



## Sporda Esneklik ve Gen İlişkisinin İncelenmesi

Sedat KAHYA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Yaşar Doğu Spor Bilimleri Fakültesi, Samsun, Türkiye

<https://orcid.org/0000-0002-1169-2642>

DERLEME

### Özet

Çalışmamız, esneklik temel motorik becerisinin, kalıtsal mekanizmasının mevcut literatürdeki çalışmalarla birlikte değerlendirmesi amacıyla yapılmıştır. Derlememizde, bugüne kadar esneklik ve gen ilişkisine yönelik internet veri tabanına kayıtlı çalışmalar değerlendirilmiştir. Sporda yumuşaklığın performansa yansımaları olan esneklik; kasın kasılabilmesi, uyarılabilmesi ve gerilebilmesi gibi özelliklere sahip bir beceridir. Hareket genişliği, ise daha çok eklem hareketlerinin ulaşılabilirliğinin toplamıdır. Kolajenler, üçlü, ekstraselüler matriks, sarmal formdan meydana gelmiş yumuşak dokulardır. Yumuşak dokuların yapısal bütünlüğünü etkileme gücüne sahip birçok dışsal faktör olmasına rağmen, bu dokuların metabolik işlevleri üzerinde kritik öneme sahip birkaç içsel faktör bulunmaktadır. Bu faktörlerden biri olmaya aday genetik, sportif performans için anahtar bir role sahip olabilir. Bu doğrultuda esneklik, %50 ihtimalle, genetik faktörlerle açıklanabilen bir beceridir. Esneklik, genetik varyantların sonucunda ortaya çıkan bir beceri olabilir. Esnekliğin kalıtımı üzerinde *ELN*, *ACTN3*, *COL5A1*, *COL11A1* ve *COL11A2* gen polimorfizmleri, kritik bir öneme sahiptir. Bu durum genlerin kolajen sentezini stimüle etmesi sonucu gerçekleşmektedir. Sonuç olarak esneklik, birçok faktörden etkilenen multifaktöriyel bir özelliktir.

**Anahtar kelimeler:** Esneklik, Gen, Kolajen, Spor, Yumuşak Doku

## Investigation of The Relationship Between Flexibility And Gene in Sports

### Abstract

Our study was conducted to evaluate the basic motor ability of flexibility and its hereditary mechanism together with the studies in the existing literature. In our review, the studies recorded in the internet database for flexibility and gene relationship have been evaluated so far. Flexibility, which is the reflection of softness on performance in sports; It is a skill that has properties such as the ability of the muscle to contract, stimulate and stretch. The range of motion is rather the sum of the accessibility of joint movements. Collagens are soft tissues consisting of triple, extracellular matrix, helical form. Although there are many external factors that have the power to affect the structural integrity of soft tissues, there are several intrinsic factors that are critical to the metabolic functions of these tissues. Genetics, which is a candidate to be one of these factors, may have a key role for sporting performance. Accordingly, flexibility is a skill that can be explained by genetic factors with a 50% probability. Flexibility may be a skill that arises as a result of genetic variants. *ELN*, *ACTN3*, *COL5A1*, *COL11A1* and *COL11A2* gene polymorphisms are critical to the inheritance of flexibility. This happens as a result of genes stimulating collagen synthesis. As a result, flexibility is a multifactorial trait that is influenced by many factors.

**Keywords:** Collajen, Flexibility, Gene, Soft Tissue, Sport

## Giriş

Spor; sporcunun fizyolojik, fiziksel, mental ve biyomotor niteliklerini etkileyen hareketler bütünüdür (Karakuş ve Kılınç, 2006). Sporun davranışa yansımaları olan sportif performans kavramı, sporcunun ilgili spor dalında gösterdiği verimlilik durumudur. Zamanla spora olan ilginin artması, sportif performansı ve bu performansı etkileyen faktörleri önemli hâle getirmiştir (Dinç ve Gökmen, 2019). Sportif performans, hem kalıtsal (içsel) hem de çevresel (dışsal) faktörlerden etkilenen kompleks bir olgudur. (Bayraktar ve Kurtoğlu, 2009). Bu faktörlerin sporcuya sağladığı varsayılan faydaların birçoğu bugünlerde başarılı ve sürdürülebilir bir performans için önemli bir kriter olabilir.

Sporcunun performansını sergilerken geniş açılarda hareket genişliği seviyesine ulaşması olarak da bilinen esneklik, birçok spor branşında geliştirilmesi gereken önemli bir biyomotor beceridir (Kıratlı ve Sanioglu, 2005). Latince eğmek/bükme anlamlarında kullanılan esneklik, eklem ya da eklem gruplarının maksimal düzeyde hareket edebilmesi yeteneği olarak tanımlanmaktadır (Ingraham, 2003; Koz ve Ersöz, 2004). Sporda yumuşaklığın performansa yansımaları olan esneklik; kasın kasılabilmesi, uyarılabilmesi ve gerilebilmesi gibi özelliklere sahip bir kavramdır (Taştan ve Suna, 2022). Ancak bu beceri üzerinde birtakım kısıtlayıcı faktörler bulunmaktadır. Vücudun yumuşak dokuları olan kas, tendon ve ligament gibi kolajen yapılar, esnekliğin gelişimini önemli ölçüde sınırlayabilmektedir (Çon ve vd., 2012). Kolajenler, üçlü, ekstraselüler matriks, sarmal formdan meydana gelmiş yumuşak dokulardır. Tendon, ligament, menisküs vb. yapılar yumuşak dokulara örnek teşkil etmektedir. Yumuşak dokuların yapısal bütünlüğünü etkileme gücüne sahip birçok dışsal faktör olmasına rağmen, bu dokuların metabolik işlevleri üzerinde kritik öneme sahip birkaç içsel faktör bulunmaktadır. Bu faktörlerden biri olmaya aday genetik, sportif performans için anahtar bir role sahip olabilir (Baltazar-Martins ve vd., 2020; Antrobus ve vd., 2021). Kalıtsal kodlar, sporcunun esnekliğini etkileyerek, başarılı bir sportif performans için önemli biyobelirteçler olabilirler. Bu bağlamda ikiz çocuklar ve aileler üzerinde yapılan çalışmalar, esnekliğin kısmen genetik faktörler tarafından belirlenebilen bir özellik olabileceğini göstermiştir (Mikkelsen ve vd., 2006). Bu çalışma sonucuna paralel Schutte ve vd. (2016) esnekliğin, genetik faktörlerle (%50) açıklanabilen bir beceri olabileceğini tespit etmişlerdir. Esneklik üzerinde genetiğin etkisine yönelik *COL5A1* ve *COL5A2* genlerinde meydana gelen, heterozigot mutasyonun sebep olduğu, Klasik Ehlers-Danlos Sendromu önemli bir yumuşak doku hastalığıdır (Kapferer-Seebacher ve vd., 2020). EDS, sıklıkla eklem hiper mobilitesi, anormal cilt dokusu ile karakterize bağ dokusu hastalığıdır (Kaurani ve vd., 2014; Chohan ve vd., 2021). (Şekil 1).

EDS, gibi yumuşak dokuların kalıtsal mekanizmasını önemli bir şekilde etkileyen hastalığın klinik veriler ile ortaya koyduğu kanıtlar (Kahya, 2022) esneklik becerisinin doğuştan DNA'larımızda kodlanmış bir beceri olabileceği sonucunu bizlere düşündürülebilir.



Şekil 1 Ehlers-Danlos sendromunun neden olduğu parmak hipermobilitesi

Bu bilgiler ışığında derlememizin amacını, birçok sporda geliştirilmesi gerekli olan esneklik temel motorik becerisinin, kalıtsal mekanizmasını mevcut literatürdeki çalışmalarla birlikte ele alarak değerlendirmesi oluşturmaktadır. Ayrıca esneklik becerisinin yalnız kinematik özelliklerine yönelik çalışmaların fazlalığı, kalıtsal sebeplerinin de azlığı mevcut çalışmamızın yapılmasını sağlamıştır. Çalışmamızdan elde edilen verilerin spor bilimine değerli katkılar sunacağını düşünmekteyiz.

### **Gereç ve Yöntem**

Araştırmamız sistematik derleme yöntemine göre yapılmıştır. Araştırmamızda bugüne kadar esneklik ve gen ilişkisine yönelik internet veri tabanına kayıtlı; Web of Science, Pubmed, Pubmed Central, Google Akademik, Researchgate, Academia, BMC, Genecards veri tabanlarına kayıtlı çalışmaların değerlendirmesini içermektedir. Çalışmamızda ilgili arama motorlarına; esneklik, hareket genişliği, esneklik ve yumuşak doku ilişkisi, sportif performans ve genetik, esneklik ve genetik kelimeleri yazılarak elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Derlememize; deneysel, sistematik derleme ve meta analiz içerikli çalışmalar dâhil edilmiştir.

### ***Sporda Esneklik mi? Hareket Genişliği mi?***

Çoğu spor branşında, yumuşaklık önemli bir parametredir (Koçak ve vd., 2005). Sporda yumuşaklığın beceri olarak ifade edildiği esneklik ve hareket genişliği kavramları, çoğu zaman aynı anlamda kullanılmaktadır. Ancak bu iki kavram arasında bazı önemli farklılıklar bulunmaktadır. Hareket genişliği, daha çok eklem hareketlerinin ulaşılabilirliğinin toplamı olarak ifade edilirken; esneklik ise kas ve tendon, ligament gibi yumuşak dokuların bağ dokusu boyunca gerilmeye karşı gösterdiği eğilim olarak tanımlanmaktadır (Wang, 2021). Bu durumu bir örnekle açıklamak gerekirse sporcunun kalça bölgesinin sol kısmı esnek olmasına karşın, sağ kısmı sert bir yapıda olabilir (Rahman ve Islam, 2020).

Spora hareket genişliği ile esneklik kavramları, gerek teorikte gerekse de uygulamada iki farklı kavram olarak görülmesine rağmen, aslında bu iki beceri arasında önemli bir ilişki durumu olabilir. Bu durum, özellikle hareket genişliği seviyesinin artmasına yönelik yapılan düzenli egzersizlerin esnekliğe ait parametrelerde kayda değer bir artış göstereceği şeklinde ifade edilebilir. Periyodik aralıklarla yapılan egzersizler, eklem hareket genişliği seviyesini artırarak, esneklik üzerinde olumlu etkiler oluşturmaktadır (Ingle, 2012). Hareket genişliğinin, esneklik becerisine sağladığı olumlu katkılar haricinde spor tıbbında sağlık amaçlı kullanılabilen bir beceri de olması bu kavramı sporcu sağlığı açısından önemli bir durum hâline getirebilmektedir. Özellikle sporcuların geçirdikleri sakatlıklar sonrası spora dönüşlerine yardımcı olmak amacıyla ilgili eklemlerin açılarını geliştirmede kullanılan hareket genişliği ölçümleri, sporda başarı için önemli bir uygulama olabilir. Hareket genişliği ölçümleri, lokomotor sistem hastalıklarının neden olduğu mekanik problemlerin tanımlanması, tedavisi ve uygulanan antrenmanların etkililiğini değerlendirmede yaygın klinik bir uygulamadır (Hallaçeli ve vd., 2014; Moromizato ve vd., 2016; Cejudo ve vd., 2020).

### ***Esneklik Avantaj mı? Dezavantaj mı?***

Esneklik seviyesinin geliştirilmesi, beraberinde sporculara birtakım avantajlar sağlayabilir. Esnekliğin geliştirilmesi, sporcunun ilgili spor branşında sergilediği hareketleri, daha rahat yapabilmesine ve yaralanma riskinde en aza inmesine yardımcı olmaktadır (Şahin ve vd., 2022).

Spor branşı fark etmeksizin sportif performansın maksimal fayda ile sürdürülmesinde kritik bir öneme sahip olan esneklik, bazı spor branşlarında başarı için gerekli bir beceri olabilir. Ancak esnekliğin sportif başarıda önemli olduğu bazı spor branşlarında sporcular, yüksek seviyede esneklik seviyesine sahip olsalar dâhi sporcuların başarıları bu sebeple

sınırlandırılabilir. Örneğin esnekliğin üst seviyede görsel bir koreografiye dönüştüğü ritmik cimnastik sporunda gelişmiş bir esneklik seviyesi, sporcuyu bütün puanlamalarda birinci sıralara kadar yükseltirken, artistik cimnastik sporunda ise bu durum sporcu için hareket serisinde ciddi puan kayıpları yaşamasına sebep olabilmektedir. Duygu ve düşüncelerin hareketlerle ifade edildiği bale spor branşında gelişmiş esneklik seviyesi, diğer becerilerden daha fazla öneme sahip olabilmektedir (Kim ve vd., 2014). Benzer durum dövüş sporlarında da kendini göstermektedir Costa ve vd. (2011)'nin yaptıkları çalışmada, dövüş sporlarında gelişmiş esneklik seviyesinin sporcunun bazı hareketleri için gerekli olduğu, aksine düşük düzeyde esneklik seviyesinin ise sporcunun performansında ciddi kayıplar oluşturabileceği sonucuna ulaşımlardır. Badminton spor branşında ise gelişmiş esneklik, sporcuların hücum esnasında başarılı bir performans göstermelerinde kritik bir öneme sahiptir (Lin ve vd., 2020). Sporda esnekliğin avantaja dönüştüğü bir başka durum da bu becerinin sportif performans esnasında gösterdiği mekanik verimliliğin solunumsal kapasite artışını stimüle etmesi olabilir. Bu doğrultuda yüzücülerde solunum kaslarının gerilebilmesi ve kaburga kafesinin esnekliği, bu spor branşında başarı için önemlidir (Lin ve vd., 2021).

Kolajen formasyonunda meydana gelen doku hasarı ve sonrasında gelişen ağrı gibi duyuşal ve duygusal deneyim, artmış esneklik seviyesi sayesinde önemli oranda tolere edilebilmektedir. Esneklik becerisinin geliştirilmesi sayesinde, yumuşak dokularda meydana gelen ağrı gibi klinik bulgularda önemli oranda azalmalar meydana gelebilmektedir (Bestwick-Stevenson ve vd., 2021).

### ***Gen ile Yumuşak Doku İlişkisi***

Son yıllarda genetiğe yönelik büyük bir gelişim yaşanmaktadır (Vlahovich ve vd., 2017). İnsan genom projesinin sonlanmasıyla (1990-2003) başlayan spor genetiğine yönelik çalışmalar, hız kesmeden devam etmektedir. Sportif performans ve gen ilişkisine yönelik yapılan uzun soluklu çalışmalar, sportif performansın ilişkili olduğu performans karakteristiğine yönelik bilgileri çözülmeyi bekleyen genetik şifreler haline getirmiştir. Bu genetik şifrelerin etki mekanizmaları göz önünde bulundurulduğunda, bazılarının metabolizmadaki verimliliği artırmada solunum parametrelerini ve biyokimyasal homeostazisi önemli oranda etkilediği, bazılarının ise vücudun kolajen doku formasyonunu düzenlemede kritik bir öneme sahip olabildiği varsayılmaktadır. Kolajenler; kemikten kemiğe, kastan kemiğe güç aktarımını sağlayan çoğunluğu tip 1,2 ve 3 kolajen yapılardan meydana gelmiş yumuşak

dokulardır. Yumuşak dokuların orijinleri üzerinde bazı genler anahtar bir role sahip olabilir (Jung ve vd., 2009; Collins, 2010; Pruna ve Artells, 2015). (Tablo 1).

Tablo 1

Yumuşak Dokular Üzerinde Etkili Olduğu Varsayılan Bazı Genler ve ID'leri

Gen	Tanımlaması	(ID) Rs Kimliği
<i>ACTN3</i>	Alfa actinin 3	rs1815739
<i>IGF-II</i>	İnsülin benzeri büyüme faktörü II	rs3213221
<i>CCL2</i>	C-C Motif kemokin ligandı 2	rs2857656
<i>COL1A1</i>	Kollajen tip 1 alfa 1	rs1800012
<i>COL5A1</i>	Kollajen tip 5 alfa 1	rs12722
<i>TNC</i>	Tenascin C	rs2104772
<i>ELN</i>	Elastin	rs2289360

Sportif performans, hem biyolojik hem de dokuların mekanik özelliklerine bağlı bir beceridir (Pruna ve vd., 2017). Bu amaçla Kambouris ve vd. (2014)'nin yaptıkları çalışmada, *COL5A1* ve *MMP3* gen varyantlarının, tendon ve ligamentlerin ana bileşeni olan kolajenler üzerinde önemli etkilere sahip olabileceğini tespit etmişlerdir. Benzer bir çalışmada ise Vaughn ve vd. (2017) *COL5A1*, *TNC*, *MMP3* ve *ESRRB (NR3B2)* gen yapılarının, tendon hassasiyeti ile ilişkilendirilen en güçlü genetik kanıtlar olabileceğini belirlemişlerdir. Brazier ve vd. (2019)'nın yaptıkları çalışmada, *COL1A1*, *COL3A1*, *COL5A1*, *MIR608*, *MMP3*, *TIMP2*, *VEGFA* ve *NID1* genlerinin yumuşak dokuların orijinlerini etkileyebilecek aday genler olabileceğini tespit etmişlerdir. Pruna ve vd. (2013)'nin yaptıkları çalışmada, *IGF2*, *CCL2* ve *ELN* genlerindeki SNP (single nucleotid polymorphism)'lerin yumuşak dokular ile ilişkili yapılar olabileceğini tespit etmişlerdir. Kozlovska ve vd. (2017)'nin yaptıkları çalışmada, *COL5A1* gen varyantlarının tendon içerisindeki hücre matriks etkileşiminin ve matriks homeostazisinin düzenlenmesinde kritik bir rol oynadığını tespit etmişlerdir. Saunders ve vd. (2016)'in yaptıkları çalışmada, *COL11A2*, *ELN*, *ITGB3* ve *LOX* gen varyantlarının yumuşak dokular ile ilişkili yapılar olabileceğini belirlemişlerdir. Kim ve vd. (2021) yaptıkları çalışmada, genetik işaretlerin kolajen yapılar üzerinde önemli bir risk faktörü oluşturabileceğini tespit etmişlerdir. Bir diğer çalışmada ise Kaynak ve vd. (2017) yumuşak dokular üzerinde genlerin etkisi ile ilgili olarak bazılarının sınırlı kanıtlar teşkil ettiği, bazılarının ise çelişkili sonuçlar ortaya koyduğu sonucuna ulaşmışlardır.

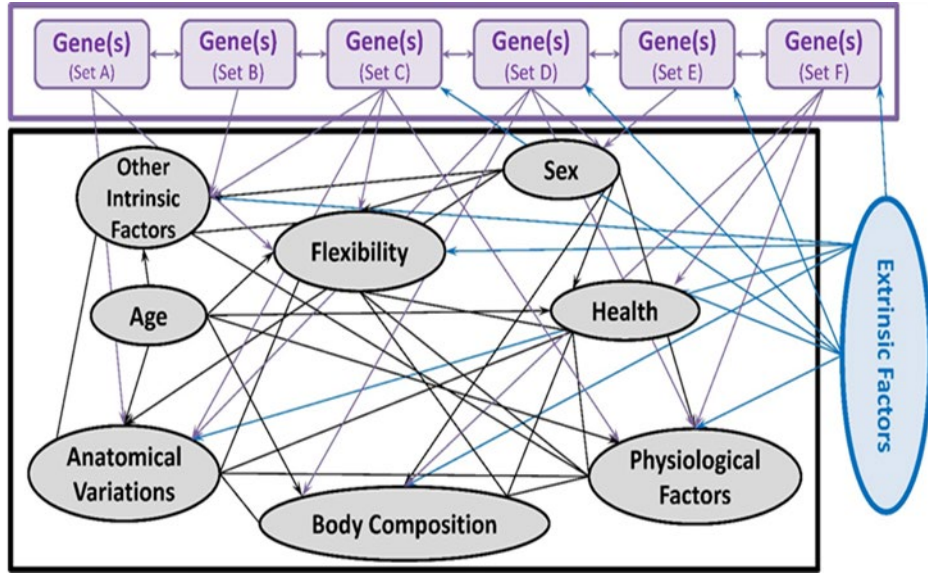
## ***Gen ile Yumuşak Doku ve Esneklik İlişkisi***

Sporda esneklik, genlerin metabolizmadaki işlevlerine göre yumuşak dokuların spor branşının gerektirdiği beceri durumunda işlev göstermesinde anahtar bir role sahip olabilir. Bu bağlamda sporda esneklik, genetik varyantların sonucunda ortaya çıkan bir beceri olabilir (Guilherme ve vd., 2014). Genler, kolajenlerin protein sentezinde önemli görevlere sahiptir. Bu amaçla *COL5A1* rs12722 *Bst*UI polimorfizmindeki genotipler (CC,TC,TT), yumuşak dokuların esnekliğini önemli oranda etkileyebilmektedir (Maffulli ve vd., 2013). Brown ve vd. (2011)'nın yaptıkları çalışmada, *COL5A1* rs12722 *Bst*UI polimorfizminin kolajenlerin yapısını etkileyerek vücudun esneklik seviyesini önemli oranda etkileyebildiği sonucuna ulaşmışlardır. Genler, eklemler üzerindeki esneklik seviyesini etkileyerek eklemlerin aşırı gerilmesini yani hiperekstansiyonu sitümele edebilir. Bu doğrultuda Beckley ve vd. (2022) yaptıkları çalışmada *COL5A1*, *COL11A1* ve *COL11A2* gen varyantlarının, kolajen dokuların yapısal dizilimlerini etkileyerek, diz eklemının hiperekstansiyonunu etkileyebileceği sonucuna ulaşmışlardır. Bir diğer çalışmada ise Beckley ve vd. (2022) *COL1A1* gen varyantlarının, eklem ligament uzunluğu ve diz rotasyonunun gevşekliği ile ilişkili olabileceği sonucuna ulaşmışlardır. Yumuşak dokuların esnekliği üzerinde etki gücüne sahip bir başka yapı ise elastin'dir. Doku elastikiyetinin ana kaynağı olan ELN (elastin), damar duvarları ve ligamentlerin ekstraselüler doku matriksini düzenleyen yumuşak doku patolojisinde kritik öneme sahip bir proteindir (Artells ve vd., 2016; Wu ve vd., 2020). Yumuşak dokuların esnekliği üzerinde etkili olabilecek bir yapı olan ELN'nin işlevi *ELN* geni tarafından kontrol edildiği varsayılmaktadır.

Vücudun bir başka yumuşak doku formasyonu olan kaslar, aktin ve miyozin miyofilamentlerinin belirli bir düzen içerisinde bir araya gelmesi ile oluşmuş yapılardır. Kasın kasılabilen, iki Z çizgisi arasında kalan, en küçük yapısı olan sarkomerin aktin miyofilamentlerine tutunduğu bölgede işlev gösteren aktinin proteini, kasın esnekliği üzerinde önemli etkilere sahip olabilir. Bu amaçla Kim ve vd. (2014)'nın yaptıkları çalışmada, *ACTN3* geninin, kas esnekliği ile ilişkili olabileceği ve bunun sebebi olarak da *ACTN3* geninin kodladığı aktinin proteininin miktarı ile ilişkili olabileceği sonucuna ulaşmışlardır.

Yumuşak dokular, birçok faktörden etkilenebilen multifaktöriyel bir özelliğe sahip yapılardır. Bu yapıları etkileyen faktörlerin birbirleri ile olan ilişkileri, hem karmaşık hem de hangisinin daha baskın olduğu çok fazla bilinmemektedir. Bu doğrultuda esneklik becerisi yalnız genetik faktörler ile açıklanan bir beceri değil, bu beceri üzerinde içsel-dışsal birçok

mekanizmanın hatırı sayılır etkilere sahip olabileceği de göz önünde bulundurulmalıdır (Ribbans ve vd., 2022).



Şekil 2 Yumuşak dokular üzerinde etkili içsel ve dışsal faktörlerin karmaşık etkileşimini gösteren varsayımsal diyagram

### ***Sonuç ve Öneriler***

Sporda esneklik ve hareket genişliği kavramları, sporcu performansında anahtar bir role sahip olabilir. Derlememizde, birçok spor branşı için önemli bir beceri olan esneklik ve hareket genişliği becerilerinin teorikte aynı ama metodolojide ve uygulamada farklı iki kavram olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca esneklik seviyesinin çoğu spor branşında avantaj gibi görülmesine karşın, bazı sporlar için dezavantaj sonuçlar ortaya çıkarabileceği mevcut çalışmamızda görülmüştür. Günümüz dünyasında sporun giderek gelişen ve farklılaşan bir dönem içerisine girmesi sporda yer alan kuvvet, sürat, dayanıklılık, koordinasyon ve esneklik temel motorik becerilerinin de farklılaşmasına sebep olmuştur. Bu becerilerinden biri olmaya aday esneklik, genetik varyantların kolajen doku formasyonunda oluşturduğu farklılaşmadan önemli ölçüde etkilenebilmektedir. Bu sonuç mevcut çalışmamızda incelenmiş olup, literatürde yer alan araştırmalar ile de desteklenmiştir. Derlememizde, kolajen dokuların elastik özellik göstermesinde gen polimorfizmlerinin etkin bir rolü olduğu görülmüştür. Bu durum, kolajenleri kodlayan proteinlerin doku matriksinde oluşturduğu hassasiyet sonucunda meydana gelmiş olabilir. Çalışmamızda esneklik becerisi üzerinde yalnız genetik faktörlerin anahtar bir role sahip olabileceği fikri tam anlamıyla karşılık bulamamıştır. Çünkü bu beceri üzerinde etkili olabilecek birçok faktör bulunmaktadır. Çalışmamızdan elde edilen veriler



değerlendirildiğinde, esneklik temel motorik becerisine yönelik çok boyutlu ve sağlam metodolojilere dayalı daha fazla çalışma yapılmasının, sorunun tespitinde önemli bir geribildirim olacağı düşünülmektedir.

## Kaynakça

- Antrobus, M. R., Brazier, J., Stebbings, G. K., Day, S. H., Heffernan, S. M., Kilduff, L. P., . . . Williams, A. G. (2021). Genetic factors that could affect concussion risk in elite rugby. *Sports (Basel)* 9(2), 2-19. doi: 10.3390/sports9020019
- Artells, R., Pruna, R., Della, A., & Maffulli, N. (2016). Elastin: a possible genetic biomarker for more severe ligament injuries in elite soccer. *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
- Bayraktar, B., & Kurtoğlu, M. (2009). Sporda performans, etkili faktörler, değerlendirilmesi ve artırılması. *Klinik Gelişim* 22(1), 16-24.
- Beckley, S., Dey, R., Stinton, S., Merwe, W. v., Branch, T., September, A. V., . . . Collins, M. (2022). Investigating the association between COL1A1 and COL3A1 gene variants and knee joint laxity and ligament measurements. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 100:105822, doi: 10.1016/j.clinbiomech.2022.105822
- Beckley, S., Dey, R., Stinton, S., Merwe, W. v., Branch, T., September, A. V., . . . Collins, M. (2022). The association of variants within types V and XI collagen genes with knee joint laxity measurements. *Genes* 13(12), 2-12. doi.org/10.3390/genes13122359
- Bestwick-Stevenson, T., Ifesemen, O. S., Pearson, R. G., & Edwards, K. L. (2021). Association of sports participation with osteoarthritis. *The Orthopaedic Journal of Sports Medicine* 9(6), 1-15. doi: 10.1177/232596712111004554
- 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* 7(6), 2-27. doi: 10.3390/sports7060138
- Brown, J. C., Miller, C. j., Schweltnus, M. P., & Collins, M. (2011). Range of motion measurements diverge with increasing age for COL5A1 genotypes. *Medicine & Science in Sport* 21(6), 266-272. doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01271.x
- Cejudo, A., Moreno-Alcaraz, V. J., Izzo, R., Robles-Palazón, F. J., Baranda, P. S., & Santonja-Medina, F. (2020). Flexibility in spanish elite inline hockey players: Profile, sex, tightness and asymmetry. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17(9), 2-14. doi.org/10.3390/ijerph17093295
- Chohan, K., Mittal, N., McGillis, L., Lopez-Hernandez, L., Camacho, E., Rachinsky, M., . . . Rozenberg, D. (2021). A review of respiratory manifestations and their management in Ehlers-Danlos syndromes and hypermobility spectrum disorders. *Chronic Respiratory Disease* 18, 2-14. doi: 10.1177/147997312111025313
- 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 Sports Medicine* 44, 915-917. doi: 10.1136/bjism.2009.058040
- Costa, P. B., Medeiros, H. d., & Fukuda, D. H. (2011). Warm-up, stretching, and cool-down strategies for combat sports. *Strength and Conditioning Journal* 33(6), 71-79. DOI:10.1519/SSC.0b013e31823504c9
- Çon, M., Akyol, P., Tural, E., & Taşmektepligil, M. Y. (2012). Voleybolcuların esneklik ve vücut yağ yüzdesi değerlerinin dikey sıçrama performansına etkisi. *Selçuk Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Blim Dergisi* 14(2), 202-207.

- Dinç, N., & Gökmen, M. H. (2019). Atletik performans ve spor genetiği. *Celal Bayar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 6(2), 127-137. doi.org/10.34087/cbusbed.529159
- Guilherme, J. L., Tritto, A. C., North, K. N., Junior, A. H., & Artioli, G. G. (2014). Genetics and sport performance: Current challenges and directions to the future. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte* 28(1), 177-93. doi: 10.1590/S1807-55092014000100177
- Hallaçeli, H., Uruç, V., Uysal, H. H., Ozden, R., Hallaçeli, C., Soyuer, F., . . . Cavlak, U. (2014). Normal hip, knee and ankle range of motion in the Turkish population. *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica* 48(1), doi: 10.3944/AOTT.2014.3113. 37-42
- Ingle, D. (2012). Postural stability and flexibility in young adults. *Undergraduate Research Journal University of Northern Colorado* 2(2), 1-16.
- Ingraham, S. (2003). The role of flexibility in injury prevention and athletic performance: have we stretched the truth? *Minnesota Medicine* 86(5), 58-61.
- Jung, H.-J., Fisher, M. B., & Woo, S. L.-Y. (2009). Role of biomechanics in the understanding of normal, injured, and healing ligaments and tendons. *Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy & Technology* 1(9), 1-17. doi:10.1186/1758-2555-1-9
- Kahya, S. (2022). COL5A1 geni ile yumuşak doku yaralanmaları ilişkisinin incelenmesi. *Fenerbahçe Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi* 2(3), 67-80.
- Kambouris, M., Buono, A. D., & Maffulli, N. (2014). Genomics DNA profiling in elite professional soccer players: A pilot study. *Translational Medicine @ UniSa* 9, 18-22.
- Kapferer-Seebacher, I., Schnabl, D., Zschocke, J., & Pope, F. M. (2020). Dental manifestations of Ehlers-Danlos syndromes: A systematic review. *Acta Dermato-Venereologica* 100(7), 153-160. doi: 10.2340/00015555-3428
- Karakuş, S., & Kılınç, F. (2006). Postür ve sportif performans. *Kastamonu Eğitim Dergisi* 14(1), 309-322.
- Kaurani, P., Marwah, N., Kaurani, M., & Padiyar, N. (2014). Ehlers Danlos syndrome – A case report. *Journal of Clinical and Diagnostic Research* 8(3), 256-258. doi: 10.7860/JCDR/2014/4569.4178
- Kaynak, M., Nijman, F., van Meurs, J., Reijman, M., & Meuffels, D. E. (2017). Genetic variants and anterior cruciate ligament rupture: A systematic review. *Sports Medicine* 47(8), 1637–1650. doi: 10.1007/s40279-017-0678-2
- 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 & Biochemistry* 18(2), 205-214. doi: 10.5717/jenb.2014.18.2.205
- Kim, S. K., Nguyen, C., Avins, A. L., & Abrams, G. D. (2021). Three genes associated with anterior and posterior cruciate ligament injury. *Bone Jt Open* 2(6), 414-421. doi: 10.1302/2633-1462.26.BJO-2021-0040.R1
- Kıratlı, E., & Sanioğlu, A. (2005). Basketbolcuların esneklik profilleri ve sakatlanmayla olan ilişkisi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 14, 393-400.
- Koçak, M., Akkoyunlu, Y., & Taşkın, H. (2005). 16-18 Yaş grubu futbolcularda masajın esneklik üzerine etkisi. *Spormetre* 3(3), 105-109. doi.org/10.1501/Sporm\_0000000048
- Koz, M., & Ersöz, G. (2004). Futbol oyuncularında spor yaralanmalarına etki eden faktörler ve esnekliğin önemi. *Gazi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi (Gazi BESBD)* 9(3), 13-26.
- Kozlovskaya, M., Vlahovich, N., Ashton, K. J., & Hughes, D. C. (2017). Biomedical risk factors of achilles tendinopathy in physically active people: a systematic review. *Sports Med Open* 3:20, 2-14. doi: 10.1186/s40798-017-0087-y
- Lin, H.-H., Lin, T.-Y., Ling, Y., & Lo, C.-C. (2021). Influence of imagery training on adjusting the pressure of Fin swimmers, improving sports performance and stabilizing psychological quality. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18(22), 2-19. doi: 10.3390/ijerph182211767

- Lin, W.-C., Lee, C.-L., & Chang, N.-J. (2020). Acute effects of dynamic stretching followed by vibration foam rolling on sports performance of badminton athletes. *Journal of Sports Science and Medicine* 19(2), 421-428.
- 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.
- Mikkelsen, L. O., Nupponen, H., Kaprio, J., Kautiainen, H., Mikkelsen, M., & Kujala, U. M. (2006). Adolescent flexibility, endurance strength, and physical activity as predictors of adult tension neck, low back pain, and knee injury: a 25 year follow up study. *British Journal of Sports Medicine* 40(2), 108-113. doi: 10.1136/bjism.2004.017350
- Moromizato, K., Kimura, R., Fukase, H., Yamaguchi, K., & Ishida, H. (2016). Whole-body patterns of the range of joint motion in young adults: masculine type and feminine type. *Journal of Physiological Anthropology* 35(1), 2-12. doi: 10.1186/s40101-016-0112-8
- Pruna, R., & Artells, R. (2015). New tendencies in risk factors for soft tissue injuries: Genetic biomarkers. *International Journal of Orthopaedics* 2(3), 307-311. DOI:10.17554/j.issn.2311-5106.2015.02.75
- 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
- Pruna, R., Clos, E., Bahdur, K., & Artells, R. (2017). Influence of genetics on sports injuries. *Journal of Novel Physiotherapies* 7(4), 2-5. DOI:10.4172/2165-7025.1000359
- Rahman, M. H., & Islam, M. S. (2020). Stretching and flexibility: A range of motion for games and sports. *European Journal of Physical Education and Sport Science* 6(8), 22-36. DOI:10.46827/ejpe.v6i8.3380
- 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* 12(5), 2-36. doi: 10.3390/life12050663
- Saunders, C. J., Dashti, M. J., & Gamielien, J. (2016). Semantic interrogation of a multiknowledge domain ontological model of tendinopathy identifies four strong candidate risk genes. *Scientific Reports* 6: 19820, 1-10. doi: 10.1038/srep19820
- Schutte, N. M., Nederend, I., Hudziak, J. J., & Geus, E. C. (2016). Differences in adolescent physical fitness: A multivariate approach and meta-analysis. *Behavior Genetics* 46, 217-227. doi: 10.1007/s10519-015-9754-2
- Şahin, İ. H., Karaman, Ö., Budak, M., & Kaplan, T. (2022). Adolesan futbolcularda esneklik ve durarak uzun atlamanın ivmelenme üzerine etkisi. *Spor ve Performans Araştırmaları Dergisi* 13(3), 307-316. doi.org/10.17155/omuspd.1156532
- Taştan, S., & Suna, G. (2022). 10-12 Yaş arası judo sporcularında statik germe egzersizlerinin esneklik performansına etkisinin incelenmesi. *Akdeniz Spor Bilimleri Dergisi* 5(1), 14-19. doi.org/10.38021/asbid.1058075
- Vaughn, N. H., Stepanyan, H., Gallo, R. A., & Dhawan, A. (2017). Genetic factors in tendon injury. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine* 5(8), 1-11. doi: 10.1177/2325967117724416
- Vlahovich, N., Fricker, P. A., Brown, M. A., & Hughes, D. (2017). Ethics of genetic testing and research in sport: A position statement from the Australian Institute of Sport. *British Journal Sports Medicine* 51(1), 5-11. doi: 10.1136/bjsports-2016-096661
- Wang, F. (2021). Causes and preventive measures of sports injuries in physical fitness tests in colleges and universities based on biological characteristics. *Journal of Healthcare Engineering* 6, 2-11. doi: 10.1155/2021/2280205
- Wu, Y.-T., Wu, Y.-T., Huang, T.-C., Su, F.-C., Jou, I.-M., & Wu, C.-C. (2020). Sequential inflammation model for Achilles tendinopathy by elastin degradation with treadmill exercise. *Journal of Orthopaedic Translation* 23, 113-121. doi: 10.1016/j.jot.2020.03.004

