



SPORMETRE

The Journal of Physical Education and Sport Sciences
Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi



DOI: 10.33689/spormetre.1290017

Geliş Tarihi (Received): 30.04.2023

Kabul Tarihi (Accepted): 14.12.2023

Online Yayın Tarihi (Published): 30.12.2023

ACTN3 (rs1815739) GENİ İLE DARBEYE BAĞLI OLMAYAN SPOR YARALANMALARI İLİŞKİSİNİN İNCELENMESİ

Sedat Kahya^{1*} 

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, SAMSUN

Öz: Günümüz dünyasında sporun artan popülaritesi ve sporcuların performans limitlerinin ötesine geçme isteği beraberinde birtakım sorunları gündeme getirmiştir. Bu sorunlardan biri olan spor yaralanmaları, spora ayrılan zamanın kaybolması ile sonuçlanan multifaktöriyel özelliğe sahip olumsuz bir durumdur. Spor yaralanmalarının oluş mekanizmaları dikkate alındığında, içsel ve dışsal birçok faktörün bu fenomen üzerinde önemli etkilere sahip olduğu görülmektedir. Bu faktörlerden biri olmaya aday genetik, sporcuları yumuşak doku yaralanmalarına karşı daha duyarlı hâle getirebilmektedir. Derleme, bugüne kadar *ACTN3* rs1815739 gen polimorfizmi ve spor yaralanmaları ile ilgili internet veri tabanına kayıtlı çalışmaların değerlendirmesini içermektedir. *ACTN3* rs1815739 gen polimorfizmi, kaslarda aktin filamentlerinin Z diskine bağlanmasını sağlayan alfa aktinin 3 proteinini kodlamaktadır. Aktin miyofilamentleri, kas fibrillerinin kasılma fonksiyonunda önemli bir göreve sahiptir. *ACTN3* geninin kodladığı alfa aktinin proteini, kan ve kasdaki seviyeye bağlı olarak kas morfolojisini etkileyebilmektedir. Sonuç olarak, *ACTN3* rs1815739 gen polimorfizmindeki genotip ve aleller darbeye bağlı olmayan kas yaralanmalarının mekanizmasını önemli ölçüde değiştirebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: *ACTN3* gen, kas, spor, yaralanma, yumuşak doku

INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN *ACTN3* (rs1815739) GENE AND NON-CONTACT SPORTS INJURIES

Abstract: In today's world, the increasing popularity of sports and the desire of athletes to go beyond the performance limits have brought with them a number of problems. Sports injuries, one of these problems, is a negative condition with a multifactorial feature that results in the loss of time allocated to sports. When the mechanisms of occurrence of sports injuries are considered, it is seen that many internal and external factors have significant effects on this phenomenon. Genetics, which is a candidate for one of these factors, may make athletes more susceptible to soft tissue injuries. The review includes an evaluation of the studies recorded to date in the online database on *ACTN3* rs1815739 gene polymorphism and sports injuries. The *ACTN3* rs1815739 gene polymorphism encodes the alpha actin 3 protein that enables actin filaments in muscles to bind to the Z disc. Actin myofilaments have an important role in the contractile function of muscle fibrils. The alpha actin protein encoded by the *ACTN3* gene can affect muscle morphology depending on the level in the blood and muscle. As a result, genotypes and alleles in the *ACTN3* rs1815739 gene polymorphism can significantly alter the mechanism of non-contact muscle injuries.

Key Words: *ACTN3* gene, injury, muscle, soft tissue, sports

* Sorumlu Yazar: Sedat Kahya, Dr., E-mail: sedatkahya58@gmail.com

GİRİŞ

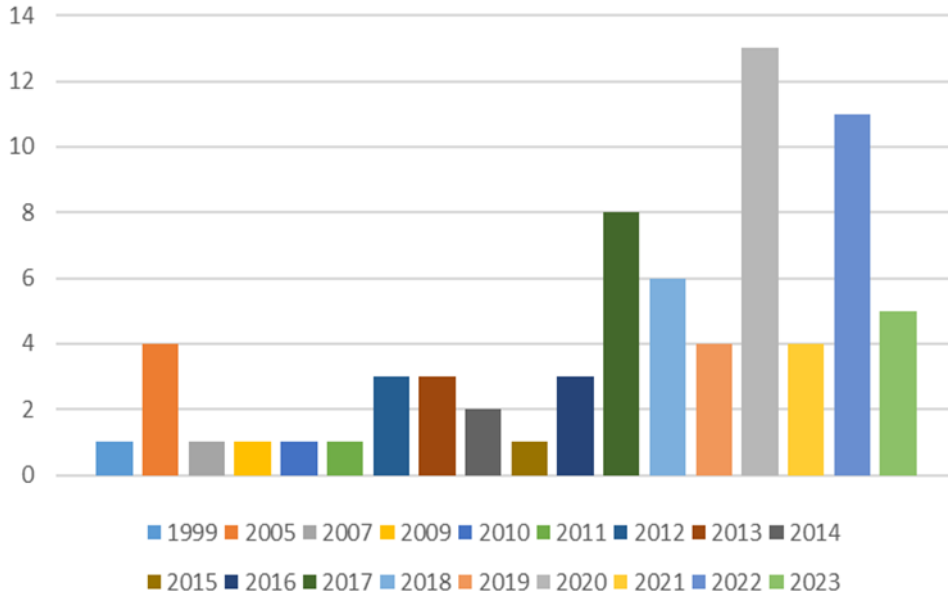
Sportif performans, sporcunun sahip olduğu genetik özellikler ile çevresel etmenlerin kombinasyonu sonucu oluşan kompleks bir olgudur (Kaman ve ark., 2017). Günümüz dünyasında sporun artan popüleritesi, gerekli önlemlerin alınmaması ve sporcuların performans limitlerinin ötesine geçme isteği beraberinde birtakım sorunları gündeme getirmiştir (Argut ve Çelik, 2018; Karayol ve Eroğlu, 2020). Bu sorunlardan biri olan spor yaralanmaları, spora ayrılan zamanın kaybolması ile sonuçlanan multifaktöriyel özelliğe sahip olumsuz bir durumdur. Spor yaralanmaları, bedenün bir bölümünün ya da tamamının dayanabileceği yükten fazlasını karşılaması durumunda ortaya çıkan kalıcı ya da geçici şekillerde meydana gelebilen bir yaralanma türüdür (Arıkan ve Çimen, 2020; Budak ve ark., 2020). Sportif faaliyetlere katılımın artmasıyla sağlık ve wellness'e dair parametreler gelişirken, spor yaralanmalarında da önemli artışlar meydana gelmiştir (Çelebi ve Zergeroğlu, 2017). Spor yaralanmalarının oluş mekanizmaları dikkate alındığında, içsel ve dışsal birçok faktörün bu kavram üzerinde önemli etkilere sahip olabileceği görülmektedir. Spor yaralanmalarına sebep olan içsel faktörleri; yaş, cinsiyet, anatomik yapı, sinir sistemi, iskelet kas yapısı, vücut kompozisyonu, kondisyon durumu, yetenek seviyesi, postüral duruş, nöromusküler-biyomekanik faktörler, genetik vb. dışsal faktörleri ise beslenme, ergojenik destekler, ısınma, oyun kuralları, antrenman yöntemi, spor yapılan zemin, koruyucu ekipman, sıcaklık, vb. sıralayabiliriz (Demirci ve Kınıklı, 2019). Spor yaralanmalarında önemli etkilere sahip olduğu varsayılan genetik, yaşayan organizmanın kalıtsal çeşitliliğini inceleyen bir bilimdir (Karayılan ve ark., 2013). Spor yaralanmaları üzerinde genetiğin bu kadar baskın olmasında, bu olgunun insan geleceğine yönelik yaptığı sağlam bilimsel öngörüler önemli bir etmen olabilir. Genlerin etki mekanizmaları göz önünde bulundurulduğunda, bunların bir kısmı sporcuları yumuşak doku yaralanmalarına karşı daha duyarlı hâle getirebilmektedir. Bu bakımdan yumuşak dokular üzerinde etki gücüne sahip gen polimorfizmleri bulunmaktadır (Eken ve ark., 2018).

Spor yaralanmalarında, her ne kadar da kolajen dokuların yapısal bütünlüğünün bozulması yumuşak doku yaralanmaları olarak nitelendirilse de vücudun hareket sisteminin temel yapısı oluşturan kaslar da bu sınıf yaralanmalar içerisinde kritik bir öneme sahip olabilir. Kas morfolojisini etkileyerek kasların sportif performans sırasındaki etkinliğini düzenleyen ACTN3 (alfa-aktinin3) proteini, kas kasılması sırasında aktin filamentlerinin işlevini düzenlemektedir. ACTN3 proteininin işlevi, *ACTN3* geni tarafından kontrol edilmektedir. *ACTN3* gen polimorfizmleri, sportif performansın gerektirdiği karakteristiğe uygun kas kasılmasında anahtar rol oynamaktadır. Bu bakımdan *ACTN3* rs1815739 CC genotipine sahip sporcular, kaslarda yüksek seviyede ACTN3 protein sentezine sahip iken; TT genotipine sahip sporcular ise daha düşük seviye protein sentezine sahip olabilmektedirler (Clarkson ve ark., 2005). *ACTN3* geni, yalnız sportif performansın karakteristiğini (güç/kuvvet-dayanıklılık) belirlemede aynı zamanda kas hasarına bağlı yaralanmalar üzerinde de hatırı sayılır etkilere sebep olabilmektedir.

Literatür taramamız sırasında *ACTN3* rs1815739 gen polimorfizmi ile ilgili yapılan birçok çalışmanın, spor performansını kas tepkisi (hızlı-yavaş) olarak ele aldığı görülmüştür. Bu sonucun aksine, bu genin darbeye bağlı olmayan kas hasarına yönelik morfolojik mekanizmasının çok fazla incelenmemesi mevcut çalışmanın yapılabiliğine olanak sağlamıştır. Çalışmada, spor yaralanmalarına sebep olduğu düşünülen birçok gen polimorfizmi olmasına rağmen literatür kapsamında üzerinde daha az çalışıldığı varsayılan *ACTN3* rs1815739 gen polimorfizminin darbeye bağlı olmayan spor yaralanmalarına karşı gösterdiği tepki, konuyla ilgili literatürde yer alan çalışmalar dâhilinde detaylı bir şekilde incelenmiştir.

YÖNTEM

Çalışma, bugüne kadar *ACTN3* rs1815739 gen polimorfizmi ve spor yaralanmaları ile ilgili Pubmed, Pubmed Central, Google Akademik, ResearchGate, BMC, Academia, Genecards internet veri tabanlarına kayıtlı dokümanların değerlendirmesini içermektedir. Çalışmada, ilgili internet arama motorlarına; spor yaralanmaları, sporda yumuşak doku yaralanmaları, yumuşak doku ve genetik, yumuşak doku yaralanmaları ve genetik, darbeye bağlı olmayan spor yaralanmaları ile gen ilişkisi, *ACTN3* rs1815739 polimorfizmi, *ACTN3* rs1815739 polimorfizmi ve sportif performans, *ACTN3* rs1815739 polimorfizmi ile temassız spor yaralanmaları kelimeleri yazılarak elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Literatür kapsamında elde edilen klinik veriler ile ilgili olarak, genlerin popülasyon içerisindeki dağılımlarına dikkat edilmiştir. Bu amaçla derlemeye, Hardy-Weinberg Dengesine uygun çalışmalar seçilmiştir. Hardy-Weinberg, uygun genomların seçildiği seleksiyon, mutasyon, göç olmayan ve tesadüfen çiftleşen bir popülasyonda gen ve genotip frekanslarının nesilden nesile değişmeyeceği öngörmektedir (Çıtak ve Kesici, 1999). Çalışmada kullanılan verilerin ait olduğu yıllara ilişkin grafik, Şekil 1’de gösterilmektedir.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan verilerin ait olduğu yıllar ve çalışmaların sayıları

SPOR YARALANMALARININ ETİYOLOJİSİ

İnsan vücudunda dokular, sert ve yumuşak olarak kategorize edilmektedir. Sert dokular, bedenin hareketi sırasında herhangi bir deformeye maruz kalmaz iken; yumuşak dokular, kendileriyle ya da cerrahi aletlerle etkileşime girdikleri zaman kolayca deforme olabilmektedir (Nguyen ve ark., 2020). Vücudun kemik haricindeki dokularının oluşturduğu yapılar, yumuşak doku olarak nitelendirilmektedir. Yumuşak dokular; deri, kas, yağ, tendon, ligament, kan damarları, sinirler, kıkırdaklar ve diğer doku matrislerinden oluşmuş yapılardır (Al-Mayah, 2018).

Vücuttaki her bir yumuşak doku, fonksiyonuna göre bir takım spesifik mekanik yüklere maruz kalmaktadır. Örneğin kan damarları ve arterial kapaklar, kan dolaşımı nedeniyle döngüsel yüklere maruz kalırken; gözdeki yumuşak dokular, göz içindeki basıncın artmasına bağlı

tansiyona maruz kalmaktadır. Kemiklerin uçlarını çevreleyen eklem kıkırdakları ise sürtünme ile sürekli bir baskı altındadır (Chittajallu ve ark., 2022).

Sportif performans esnasında sporcular, vücut dokularında spor branşının gerektirdiği baskıya bağlı olarak birtakım hasarlarla karşılaşabilmektedirler. Bu hasarların büyük bir kısmını yumuşak doku yaralanmaları oluşturmaktadır. Yumuşak doku yaralanmaları, fiziksel-fizyolojik bakımdan bireylerde ağrı ve fonksiyon kaybına sebep olmakla birlikte yapılan iş adına güç kaybı, sağlık açısından da ciddi yükler oluşturabilmektedir (Yalman, 2017). Bu yaralanmalar, sıklıkla vücudun deri, tendon, kas, ligament, damar ve sinir yapılarında meydana gelmektedir (Türkmen ve ark., 2020). Bu bağlamda tendon ve ligament yaralanmaları, tüm yaralanmaların %30-%50'sini oluşturmaktadır (Jarvinen ve ark., 2005). Tendonların aşırı kullanımından dolayı tendinit ve tendinosiz yaralanmaları, özellikle dayanıklılık koşucularında sıklıkla görülen bir yaralanma türü olmakla birlikte, tendon kopukları ise daha çok tendonlarda ani gerilmenin olduğu sprint sporlarında sıklıkla görülen bir yaralanma türüdür (Spitnale ve ark., 2022).

Diz eklemine hızlı bir şekilde propriyosepsiyon eşitsizliği oluşturan ön çapraz bağ yaralanmaları, farklı popülasyonlarda farklı oranlarda görülmesine rağmen, Amerika Birleşik Devletleri'nde yıllık 200.000 hastaya ulaşan bir prevalansa sahiptir (Mangine ve ark., 2023; Özalın ve ark., 2023). Ön çapraz bağ yaralanmaları, diz eklemine zorlamaya bağlı olarak yer değiştirme ve dönme hareketi sırasında meydana gelmektedir. Ayrıca bu yaralanmalarda, dizde laksite (gevşeklik) ve bununla ilgili gelişen ağrı ile hareket kısıtlılığı olması durumunda cerrahi müdahale gerekli olabilmektedir (Özkan ve Öztürk, 2018).

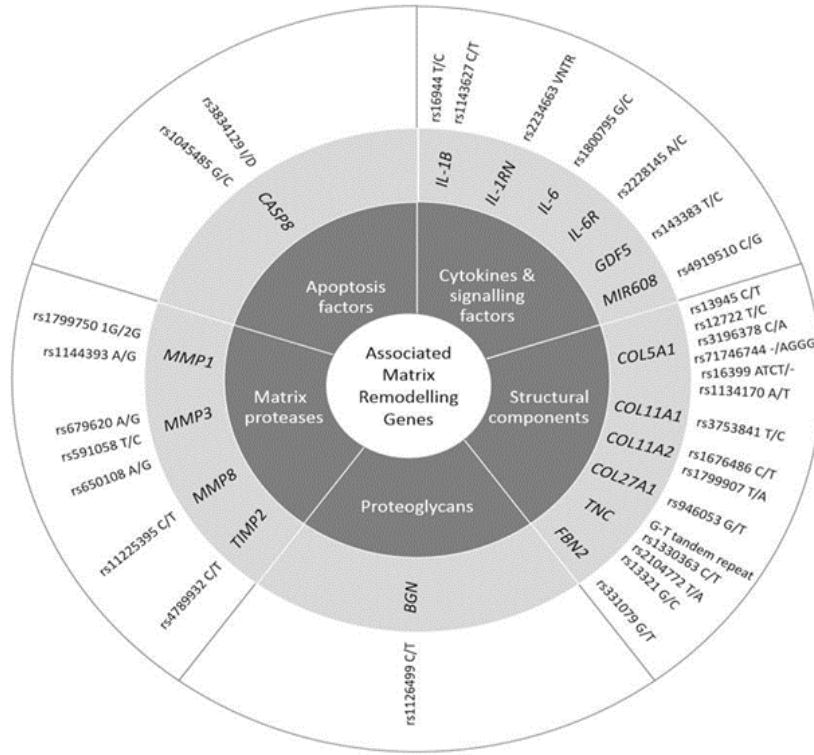
Kas yaralanmaları, hafif dereceli kas kramplarından bütün kasın kopmasına kadar uzanan ve süreklilik gösteren bir yaralanma türüdür (Petersen ve Hölmich, 2005). Kas yaralanmaları, bireylerin acil servise sıklıkla başvurdukları yaralanmalar arasındadır (Nisam ve Raj, 2018; Kozacı ve Avcı, 2020). Kas yaralanmalarının oluş mekanizmaları incelendiğinde, birçok etmenin bu yaralanmalar üzerinde önemli etkilere sahip olabileceği görülmektedir. Darbeler, zorlamalar, zıt yönlü hareketler, ani akselerasyon (hızlanma) ve deselerasyon (yavaşlama) hareketleri vb. kas yaralanmaları için bilinen mevcut nedenler olarak gösterilse de kas morfolojisinin kalıtsal yapısını etkileyerek, kas yaralanmalarına etki eden genetik faktörlerde bulunmaktadır.

SPOR YARALANMALARININ GENETİK BOYUTU

Spor yaralanmalarına sebep olabilecek birçok faktör bulunmaktadır. Spor yaralanmalarına sebep olabilecek birçok faktöre rağmen, bu tür yaralanmaların arkasındaki kalıtsal mekanizma üzerinde durulması gereken önemli bir husus olabilir. Genetik, yalnız sporcuların sportif performans durumlarını değil, aynı zamanda yaralanmalara karşı hassasiyeti de önemli ölçüde belirleyebilmektedir (Kahya ve ark., 2022; Kambouris ve ark., 2012). Bu amaçla genetik, farklı seviyelerdeki sporcularda ve fiziksel olarak aktif bireylerde yumuşak doku yaralanmalarını azaltan ya da artıran potansiyel bir risk faktörüdür (Lv ve ark., 2018; Ribbons ve ark., 2022). Teknolojinin gelişmesiyle birlikte yumuşak doku yaralanmalarının altında yatan genetik mekanizmaların anlaşılması mümkün hâle gelmiştir. Bu amaçla son yıllarda yapılan çalışmalarda ön çapraz bağ yaralanmalarının yaklaşık % 69'unun, kalıtsal olduğu tahmin edilmektedir (Feldmann ve ark., 2022).

Spor yaralanmalarında vücudun yumuşak doku formasyonu olarak nitelendirdiğimiz kolajen yapıların işlevleri, (kolajen sentezi, hücre dışı matriks ve tendon hasarının onarımı vb.) bazı genler tarafından kontrol edilebilmektedir. Özellikle tendinopatilerde yumuşak doku

hassasiyetine sebep olabilecek bazı genler ve ID numaraları (polimorfizmleri) Şekil 2’de gösterilmektedir (Ramos ve ark., 2016; Can, 2020; İlgün ve ark., 2020).



Şekil 2. Tendinopatilerle ilişkilendirilen bazı genler ve ait oldukları polimorfizmler

Spor yaralanmaları ile ilgili olduğu varsayılan genler, metabolizmada yumuşak dokular üzerinde farklı işlevlere sahip olabilmektedir. Bu bağlamda Tablo 1’de yumuşak doku yaralanmaları üzerinde etkili olabilecek bazı genlerin özellikleri gösterilmektedir.

Tablo 1. Yumuşak doku yaralanmaları ile ilişkili genler, doku türleri ve yaralanmadaki işlevi

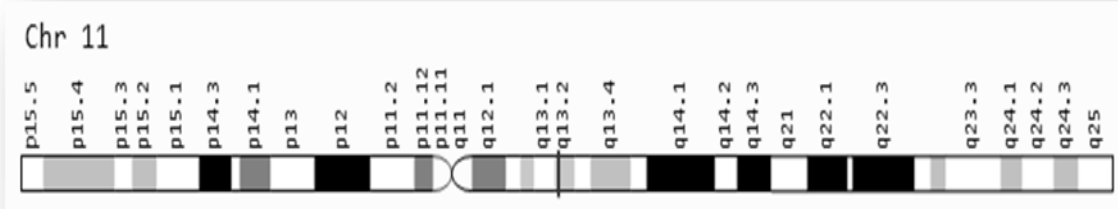
Gen	Doku Türü	Yaralanma İşlevi
<i>ACTN3</i>	Kas	Kas deformasyonu (Coso ve ark., 2017).
<i>CCL2</i>	Kas	Kas Yaralanmaları (Pruna ve ark., 2013)
<i>COL1A1</i>	Ligament	Ön çapraz bağ kopukları ve omuz çıkıkları (Collins ve Raleigh, 2009).
<i>COL5A1</i>	Tendon-Ligament	Kronik aşil tendinopatisi (Mokone ve ark., 2005).
<i>ELN</i>	Ligament	Ligament yaralanmaları (Artells ve ark., 2016).
<i>IGF2</i>	Tendon	Tendon yaralanmaları (Jacob ve ark., 2022).
<i>MIR608</i>	Tendon-Ligament	Tendon ve ligament yaralanmaları (Brazier ve ark., 2019).
<i>MMP3</i>	Tendon	Aşil tendinopatisi (Gibbon ve ark., 2017).
<i>TGFBI</i>	Tendon	Aşil tendon yaralanmaları (Maffulli ve ark., 2013).
<i>TIMP2</i>	Tendon	Aşil tendon patolojisi (Khoury ve ark., 2016).
<i>TNC</i>	Tendon	Aşil tendon yaralanmaları (September ve ark., 2007).

Kısaltmalar: *ACTN3*: Alpha-actinin 3, *CCL2*: C-C Motif Chemokine Ligand 2, *COL1A1*: Collagen Type I Alpha 1 Chain, *COL5A1*: Collagen Type V Alpha 1 Chain, *ELN*: Elastin, *IGF2*: Insulin Like Growth Factor 2, *MIR608*: MicroRNA 608, *MMP3*: Matrix Metallopeptidase 3, *TGFBI*: Transforming Growth Factor Beta 1, *TIMP2*: TIMP Metallopeptidase Inhibitor 2, *TNC*: Tenascin C

ACTN3 rs1815739 GENİ İLE SPOR YARALANMALARI İLİŞKİSİ

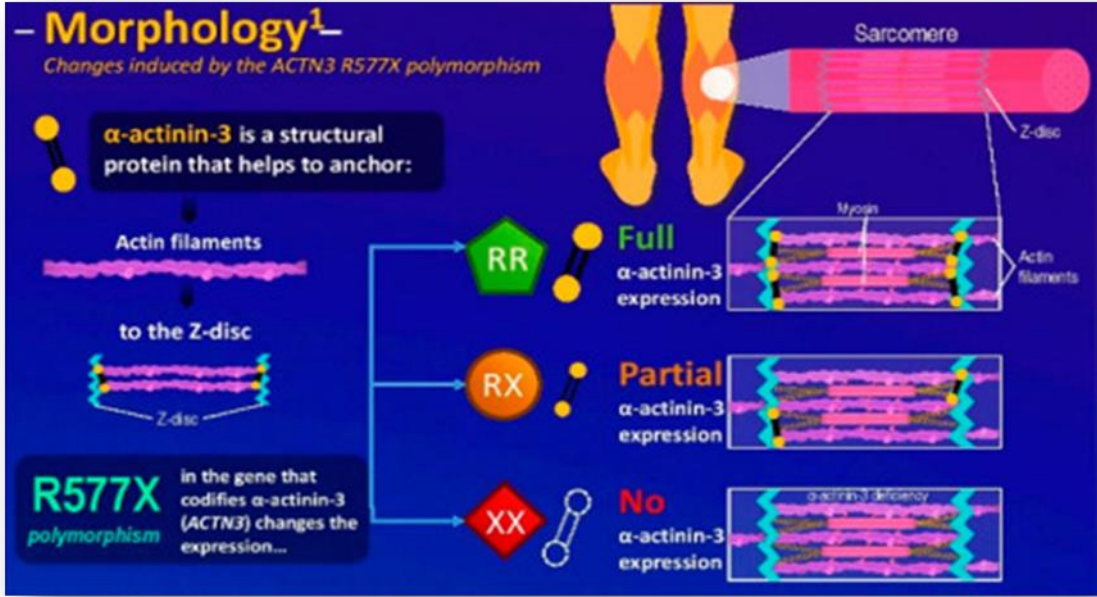
Kaslar, aktin ve miyozin miyofilamentlerinin bir araya gelerek oluşturduğu yumuşak dokulardır (Karip ve Balçoğlu, 2021). Kasın en temel yapısı olan aktin ve miyozin miyofilamentleri, kasın kasılabilen en küçük bölümü olan sarkomeri meydana getirmektedir. Kasın Z çizgisine bağlı halde bulunan aktin miyofilamentleri, kas fibrillerinin kasılma fonksiyonunda kritik bir öneme sahiptir (Yang ve ark., 2023). Bu durum özellikle kalın filamentler olarak nitelendirilen miyozinler üzerinde aktin filamentlerinin kayma hareketi yapması, kayan filamentler teorisi, şeklinde gerçekleşmektedir. Bu hareket esnasında aktin filamentlerinin, sağlam kuvvetlere dayanıp/dayanamama özelliğine sahip olması bazı spor branşları için birtakım, avantaj-dezavantaj, durumlar oluşturabilmektedir. Bu durumda, güç/kuvvet ve sprint özelliğine sahip spor branşları (halter, kısa mesafe koşular, gülle atma, yüksek atlama vb.) avantajlı durumda iken; dayanıklılığın baskın olduğu spor branşları (uzun mesafe koşular, yürüyüşler, dağcılık, uzun mesafe yüzme vb.) ise dezavantajlı konumda olabilmektedir. Bu durum üzerinde genetik faktörler kritik bir öneme sahip olabilir (Eroğlu ve Zileli, 2015; Henrique ve ark., 2022).

Son zamanlarda, spor ile genetik ilişkisine yönelik yapılan çalışmaların sayısında artış görülmektedir (Bulğay ve ark., 2020). Bu doğrultuda, sportif performans ve genetik ilişkisinin incelendiği çalışmaların başında gelen *ACTN3* geni; *ACTN1*, *ACTN2* ve *ACTN4* izoformlarına sahiptir. (Eken ve ark., 2021). Bunlar içerisinde *ACTN2* ve *ACTN3* genleri, kasın sarkomerik Z çizgisinin büyük componentini oluşturmaktadır (Moorchung ve ark., 2019). *ACTN3* geni, işlev bakımından, kasın kasılabilme mekanizmasında, anahtar bir role sahiptir. Alfa aktinin 3 proteinini kodlayan *ACTN3* geni, 11 nolu kromozomun uzun kolunda 11q13.2'de lokalizedir (Şanlısoy ve ark., 2011) (Şekil 3).



Şekil 3. *ACTN3* geninin kromozom üzerindeki lokasyonu

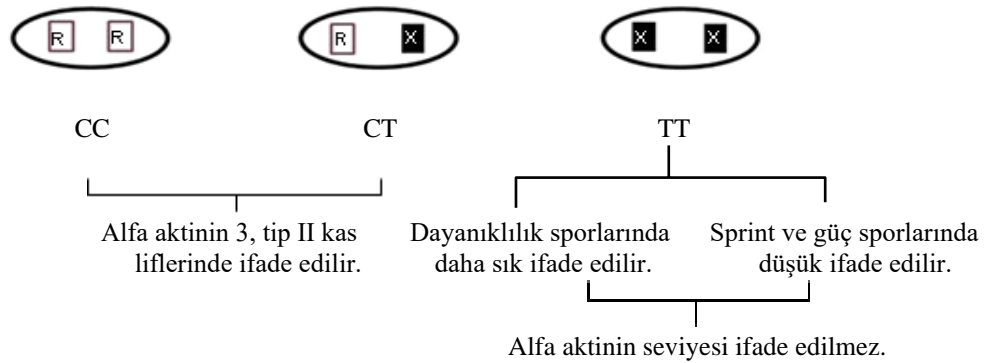
ACTN3 gen dizisinde ekzon 16'da nükleotid 1747, C>T transition ile sitozin (C) nükleotidinin yerine timin (T) nükleotidinin gelmesiyle CGA kodonunu TGA 'ya dönüştürür. Bu dönüşüm sonrası TGA kodonu, mRNA'da UGA'ya yani durdurucu kodona (577X) denk gelmektedir (Massidda ve ark., 2012). Bu sayede *ACTN3* geninin, 901 amino asitlik uzun formu yerine 577 amino asitlik daha kısa formu meydana gelir (Keser, 2021). *ACTN3* geninin kas morfolojisine ilişkin sistematik, Şekil 4'te gösterilmektedir (Baltazar-Martins ve ark., 2020).



Şekil 4. ACTN3 geninin kas morfolojisi sistematığı

Sportif performans üzerinde en çok çalışılan ACTN3 rs1815739 gen polimorfizmi, kaslarda aktinin filamentlerinin Z diskinde bağlanması sağlayan alfa aktinin 3 proteinini kodlamaktadır (Naureen ve ark., 2020; Doğğün, 2022). ACTN3 rs1815739 gen polimorfizminde CC, CT ve TT şeklinde üç genotip; C ve T olmak üzere de iki alel bulunmaktadır. Literatür dâhilinde ACTN3 rs1815739 gen polimorfizmi ile ilgili yapılan çalışma sonuçları incelendiğinde; kısa süreli, çabukluk ve maksimal güç/kuvvetin baskın olduğu spor branşlarında CC genotipi ile C alelinin dominant özellik gösterdiği; dayanıklılığın baskın olduğu spor branşlarında ise TT genotipi ile T alelinin dominant özellik gösterdiği görülmektedir. CT genotipi, ara form olarak heterojen özellik göstermektedir.

ACTN3 geni, özellikle tip II kas fibrillerinde ekspre edilen sarkomerik yapıda bir protein kodlamaktadır (John ve ark., 2020). Bu nedenle ACTN3 geni; güç/kuvvet, çabukluk ve maksimal kuvvet sporlarında sıklıkla ilişkilendirilmektedir. ACTN3 rs1815739 gen polimorfizminin, sistematığı Şekil 5'te gösterilmektedir (Vancini ve ark., 2014).



Şekil 5. ACTN3 rs1815739 gen polimorfizminin sistematığı

ACTN3 geninin, sportif performansla olan ilişkisinin bir başka boyutu ise bu genin spor yaralanmaları üzerine oluşturduğu varsayımsal etki mekanizmasıdır. Bu mekanizmanın ilgili olduğu vücut dokusu ise kaslardır (Kumagai ve ark., 2023). Bu amaçla *ACTN3* rs1815739 gen polimorfizmi ile kas hasarı ilişkisine yönelik Coso ve ark., (2017)'nin 71 maraton sporcusuyla yaptıkları çalışmada, T aleli taşıyan sporcuların CC genotipine sahip sporculara kıyasla daha yüksek kas hasarına sahip olduklarını tespit etmişlerdir. Bu sonucun ortaya çıkmasında T aleline sahip sporcuların, yüksek kreatin kinaz ve serum miyogloblin konsantrasyon seviyelerinin önemli bir sebep olabileceği öngörülmüştür. Pickering ve Kiely (2017) yaptıkları çalışmada, *ACTN3* rs1815739 C alelinin kas kuvveti gelişimini etkileyerek sporcuları kas hasarı ve spor yaralanmalarına karşı koruyabildiği sonucuna ulaşmışlardır. Almeida ve ark., (2022)'nin yaptıkları çalışmada, *ACTN3* rs1815739 gen polimorfizmin profesyonel futbolcularda temassız kas yaralanmalarının şiddetini ve hassasiyetini belirleyebileceğini tespit etmişlerdir. Kim ve ark., (2014)'nin Koreli dansçılarda yaptıkları çalışmada, *ACTN3* rs1815739 TT genotipine sahip dansçıların aynı genin CT ve CC genotipine sahip dansçılara oranlara daha yüksek yaralanma insidansına sahip olabileceklerini tespit etmişlerdir. Aynı çalışmada TT genotipine sahip dansçıların, ayak bileği yaralanmaları bakımından CT ve CC genotiplerine kıyasla yaklaşık 4,7 kez daha fazla eğimli olduklarını tespit etmişlerdir. Moreno ve ark., (2020)'nin maraton koşucularında *ACTN3* rs1815739 gen polimorfizmin yaralanmalar ile ilişkisini inceledikleri çalışmada, TT genotipine sahip maratoncuların ani başlayan kas yaralanmalarında CC genotipine göre 2 kez daha fazla risk içerdiğini tespit etmişlerdir.

Çalışmalardan elde edilen bu verilerin aksine, Gutiérrez-Hellín ve ark., (2021)'nin elit dayanıklılık koşucularında *ACTN3* rs1815739 polimorfizmin yaralanma epidemiyolojisi üzerine etkisini inceledikleri çalışmada, CC genotipine sahip atletlerin hem yaralanma prevalansı bakımından hem de aşıl tendonu yaralanması bakımından CT ve TT genotiplerine göre daha fazla yatkın oldukları sonucuna ulaşmışlardır. Clos ve ark., (2019)'nin elit profesyonel futbolcularda *ACTN3* rs1815739 gen polimorfizmi ile temassız yumuşak doku yaralanmaları ilişkisini inceledikleri çalışmada, C aleli ile yaralanma oranı arasında anlamlı düzeyde ilişki durumu olduğunu tespit etmişlerdir. Aynı çalışmada, *ACTN3* rs1815739 polimorfizmi ile futbolcuların toparlanma zamanları ve yaralanma şiddetleri arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde herhangi bir ilişki durumu tespit edememişlerdir.

ACTN3 rs1815739 gen polimorfizmin spor yaralanmaları ile herhangi bir ilişkisinin olmadığına yönelik Coso ve ark. (2022)'nin yaptıkları çalışmada, *ACTN3* rs1815739 gen polimorfizmin profesyonel kadın futbolunda yaralanma sıklığını belirlemede önemli bir belirteç olamayacağı sonucuna ulaşmışlardır. Varillas-Delgado ve ark., (2023)'nin elit dayanıklılık atletleri ile yaptıkları çalışmada, *ACTN3* rs1815739 gen polimorfizmin atletlerin yaralanma riskleri ile ilgili istatistiksel olarak anlamlı düzeyde herhangi bir ilişki durumu ortaya koymadığını tespit etmişlerdir. Onori ve ark., (2022)'nin ulusal düzey ragbi oyuncularında genetik ve spor yaralanmaları ilişkisini inceledikleri çalışmada, *ACTN3* rs1815739 gen polimorfizmi ile yaralanma insidansı arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklılıklar tespit edememişlerdir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

“Bir zamanlar kaderimizin yıldızlarda olduğunu düşünürdük. Fakat şu an kaderimizin büyük ölçüde genetiğimizde olduğunu biliyoruz.” James Watson'ın da bahsettiği gibi kalıtsal kodlarımız, geleceğimize yönelik özellikle de sportif performansımız hakkında önemli bilgiler verebilmektedir (Subak ve ark., 2017). Bu bilgilerin sportif performansın geliştirilmesi adına hizmet etmesi sporcu başarısını önemli ölçüde etkilemektedir. Genetiğe yönelik ilginin sporun

bütün alanlarda arttığı günümüz dünyası, sporcunun hangi spor branşına karşı daha yetenekli olduğunun belirlenmesine yönelik fikirlerden, hangi spor branşı genetik olarak yaralanmalara karşı daha hassas ya da daha dirençli şeklinde düşünceler ve/veya tartışmalar içerisine girmeye başlamıştır. Bu duruma, Avustralya Komisyonunun Raporu örnek gösterilebilir. Avustralya’da insana ait genetik bilginin korunmasına yönelik karar veren komisyon elit seviye atletlerin yaralanma hassasiyetlerinin belirlenmesine yönelik yapılan genetik testlerin, yeteneği belirlemede kullanılan diğer testlerden daha önemli olabileceği yönünde tavsiyelerde bulunmuştur (Collins, 2010). Bu karardan da anlaşılacağı üzere sporcunun sportif performans esnasında yaralanmalara karşı gösterebileceği duyarlılık, başarılı bir spor yaşamı için önemli bir belirteç olabilir. Bu doğrultuda çalışmada, *ACTN3* rs1815739 gen polimorfizmin temassız kas hasarına bağlı spor yaralanmaları ile ilişkili olabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Bu durumun daha çok kasın kasılabilen en küçük yapısı olan ve sarkomerde bulunan aktin miyofilamentlerinin Z çizgisine tutunduğu alan içerisinde gerçekleştiği düşünülmektedir. Ayrıca *ACTN3* geninin kodladığı alfa aktinin proteininin, kan ve kastaki seviyesinin artmasına paralel kasın morfolojisinde önemli ölçüde etkilenebileceği mevcut çalışmamız sonucunda görülmüştür.

Spor yaralanmalarının klinik seviyelerini belirlemeye yönelik yeteri kadar bilgi olmasına rağmen bu yaralanmaların altında yatan morfolojik ve biyolojik mekanizmaların yeteri şekilde aydınlatılamaması (September ve Posthumus, 2012) çalışmamızı bu yönüyle değerli hâle getirebilir. Ayrıca çalışmadan elde edilen bulgular doğrultusunda, spor yaralanmalarını yalnız genetik etmenlerle açıklamanın sorunun tespitinde doğru bir karar olmayacağını da düşünmekteyiz. Çalışma sonuçlarına göre; spor yaralanmaları riskinin belirlenmesi, yaralanmalara karşı gereken önlemlerin alınması, yaralanmalara karşı genetik yatkınlığı olan sporculara uygun egzersiz programlarının hazırlanması ve daha az yaralanma riskine sahip spor branşlarının seçimi bu işle uğraşan bireylere yol gösterebilir. Spor yaralanmaları ile ilgili daha fazla çalışmanın yapılması ve bu çalışmaların sağlam bilimsel temellere dayandırılması, spor bilimine hizmet eden paydaşlara değerli katkılar sunabilir.

KAYNAKLAR

Al-Mayah, A. (2018). *Biomechanics of Soft Tissues*. 1st ed. USA: CRC Press; Milton, MA.

Almeida, K. Y., Cetolin, T., Marrero, A. R., Junior, A. S., Mohr, P., & Kikuchi, N. (2022). A Pilot study on the prediction of non-contact muscle injuries based on *ACTN3* R577X and ACE I/D polymorphisms in professional soccer athletes. *Genes (Basel)*, 13(11), 2-12. doi: 10.3390/genes13112009

Argut, K. S., & Çelik, D. (2018). Genç sporcularda spora bağlı yaralanmalara neden olan faktörler. *Spor Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 122-127.

Arıkan, G., & Çimen, E. (2020). Üniversite adaylarının spor yaralanma kaygı düzeylerinin incelenmesi. *Eurasian Research in Sport Science*, 5(2), 118-127.

Artells, R., Pruna, R., Dellal, A., & Maffulli, N. (2016). Elastin: a possible genetic biomarker for more severe ligament injuries in elite soccer: A pilot study. *Muscles Ligaments Tendons Journal*, 6(2), 188–192. doi: 10.11138/mltj/2016.6.2.188

Baltazar-Martins, G., Gutiérrez-Hellín, J., Aguilar-Navarro, M., Ruiz-Moreno, C., Moreno-Pérez, V., López-Samanes, Á., . . . Coso, J. D. (2020). Effect of *ACTN3* genotype on sports performance, exercise-induced muscle damage, and injury epidemiology. *Sports (Basel)*, 8(7), 2-12. doi: 10.3390/sports8070099

Brazier, J., Antrobus, M., Stebbings, G. K., Day, S. H., Heffernan, S. M., Cross, M. J., & Williams, A. G. (2019). Tendon and ligament injuries in elite rugby: The Potential genetic influence. *Sports (Basel)*, 7(6), 2-27. doi: 10.3390/sports7060138

- Budak, H., Saniođlu, A., Keretli, Ö., Durak, A., & Öz, B. (2020). Spor yaralanmasının kaygı üzerindeki etkileri. *Kilis 7 Aralık Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi, 4(1)*, 38-47.
- Bulğay, C., Çetin, E., Orhan, Ö., & Ergün, M. A. (2020). Koşucularda *ACTN3* ve ACE genlerinin sportif performansa etkisi. İnönü Üniversitesi, *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi, 7(1)*, 1-12.
- Can, O. (2020). *Ön çapraz bağ rüptürünün moleküler ve anatomopatolojik temelini araştırılması*. Yayınlanmamış uzmanlık tezi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı.
- Chittajallu, S. S., Richhariya, A., Tse, K. M., & Chinthapenta, V. (2022). A review on damage and rupture modelling for soft tissues. *Bioengineering (Basel), 9(1)*, 2-35. doi: 10.3390/bioengineering9010026
- Clarkson, P. M., Hoffman, E. P., Zambraski, E., Gordish-Dressman, H., Kearns, A., Hubal, M., . . . Devaney, J. M. (2005). *ACTN3* and *MLCK* genotype associations with exertional muscle damage. *Journal of Applied Physiology, 99*, 564-569. doi:10.1152/jappphysiol.00130.2005
- Clos, E., Pruna, R., Lundblad, M., Artells, R., & Caussa, J. E. (2019). *ACTN3* single nucleotide polymorphism is associated with non-contact musculoskeletal soft-tissue injury incidence in elite professional football players. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 27(12)*, 4055-4061. doi: 10.1007/s00167-019-05381-x
- Collins, M. (2010). Genetic risk factors for soft-tissue injuries 101: a practical summary to help clinicians understand the role of genetics and 'personalised medicine. *British Journal of Sports Medicine, 44*, 915-917. doi:10.1136/bjism.2009.05804
- Collins, M., & Raleigh, S. M. (2009). Genetic risk factors for musculoskeletal soft tissue injuries. *Journal of Science and Medicine in Sport, 54*, 136-149. doi: 10.1159/000235701
- Coso, J. D., Rodas, G., Buil, M. Á., Sánchez-Sánchez, J., López, P., González-Ródenas, J., . . . Moreno-Pérez, V. (2022). Association of the *ACTN3* rs1815739 polymorphism with physical performance and injury incidence in professional women football players. *Genes (Basel), 13(9)*, 2-13. doi: 10.3390/genes13091635
- Coso, J. D., Valero, M., Salinero, J. J., Lara, B., Díaz, G., Gallo-Salazar, C., . . . Cacabelos, R. (2017). *ACTN3* genotype influences exercise-induced muscle damage during a marathon competition. *European Journal of Applied Physiology, 117(3)*, 409-416. doi: 10.1007/s00421-017-3542-z
- Çelebi, M. M., & Zergeroğlu, A. M. (2017). Isınma ve germe egzersizlerinin proprioepsiyon ve denge üzerine etkisi. *Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası, 70(2)*, 84-89. doi: 10.1501/Tıpfak_000000969
- Çıtak, B., & Kesici, T. (1999). Hardy-Weinberg dengesine uygunluđun exact test ile kontrolü. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 23(2)*, 435-439.
- Demirci, S., & Kınıklı, G. İ. (2019). Nöromusküler kontrolün değerlendirilmesi. *Türkiye Klinikleri Sağlık Bilimleri Dergisi, 5(3)*, 10-20.
- Doğđun, M. (2022). Spor branşına yönlendirmede genetik testlerin stratejik rolü. *Türk Spor Bilimleri Dergisi, 5(2)*, 155-167. doi: 10.46385/tsbd.1050575
- Eken, B. F., Sercan, C., Kaya, D., & Ulucan, K. (2018). Darbeye bağlı olmayan yumuşak doku yaralanmalarında moleküler yaklaşım. *Avrasya Spor Bilimleri Araştırmaları, 3(1)*, 15-25. doi: 10.22396/ERISS.2018.32
- Eken, B. F., Yılmaz, Ö. Ö., Polat, T., Aslan, B. T., & Ulucan, K. (2021). Türk futbolcularda alfa- aktinin-3 (*ACTN3*) ve anjiyotensin dönüştürücü enzim (ACE) polimorfizmleri atletik performans için bir biyobelirteç olabilir mi? *Eurasian Research in Sport Science, 6(2)*, 147-159.
- Eroğlu, O., & Zileli, R. (2015). Genetik faktörlerin sportif performansa etkisi. *Uluslararası Spor, Egzersiz ve Antrenman Bilimi Dergisi, 1(1)*, 63-76. doi.org/10.18826/ijsets.65225

- Feldmann, D., Bope, C. D., Patricios, J., Chimusa, E. R., Collins, M., & September, A. V. (2022). A whole genome sequencing approach to anterior cruciate ligament rupture—a twin study in two unrelated families. *PLoS One*, 17(10), 1-25. doi: 10.1371/journal.pone.0274354
- Gibbon, A., Hobbs, H., Merwe, W. v., Raleigh, S. M., Cook, J., Handley, C. J., . . . September, A. V. (2017). The MMP3 gene in musculoskeletal soft tissue injury risk profiling: A study in two independent sample groups. *Journal of Sports Sciences*, 35(7), 655-662. doi: 10.1080/02640414.2016
- Guo, R., Ji, Z., Gao, S., Aizezi, A., Fan, Y., Wang, Z., & Ning, K. (2022). Association of COL5A1 gene polymorphisms and musculoskeletal soft tissue injuries: a meta-analysis based on 21 observational studies. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 17(1), 2-13. doi: 10.1186/s13018-022-03020-9
- Gutiérrez-Hellín, J., Baltazar-Martins, G., Aguilar-Navarro, M., Ruiz-Moreno, C., Oliván, J., & Coso, J. D. (2021). Effect of ACTN3 R577X genotype on injury epidemiology in elite endurance runners. *Genes*, 12(1), 2-9. doi: 10.3390/genes12010076
- Henrique, J. S., Braga, P. L., Almeida, S. S., Nunes, N. S., Benfato, I. D., Arida, R. M., . . . Silva, S. G. (2022). Effect of the ACTN-3 gene polymorphism on functional fitness and executive function of elderly. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 14, 1-8. doi: 10.3389/fnagi.2022.943934
- İlgün, F., Günay, V., Yıldırım, S., & Cerit, M. (2020). Atletik performans genleri ve atletik yeteneğin belirlenmesine ilişkin yaklaşımlar. *TURAN-SAM Uluslararası Bilimsel Hakemli Dergisi*, 12(48), 166-174. doi.org/10.15189/1308-8041
- Jacob, Y., Anderton, R. S., Wilkie, J. L., Rogalski, B., Laws, S. M., Jones, A., . . . Hart, N. H. (2022). Genetic variants within NOGGIN, COL1A1, COL5A1, and IGF2 are associated with musculoskeletal injuries in elite male Australian Football League players: A preliminary study. *Sports Medicine Open*, 18(1), 2-14. doi: 10.1186/s40798-022-00522-y
- Jarvinen, T. A., Kannus, P., Maffulli, N., & Khan, K. M. (2005). Achilles tendon disorders: Etiology and epidemiology. *Foot and Ankle Clinics*, 10(2), 255-266. doi:10.1016/j.fcl.2005.01.013
- John, R., Dhillon, M. S., & Dhillon, S. (2020). Genetics and the elite athlete: Our understanding in 2020. *Indian Journal of Orthopaedics*, 54(3), 256-263. doi: 10.1007/s43465-020-00056-z
- Kahya, S., Uğurtay, E., & Eliöz, M. (2022). Spor genetiği: Yumuşak doku yaralanmaları ve gen ile ilgili yapılan çalışmalar. L. Ceylan (Ed.), *Spor Bilimlerine Kuramsal Bakış* (19-39). Ankara: Gazi.
- Kaman, T., Kapıcı, S., Sercan, C., Konuk, M., & Ulucan, K. (2017). Türk Milli Bisikletçilerde Alfa- Aktinin-3 R577X Polimorfizm. *Marmara Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 2(1), 41-47. doi: 10.22396/sbd.2017.24
- Kambouris, M., Ntalouka, F., Ziogas, G., & Maffulli, N. (2012). Predictive genomics DNA profiling for athletic performance. *Recent Patents on DNA & Gene Sequences*, 6(3), 229-239.
- Karayılan, Ş. Ş., Dönmez, G., Babayeva, N., Yargıç, M. P., Korkusuz, F., & Doral, M. N. (2013). Spor yaralanmaları ve genetik. *Spor Hekimliği Dergisi*, 48, 139-146.
- Karayol, M., & Eroğlu, Y. S. (2020). Takım ve bireysel sporlarla ilgilenen sporcuların spor yaralanması kaygı durumlarının incelenmesi. *Spor Eğitim Dergisi*, 4(1), 137-144.
- Karip, B., & Balcıoğlu, H. A. (2021). Egzersiz fizyolojisi bağlamında musküler plastisite. Gaziantep Üniversitesi *Spor Bilimleri Dergisi*, 6(3), 266-278.
- Keser, İ. (2021). *Spor genetiği: Mağradan spor salonuna DNA yolculuğu*. Ankara: Çukurova Nobel Tıp.
- Khoury, L. E., Ribbons, W. J., & Raleigh, S. M. (2016). MMP3 and TIMP2 gene variants as predisposing factors for Achilles tendon pathologies: Attempted replication study in a British case-control cohort. *Meta Gene*, 9, 52-55. doi.org/10.1016/j.mgene.2016.03.007

- Kim, J. H., Jung, E. S., Kim, C.-H., Youn, H., & Kim, H. R. (2014). Genetic associations of body composition, flexibility and injury risk with ACE, ACTN3 and COL5A1 polymorphisms in Korean ballerinas. *Journal of Exercise Nutrition and Biochemistry, 18(2)*, 205-214. doi: 10.5717/jenb.2014.18.2.205
- Kozacı, N., & Avcı, M. (2020). Acil serviste odaklanmış kas-iskelet ultrasonografisi ile kas yaralanmalarının tanısı: Bir olgu sunumu. *Anatolian Journal of Emergency Medicine, 3(2)*, 58-61.
- Kumagai, H., Miller, B., Kim, S.-J., Leelaprachakul, N., Kikuchi, N., Yen, K., & Cohen, P. (2023). Novel insights into mitochondrial DNA: Mitochondrial microproteins and mtDNA variants modulate athletic performance and age-related diseases. *Genes (Basel), 14(2)*, 2-18. doi: 10.3390/genes14020286
- Lv, Z.-T., Gao, S.-T., Cheng, P., Liang, S., Yu, S.-Y., Yang, Q., & Chen, A.-M. (2018). Association between polymorphism rs12722 in COL5A1 and musculoskeletal soft tissue injuries: a systematic review and meta-analysis. *Oncotarget, 9(20)*, 15365–15374. doi: 10.18632/oncotarget.23805
- Maffulli, N., Margiotti, K., Longo, U. G., Loppini, M., Fazio, V. M., & Denaro, V. (2013). The genetics of sports injuries and athletic performance. *Muscles Ligaments Tendons Journal, 3(3)*, 173-189.
- Mangine, R., Tersak, J., Palmer, T., Hill-Lindsay, A., Patton, B., Eifert-Mangine, M., . . . Colosimo, A. J. (2023). The longitudinal neurophysiological adaptation of a division I female lacrosse player following anterior cruciate rupture and repair: A case report. *International Journal of Sports Physical Therapy, 18(2)*, 467-476. doi: 10.26603/001c.73179
- Massidda, M., Corrias, L., Scorcu, M., Vona, G., & Calò, M. C. (2012). ACTN-3 and ACE genotypes in elite male Italian athletes. *Anthropological Review, 75*, 51-59. doi: 10.2478/v10044-012-0004-4
- Mokone, G. G., Schweltnus, M. P., Noakes, T. D., & Collins, M. (2005). The COL5A1 gene and Achilles tendon pathology. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 16*, 19-26. doi: 10.1111/j.1600-0838.2005.00439.x
- Moorchung, N., Puri, B., Bhatti, V., Lahareesh, B. L., Singh, S. P., & Sitaram, W. T. (2019). In the search of a 'fitness gene': an analysis of ACTN gene polymorphisms in serving soldiers. *Medical Journal Armed Forces India, 75(3)*, 246-250. doi: 10.1016/j.mjafi.2019.07.004
- Moreno, V., Areces, F., Ruiz-Vicente, D., Ordovás, J. M., & Coso, J. D. (2020). Influence of the ACTN3 R577X genotype on the injury epidemiology of marathon runners. *Plos One, 15(1)*, 1-11. doi: 10.1371/journal.pone.0227548
- Naureen, Z., Perrone, M., Paolacci, S., Maltese, P. E., Dhuli, K., Kurti, D., . . . Bertelli, M. (2020). Genetic test for the personalization of sport training. *Acta Biomedica, 91(13-S)*, 2-15. doi: 10.23750/abm.v91i13-S.10593
- Nguyen, T.-N., Tho, M.-C. H., & Dao, T.-T. (2020). A systematic review of real-time medical simulations with soft-tissue deformation: Computational approaches, interaction devices, system architectures, and clinical validations. *Applied Bionics and Biomechanics 2020*, 1-30. doi: 10.1155/2020/5039329
- Nisam, A., & Raj, Y. L. (2018). Sports injuries, types and prevention. *International Journal of Physiology, Nutrition and Physical Education, 3(1)*, 1353-1356.
- Onori, M. E., Pasqualetti, M., Moretti, G., Canu, G., Paolis, G. D., Baroni, S., . . . Urbani, A. (2022). Genetics and sport injuries: New perspectives for athletic excellence in an Italian court of rugby union players. *Genes, 13(6)*, 2-7. doi.org/10.3390/genes13060995
- Özaltın, G. E., Talu, B., & Öktem, U. (2023). Functional outcomes of motor learning interventions in anterior. *Archives Medical Review Journal, 32(1)*, 33-41. doi:10.17827/aktm.1169499
- Özkan, Ö. C., & Öztürk, B. Y. (2018). Ön çapraz bağ yaralanmaları ve tedavisi. *Boğaziçi Tıp Dergisi, 5(2)*, 72-75. doi: 10.15659/bogazicitip.18.10.987
- Petersen, J., & Hölmich, P. (2005). Evidence based prevention of hamstring injuries in sport. *British Journal of Sports Medicine, 39(6)*, 319-323. doi: 10.1136/bjism.2005.018549

- Pickering, C., & Kiely, J. (2017). *ACTN3*: More than Just a gene for speed. *Sec. Exercise Physiology, 18(8)*, 1-9. doi: 10.3389/fphys.2017.01080
- Pruna, R., Artells, R., Ribas, J., Montoro, B., Cos, F., Muñoz, C., . . . Maffulli, N. (2013). Single nucleotide polymorphisms associated with non-contact soft tissue injuries in elite professional soccer players: influence on degree of injury and recovery time. *BMC Musculoskeletal Disorders, 14(221)*, 2-7. doi: 10.1186/1471-2474-14-221
- Ramos, B. R., Mendes, N. D., Tanikawa, A. A., Amador, M. A., Santos, N. P., Santos, S. E., . . . Silva, M. G. (2016). Ancestry informative markers and selected single nucleotide polymorphisms in immunoregulatory genes on preterm labor and preterm premature rupture of membranes: a case control study. *BMC Pregnancy and Childbirth, 16(30)*, 2-11. doi: 10.1186/s12884-016-0823-1
- Ribbans, W. J., September, A. V., & Collins, M. (2022). Tendon and ligament genetics: How do they contribute to disease and injury? A narrative review. *Life (Basel), 12(5)*, 2-36. doi: 10.3390/life12050663
- September, A. V., & Posthumus, M. (2012). Application of genomics in the prevention, treatment and management of achilles tendinopathy and anterior cruciate ligament ruptures. *Bentham Science, 6(3)*, 216-223. doi: 10.2174/187221512802717358
- September, A. V., Schwellnus, M. P., & Collins, M. (2007). Tendon and ligament injuries: the genetic component. *British Journal of Sports Medicine, 41(4)*, 241-246. doi: 10.1136/bjism.2006.033035
- Spitnale, M. J., Mathews, C. G., Barnes, A. J., Thier, Z. T., & Jackson, J. B. (2022). Epidemiology of lower leg soft tissue injuries in high school athletes. *Foot & Ankle Orthopaedics, 7(1)*, 1-7. doi: 10.1177/24730114211057886
- Subak, G. E., Özdemir, F. Ş., & Müniroğlu, R. S. (2017). Sporcuların başarısında genetik faktörlerin önemi. *Spormetre, 15(3)*, 109-118.
- Şanlısoy, F., Altıntaş, N., Büyükyazı, G., & Candan, N. (2011). Ege bölgesi elit sporcularının *ACTN3* R577X genotip dağılımının araştırılması. *Cumhuriyet Tıp Dergisi, 33(2)*, 153-159.
- Türkmen, A., Dündar, G. Y., & Akyolcu, N. (2020). Acil servislerde görülen ortopedik travmalar ve hemşirelik bakımı. *JAREN, 6(2)*, 375-80. doi:10.5222/jaren.2020.88700
- Vancini, R. L., Pesquero, J. B., Fachina, R. J., Andrade, M. d., Borin, J. P., Montagner, P. C., & Lira, C. A. (2014). Genetic aspects of athletic performance: the African runners phenomenon. *Open Access Journal of Sports Medicine, 5*, 123—127. doi.org/10.2147/OAJSM.S61361
- Varillas-Delgado, D., Gutierrez-Hellín, J., & Maestro, A. (2023). Genetic profile in genes associated with sports injuries in elite endurance athletes. *International Journal of Sports Medicine, 44(1)*, 64–71. doi: 10.1055/a-1917-9212
- Yalman, A. (2017). Yumuşak doku yaralanmalarında yaklaşım ve tedavide oral nonsteroid antiinflamatuvar ilaçların yeri. *Klinik Tıp Aile Hekimliği Dergisi, 9(6)*, 7-12.
- 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*, 1-21. doi: 10.7717/peerj.14893