcu seçimindeki iyileştirmelerin potansiyel faydalarından daha ağır basıp basmadığı da belirsizliğini korumaktadır. Söz konusu genetik yatkınlık testleri ve ilişkili programların uygulanabilirliği ve arzu edilen beklentilerin gerçekleşmesi gibi ortaya konulan net bir sonuç mevcut değildir. Hatta, çocuklara ya da gençlere “sen bu iş için uygun değilsin” varsayımı (sporcu ve ailesi açısından endişe ve hayal kırıklığı, antrenörü açısından da negatif bakış açısı sağlayabilecektir) bireyin ya da söz konusu kişilerin motivasyonunu olumsuz yönde etkileyebilmektedir<sup>2,5</sup>.

Atletik performansın en köklü ve en fazla üzerinde durulan biyomotor özellikleri sürat, güç ve dayanıklılık parametreleridir<sup>2</sup>. Aday genlerin açıklanan test sonuçları bireylerin daha çok bir sprinter veya dayanıklılık sporcusu olup olmayacağı ile ilişkilidir. *ACTN3* ve *ACE* patlayıcı kas kasılma kuvvetiyle ilişkili birincil aday genlerdir<sup>1,2</sup>. *ADRB2/ADRB3*, *BDKRB2* ve *AGT* genleri kan akışı, *COL5A1* esneklik ve *GNB3* geninin gelişmiş hücre sinyali gibi özelliklerle ilişkili olduğu ifade edilmektedir. *ACTN3* varyantı rs1815739'un olası genotip değerleri C ve T'dir. Hem anneden hem de babadan değişime uğramadan aktarılan CC baz çiftleri alfa-aktinin-3 üretimiyle birlikte hızlı kasılan kas liflerinde mevcut olan patlayıcı gücün bir göstergesidir. *ACTN3* CC rs1815739 genotipi elit sprinterlerin potansiyel kabiliyetini göstermektedir<sup>2,6</sup>. Bir diğer önemli işaretleyici gen *ACE* (anjyotensin dönüştürücü enzim)'de sprint ve dayanıklılık parametresiyle yakından ilişkilidir<sup>1,2,8</sup>. *ACE* rs1799752 varyantının olası genotip değerleri I (insertion)ve D (deletion) polimorfizmleridir. *ACE*, elektrolit dengesini ve sistemik kan basıncını düzenleyen bir vazokonstriktör enzimdir<sup>1</sup>. *ACE* genotipi atletik performans gelişiminde kardiyovasküler, iskelet kası fonksiyonu, hızlı kas kasılma aktivitesi (DD) ve kas verimliliği (II) ile ilişkilidir. II genotipliler sprint özelliğine oranla dayanıklılık için daha fazla doğal yeteneğe sahiptirler<sup>2,5</sup>. *ACTN3* ve *ACE* varyantları hem anneden hem de babadan değişime uğramadan (homozigot) yavruya aktarıldığında sprint ve güç sporlarında avantajlı (RR/DD), hem anneden hem de babadan değişime uğrayarak yavruya aktarılanlar (homozigot mutant-XX/II) ise dayanıklılık aktivitelerinde üstünlük sağlamaktadırlar<sup>2</sup>. 2014 yılında 37 kişiden oluşan elit sporcu grubu ve 37



kişiden oluşan bir kontrol grubu üzerinde yapılan bir çalışmada XX alellerin dayanıklılık sporunda açığa çıkan olumlu yansımalarının elit sporcularda, kontrol grubuna oranla daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Kısa mesafeli koşular ve sprinterlerde baskın anaerobik ve anabolik yapıdaki RR alellere oranla aerobik yapıdaki XX genotiplilerin dikkat çekici şekilde daha az sayıda olduğu gözlenmiştir. ACTN3 polymorfizminin kısmi özellik gösteren RX alelinin ise kontrol grubunda %86,48, üst düzey atletlerde ise %54,05 olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, Alfred ve arkadaşlarının 2011 yılında yaptıkları bir diğer çalışmada ACTN3 II polymorfizminin aerobik dayanıklılığın baskın olduğu faaliyetlerde daha avantajlı, sprint gibi patlayıcı güç gerektiren aktivitelerde ise dezavantajlı oldukları ortaya konulmuştur<sup>10</sup>.

Güç ve dayanıklılık parametrelerinde yer alan diğer aday genlerin dışında kan akışıyla ilişkili olarak dört aday gen dikkati çekmektedir; *ADRB2/ADRB3* rs1042713/rs4994 iskelet kası kan akışı, *BDKRB2* rs1799722 kan damarlarının büyümesi ve *AGT* rs699 (anjyotensinojen proteinin üretimini tetikler) egzersize verilen kan basıncı yanıtını belirlemektedir. Söz konusu özelliklere sahip olan bireyler için sırasıyla AA, AA, CT ve AG ideal örneklerdir. Diğer iki gen ise esneklik (*COL5A1*) ve geliştirilmiş hücre sinyaliyle ilişkili *GNB3*'tür. *COL5A1* varyantı (rs12722) CC olup ilave bir artış olmadığını gösterir, ancak *GNB3* varyantı (rs5443) CC homozigotlar atletik performansın olumlu gelişimi için bireysel dayanıklılık kabiliyetine ilave desteğe ihtiyaç duyarlar. 2012 yılında yapılan bir araştırmada, CC ve CT allellerine sahip kişilerde hemoglobinin değerlerinin TT allellerine sahip kişilerden daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir<sup>11</sup>. Enerji kategorisinde, *HIF1A* genotipli bireylerin hipoksik uyaran tepki varyantı (rs11549465) homozigot normaldir, atletik performans kabiliyetinde normal enerji seviyelerini tavsiye eden enerji metabolizması varyantı ise heterozigot *PPARGC1A* (rs8192678)'dur.

Kas hücrelerinin iyileştirilmesinde öncü bir sitokin olan homozigot *IL-1B* (rs16944) varyantına sahip olanlar kuvvet antrenmanının olumlu etkilerinden daha fazla yararlanabilirler. Söz konusu bireyler, *HNF4A* (rs745975) lipid metabolizması regülatör varyantı, reaktif oksijen türlerini (*ROS*) düzenleyen *NAT2* varyantı (rs1208) ve kas büyümesini ve gelişimini düzenleyen *IGF1* varyantı (rs35767) için de heterozigot özellik yansıtmaktadırlar. Fiziksel eforlar esnasında kalp kası verimliliğini belirleyen *KIF5B* (rs211302) varyantı, kardiyovasküler cevap ve gevşeme ile ilgili *NOS3* (rs2070744) ve *NPY* (rs16139) varyantlarının homozigot özellikleri egzersiz ve kan lipid konsantrasyonuna ve kalp atış hızı cevaplarını olumlu yönde etkilemektedir. Ayrıca, kalp atış hızının verdiği cevaplarla ilişkili olan heterozigot *CREB1*(rs2253206) varyantı da egzersiz eforunun kalp zorlamasına neden olup olmayacağını tanımlamaktadır.

*ACE*, *ACTN3*, *ADRB2/ADRB3*, *AGT*, *BDKRB2*, *COL5A1* ve *GNB3* dayanıklılık ve sprint genleri de egzersiz esnasında kan basıncının düzenlenmesi, pulmoner, kardiyovasküler kas kasılması ve tendon boyutundaki esneklik aralığı ve gelişmiş hücre sinyali ile ilişkili olduğu gözlemlenmiştir. *HIF1A* ve *PPARGC1A* enerji ya da kalori yakan genler, oksijen ve glikoz taşınması ve enerji metabolizması ile ilişkilidir. PPAR-a ve PPARC1A genlerinin, aerobik enerji sistemini baskın olarak kullanan aerobik güç özelliği ve yavaş kasılan kas lifi oranı yüksek olan elit dayanıklılık sporcularının performans düzeylerine etkisini araştırmak amaçlı yapılan bir çalışmada (60 elit dayanıklılık sporcusu ve 110 kişilik sedanter kontrol grubu) elit dayanıklılık sporcularında aerobik performanslarını ortaya koyma konusunda yüksek bir etkiye sahip olduğu gözlenmiştir<sup>12</sup>. *HFE*, *HIF1A*, *HNF4A*, *IGF1*, *IL-1B*, *MSTN* *GDF8* ve *NAT2* genleri egzersize uyaranlarına karşı organizmanın vermiş olduğu reaksiyonları, glikoz, insülin, inflamasyon ve demir depolama seviyelerindeki dengelyi sürdürme ve kas liflerinin hipertrofisini artıran genlerdir. Ayrıca, *CREB1*, *KIF5B*, *NOS3*, *NPY* genleri de kalbin yüklenmeler esnasındaki işleyişi (kalp atım hızı) ve mitokondriyal gelişim safhalarıyla birlikte çizgisiz kasların gevşemesi, kardiyovasküler fonksiyonlar ve kan lipid konsantrasyonları ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. *ADRB1*, *APOE*, *NRF1* genleri oksijen alımı, lipoproteinlerin metabolik regülasyonu (hücresel seviyede dokuda ve dolaşımdaki lipidlerin artışı tetikleyen *FABP4* geninin etkilerini azaltarak dengesizlikten dengeliliğe doğru yönelişi savunma sistemlerini harekete geçirerek sağlayan *NRF1* kolesterol geni obesitenin engellenmesinde aktif rol almaktadır), mitokondriyal genesis ve oksidatif fosforilasyon ile ilişkili genlerdir. Bununla birlikte *AMPD1*, *APOA1*, *PPARA*, *PPARD* genleri (metabolizma genleri), lipid metabolizması, kas glikolizi, yağ asidi oksidasyonu ve glikoz homeostazı, *CKMM* / *CKM*, *IL6* genleri toparlanma (recovery) enerji kaynaklarının yönetimi, taşınması, inflamasyon ve kas hasarı onarımına yanıt vermede etkili olduğu ifade edilen genlerdir. CK-MM geni üzerinde oluşan polimorfizmlerin aerobik



dayanıklılık performansında artışa sebep olduğu gözlemlenmiştir. Bu kapsamda yapılan bir çalışmada 20 haftalık dönem içerisinde uygulanan egzersizler sonrasında gözlemlenen performansın artışı ve oksijen ihtiyacının azalması arasında anlamlı bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir<sup>13</sup>. *DNAPTP6*, *PAPSS2* ve *C18orf2* genleri de egzersize genetik yatkınlığı belirleyen aerobik ve anaerobik özellikteki kas lifleri ve beyin proteinlerinin ekspresyonu ve maksimal yüklenme kapasitesi ile ilişkilendirilir. Ayrıca, ligament ve tendon kuvvetini etkileyen ve spor yaralanmalarında ağrı eşliğini ve iyileşme sürecini etkileyen *COL1A1*, *COL5A1*, *GDF5*, *MMP3* ve *CILP* genleri de kolajen oluşumu, kıkırdak yapısı, hücre dışı matris bakımı ve tendon onarımı ile ilişkilendirilmektedir.

Günümüzde *ACE* ve *ACTN3* (alfa-aktinin-3) polimorfizmleri gibi sadece çok sınırlı sayıda performansla ilişkili genetik lokus bilinmektedir. Bununla birlikte, sedanterler ve sporcuların büyük gruplarında genom çapında yapılan bağlantı çalışmaları genetik kimliği belirleme repertuarına da ivme kazandıracaktır. Mevcut genetik teknolojiler halihazırda kullanılan yetenek seçim stratejileriyle anlamlı bir şekilde örtüşmeyebilir, ancak genom özellikli teknolojilerin özellikle CRISPR teknolojisi gibi sporla ilgili özelliklere uygulanması çok yakın gelecekte manzarayı değiştirebilir. CRISPR teknolojisi, genetik kod bölümlerinin ekleme, kaldırma gibi yöntemlerle genleri yönlendirme amaçlı genom düzenlemede etkili bir teknoloji yöntemidir. Bazı genetik hastalıkları iyileştirme ihtimalini hücredeki DNA yapısında yaptığı değişikliklerle ortaya koymaktadır. Binlerce yıldır insanlar doğuştan gelen yeteneklerin ve çevresel faktörler gibi dış etkileşimlerin herhangi bir sayıda özelliğin gelişimindeki rollerini tartıştılar. Bugün itibarıyla kazanılan yeteneklerin büyük çoğunluğunun hem doğuştan gelen kalıtım hem de dış çevresel faktörlerin ve yaşam biçiminin birleşiminden kaynaklandığı anlaşılmaktadır<sup>1,2,3,4,5,6,8,14,15,16,17</sup>.

### Tartışma ve Sonuç

Genetik miras ya da kalıtımın sportif performans üzerindeki etkileri şüphe götürmez bir gerçektir. Ancak, bugün itibarıyla atletik performansla ilişkili olarak tanımlanan iki yüzden fazla aday genin dışında daha da fazla gen olabileceği ve esas itibarıyla söz konusu aday genler ve bu genlerle ilişkili diğer genlerin ortaya çıkarılması neticesinde metabolizmada açığa çıkarabileceği olumu ya da olumsuz yansımalarının ilerleyen zamanlarda akıllarda yer tutan kuşkulara açıklık kazandıracığı muhakkaktır. Şimdilik, sadece aday genler ve organizmada yarattığı etkiler göz önüne alınarak yapılan değerlendirmelerin çok gen ve çok faktörlü olası sonuçların ötesinde olduğu, ilerleyen zamanlarda genler ve birbirleriyle eşgüdümü neticesinde oluşabilecek enerji kaynakları, immün sistem, hormonal ve enzimatik aktiviteler vb. metabolik durumların karşılıklı etkileşimleri hakkında bir fikir birliği sağlanabileceği öngörüsü ihtimali göz önünde bulundurulmalıdır.

Günümüzde çok yaygın olmasa da birçok ülkede olası yeteneklerin ve sakatlanma ihtimali ve iyileşme süreçlerinin belirlenmesine yönelik genetik testler uygulanmaktadır. Kesin sonuçları yansıtmıyorsa da spor ve bilim dünyasında tartışmalar yaratan bu testlere ve çalışmalara önyargı ile yaklaşımdan çok disiplinler arası çalışmalarla genetik ve sportif performans ilişkisinin ilerlemesine katkıda bulunulmasının yerinde olacağını düşünmekle birlikte; söz konusu yetenek işaretleyicilerin tılsımlı bir destek olmadığı da muhakkaktır. Genetik testler; sporcuların ve antrenörlerin hedeflerine bir adım daha yaklaştıracak kullanışlı yöntemlerdir; ancak söz konusu testlerin, sportif yeteneği belirleme ve antrenman şiddetini tayin etme gibi işlevlerinin tek başına yeterli olması muhtemel değildir. Sportif başarıyı tetikleyen genetik miras; çevresel faktörler, yaşam biçimi, antrenmanların uygulanması, yüklenmelerin kapsamı ve şiddeti, sinir kas uyumunun gelişimi (kas içi ve kaslar arası eşgüdüm), yeterli beslenme ve kültürel farklılıklar gibi çok faktörlü parametreler bireye özgü değişimler ya da farklılaşmalar açığa çıkarabilir. Söz konusu değişkenler göz önünde bulundurularak performans gelişimi ve sportif başarı hakkında belli başlı öngörülerde bulunulabilir. Genetik testlerin sportif yeteneği belirleme ve antrenman şiddetini tayin etme gibi işlevinin tek başına yeterli olabilme ihtimali sınırlıdır ve tartışmalara açık bir olgudur<sup>18,19</sup>.

Genetik ve sportif performans ilişkisi yeni bir olgu ve dikkat edilmesi gereken detaylar içermektedir. Gen testleri ile alınan sonuçlar sporcu ve antrenörlere yol gösterici mahiyette hedefe bir adım daha yaklaşılmasına olanak sağlayabilecek yöntem ya da uygulamalar olmalıdır. Yetenek seçiminde kullanılan bir diğer yöntem olan alan testleri (yetenek seçimi) vasıtasıyla da doğru branş seçimi yapılabilir, ancak bilimsel



destekten yoksun olacak şekilde uygulanan yetenek seçimi yöntemleri sporcunun ve antrenmanla ilişkili tüm bireylerin (antrenör, aile vb.) uzun süreli olarak zaman kaybına ve başarısızlığına neden olabilir. Bireyler şahsına özeldir, hangi antrenman tipinin kimlere uygun olduğu öngörüsü genetik özellikler de dikkate alınarak tespit edilebilir. Yetenek seçimi ya da fiziksel performans kriterlerinin belirlenmesi amacıyla kullanılan saha (uluslararası normlar çerçevesinde) ya da laboratuvar değişkenlerinin (performans testleri ve performans genleri gibi) miktarının artırılmasının birey ya da bireyler arasındaki farklılıklardan kaynaklanan yanılma yüzdesini de azaltabileceği öngörülmektedir<sup>2</sup>.

Dikkat edilmesi gereken bir ayrıntı da test edilen aday genlerin (*ACE*, *ACTN3*, *NOS3* vb.) dolaşımsal ve kassal fonksiyonları açığa çıkarabilmesi ihtimaline karşılık, anneden doğrudan alınan mitokondriyal DNA'nın içeriğinde mevcut olan 37 genin atletik performansa yansımalarını tespit edebilmenin ihtimaller dahilinde olmadığıdır. Çünkü atletik performans anneden alınan genlerin oksidatif metabolizma yeteneğinin sınırları ölçüsünde uygulanabilir. Doğuştan gelen yeteneklerin motivasyon ve başarıdaki kalıcılığa karşı önemi hakkında ki tartışmalar da uzun zamandır spor bilimleri dünyasını meşgul etmektedir. Bazıları, elit yetenekler üretmek için gerekli olan uzun yıllar ve binlerce saatlik antrenman kararlılığının ve adanmış çabanın yeterli olduğunu iddia etseler de<sup>20</sup>, kalıtsallık çalışmalarının ve sporcu ailelerinin geçmişleri doğuştan gelen niteliklerin belirli kişilere atletik çabalar için bir avantaj sağladığının da açık kanıtıdır<sup>2</sup>.

Genetik faktörlerin atletik performans üzerindeki rolünün kanıtları, egzersizin özelliğine bağlı olarak önemli ölçüde değişir. Anaerobik performans veya iskelet kası özellikleri gibi değişkenlere ilişkin sınırlı verilerden genetik faktörlerin aerobik performans ve kardiyak fonksiyondaki (mitokondriyal DNA yoluyla doğrudan yavruya aktarılan özellikler) varyasyonun yaklaşık %40-60'ını, anaerobik performanstaki varyasyonun ise %50-90'ını oluşturduğu öngörülmektedir. İnsan genomundaki yaklaşık üç milyar nükleotid (baz çiftleri) ile genlerin aktivitesini etkileyebilecek nükleotid kombinasyonlarının sayısı esasen sonsuzdur. Son yıllarda özellikle insan genomunda ortaya çıkarılan bilgilerin artarak devam etmesi, önümüzdeki yıllarda atletik performans ve ilişkili antrenman uygulamaları ve performansı etkileyen genetik elementlerin rolünü daha da netleştirecektir. Bununla birlikte, bugüne kadar elde edilen verilere bakılarak, atletik performans gelişiminde yer alan genlerin metabolizmada yarattığı olumlu ya da olumsuz etkilerin genel ifadesinin açık olmadığı da anlaşılmaktadır.

*ACE* ve *ACTN3* gibi performansla ilişkili gen varyantları, farklı bağımsız araştırma grupları tarafından incelenmiş ve çelişkili sonuçlar (özellikle homojen olmayan kısa süreli ve küçük gruplarda) rapor edilmiştir. Bugün birçok ülkede performansla ilişkili olduğu ifade edilen gen testleri yapılmaktadır. Söz konusu gen testleri sadece aday geni irdelemekte, ancak diğer genlerle ilişkisini ve başka hangi genlerin bahse konu gelişimde ya da sınırlı gelişimde etkili olup olamayacağını açıklamamaktadır. Aynı şekilde, çocuklarda ve gençlerde atletik performans gelişimini sağlayan aday genlere bakılarak ilgili spor branşlarına yönlendirmenin de doğru antrenman uygulamaları (yüklenme dozajları, biyomotor ve yardımcı biyomotor özelliklerin eş güdümü vb.) yapılmadığı müddetçe herhangi bir anlam taşımayacağı değerlendirilmektedir.

Sportif performansı belirleyen faktörlerin neler olduğuna dair yapılan araştırmalardan en doğru sonucu alabilmek için, bu araştırmaların öncelikle büyük ve homojen (ırk, cinsiyet, coğrafi orijin, kültürel ve çevresel farklılıklar, spor branşı, antrenman geçmişi, efor süresi ve şiddeti vb.) grupları kapsaması gerekir. Bu sayede hem yetenekli sporcular seçilebilecek hem de sporcuların antrenman programlarının düzenlenmesinde kullanılabilecek sağlıklı bilgiler elde edilebilecektir. Sportif başarıyı tetikleyen genetik miras; çevresel faktörler, yaşam biçimi, egzersiz programlarının uygulanması (yüklenmelerin kapsamı ve şiddeti), sinir kas uyumunun gelişimi, yeterli beslenme ve kültürel farklılıklar ile harmanlanarak bireye özel değişimler ya da farklılaşmalar ortaya çıkarır ki ancak tüm bu değişkenler göz önünde bulundurularak performans gelişimi ve sportif başarı hakkında sağlıklı öngörülerde bulunulabilir<sup>2, 5</sup>.

Yetenek testlerinin yansıttığı bilgiler genetik teknolojilerle yapılan seçimlerden farklı değildir, her ikisi de küçük bilgi parçalarına dayanarak gelecekteki başarı olasılığını tahmin etmeye çalışır. Ancak, seçkin atletik performansın tanımlanabilir genetik faktörlerden ne ölçüde etkilendiğini ortaya çıkarabilme olasılığı oldukça düşüktür. Buna mukabil, yetenek avcıları elit sporculardaki birçok özelliği çocuklarda doğrudan gözlemleyemedikleri için çocukların ilerleyen yaşlarda ortaya koyacakları atletik performans seviyesini ya da özelliklerini belirleyebilme potansiyeli, genetik test programlarının ardında yatan temel gerçektir. Bugüne



kadar yapılan çalışmalar çoğunlukla atletik performansı oluşturan fizyolojik özelliklerin altında yatan genlerin tanımlanmasına odaklanmıştır, ancak tutum, motivasyon, stratejik düşünme ve diğerleri gibi psikolojik özelliklerin de performansa katkıda bulunduğu şüphesi tam olarak açıklığa kavuşmamıştır<sup>21</sup>. Bu nedenle, motivasyon ve özveriyi öngören psikolojik özelliklerin genetik profillemesinin bir yetenek tanımlama programında başarı sağlama olasılığı daha yüksektir. İlgili genlerin profillemeye ki kullanımları fizyolojik özelliklerle ilişkili genlerden çok daha zor ve oldukça karmaşık olan gen-çevre etkileşimlerinde hareket etme olasılığı da daha yüksektir<sup>22,23</sup>. Dahası, gelişimin doğasında zaman veya mekâna göre değişen rastlantısal olguların önemi de oldukça fazladır. Genler, her biri sonucuna özgü bir öngörülemez özelliklere sahip olan sinyal yolları ve biyokimyasal süreçlerle etkileşime giren karmaşık ağlar içinde düzenlenir<sup>24</sup>. Doğru genler ve doğru çevre bile hücrel girişimin olasılığı nedeniyle optimal gelişme sağlamak için yeterli olmayabilir<sup>1,2,4,5,6,8,14,15,16,17</sup>.

Sporcu seçimi için yapılan genetik testler yanıltıcı ve dolayısıyla ayırmacı olma potansiyeline sahiptir, çünkü genetik etkinin karmaşıklığı zorunlu olarak bazı aday genlerin farklı kişilerde az çok önemli olduğu anlamına gelecektir. Eşsiz genetik profil, elit statüyü engellemez, bazı bireyler genetik bilgiye dayalı spor mükemmelliği için seçilecekler, ancak gerçekte bunu elde edemeyeceklerdir. Önemli olan genetik tarama tekniklerinin, yetenek belirleme programlarının bir parçası olarak söz konusu doğal avantajı ya da yeteneği belirleyip belirleyemeyeceğidir. Önümüzdeki yıllarda belirli fizyolojik, psikomotor ve psikolojik özelliklerin genlerinin belirlenmesi muhtemel olmakla birlikte, çocukluktaki bu faktörlerin tanımlanmasının başarılı atlet tanımlanmasına katkıda bulunup bulunmayacağı henüz kesinlik kazanmamıştır<sup>2</sup>. Kuşkusuz, doğru antrenman uygulamalarıyla etkileşime giren uygun bir genetik profile sahip sporcuların daha yüksek performans seviyelerine ulaşma olasılığı daha yüksektir. Ancak, elit düzey performansla sonuçlanan olası genetik ve çevresel faktör bileşimlerinin muazzam ve genellikle öngörülemez olma ihtimali de devam edecektir. Söz konusu parametreler (genetik, çevre ve yaşam biçimi), bir yetenek tanımlama programının bir parçası olarak genetik taramanın kullanılabilirliğini sınırlayacaktır. Her ne kadar 10.000 kişiden sadece 1'i üst düzey spor başarısına mahkûm olsa da genetik taramanın o kişiyi mevcut yetenek tanımlama stratejilerinden daha iyi tanımlaması ihtimali oldukça iyimser görünmektedir<sup>5</sup>.

Genetik tanımlama programlarına dahil olan sporcular daha önce uzmanlaşmış, spora özel antrenmana daha erken erişmenin gelecekteki başarı şansını artıracığına ilişkin yanlış varsayım içerisine girerler. Bu tür erken uzmanlaşmanın sadece olumsuz sonuçları değil, aynı zamanda gelecekteki başarı için bu tür bir uzmanlaşmanın gerekli olup olmadığı da sorgulanmaktadır. Belki de genetik testin en olası kullanımı, çok sayıda alanda aktarılabilen psikolojik veya motor becerilerde bazı genel kapasiteleri olan bireylerin tanımlanması olacaktır. Bu bireyleri eğlenceli ve motive edici atletik aktiviteler yapmaya teşvik etmek hem fiziksel hem de duygusal olarak gelişmek için kilit fırsatlar sunabilecektir. Bireysel genotip özellikleri öğrenmek, sporcunun uyumlu bir yöne veya ideal performans gösterebileceği aktivitelere/branşlara yönlendirmesini sağlayarak, bireysel odaklı eğitim programlarının oluşturulmasını ve elit sporcu olmaları için genetik potansiyeli olan bireyleri tanımak için yararlı ve kullanılabilir bir araç olabilir. Ayrıca, söz konusu bilgiler aynı zamanda antrenörlere rehberlik bilgileri vererek onlara yardımcı olma fırsatı verirken aktif sporcuların fizyolojik zayıflıklarını en iyi şekilde üstesinden gelmelerini ve kişisel antrenman programlarını bireyin fizyolojik özelliklerine göre tasarlamalarını sağlayabilir.

## KAYNAKÇA

1. Cerit M., ve ark., (2006). Relationship Between ACE Genotype and Short Duration Aerobic Performance Development. *Eur J Appl Physiol*, 98 (5), 461–465, doi: 10.1007/s00421-006-0286-6.
2. Cerit M., (2018). Hypothetical Approach to the Location of Genotypes (ACE & ACTN3) Associated with Energy System for the Athletic Performance. *Journal of Sport Science Researches*, 3(1),97-105, ISSN:2548- 0723.
3. Cerit, M., ve ark., (2019). Association Between the ACE I/D Gene Polymorphism and Comparison of 3000m Running Performance With and Without Equipment During the Basic Military Training. *International Journal of Applied Exercise Physiology*. Vol.8 (2.1).



4. Cerit, M., (2019). The Effects of the Angiotensin-Converting Enzyme (ACE) Genotype on 3000 m Running (VO<sub>2</sub>max) Performance & Body Composition in Turkish Army Soldiers: Longitudinal Study. *International Journal of Applied Exercise Physiology*. Vol.8, (2.1). Doi: 10.30472/ijaep.v8i2.1.566.
5. Cerit, M., (2020). The Secrets to Better Athletic Performance. *Journal of Scientific and Technical Research*. ISSN:2574-1241. DOI: 10.26717/BJSTR.2020.25.004132.
6. Cerit, M., (2006). Relationship Between ACE Genotypes and Short Duration Aerobic Performance Development. PhD Thesis, Institute of Health Sciences, Sport Sciences Division, Ege University, Izmir, Turkey.76-85.
7. Bouchard, C., Malina, R. M., Perusse, L., (1997). Genetics of Fitness and Physical Performance. *Human Kinetics*, Champaign, IL.
8. Cerit, M., Erdogan, M., (2018). Evaluation of The Soldier's Physical Fitness Test Results (Strength Endurance) In Relation To ACE Genotype. *International Journal of Sport Sciences and Health/* Vol. 5 / No. 9-10 Pp. 123- 136 Tetova / 2018; Issn 2545-4978.
9. Günel, T., Gümüşlüoğlu, E., Hosseini, M. K., Yılmaz, Yıldırım. E., Dölekçap, İ., Aydınli, K., (2014). Effect of Angiotensin I-Converting Enzyme and A-Actinin-3 Gene Polymorphisms on Sport Performance". *Molecular Medicine Reports*. 9: 1422-1426.
10. Alfred, T., Ben-Shiomo, Y., Cooper, R., Hardy, R., Cooper, C., Deary, I. J., et al. (2011). ACTN3 Genotype, Athletic Status, and Life Course Physical Capability: Meta-Analysis of the Published Literature and Findings from Nine Studies. *Hum Mut.*, 32:1008–1018.
11. Nurten, Dinç., Yücel, S. B., Sayın, M. V., Taneli, F., (2012). Futbolcu ve Sedanterlerde Gnb3 C825t Mütasyonunun Atletik Performansa Etkisi. *Spor Hekimliđi Dergisi*, 47(1), 011-018).
12. Tural, E., Kara, N., Agaoglu, S. A., Elbistan, M., Tasmektepligil, M. Y., Imamoglu, O., (2014). PPAR- $\alpha$  and PPARGC1A Gene Variants Have Strong Effects on Aerobic Performance of Turkish Elite Endurance Athletes. *Molecular biology reports*, 41(9), 5799-5804.
13. Echegaray, M., Rivera, M. A., (2001). Role of Creatine Kinase Isoenzymes on Muscular and Cardiorespiratory Endurance: genetic and molecular evidence. *Sports Med.*, 31:919- 934.
14. Erdemli, Köse, S. B., Sur, Ü., Yirun, A., Balcı, A., Gümüsel, Koçer, B., Erkekođlu, P. (2020). CRISPR-Cas9 Teknolojisi, Güvenliđi ve Etik Açından Deđerlendirilmesi. *Journal of Literatura Pharmacy Sciences*. 9(1):50-64.
15. Cerit, M., Çakıroğlu, T., (2019). Genetik ve Atletik Performans. *TURAN-SAM Uluslararası Bilimsel Hakemli Dergisi*. p-ISSN: 1308-8041, e-ISSN: 1309-4033; Cilt: 11/YAZ, Sayı: 43.
16. Cerit, M., Oral, O., (2019). Genetik ve Atletik Performans. *TURAN-SAM Uluslararası Bilimsel Hakemli Dergisi*. 11(43), 494- 500. doi.org/10.15189/1308-8041- ISSN :1308-8041.
17. Cerit M., Erdođan, M., Oral, O., (2019). Association Between the ACE I/D Gene Polymorphism and Comparison of 3000 m Running Performance With and Without Equipment During the Basic Military Training. *International Journal of Applied Exercise Physiology*.8(2.1),799-806. Doi:<https://doi.org/10.30472/ijaep.v8i2.1.566>.
18. Cerit, M., (2018)., The Effects of The Angiotensin-Converting Enzyme (ACE) Genotype on Body Weight and Body Fat Mass Following Medium & Long Duration Aerobic Performance Development in Army Recruits. *International Journal of Sport Sciences and Health*, UDC 796.015.572:616-056.7-056.257]:355.21(560). ISSN 2545-4978.
19. Epstein, D., (2015). Sports Genes. What makes Great Athletes and Why it Matters.
20. Ericsson, K. A., Krampe, R. T., Heizmann, S.,(1993a). Can We Create Gifted People? *Ciba Foundation Symposium* 178, 222–231.
21. Folland, J., ve ark., (2000). Angiotensin-Converting Enzyme Genotype Affects the Response of Human Skeletal Muscle to Functional Overload. *Exp Physiol*, 85: 575-579.
22. Simoneau, J. A., Bouchard, C., (1995). Genetic Determinism of Fiber Type Proportion in Human Skeletal Muscle. *FASEB Journal* 9, 1091–1095.
23. Davids, K., Baker, J., (2007). Genes, Environment and Sport Performance: Why the nature-nurture dualism is no longer relevant. *Sports Medicine* 37, 961–980.





<http://www.turansam.com>

\*\*\*\*\*

TURAN-SAM: TURAN Stratejik Araştırmalar Merkezi \* TURAN-CSR: TURAN Center for Strategic Researches

TURAN-SAM Uluslararası Bilimsel Hakemli Dergisi; p-ISSN: 1308-8041, e-ISSN: 1309-4033; Yıl: 2020; Ay: Aralık; Cilt: 12/SONBAHAR, Sayı: 48  
TURAN-CSR International Scientific, Peer-Reviewed & Refereed Journal; p-ISSN: 1308-8041, e-ISSN: 1309-4033; Year: 2020; Month: December; Volume: 12/AUTUMN, Issue: 48  
DOI: <http://dx.doi.org/10.15189/1308-8041>

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