






Futbolcularda ACTN3 rs1815739 Polimorfizmi, Fiziksel Özellikler ve Mevki İlişkisinin Araştırılması: Bir Takım Örneklemi

Investigation of ACTN3 rs1815739 Polymorphism, Physical Characteristics, and Position—Relation in Football Players: A Team Sample

Aleyna MUHAN¹ 
Tolga POLAT¹ 
Özge Özlem YILMAZ¹ 
Beste TACAL ASLAN¹ 
Korkut ULUCAN² 

¹Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Temel Tıp Bilimleri Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

²Marmara Üniversitesi, Dış Hekimliği Fakültesi, Temel Tıp Bilimleri Bölümü, Tıbbi Biyoloji ve Genetik Birimi, İstanbul, Türkiye

ÖZ

Çalışmamızda, profesyonel futbolcularda alfa aktinin-3 geni rs1815739 polimorfizmini belirlemeyi, genotip ve allel frekanslarını sedanter bireyler ile karşılaştırmayı hedefledik. Ayrıca futbolcuların genotipleri ile mevkileri arasındaki ilişkiyi saptamayı amaçladık. Çalışmamıza 20 futbolcu katılmıştır. Spor geçmişi olmayan 76 katılımcı kontrol grubu olarak çalışmamıza dahil olmuştur. DNA izolasyonu, kan örneklerinden PureLink DNA izolasyon kiti kullanılarak üretici firmanın prosedürlerine göre gerçekleştirilmiştir. rs1815739 polimorfizmi izole edilen DNA materyalinden Real-Time PCR cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen verilerin istatistiksel analizlerini IBM SPSS 21.0 (IBM Statistical Package for Social Sciences Corp., Armonk, NY, ABD) programı kullanılarak kıkare analizi ile gerçekleştirilmiştir. $p < ,05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir. Futbolcularda 2 bireyde CC (%10), 7 bireyde CT (%35), 11 bireyde TT (%55) genotipi gözlemlenmiştir. Kontrol grubunda CC, CT ve TT genotipleri sırasıyla 15 (%19,7), 41 (%53,9), 20 (%26,4) olarak tespit edilmiştir. C alleli futbolcularda 11 (27,5), kontrol grubunda 71 (%46,71); T alleli ise futbolcularda 29 (72,5), kontrol grubunda 81 (%53,29) olarak bulunmuştur. Futbolcu ile kontrol grubu arasında genotip ($p = ,049$) ve allel ($p = ,028$) bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. Dayanıklılık gerektiren orta saha oyuncuları çoğunlukla TT genotipinde, sprinter özellikteki santraforlar ise CC genotipinde olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bulgular literatürle uyum sağlamakla birlikte benzer çalışmaların daha yüksek sayılı planlanması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Futbol, mevki, genetik, polimorfizm, ACTN3

ABSTRACT

We aimed to determine the alpha actin-3 gene rs1815739 polymorphism in professional footballers and to compare genotype and allele frequencies with sedentary individuals. Also, we aimed to determine the relationship between the genotypes of footballers and their positions. Twenty footballers participated in our study. Seventy-six participants without sports background were included in our study as the control group. DNA isolation was performed from blood samples using the PureLink DNA isolation kit according to the manufacturer's procedures. rs1815739 polymorphism was performed using real-time polymerase chain reaction device. Statistical analyses of the obtained data were carried out with chi-square analysis using IBM Statistical Package for Social Sciences 21.0 (IBM Statistical Package for Social Sciences Corp.) program. A value of $p < .05$ was considered statistically significant. CC genotype was observed in 2 individuals (10%), CT (35%) in 7 individuals, and TT (55%) in 11 individuals in footballers. In the control group, the CC, CT, and TT genotypes were determined as 15 (19.7%), 41 (53.9%), 20 (26.4%), respectively. The C allele was 11 (27.5) in footballers and 71 (46.71%) in the control group; the T allele was found to be 29 (72.5) in footballers and 81 (53.29%) in the control group. A statistically significant difference was found between the footballers and the control group in terms of genotype ($p = .049$) and allele ($p = .028$). It was determined that midfielders

Geliş Tarihi/Received: 26.10.2022

Kabul Tarihi/Accepted: 18.01.2023

Yayın Tarihi/Publication Date: 03.03.2023

Sorumlu Yazar/Corresponding Author:
Beste TACAL ASLAN
E-mail: btacal@gmail.com

Cite this article as: Muhan, A., Polat, T., Yılmaz, Ö. Ö., Tacal Aslan, B., & Ulucan, K. (2023). Investigation of ACTN3 rs1815739 polymorphism, physical characteristics, and position—relation in football players: A team sample. *Research in Sport Education and Sciences*, 25(1), 14-18.



Copyright@Author(s) - Available online at
sportsciences-ataunipress.org

Content of this journal is licensed under a
Creative Commons Attribution-
NonCommercial 4.0 International License.

who require endurance are mostly in the TT genotype, while the sprinter strikers are in the CC genotype. Although the findings are compatible with the literature, similar studies should be planned with higher numbers.

Keywords: Football, position, genetics, polymorphism, ACTN3

Giriş

Atletik performans hem bireyin genetik yapısından hem de çevresel faktörlerden etkilenir. Spor genetiğine yönelik mevcut çalışmalar, bireyin performansına önemli bir katkı sağlayabilecek genetik varyantlara odaklanarak dayanıklılık, kuvvet, güç, kas koordinasyonu ve psikolojik motivasyon ve istek gibi kişisel özelliklerin genetik temellerini araştırmaktadır (Ulucan ve ark., 2015). Futbol doğası gereği aralıklı fiziksel çaba gerektiren bir spor dalıdır. Aynı zamanda her biri farklı fizyolojik, antropometrik ve teknik özelliklere sahip çeşitli mevkilerden oluşur. Mevkilerine göre koşu mesafelerine bakıldığında ise orta saha oyuncularını en büyük toplam mesafeleri (~11,5 km) katederken, defans oyuncularını ve forvet oyuncularını daha düşük mesafeleri (10–10,5 km) katetmektedirler (Bradley ve ark., 2010). Ortalama olarak ise bir profesyonel oyuncu 90 dakikalık bir maç sırasında yaklaşık 8000–12000 metre mesafe katetmektedir (Bangsbo ve ark., 1991). Oyuncuların, uzun bir süre boyunca kısa toparlanma dönemleri ile serpiştirilmiş kısa süreli sprintleri, hızlanmaları ve dönüşleri tekrarlamaları gerekebilir ve bu faaliyetler takım performansı için çok önemli faktörler olarak bildirilmiştir. Futbolda ihtiyaç duyulan fiziksel talepleri anlamak için birçok bilimsel çalışma mevcuttur. Bu tür çalışmalardan elde edilen veriler ışığında spor bilimcileri ve antrenörler, antrenman programlarını çok daha verimli olacak şekilde tasarlayabilmektedirler.

Alfa aktinin (ACTN) proteinleri, hücre iskeleti oluşturan ve düzenleyen aktin bağlayıcı protein ailesinin üyeleridir ve iskelet kaslarında Z çizgisinin temel yapısal bileşenleridir (Djinovic-Carugo ve ark., 2002). Alfa aktinin proteininin memelilerin farklı hücre tiplerinde benzer fonksiyonel gereksinimleri karşılayan (alfa aktinin 1–4) 4 farklı şekli mevcuttur. ACTN1, aktin filamentlerinin birbirine bağlanmasını sağlar ve hücre adezyonu sitokinez ve hücre hareketleri gibi işlevlerini gerçekleştirmektedir. ACTN2, kalp kasında, çizgili kas (hızlı- Tip 2 ve yavaş- Tip 1 kasılan liflerde) ve beyinde ekpresyona uğrayarak kas yapısında anti-paralel şekilde uzanan aktin filamentlerinin Z-çizgisine bağlanmasını gerçekleştirmektedir. ACTN4 formu ise kas dışı izoform olarak bilinir (Murphy & Young, 2015).

Ailenin bir diğer üyesi ACTN3 proteinini kodlayan *ACTN3* geni atletik performans üzerinde etkisi olan en mühim genlerin başında gelmektedir. *ACTN3* geni; iskelet kasıyla bağlantılı, atletik performansla bağlantılı ilk yapısal gendir (Yang ve ark., 2003). *ACTN3*, hızlı kasılan kas liflerindeki iskelet kası Z diskinin ana bileşenlerinden biridir ve birçok yapısal, metabolik ve sinyal proteini ile etkileşime girer (Seto ve ark., 2013). Sprint atma, halter gibi patlayıcı kas güce ihtiyaç duyulan sportif aktiviteler esnasında hızlı ve güçlü kas kasılmalarının oluşumundan sorumlu *ACTN3* geni 11. kromozomun (11q13.1) uzun kolunda bulunur (Doğan ve ark., 2022). Bu protein iskelet kasındaki sarkomerlerin Z çizgilerinde bulunur ve bu nedenle kas kuvvetinin belirlenmesinde önemli bir role sahiptir (Kavas ve ark., 2018).

ACTN3'ün 16. ekzonunun 577. amino asidi kodlayan kodonunda oluşan varyasyon C>T transisyonu (R577X; rs1815739), arjinin

amino asidini (R) stop kodonuna (X) dönüştürmektedir (Ahmetov ve ark., 2010). Bu varyasyon *ACTN3* geni içinde iki farklı tipe ayrılır; C alleli normal fonksiyon ile çalışırken T alleli *ACTN3* proteininin sentez hızını azaltıcı etki göstermektedir (MacArthur & North, 2007). Avrupa kökenli Kafkaslarla yapılan bir çalışmada sağlıklı bireylerin %18 gibi yüksek bir oranında, *ACTN3* TT genotipinde oldukları tespit edilmiştir. Bu genetik varyant, bilinen bir hastalık fenotipi ile ilişkilendirilmemiştir. *ACTN3* bakımından eksik olup herhangi bir hastalığı olmayan bu bireylerde bu eksikliği *ACTN2*'nin kapattığı düşünülmektedir (Santiago ve ark., 2008). *ACTN3* CC genotipinin, hız ile patlayıcı güç gerektiren aktiviteler ile ilişkili olduğu, TT genotipinin ise dayanıklılık gerektiren aktivitelerde daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Papadimitri ve ark., 2008). Yapılan bir diğer çalışmada ise *ACTN3* eksikliğinin Afrikalı sporcularda önemli bir etkisi olmadığı belirtilmiştir. *ACTN3* genotipinin kas performansı üzerindeki etkisinin, Afrikalı ve Afrikalı olmayan popülasyonlar arasında farklılık gösteren diğer genetik etkilere veya çevresel değişkenlere bağlı olması da mümkündür (Yang ve ark., 2007).

Futbolcular arasındaki atletik performansa etki eden polimorfizmlerin belirlenmesi, futbolcuların fiziksel özelliklerini geliştirmeye yatkın hale getirebilir. Çalışmamızda futbolcularda *ACTN3* rs1815739 polimorfizminin genotip ve allelik dağılımlarını dağılımın sporcuların mevkileri ile olan ilişkisini incelemeyi amaçladık.

Yöntem

Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulunun 03 Mart 2023 tarihinde yapılan toplantıda 02.2023.255 protokol kodu ile onaylanmıştır.: numarası ile onay alınmıştır.

Çalışma Grubu

Çalışmamıza bölgesel amatör ligi futbolcularından, aktif ve düzenli antrenman yapan, 17–33 yaş aralığında Maltepespor futbol kulübünde 20 Türk kökenli futbolcu katılmıştır. Aynı yaş aralığında 76 sedenter birey genotip ve allel analizinin gerçekleştirilmesi için çalışmaya dahil edilmiştir. Futbolcuların yapmış olduğu idman programı haftada minimum 4 gün (40–120 dk) ve bir maç olarak bildirilmiştir. Çalışmamızın tüm aşamaları Helsinki Deklarasyonu-2 (2015) yönergelerine uygun bir şekilde yapılmıştır.

Onam Formu

Sporcular, Marmara Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi Tıbbi Biyoloji ve Genetik Bilim Dalı yürütülen bağımsız bir araştırmanın parçası olarak çalışmaya davet edilmiş ve çalışma hakkında bilgilendirme yapıp, onam formu imzalamıştır.

DNA İzolasyonu

DNA izolasyonu periferik kan örneklerinden PureLink DNA izolasyon kiti (Invitrogen, Van Allen Way Carlsbad, CA, USA) kullanılarak üretici firmanın prosedürlerine göre tamamlanmıştır. Elde edilen DNA örnekleri, ilgili genlerin analiz süreci tamamlanana kadar –20°C de saklanmıştır (Kaman ve ark., 2017).

ACTN3 rs1815739 Gen Polimorfizminin Belirlenmesi

ACTN3 rs1815739 polimorfizmi izole edilmiş olan DNA materyalinden Real-Time PCR cihazı (StepOne Plus, USA) ile Taqman Genotyping Assays (Applied Biosystems Foster City, CA, USA) genotipleme kitleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Totalde 10 µL olacak şekilde 5 µL master mix, 3,75 µL H₂O, 0,25 µL assay ve 1 µL (10 ng) DNA kullanılarak genotipleme işlemleri tamamlanmıştır.

İstatistiksel Analiz

Elde edilen verilerin istatistiksel analizlerini IBM SPSS 21.0 (IBM Statistical Package for Social Sciences Corp., Armonk, NY, ABD) programı kullanılarak kıkare analizi ile gerçekleştirilmiştir. $p < ,05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Bulgular

Futbolcuların 2'sinin CC (%10), 7'sinin CT (%35) ve 11'inin TT (%55) genotipinde olduğu saptanmıştır. Futbolcularda C alleli 11 (%27,5), T alleli ise 29 (%72,5) olarak bulunmuştur. Kontrol grubunda ise 15 birey CC (%19,7), 41 birey CT (%53,9) ve 20 birey TT (%26,3) genotipinde; allelik dağılımlarda ise C alleli 71 (%46,71), T alleli ise 81 (%53,29) olarak bulunmuştur. İki grup arasında genotip ($p = ,049$) ve allel dağılımı bakımından ($p = ,028$) karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmıştır (Tablo 1). Çalışma grubunun fiziksel özellikleri ve genotipleri ise Tablo 2'de gösterilmiştir. Futbolcuların genotip dağılımının mevkilere göre gruplandırılması Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tartışma

DNA varyasyonları, atletik performans, antrenmana yanıt, patlayıcı güç kapasitesi gibi futbola ilgili fenotiplerle ilişkilendirilmiştir (Aslan ve ark., 2019). Son yıllarda da tek nükleotid polimorfizmleri ile profesyonel futbolcularda ön çapraz bağ yaralanması dahil olmak üzere kas-iskelet sistemi arasında bir ilişki olduğu gösterilmiştir. Sporcuların genetik yatkınlıklarının belirlenmesi; yaralanma risk faktörlerinin değerlendirilmesi, beslenme ve antrenman programının düzenlenmesi önemli katkılar sağlayabilir (Massidda ve ark., 2015).

Çalışmamızda futbolcular ve sedanter kontrol grubu arasında hem genotip dağılımı hem de allelik dağılımı bakımından istatistiksel anlamda fark saptanmıştır. Mevkilere göre genotiplere baktığımızda ise kaleci, savunma ve orta oyuncularında CT ve TT genotipleri ile T allelinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu mevki oyuncularında CC genotipine rastlanmamıştır. Forvet oyuncularında ise CC genotipi baskındır.

Coelho ve ark. (2018) yaptığı çalışmada, Brezilya'nın birinci lig futbol kulüplerinden 14 yaş altı (U-14), U-15, U-17, U-20 ve profesyonel 353 oyuncu ile kontrol grubu karşılaştırılmıştır. TT genotipinin profesyonel oyuncularında U-15 ve U-20 kategorisi ile kıyaslandığında daha az oranda olduğu, CT genotipinin ise profesyonel futbolcularda U-14 futbolcularına göre daha fazla gözlemlendiği

Tablo 2.
Çalışma Grubunun Fiziksel Özellikleri ve Genotipleri

Futbolcular	Mevki	Yaş	Boy (cm)	Kilo (kg)	VKİ (kg/m ²)	Genotip	Aminoasit değişimi
1	Kaleci	19	193	81	21,7	TT	XX
2	Sağ bek	22	178	73	23	TT	XX
3	Sağ bek	32	164	60	22,3	TT	XX
4	Sol bek	32	171	73	25	CT	RX
5	Sol bek	20	174	69	22,8	TT	XX
6	Stoper	21	186	79	22,8	CT	RX
7	Stoper	21	186	82	23,7	TT	XX
8	DOS	21	182	77	23,2	CT	RX
9	DOS	21	185	78	22,8	CT	RX
10	DOS	22	185	73	21,3	CT	RX
11	MOS	25	171	70	23,9	TT	XX
12	MOS	20	175	72	23,5	TT	XX
13	MOS	21	176	65	21	CT	RX
14	MOS	21	180	74	22,8	TT	XX
15	Sağ açık	27	180	73	22,5	TT	XX
16	Sağ açık	20	174	72	23,8	TT	XX
17	Sol açık	20	180	73	22,5	TT	XX
18	Sol açık	21	179	74	23,1	CT	RX
19	Santrafor	21	186	82	23,7	CC	RR
20	Santrafor	17	187	80	22,9	CC	RR
		Yaş	Boy	Kilo	VKİ		
		$\bar{x} \pm SS$	$\bar{x} \pm SS$	$\bar{x} \pm SS$	$\bar{x} \pm SS$		
		22,2 ± 3,91	178,65 ± 6,84	73,6 ± 5,48	23,02 ± 0,87		

VKİ = Vücut Kütle İndeksi; MOS = merkez orta saha, DOS = Defansif orta saha.

bildirmiştir. Ayrıca, U-20 ile karşılaştırıldığında profesyonel kategoride CT genotipinin daha yüksek frekansına ve TT genotipinin daha düşük frekansına doğru bir eğilim gözlemlenmiştir. Jacob ve ark. (2022), Avustralya Futbol Ligi (AFL)'nde oynayan 47 futbolcu ve 59 sedanter bireyi genotip ve allel dağılımı bakımından karşılaştırmış, C allelinin futbolcularda daha yüksek oranda bulunduğunu bildirmiştir. Bu çalışma AFL oyuncularında genetik olarak analiz gerçekleştirilen ilk çalışma olarak literatüre geçmiştir.

Ragbi sporcuları ile yapılan bir çalışmada sporcuların mevkisi ve genotipleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada, TT genotipinin ve T allelinin savunma ve forvet oyuncularında daha düşük bir oranda bulunduğu belirtilmiştir. Bu durumun nedeni olarak; savunma bölgesinde hız üretimi ve forvet bölgesinde ise aktivitenin sürdürülebilmesi için ACTN3 üretimine olan ihtiyacın fazlalığı öne sürülmüştür. TT genotipinin düşük oranda bulunması oyuncuların sprint yeteneğini engelleyebileceğinden mevkiler ile genotiplerin ilişkisini ortaya koyması bakımından önemli bir bulgudur (Heffernan ve ark., 2016). Çalışmamızda forvet oyuncularının C alleli taşıyıcısı olması bu çalışma ile uyumluluk göstermektedir. Kalecinin T alleli taşıyıcısı olması kaleci refleksi ile açıklanabilir bir durum olup olmadığı ile alakalı net bir bilginiz bulunmamaktadır. Savunma ve orta saha futbolcularının T alleli taşıyıcılığı bakımından daha fazla olması, Heffernan ve ark. (2016) sonuçlarına

Tablo 1.
ACTN3 rs1815739 Polimorfizminin Genotip ve Allelik Dağılımları

	ACTN3 Genotipi			p	Allel Frekansı		
	CC	CT	TT		C	T	p
Futbolcular (n=20)	2 (10)	7 (35)	11 (55)	,049*	11 (27,5)	29 (72,5)	,028*
Kontrol (n=76)	15 (19,7)	41 (53,9)	20 (26,4)		71 (46,71)	81 (53,29)	

* $p < ,05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Tablo 3.
Mevkilere Göre Alt Gruplara Ayrılmış Futbolcuların Genotip Dağılımı

Genotip	Kontrol	Savunma	Kale	Forvet	Orta saha
	ACTN3				
CC	15 (19,7)	-	-	2 (100)	-
CT	41 (53,9)	2 (33,3)	-	-	5 (45,4)
TT	20 (26,4)	4 (66,7)	1 (100)	-	6 (54,6)

Parantez içindeki değerler yüzdelikleri ifade etmektedir. n; örneklem grubu kişi sayısını belirtmektedir. Parantez içindeki değerler yüzdelikleri ifade etmektedir.

paralellik göstermemektedir. Bunun nedeni olarakda; iki farklı çalışmada dahil edilen sporcuların etnik farklılıklarını ve çalışmamızın örneklem grubunun sayısal olarak azlığını düşünmekteyiz.

Massidda ve ark. (2015) tarafından İtalyan sporcular ile yapılan araştırmada ise ACTN3 rs1815739 polimorfizmi, dayanıklılık sporcuları, takım sporu yapan sporcular ve sedanter bireylerle kıyaslanmış ve anlamlı bir ilişki bulunulamamıştır.

Kas dokusu ve ACTN3 genotiplemeşi kıyaslanan çalışmadaki bireylerde CC varyantına sahip bireylerin hem izometrik hem de dinamik koşullar altında daha güçlü olduğunu ve daha büyük kuvvet geliştirme yeteneklerine sahip olabileceğini göstermektedir (Wagle ve ark., 2021).

Elit yüzücüler ve koşucular arasında ACTN3 rs1815739 dağılımlarının karşılaştırıldığı bir çalışmada CC genotipi uzun mesafe koşan sporcularda anlamlı derecede düşük olduğu bildirilmiştir. Fakat uzun mesafe koşucuları kontrol ve kısa mesafe koşuculara kıyasla TT genotipi anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Buna karşılık uzun mesafe yüzücülerde, uzun mesafe koşuculara kıyasla daha yüksek CC genotipi ve C alleli frekansı bildirilmiştir (Ben-Zaken ve ark., 2015).

Genel olarak, bu çalışmalar ACTN3 rs1815739 polimorfizminin insanlarda optimal güç/sprint/kuvvet performansı oluşturmak için zararlı olduğunu ve dayanıklılık performansı için faydalı olabileceğini düşündürmektedir. Takım sporlarında mevki belirlenmeleri yapılırken ve bireysel antrenman programları düzenlenirken, performans ölçümleri ve genetik analizlerin korelasyonlarının yapılmasının, sporcuların bireysel performanslarını artıracaklarını ve dolayısıyla takım başarısında önemli ölçüde katkı sağlayacağını düşünmekteyiz.

Etik Komite Onayı: Bu çalışma Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulunun 03 Mart 2023 tarihinde yapılan toplantısında 02.2023.255 protokol kodu ile onaylanmıştır. alınmıştır.

Hasta Onamı: Bu çalışmada hasta bulunmamaktadır. Katılımcı onam formu Maltepespor futbol kulübü sporcularından alınmıştır.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkıları: Fikir– A.M., B.T.A., K.U.; Tasarım – A.M., B.T.A., K.U.; Deneleme – B.T.A., K.U.; Kaynaklar – A.M.; Malzemeler – T.P., Ö.Ö.Y.; Veri Toplanması ve/veya İşlemesi – A.M.; Analiz ve/veya Yorum – T.P., Ö.Ö.Y., B.T.A., K.U.; Literatür Taraması – A.M.; Yazıyı Yazan – A.M., B.T.A., K.U.; Eleştirel İnceleme – B.T.A., K.U.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Finansal Destek: Bu çalışma herhangi bir kurum tarafından destek almamıştır.

Ethics Committee Approval: Ethics committee approval was received for this study from the Ethics Committee of Clinical Research, Marmara University School of Medicine (Date: March 3, 2023, Number: 02.2023.255).

Informed Consent: Written informed consent was obtained from Maltepespor football players who participated in this study.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Author Contributions: Concept – A.M., B.T.A., K.U.; Design – A.M., B.T.A., K.U.; Supervision – B.T.A., K.U.; Resources – T.P., Ö.Ö.Y.; Materials – T.P., Ö.Ö.Y.; Data Collection and/or Processing – A.M.; Analysis and/or Interpretation – T.P., Ö.Ö.Y., B.T.A., K.U.; Literature Search – A.M.; Writing Manuscript – A.M., T.P., B.T.A., K.U.; Critical Review – B.T.A., K.U.

Declaration of Interests: The authors declare that they have no competing interest.

Funding: This research received no specific grant from any funding agency.

Kaynaklar

- Ahmetov, I. I., Druzhevskaya, A. M., Astratenkova, I. V., Popov, D. V., Vinogradova, O. L., & Rogozkin, V. A. (2010). The ACTN3 R577X polymorphism in Russian endurance athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 44(9), 649–652. [CrossRef]
- Aslan, B. T., Eken, B. F., & Ulucan, K. Egzersiz antrenman adaptasyon farklılıklarının genetik açıdan incelenmesi. *Bedен Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 13(2), 66–79.
- Bangsbo, J., Nørregaard, L., & Thorsø, F. (1991). Activity profile of competition soccer. *Canadian Journal of Sport Sciences – Journal Canadien des Sciences du Sport*, 16(2), 110–116.
- Ben-Zaken, S., Eliakim, A., Nemet, D., Rabinovich, M., Kassem, E., & Meckel, Y. (2015). ACTN3 polymorphism: Comparison between elite swimmers and runners. *Sports Medicine – Open*, 1(1), 13. [CrossRef]
- Bradley, P. S., Di Mascio, M., Peart, D., Olsen, P., & Sheldon, B. (2010). High-intensity activity profiles of elite soccer players at different performance levels. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(9), 2343–2351. [CrossRef]
- Coelho, D. B., Pimenta, E. M., Rosse, I. C., de Castro, B. M., Becker, L. K., de Oliveira, E. C., Carvalho, M. R. S., & Garcia, E. S. (2018). Evidence for a role of ACTN3 R577X polymorphism in football player's career progression. *International Journal of Sports Medicine*, 39(14), 1088–1093. [CrossRef]
- Djinovic-Carugo, K., Gautel, M., Yläne, J., & Young, P. (2002). The spectrin repeat: A structural platform for cytoskeletal protein assemblies. *FEBS Letters*, 513(1), 119–123. [CrossRef]
- Dogan, M., Tacal Aslan, B. T., & Ulucan, K. (2022). Comparison of potential biomarker, ACTN3 rs1815739 polymorphism, for athletic performance of Turkish athletes. *Cellular and Molecular Biology*, 68(5), 54–59. [CrossRef]
- Heffernan, S. M., Kilduff, L. P., Erskine, R. M., Day, S. H., McPhee, J. S., McMahon, G. E., Stebbings, G. K., Neale, J. P., Lockey, S. J., Ribbans, W. J., Cook, C. J., Vance, B., Raleigh, S. M., Roberts, C., Bennett, M. A., Wang, G., Collins, M., Pitsiladis, Y. P., & Williams, A. G. (2016). Association of ACTN3 R577X but not ACE I/D gene variants with elite rugby union player status and playing position. *Physiological Genomics*, 48(3), 196–201. [CrossRef]
- Jacob, Y., Hart, N. H., Cochrane, J. L., Spiteri, T., Laws, S. M., Jones, A., Rogalski, B., Kenna, J., & Anderton, R. S. (2022). ACTN3 (R577X) Genotype is associated with Australian Football League Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(2), 573–576. [CrossRef]
- Kaman, T., Kapıcı, S., Serca, C., Konuk, M., & Ulucan, K. (2017). Türk milli bisikletçilerde alfa-aktinin-3 R577X polimorfizm dağılımının belirlenmesi. *Marmara Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 2(1), 41–47. [CrossRef]
- Kavas, N. C., Yüksel, İ., Sercan, C., Kapıcı, S., Gökhan, T., & Ulucan, K. (2018). Profesyonel monopalet sporcularında alfa-aktinin-3 (ACTN3) R577X (rs1815739) polimorfizminin dağılımı ve boy-kilo ilişkisi. *Eurasian Research in Sport Science*, 3(1), 26–31. [CrossRef]
- MacArthur, D. G., & North, K. N. (2007). ACTN3: A genetic influence on muscle function and athletic performance. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 35(1), 30–34. [CrossRef]
- Massidda, M., Bachis, V., Corrias, L., Piras, F., Scorcu, M., Culigioni, C., Masala, D., & Calò, C. M. (2015). ACTN3 R577X polymorphism is not associated with team sport athletic status in Italians. *Sports Medicine – Open*, 1(1), 6. [CrossRef]
- Massidda, M., Voisin, S., Culigioni, C., Piras, F., Cugia, P., Yan, X., Eynon, N., & Calò, C. M. (2019). ACTN3 R577X polymorphism is associated with the incidence and severity of injuries in professional football players. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 29(1), 57–61. [CrossRef]

- Murphy, A. C., & Young, P. W. (2015). The actinin family of actin cross-linking proteins—a genetic perspective. *Cell and Bioscience*, 5(1), 49. [\[CrossRef\]](#)
- Papadimitriou, I. D., Papadopoulos, C., Kouvatsi, A., & Triantaphyllidis, C. (2008). The ACTN3 gene in elite Greek track and field athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 29(4), 352–355. [\[CrossRef\]](#)
- Santiago, C., González-Freire, M., Serratos, L., Morate, F. J., Meyer, T., Gómez-Gallego, F., & Lucia, A. (2008). ACTN3 genotype in professional soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 42(1), 71–73. [\[CrossRef\]](#)
- Seto, J. T., Quinlan, K. G., Lek, M., Zheng, X. F., Garton, F., MacArthur, D. G., Hogarth, M. W., Houweling, P. J., Gregorevic, P., Turner, N., Cooney, G. J., Yang, N., & North, K. N. (2013). ACTN3 genotype influences muscle performance through the regulation of calcineurin signaling. *Journal of Clinical Investigation*, 123(10), 4255–4263. [\[CrossRef\]](#)
- Ulucan, K. (2016). Spor genetiği açısından Türk sporcuların ACTN3 R577X polimorfizm literatür özeti. *Clinical and Experimental Health Sciences*, 6(1), 44–47. [\[CrossRef\]](#)
- Ulucan, K., Sercan, C., & Biyikli, T. (2015). Distribution of angiotensin-1 converting enzyme insertion/deletion and α -actinin-3 codon 577 polymorphisms in Turkish male soccer players. *Genetics and Epigenetics*, 7, 1–4. [\[CrossRef\]](#)
- Wagle, J. P., Carroll, K. M., Cunanan, A. J., Wetmore, A., Taber, C. B., DeWeese, B. H., Sato, K., Stuart, C. A., & Stone, M. H. (2021). Preliminary investigation into the effect of ACTN3 and ACE polymorphisms on muscle and performance characteristics. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(3), 688–694. [\[CrossRef\]](#)
- Yang, N., MacArthur, D. G., Gulbin, J. P., Hahn, A. G., Beggs, A. H., Easteal, S., & North, K. (2003). ACTN3 genotype is associated with human elite athletic performance. *American Journal of Human Genetics*, 73(3), 627–631. [\[CrossRef\]](#)
- Yang, N., Macarthur, D., Wolde, B., Onywera, V. O., Boit, M. K., Wilson, R. H., Scott, R. A., Pitsiladis, Y. P., & North, K. (2005). Actn3 genotype is not associated with elite endurance athlete status in Ethiopians and Kenyans: 2469 3: 30 PM-3: 45 PM. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(Supplement), S472. [\[CrossRef\]](#)