

## MCT1 Geninin Sporcu Performansına Etkisi: Derleme Çalışması

### Effect of MCT1 Gene on Athlete Performance: A Review Study

Celal Bulğay<sup>1,2</sup>, Erdal Zorba<sup>1</sup>, Mehmet Ali Ergün<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Gazi Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup>Bingöl Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Bingöl, Türkiye

<sup>3</sup>Gazi Üniversitesi, Tıp Fakültesi Tıbbi Genetik Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

#### ÖZET

Bu derlemenin amacı, atletik performans ve MCT1 gen T1470A polimorfizm ilişkisini özetlemek ve bu alandaki araştırmalar için veri kaynağı oluşturmaktır. Atletik başarı üzerine psikolojik, fiziksel, sosyokültürel ve fizyolojik faktörlerin etkisi uzun yıllardır spor bilimcilerin ilgi alanı olmuştur. Genetik biliminin gelişmesine paralel olarak yaklaşık 20 yıldır atletik performansla gen polimorfizmi arasındaki ilişki giderek artan bir ilgi ile hedef araştırma konusu olmuştur. Genetik biliminin gelişmesi ve sporcularda üst düzey performans seviyesinin daha iyi olması için bu ilginin ilerleyen yıllarda da büyüyerek devam edeceği aşikardır. Spor geni olarak adlandırılan aday genler, direkt veya dolaylı yoldan sporcuların atletik performanslarına etki eden biyolojik süreçleri kontrol eden genlerin toplamıdır. Bu genlerden biri de atletik performansla ilişkisi olduğu düşünülen ve bilim insanlarının son zamanlarda ilgi duyduğu MCT1 T1470A rs1049434 genidir. Sonuç olarak, yüksek kan laktat düzeyinin bireysel becerilerin performansa yansıtılmasını kısıtlayabileceği söylenebilir. MCT1 gen polimorfizminin dayanıklılık kriteri olmanın yanı sıra, kişiye yönelik branş seçimi, antrenman programları oluşturulması ve performans gelişimini gözlemek için de kullanılabilir.

**Anahtar Sözcükler:** Atletik performans, Spor genetiği, MCT1, Güç sporcuları, Dayanıklılık sporcuları

**Geliş Tarihi:** 16.06.2021

**Kabul Tarihi:** 06.07.2021

#### ABSTRACT

The goal of this review is to summarize the correlation between athletic performance and MCT1 gene polymorphism and to create a data source for the studies of this field. The effect of motivational, sociocultural, physical and physiological factors on athletic achievement has been the area of interest of researchers for many years. Parallel to the development of genetics, the relationship between athletic performance and genetic characteristics has been the subject of research with increasing interest for about 20 years. It is obvious that this interest will continue to grow in the coming years for the development of genetic science and a better high level of performance in athletes. Candidate genes, called sports genes, are the sum of genes which control biological processes that directly or indirectly affect the athletic performance of athletes. One of these genes which is thought to be associated with athletic performance and scientists have been interested in recent years is MCT1 T1470A rs1049434 gene. In conclusion, it may be affirmed that the high blood lactate levels can limit the reflection of individual skills on performance. In addition to being the endurance criterion of the polymorphism, MCT1 gene can be used to create personalized training programs and monitor performance improvement.

**Keywords:** Athletic performance, sports genetics, MCT1, Power athletes, Endurance athletes

**Received:** 06.16.2021

**Accepted:** 07.06.2021

**ORCID IDs:** CB 0000-0003-4026-9883, EZ 0000-0001-7861-8204, MAE 0000-0001-9696-0433

**Address for Correspondence / Yazışma Adresi:** Celal BULĞAY, Gazi Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Ankara, Türkiye E-mail: celalbulgay@hotmail.com

©Telif Hakkı 2021 Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi - Makale metnine <http://medicaljournal.gazi.edu.tr/> web adresinden ulaşılabilir.

©Copyright 2021 by Gazi University Medical Faculty - Available on-line at web site <http://medicaljournal.gazi.edu.tr/>

doi:<http://dx.doi.org/10.12996/gmj.2021.139>

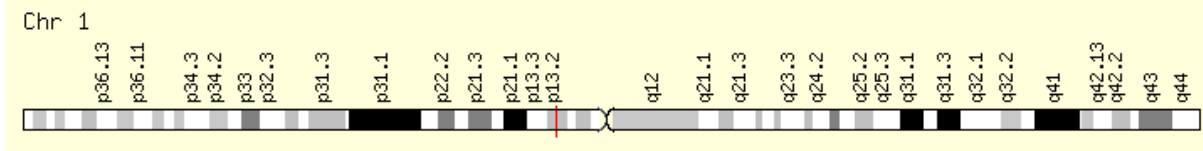
## GİRİŞ

Spor genetiği araştırmaları dünyada yaygınlaşmaya başlamış olup, atletik performansa etki eden genlerin ortaya çıkarılıp belirlenmesi, genetik olarak öngörü veya yatkınlıkların ortaya çıkarılması yönündeki araştırmaları içermektedir (1). şişhesiz ki spor başarısı ve atletik performans için bir bütün ve uyum içinde tüm vücut sistemi ve bu sistemlerin çalışmasını sağlayan yaklaşık 20-25 bin olan tüm genlerimiz önemlidir (2). Bugüne kadar ülkemizde sınırlı sayıda olmasına karşın, tüm dünyada farklı spor dallarındaki sporcularda ve sedanter bireylerde yapılan spor genetiği araştırmalarında 250'den fazla gen polimorfizmi atletik performansla ilişkilendirilmiş olup, 20'den fazla genetik varyantın ise st düzey atletik performansı etkilediği düşünülmektedir (3). Atletik performansla ilişkilendirilebilecek genlere örnek olarak; myostatin (*MSTN*), eritropoetin (*EPO*), Vitamin D reseptörü (*VDR*), büyüme hormonu (*GH*), nitrik oksit sentaz (*NOS3*), vasküler endotelial büyüme faktörü (*VEGFA*), C-reaktif protein (*CRP*), anjiotensin dönüştürücü enzim (*ACE*), anjiotensinojen (*AGT*), insüline benzer büyüme faktörü-1 (*IGF-1*), peroksizom proliferatör aktif reseptör (*PPAR*), alfa-aktinin-3 (*ACTN3*), adenozin monofosfat deaminaz-1 (*AMPD1*) gibi genleri sıralayabiliriz (4,6).

Dayanıklılık branşlarında st düzey performans göstermek için maksimal oksijen tknetimi ( $\text{maxVO}_2$ ), koşu ekonomisi, kas lif tipi, mitokondri oranının yanı sıra kandaki laktat eşiği seviyesi de önemli faktörlerden biridir. Laktik asit (LA) egzersiz sırasında, toparlanma (yenilenme) ve istirahat durumunda değişik hücre tiplerinde çok dinamik bir metabolizmaya sahip olması, hücre içine ve dışına transportu, birçok araştırmacının ilgi alanı olmuştur. (5). Egzersizin şiddetine bağlı olarak aerobik metabolizmanın sınırlarının aşılması glikoz hızını artırır, bunun sonucunda ise LA oluşur.

LA asit oluşumu ile birlikte pH düşer, pH düşmesi kas kasılmasını etkiler ve fosfokrukinaz enzim inhibasyonuna neden olur. Kas ve kanda biriken laktat asit yorgunluğa sebep olur ve sporcunun performansı düşer. Sporcuların farklı laktat taşıma kapasitelerine sahip olabileceği ve iyi antrene edilmiş sporcuların daha yüksek kapasiteye sahip olduğu gözlenmiştir. Laktat eşiğ değeri genetik farklılıklar ve yapılan yüklemelerden etkilenmektedir. Kaslardaki laktat birikimi *MCT1* (monocarboxylate transporter 1) geni tarafından kontrol edilmektedir. *MCT1* geni monokarboksilat taşıyıcısıdır. Laktadın plazma membranından privat, lösin, valin ve izolosinden üretilen, oksijen içeren aminoasitler gibi monokarboksilatların da hızlı taşınmasını tetikleyerek, hücre pH'nın düzenlenmesinde kritik rol oynamaktadır (6). Atletik performans ve gen polimorfizmi arasında bir ilişki olup olmadığını araştıran bilim insanları, özelikle son zamanlarda yaptıkları araştırmalarda monokarboksil taşıyıcı *MCT1* gen polimorfizminin atletik performans ile ilişkili olduğunu bildirmişlerdir (7).

*MCT1* diğer adıyla *SLC16A1* gen polimorfizmi insan genomunda 1'inci kromozomun 1p13.2 bölgesine yerleşmiş, 500 amino asitlik bir taşıyıcı protein kodlar (8). İnsan ve sıçanlarda *MCT1* ve *MCT4* olmak üzere iki izoform tanımlanmış ve iskelet kaslarındaki dağılımının fibril tipine bağlı olduğu bildirilmiştir. Özelikle *MCT1* proteini, ağırlıklı olarak oksidatif kas liflerinde bulunur. *MCT1* yani monokarboksil taşıyıcı proteinlerin laktik asit, private asit ve keton cisimleri gibi monokarboksilli asitleri taşıdığı, kas hücrelerinde oluşan laktatın ise hücre dışına atılmasını sağlayan proton bağlantılı transport molekülleri olduğu bilinmektedir. Ayrıca *MCT1* proteininin kas fibrilinin mitokondri yoğunluğu arasında yüksek ilişki olduğu tespit edilmiştir. Kaslarda oluşan laktatın hücre dışına atılmasının, hücre içi hemostazinin sağlanması önemli olduğu ve dayanıklı (maraton, triatlon vb. gibi) sporculara avantaj sağladığı bildirilmiştir (8-9).



şekil 1.1 *MCT1* genin genomdaki yeri (10).

*MCT1* geninde rs1049434 pozisyonundaki yanlış anlamlı mutasyon A>T ile (A1470T), proteinin 490. kodonda glutamik asit kodunun değişimi ile aspartik asit (Glu490Asp) değişimine yol açmaktadır. *MCT1* geni Glu490 Asp değişimi ve laktat birikimi arasındaki ilişkiyi detaylandırmak için araştırmanın amacı *MCT1* gen polimorfizminin atletik performans açısından değerlendirilmesidir.

## MATERİYAL ve YÖNTEM

Yapılan derlemeyi günümüze kadar Pubmed, Google Akademik, Sportdiscus ve Ulusal Tez Merkezi veri tabanlarından "spor genetiği+*MCT1*", "atletik performans+*MCT1*", "*MCT1*+laktik asit", "sporcular+*MCT1*", anahtar kelimeleri kullanarak özetlemeyi amaçladık. Çalışmaya, sadece insanlarla yapılan ve hem İngilizce hem de Türkçe olan araştırmalar dahil edilmiştir.

*MCT1*'in Atletik Performansa Etkisi

Dayanıklılık antrenmanları, laktat klirensini (birim zamanda ilgili maddeden temizlenen plazma hacmi) arttırarak ve laktat üretimini düşürerek kas laktat konsantrasyonunu azaltır. Hücrelere laktat giriş çıkışı membrana bağlı monokarboksilat taşıyıcı 1 (*MCT1*) gen sayesinde olur. *MCT1* T1470A polimorfizminin kasın oksidatif özellikleriyle *MCT4*'n ise glikolitik özellikleriyle pozitif ilişkili olduğu, *MCT1* proteininin oksidatif metabolizmada yakıt olarak kullanılması için dolaşımdaki LA'yı kas hücresine taşıdığı ve *MCT1* proteininin kasın oksidatif metabolizmasını desteklediği belirtilmektedir (11-12).

Son yıllarda *MCT1* gen T1470A polimorfizminin atletik performans ve fizyolojik fenotiplerle ilişkili olduğu yapılan araştırmalar ile tespit edilmiştir. Örneğin, Merezhinskaya vd., (2000) *MCT1* geninde tanımladıkları yanlış anlamlı mutasyon, 490. kodonda yer alan glutamik asitin aspartik asite dönmesine yol açmakta ve T alleli taşıyan bireylerin laktat taşıma oranlarının normal bireylere göre %60-65 daha az olmasıyla sonuçlanmaktadır. Başka bir deyişle, *MCT1* geni Glu490 (T) allelinin (düşük laktat birikim varyantı) dayanıklılık performansı için uygun olduğu tespit edilmiştir (2,13).

Al-Lami, Khaleel ve Yonis, (2020) Iraklı genç hentbolcularda (n=100) genotip-fenotip ilişkisinin saptanmasına yönelik yaptıkları araştırmada hentbolcularda *MCT1* genotipleri ile laktat değerlerini karşılaştırmıştır. Araştırmacılar %60 sporcunun AA, %30 sporcunun AT ve %10 sporcunun ise TT genotipine sahip olduklarını saptamıştır. Ayrıca AA genotipe sahip sporcuların diğer genotipe sahip sporculardan daha yüksek kan laktat seviyesine sahip oldukları belirtilmiştir (14).

Guilherme vd., (2021) toplam 1208 Brezilyalı (dayanıklılık sporcusu n=318 ve kontrol grubu n=890), 867 Avrupalı (dayanıklılık sporcusu n=315 ve kontrol grubu n=552) bireyde genotip-fenotip ilişkisinin saptanmasına yönelik yaptıkları araştırmada *MCT1* genotipleri ile  $\text{maxVO}_2$  değerlerini karşılaştırmışlardır. TT genotipe sahip sporcular yoğun egzersize rağmen daha düşük laktat biriktirmesi ve daha yüksek  $\text{maxVO}_2$  değerine sahip oldukları tespit edilmiştir. Ayrıca *MCT1* atletik statü ve dayanıklılık performansı ile ilişkilendirilmiştir. Sonuç olarak elde edilen bulgular etnik farklılıklar olsa da majör T allel (Glu-490) varlığının dayanıklılık performansını mutant A allelinden (490-Asp) daha fazla desteklediğini göstermektedir (9).

Yapılan başka bir araştırmada, 227 dağcı (Japon: n=100 ve Polonyalı: n=127) ve 1028 sedanter bireyde (Japon: n=407; Polonyalı: n=621) *MCT1* AT genotiplemeesi gerçekleştirilmiş, *MCT1* polimorfizminin Polonyalı katılımcılar arasında T allel ve TT genotip sıklığı, dağıcılarda, kontrol grubuna oranla daha fazla olduğu ancak Japon dağıcılar ve kontrol grubu arasında genotip ve allel frekanslarının önemli farklılık göstermediği tespit edilmiştir (15).

Al Hilla Spor Kulübü'ndeki 2020-2021 sezonu için futsal oyuncularının fiziksel efora maruz kaldıktan sonra laktik asit ile *MCT1* gen polimorfizmi değerlendirilmiştir. Araştırmacıların betimsel yaklaşımı kullanarak karşılaştırmalı bir çalışma yaptığı araştırmada, örneklem olarak Al-Hilla Spor Kulübünden üç gruba ayrılan (yüksek, orta ve düşük seviye) on iki (12) oyuncu araştırmaya dahil edilmiştir. nc seviyeye/düşük seviye ait olan oyuncuların diğer kategorilere göre daha yavaş iyileşme/toparlanma gösterdikleri ortaya çıkmıştır. Birinci grup oyuncuların laktik asitten hızlı bir şekilde kurtulma ve düşük seviyeye (nc grup) göre daha hızlı iyileşme avantajına sahip oldukları gözlenmiştir. Ayrıca düşük seviyeden daha az yorgunluk göstermişlerdir.

*MCT1* geninin yüksek seviyedeki oyuncuların düşük ve orta seviyelere kıyasla laktik asit üretiminin eliminasyon hızında daha avantajlı oldukları tespit edilmiştir (16). Bireylerin çok farklı laktat taşıma kapasitelerine sahip olabileceği ve bazı iyi antrene edilmiş ve genetik yakınlığa sahip bireylerin daha yüksek kapasiteye sahip oldukları gösterilmiştir (17).

Ben-Zaken vd., (2015) araştırmasında ise, 173 atlet (kısa mesafe/güç, orta mesafe ve uzun mesafe), 80 yüzücü (kısa mesafe ve uzun mesafe) ve 128 sedanter bireyin *MCT1* genotipleri analiz edilerek, *MCT1* polimorfizminin sıklığı hem bu iki branş arasında hem de sedanter birey arasında karşılaştırılmıştır. Uzun mesafe yüzücülerde (%45) T allel frekans yoğunluğunun, orta (%27) ve uzun mesafe (%30) koşuculardan daha fazla olduğu saptanmıştır. Ek olarak kısa mesafe yüzücülerde, (%42) T alleli kısa mesafe/güç atletlerine (%27) oranla daha yüksek sayıda tespit edilmiştir. Araştırmacılar söz konusu polimorfizmin yüzme performansı için avantaj gösterip göstermediğini netleştirmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğunu bildirmişlerdir (18).

Kikuchi vd., (2016) Japon güreşçilerde bisiklet kullanımı sonrası güç odaklı atletik performans ve *MCT1* polimorfizmi arasındaki ilişkiyi inceledikleri araştırmada, çalışma grubu (n=199) kontrol grubu (n=649) ile kıyaslandıktan, çalışma grubunun A alleli ve AA genotipinin daha yüksek sıklıkta olduğu ve istatistiksel anlamda farklılık saptandığı tespit edilmiştir. Araştırma ulusal ve uluslararası güreşçilerde alt gruba ayrılıp değerlendirildiğinde ise aralarında *MCT1* rs1049434 polimorfizmi açısından istatistiksel anlamda farklılık tespit edilmemiştir. Araştırmada güreşçilere bir seri anaerobik test uygulandıktan sonra, genotip dağılımlarının kontrol grubunda AA %45, AT %46 ve TT %9 oranlarında; çalışma grubunda ise AA %53, AT %39 ve TT %8 oranlarında olduğu tespit edilmiştir. Ek olarak, yapılan testlerden (Want ve aralıklı sürat) sonra AA genotipe sahip Japon güreşçilerin daha düşük kan laktat konsantrasyonları ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (19).

Cuperio vd., (2012) tarafından erkek ve kadınlarda yüksek yoğunluklu direnç antrenmanı ile yapılan pilot araştırmada, direnç antrenmanından sonra *MCT1* A1470T polimorfizminin laktat birikimi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. *MCT1* rs1049434 polimorfizminin, erkeklerde sarkolemaya karşı laktat taşımını etkilediğini ve farklı egzersiz protokolleri sırasında AA genotipinin TT ve AT genotiplerden daha fazla venöz kan laktat düzeyine sahip olduğu bildirilmiş ve aksine kadınlarda ise görülmediği ifade edilmiştir. Bununla birlikte araştırmacılar *MCT1* ile atletik performans arasındaki ilişkinin arkasındaki mekanizma hakkında herhangi bir fikir bildirmemişlerdir (20). Alternatif olarak, artan laktat seviyeleri endojen anabolik faktörler ve/veya kas hipertrofisi ile ilişkili olduğundan, kas hipertrofisi ile ilişkili genlerin ekspresyonunu indükleyebilir. Sonuç olarak, iskelet kaslarındaki yüksek laktat seviyeleri, elit sporcuların kas kütlelerini ve güçlerini artırarak sprint/güç performanslarını artırmalarına yardımcı olabileceği bildirilmiştir (7,12). *MCT1* A1470T polimorfizminin atletik performans üzerindeki doğrudan etkisini ortaya çıkarmak için fonksiyonel bir yaklaşımın gelecekteki araştırmalarda benimsenmesi gerektiği düşünülmektedir.

İlgili literatürde *MCT1* ve atletik performans ile ilişkili farklı sonuçları bulguladıkları gözlemlenmiştir. Örneğin, Sawczuk ve ark., (2015) dayanıklılık (n=112), sprinter/güç (n=100) ve kontrol grubu (n=621) ile yaptıkları araştırmada, sprint/güç atletlerde kontrol grubuna göre AA genotipi referans alındığında TT genotipinin istatistiksel anlamda farklı olduğu, dayanıklı atletler ve kontrol grubu kıyaslandığında istatistiksel farklılık olmadığı, dayanıklı atletler sprint/güç atletleri ile kıyaslandığında ise sprint/güç atletlerin dayanıklı atletlere göre TT genotipinin daha yoğun olduğu, istatistiksel anlamda fark olduğu saptanmıştır. Araştırmacılar *MCT1* TT genotipinin sprint/güç sporuna yakınlık sağlayabileceği, ancak daha fazla elit sporcu üzerinde tekrarlanması gerektiğini bildirmişlerdir (7). Bunun aksine kürekçiler (rowers) üzerinde yapılan araştırmada ise AA genotipi dayanıklılık sporcuları arasında daha fazla olarak tespit edilmiştir (8).

Massiada vd., (2015) ise elit futbol oyuncularında dolaylı kas zedelenmesi üzerine *MCT1* rs1049434 etkisini araştırdıkları bir çalışmada genotip dağılımlarının AA %38,8, AT %47,3, ve TT %12,7 oranlarında olduğu bildirilmiştir. Kas hasarı değişkenleri ile ilgili olarak, *MCT1* genotipleri ile kas yaralanması insidansında arasında anlamlı farklar bulunduğu, ayrıca TT genotipine sahip futbolcuların AA genotip taşıyıcılarına oranla kas yaralanması insidansının daha düşük olduğu tespit edilmiştir (21).

#### Türkiye'de Yapılan Araştırmalar

Gerçekleştirdiğimiz literatür araştırmaları sonucunda ülkemizde spor genetiği alanında *MCT1* analizlerini kapsayan araştırmalar diğer uluslararası çalışmalar ile kıyaslandığında daha az sayıda olduğu gözlemlenmiştir.

Türk Ironman sporcularda *MCT1* rs1049434 polimorfizminin genotip ve allel frekans dağılımı incelendiğinde, AA %90, AT %10 ve TT genotipe taşıyıcılarına rastlanmamıştır. Allel dağılımında ise A %95 allele sahip olanlar T %5 allele oranla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar A allelinin bu yüksekliğinin dayanıklılık ile ilişkilendirilebilir olduğunu belirtmişlerdir (22).

Kaman, (2018) tarafından yapılan araştırmada, milli bisikletçilerde *MCT1* rs1049434 polimorfizmi değerlendirildiğinde, sporcu ve sedanter grupların genotip dağılımlarında gruplar arası istatistiksel anlamlılık tespit edilmiştir. Allel dağılımlarında ise gruplar arası anlamlı bir ilişki saptanmamıştır. *MCT1* genotip dağılımları açısından çalışma grubu AA%7, AT %90 ve TT %3 oranlarında, kontrol grubunun ise AA %40, AT %47 ve TT %13 oranlarında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca çalışma grubu TT genotipe sahip bireyler kontrol grubuna oranla daha düşük bulunmuştur. Allel dağılımları açısından çalışma grubu A alleli %52, T alleli ise %48 olarak, kontrol grubu A allel dağılımı %63, T allel dağılımının ise %37 olduğu saptanmıştır. Gruplar arası allel dağılımı açısından anlamlı sonuçlar tespit edilirse de her iki grupta da A allelinde yığılma olduğu gözlemlenmiştir (11).

Zelka, (2017) elit atletlerde (uzun mesafe n=15, kısa mesafe n=15) *MCT1* rs1049434 polimorfizminin genotip ve allel dağılımlarını incelemiş, genotip açısından uzun mesafe koşucularında %26,67 AA, %53,33 AT ve %20 TT oranlarında, kısa mesafe koşucularında ise %93,33 AT, %6,67 TT oranlarında dağılım tespit edilmiş, AA genotip taşıyıcılara ise rastlanmamıştır. Allel dağılımları açısından uzun mesafe grubunda A allel dağılımı %53,33, T allel dağılımı ise %46,67 olarak, kısa mesafe koşucularında A allel dağılımı %50, T allel dağılımı ise %50 olarak tespit edilmiştir (23). Yazarlar AA genotipe sahip bireylerin uzun mesafe (dayanıklılık) koşularında, TT genotipe sahip sporcuların kısa mesafe (sprint) koşularında, AT genotipe sahip sporcuların ise orta mesafe koşularında daha avantajlı olduklarını bildirmişlerdir.

#### SONUÇ

Literatürden elde edilen sonuçlara göre Türk popülasyonunda AA genotipe sahip sporcuların dayanıklılık spor branşlarına yakınlık gösterdikleri düşünülmektedir. Ancak diğer popülasyonlarda tartışmalı araştırma bulunmasına rağmen TT genotipe sahip sporcularında dayanıklılık spor branşlarına yakınlık gösterdiği söylenebilir. Araştırma sonuçları incelendiğinde benzer ve farklı araştırma bulguları olduğu gözlemlenmiştir. Bu farklı sonuçların sebebi olarak, farklı spor disiplinlerinin karşılaştırılması, homojen olmayan gruplar ile araştırmaların yapılması, elit sporcularla araştırmanın yapılması gerektiğinden araştırma gruplarının sınırlı sayıda oluşturulması, katılımcıların etnik köken, spor branşı, spor deneyimi gibi etkenlerin etkisinin olabileceği düşünülmektedir.

Spor başarısını tetikleyen genetik miras; çevresel faktörler, yaşam tarzı, antrenmanların uygulanması, yüklerin kapsamı ve yoğunluğu, nöromotor gelişim, dengeli beslenme ve kültürel farklılıklar ile harmanlanarak bireye özgü değişiklikleri veya farklılaşmaları ortaya çıkarır. Tüm bu değişkenler göz önüne alındığında, performans gelişimi ve spor başarısı daha öngörülebilir yörelerle uyumlu hale getirilebilir. Bu açıdan bireysel genotip özelliklerinin öğrenilmesi veya araştırılması, sporcunun tutarlı yöne ve doğru olaylara yönlendirilmesi, kişiye yönelik antrenman programlarının oluşturulması ve genetik potansiyele sahip bireylerin elit sporcular olabileceğinin farkına varılması için faydalı ve kullanılabilir bir araç olabilir. Ayrıca, sporcuların optimum başarıyı elde etmelerini ve aktif sporcuların fizyolojik zayıflıklarını belirleme ve buna göre kişisel antrenman programlarını tasarlama becerisini sağlayacak yol gösterici bilgiler vererek; antrenörlere, sporculara ve alanda çalışacak kişilere yardımcı olma fırsatı da vaat etmektedir (24,25).

*MCT1* polimorfizminin atletik performans üzerindeki etkisini sağlıklı bir şekilde ortaya çıkarmak için fonksiyonel bir yaklaşımın gelecekteki çalışmalarda benimsenmesi ve farklı spor branşlarında daha fazla araştırmalar yapılması gerektiği düşünülmektedir. Özetle, *MCT1* gen polimorfizminin dayanıklılık kriteri olmanın yanı sıra, kişiye yönelik branş seçimi, antrenman programları oluşturulması ve performans gelişimini gözlemlemek için de kullanılabilir.

#### Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

#### KAYNAKLAR

1. Ulucan K. Spor genetiği açısından Türk sporcuların ACTN3 R577X polimorfizm literatür özeti. *Clinical and Experimental Health Sciences* 2016;6(1):44-47.

2. Bulğay C, Çetin E, Orhan Ö, Ergün MA. Koşucularda ACTN3 ve ACE genlerinin sportif performans etkisi. İnönü Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi 2020;7(1), 1-12.
3. Bulğay C, Doğan CS, Çetin E, Polat T, Eken BF, Akkoç O, Bayraktar I, Uluçan K. Collagen type 1 gene (COL1A1) rs1800012 polymorphism in long and short distance runners. Spor Hekimliği Dergisi/Turkish Journal of Sports Medicine 2021;56 (1):28-32.
4. Cerit M. Hypothetical Approach to the Location of Genotypes (ACE & ACTN3) Associated with Energy Systems for the Athletic Performance. Spor Bilimleri Araştırmaları Dergisi 2018;3(1):97-105.
5. Kanatous SB, Mammen PP. Regulation of myoglobin expression. Journal of Experimental Biology 2010;213(16):2741-2747.
6. Cerit M, Çakıroğlu T. Athletic performance and genetics. Int Sci 2019;11(43):494-500.
7. Sawczuk M., Banting LK, Ciężczyk P, Maciejewska-Karłowska A, Zarębska A, Leońska-Duniec A, ... & Eynon N. MCT1 A1470T: a novel polymorphism for sprint performance?. Journal of science and medicine in sport 2015;18(1):114-118.
8. Fedotovskaya ON, Mustafina LJ, Popov DV, Vinogradova OL, & Ahmetov II. A common polymorphism of the MCT1 gene and athletic performance. International journal of sports physiology and performance 2014;9(1):173-180.
9. Guilherme JP, Bosnyák E, Semenova E, Szmodis M, Griff A, Móra Á, ... & Lancha Junior A. The MCT1 gene Glu490Asp polymorphism (rs1049434) is associated with endurance athlete status, lower blood lactate accumulation and higher maximum oxygen uptake. Biology of Sport 2020;38(3):465-474.
10. İnternet: GeneCards The Human Gene Database. URL: <https://www.genecards.org/cgi-bin/carddisp.pl?gene=SLC16A1&keywords=mct1> adresinden 15 Haziran 2021'de alınmıştır.
11. Kaman T. Milli bisikletçilerde dayanıklılık ile ilişkili ACTN3, ACE, IL-6, MCT1 gen polimorfizmlerinin dağılımlarının araştırılması. Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2018.
12. Bonen A. The expression of lactate transporters (MCT1 and MCT4) in heart and muscle. European journal of applied physiology 2001;86(1):6-11.
13. Merezinskaya N, Fishbein WN, Davis JI, & Foellmer JW. Mutations in MCT1 cDNA in patients with symptomatic deficiency in lactate transport. Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine 2000;23(1):90-97.
14. Al-Lami HAA, Khaleel SH, Yonis SD. Study the correlation between alleles of MCT1 gene and enduring performance in handball players. Journal of Human Sport and Exercise, 2020;15(3proc), S958-S965.
15. Saito M, Ginszt M, Massidda M, Ciężczyk P, Okamoto T, Majcher P, & Kikuchi N. Association between MCT1 T1470A polymorphism and climbing status in Polish and Japanese climbers. Biology of Sport 2021;38(2).
16. Abd Zaed MJ, Chomanis. HH, & Joksimovic M. The Effects of Physical Exertion According to the Monocarboxylate Transporter 1 (MCT1) on the Speed of Lactic Acid Elimination in Futsal Players. Soshum: Jurnal Sosial dan Humaniora 2021;11(1), 80-87.
17. Pilegaard H, Bangsbo J, Richter EA, Juel C. Lactate transport studied in sarcolemmal giant vesicles from rat skeletal muscles: effect of denervation. American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism 1995;269(4), E679-E682.
18. Ben-Zaken S, Eliakim A, Nemet D, Rabinovich M, Kassem E, Meckel Y. Differences in MCT 1 A 1470 T polymorphism prevalence between runners and swimmers. Scandinavian journal of medicine & science in sports 2015;25(3):365-371.
19. Kikuchi N, Fuku N, Matsumoto S, Murakami H, Miyachi M, Nakazato K. The association between MCT1 T1470A polymorphism and power-oriented athletic performance. International journal of sports medicine 2017;38(01):76-80.
20. Cupeiro R, González-Lamuño D, Amigo T, Peinado AB, Ruiz JR, Ortega FB, Benito, PJ. Influence of the MCT1-T1470A polymorphism (rs1049434) on blood lactate accumulation during different circuit weight trainings in men and women. Journal of science and medicine in sport 2012;15(6):541-547.
21. Massidda M, Eynon N, Bachis V, Corrias L, Culigioni C, Piras F, ... & Calò CM. Influence of the MCT1 rs1049434 on indirect muscle disorders/injuries in elite football players. Sports medicine-open 2015;1(1):1-6.
22. Akkoç O, Birlık A, Doğan CS, Kırandı Ö, Uluçan K. Türk ironman triatlon sporcularında IL-6, HIF1A, MCT1, PPAR-a polimorfizm dağılımının belirlenmesi. Spor Eğitim Dergisi 2020;4(1):1-7.
23. Zelka MK. Milli atletlerde MCT1 (rs1049434) polimorfizminin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Üsküdar Üniversitesi, İstanbul, 2017.
24. Cerit M. Hypothetical Approach to the Location of Genotypes (ACE & ACTN3) Associated with Energy Systems for the Athletic Performance. Spor Bilimleri Araştırmaları Dergisi 2018;3(1):97-105.
25. Uluçan K, Sercan C, Eken BF, Ülgüt D, & Erel Ş. Spor genetiği ve ACE gen ilişkisi. İnönü Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi, 2016;3(2), 26-34.