SPORMETRE; 2026: 24 (3): 821-836
DOI: 10.33689/spormetre.1919324
Araştırma Makalesi / Research Article

Elit Genç Futbolcularda Alt Ekstremite Asimetrilerinin Motor Performans ve Denge Üzerindeki Birleşik Etkisi

The Combined Effects of Lower Extremity Asymmetries on Motor Performance and Balance in Elite Youth Soccer Players

Halil İbrahim Çakır[1], Recep Fatih Kayhan[2], Esranur Terzi[1], Harun Koç[3]

[1] Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Rize, Türkiye
[2] Marmara Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, İstanbul, Türkiye
[3] Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Kütahya, Türkiye

ÖZET

Bu çalışma, elit genç futbolcularda alt ekstremite kuvvet ve eklem hareket açıklığı (ROM) asimetrilerinin denge ve güç performansı üzerindeki görev-spesifik etkilerini incelemeyi amaçlamıştır. Kesitsel analitik bir tasarım kullanılmıştır. Çalışmaya Türkiye Süper Ligi'nde yer alan profesyonel bir futbol takımının 46 erkek akademi oyuncusu gönüllü olarak katılmıştır. Ayak bileği, quadriceps ve hamstring kas kuvvetleri manuel dinamometre ile, ayak bileği, diz ve kalça eklemleri ROM ölçümleri gonyometre ile gerçekleştirilmiştir. Denge Togu Challenge Disc ile, dikey ve yatay sıçrama performansları ise Jump Mat ve uzun atlama testi ile ölçülmüştür. Asimetri indeksleri hesaplanmış ve performans üzerindeki ilişkileri çoklu doğrusal regresyon ile incelenmiştir. Bulgular, ROM ve kuvvet asimetri indekslerinin denge ve dikey sıçrama performansında anlamlı ilişkiler sergilediğini göstermiştir ($p<0,05$). ROM asimetri indeksleri modelinin dominant ve non-dominant bacak denge performansındaki varyansın sırasıyla %35,7'sini ve %33,3'ünü açıkladığını göstermiştir. Kuvvet asimetri indeksleri modeli yalnızca dominant bacak denge performansı için anlamlı bulunmuş ve varyansın %23,2'sini açıklamıştır. Dikey sıçrama performansında ROM asimetri indeksleri modelleri, çift bacak için varyansın %25,5'ini, dominant bacak için %29'unu ve non-dominant bacak için %37'sini açıklamıştır. Aynı performans ölçütünde kuvvet asimetri indeksleri modelleri varyansın %22,6–26,2'sini açıklamış ve tüm modeller anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Yatay sıçrama performansında ROM asimetri indeksleri modelleri anlamlı değilken ($p>0,05$), kuvvet asimetri indeksleri modelleri çift bacak, dominant bacak ve non-dominant bacak için varyansın sırasıyla %28,7'sini, %31,2'sini ve %31,2'sini açıklamış ve anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Sonuç olarak, elit genç futbolcularda alt ekstremite asimetrilerinin motor performans üzerindeki etkisi görev-spesifik bir yapı göstermektedir. Özellikle plantar fleksör ve quadriceps kas gruplarındaki kuvvet asimetrileri, denge ve sıçrama performansını sınırlayan önemli değişkenler olarak öne çıkarken, bazı ROM asimetrilerinin belirli durumlarda performans stratejileriyle ilişkili olabileceği anlaşılmaktadır. Bu bulgular, performans optimizasyonu ve yaralanma riskinin azaltılması için alt ekstremite kas kuvveti simetrisinin geliştirilmesinin önemini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Hareket açıklığı, kas kuvveti asimetrisi, nöromüsküler performans, sıçrama performansı

ABSTRACT

This study aimed to investigate the task-specific effects of lower-extremity strength and joint range of motion (ROM) asymmetries on balance and power performance in elite youth soccer players. A cross-sectional analytical design was used. 46 male academy players from a professional soccer team competing in the Turkish Super League voluntarily participated in the study. Ankle, quadriceps, and hamstring muscle strength were assessed using a handheld dynamometer, while ROM measurements of the ankle, knee, and hip joints were performed using a goniometer. Balance was assessed using the Togu Challenge Disc, while vertical and horizontal jump performances were measured using a Jump Mat and the standing long jump test, respectively. Asymmetry indices were calculated, and their associations with performance were examined using multiple linear regression. The findings showed that ROM and strength asymmetry indices were significantly associated with balance and vertical jump performance ($p<0.05$). The ROM asymmetry index model explained 35.7% and 33.3% of the variance in dominant- and non-dominant-leg balance performance, respectively. The strength asymmetry index model was significant only for dominant-leg balance performance and explained 23.2% of the variance. For vertical jump performance, the ROM asymmetry index models explained 25.5% of the variance for the bilateral condition, 29% for the dominant leg, and 37% for the non-dominant leg. For the same performance measure, the strength asymmetry index models explained 22.6–26.2% of the variance, and all models were significant ($p<0.05$). For horizontal jump performance, the ROM asymmetry index models were not significant ($p>0.05$), whereas the strength asymmetry index models explained 28.7%, 31.2%, and 31.2% of the variance for the bilateral condition, dominant leg, and non-dominant leg, respectively, and were significant ($p<0.05$). In conclusion, the effects of lower-extremity asymmetries on motor performance in elite youth soccer players demonstrate a task-specific pattern. In particular, strength asymmetries in the plantar flexor and quadriceps muscle groups emerged as important variables limiting balance and jumping performance, whereas some ROM asymmetries may be associated with performance strategies under certain conditions. These findings highlight the importance of improving lower-extremity muscle strength symmetry for performance optimization and injury risk reduction.

Keywords: Jump performance, muscle strength asymmetry, neuromuscular performance, range of motion

Sorumlu yazar: Halil İbrahim ÇAKIR
Hareket ve Antrenman Bilimleri, Spor Yöneticiliği, Spor Bilimleri Fakültesi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Rize, Türkiye
E-mail: halilibrahim.cakir@erdogan.edu.tr **ORCID ID:** 0000-0002-5560-3576
Geliş tarihi (Received)**:** 30.03.2026 **Kabul tarihi** (Accepted)**:** 10.09.2026 **Yayın Tarihi** (Published)**:** 30.09.2026

1. Giriş

Genç futbolcularda alt ekstremite nöromüsküler simetrisi hem sportif performansın optimize edilmesi hem de yaralanma riskinin azaltılması açısından kritik bir belirleyicidir (Haddad, 2024). Futbol; yön değiştirme, hızlanma, ani yavaşlama, tek bacakla yapılan sıçrama ve ikili mücadele gibi yüksek nöromüsküler talep gerektiren, çoğunlukla unilateral hareketleri içeren bir spor dalıdır. Bu tekrar eden unilateral yüklenmeler zamanla ekstremiteler arası kuvvet ve hareket açıklığı asimetrilerinin gelişmesine neden olabilmektedir (Bishop ve ark., 2018; Maloney, 2019). Her ne kadar belirli düzeyde asimetri sporun doğası gereği fonksiyonel olarak kabul edilebilse de belirgin asimetrilerin hem performans düşüşü hem de artmış yaralanma riski ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (Croisier ve ark., 2008; Hart ve ark., 2016). Bu bağlamda, fizyolojik açıdan ekstremiteler arası asimetriler; nöral sürücü farklılıkları, motor ünite senkronizasyonu, agonist-antagonist koaktivasyon düzeyi, kas-tendon ünitesinin rijitliği ve proprioseptif entegrasyon kapasitesindeki farklılıklardan kaynaklanabilmektedir (Terzi ve ark., 2025). Direnç antrenmanına verilen adaptasyonların büyük ölçüde nöral mekanizmalar aracılığıyla gerçekleştiği ve kuvvet gelişim hızındaki artışın artmış motor ünite rekruitmanı ve ateşleme frekansı ile ilişkili olduğu bilinmektedir (Aagaard ve ark., 2002). Dolayısıyla, iki ekstremite arasında ortaya çıkan kuvvet üretim kapasitesi ve kuvvet gelişim hızı (rate of force development; RFD) farklılıkları, özellikle gerilme-kısalma döngüsüne (stretch-shortening cycle; SSC) dayalı patlayıcı görevlerde performans kaybına yol açabilir (Marković ve Mikulić, 2010). Kas-tendon ünitesinin mekanik özellikleri de asimetri–performans ilişkisinde önemli bir rol oynamaktadır. Tendon rijitliği, elastik enerji depolama ve geri salınım kapasitesini belirleyerek SSC verimliliğini doğrudan etkiler. Kas-tendon rijitliğindeki asimetriler, kuvvet aktarım zincirinde dengesiz yük dağılımına neden olabilir ve bu durum özellikle dikey ve yatay sıçrama performansında mekanik verimsizliğe yol açabilir (Marković ve Mikulić, 2010). Benzer şekilde, kaslar arası koordinasyon farklılıkları da kuvvet üretiminin zamanlamasını bozarak performans çıktılarında düşüşe neden olabilir (Aagaard ve ark., 2002).

Öte yandan, eklem hareket açıklığı (ROM) asimetrileri ise daha çok kinematik ve postüral kontrol mekanizmaları üzerinden etki göstermektedir (Sanz ve ark., 2020). Özellikle ayak bileği dorsifleksiyon hareketliliği, sagittal düzlem stabilitesi ve merkezi kütle kontrolü açısından kritik öneme sahiptir. Dorsifleksiyon kısıtlılığı, kompansatuvar diz valgusu, kalça iç rotasyonu ve artmış anterior tibial translasyon gibi biyomekanik değişimlere yol açarak yük dağılımını bozabilir (Behm ve Chaouachi, 2011). Bu durum yalnızca performansı değil, aynı zamanda bağ ve kas yaralanma riskini de artırabilir (Almansoof ve ark., 2023). Bu noktada denge performansı da dikkate alınmalıdır. Denge; vestibüler sistem, somatosensoriyel geri bildirim ve görsel girdilerin entegrasyonu ile sağlanan kompleks bir nöromüsküler süreçtir (Çakal ve ark., 2022). Özellikle ayak bileği stratejisi, tek ayak postüral kontrolde temel rol oynar. Ayak bileği çevresindeki mobilite veya kuvvet asimetrileri, proprioseptif geri bildirimi bozarak postüral salınımın artmasına neden olabilir (Gribble ve Hertel, 2004). Postüral kontrolün bozulması ise alt ekstremite yaralanmalarında önemli bir risk faktörü olarak tanımlanmıştır (Kılıç ve ark., 2024). Yaralanma perspektifinden bakıldığında, özellikle hamstring–quadriceps kuvvet oranlarındaki dengesizlikler ve bilateral kuvvet asimetrileri, kas zorlanmaları ve diz yaralanmaları ile ilişkilendirilmiştir (Croisier ve ark., 2008). Kuvvet asimetrilerinin artmış mekanik yüklenmeye ve kompansatuar hareket paternlerine yol açarak yaralanma riskini yükseltebileceği bildirilmektedir (Hart ve ark., 2016). Benzer şekilde, ayak bileği mobilite kısıtlılığı ön çapraz bağ (anterior cruciate ligament; ACL) yaralanma riskini artıran biyomekanik değişikliklerle ilişkilendirilmiştir (Fong ve ark., 2011). Dolayısıyla asimetriler yalnızca performans değil, uzun vadeli sporcu sağlığı açısından da kritik öneme sahiptir. Ancak literatürde ekstremiteler arası asimetrileri inceleyen çalışmaların sayısı artmasına rağmen, bu asimetrilerin farklı motor görevler üzerindeki göreli etkileri konusunda görüş birliği bulunmamaktadır. Bu doğrultuda, bazı çalışmalar kuvvet asimetrilerinin sprint ve sıçrama

performansını olumsuz etkilediğini bildirirken (Bishop ve ark., 2018b), bazıları ise görev-spesifik farklılıklar olduğunu göstermiştir (Çıkıkçı ve ark., 2024; Maloney, 2019). Ayrıca mevcut literatür büyük ölçüde kuvvet temelli asimetrilere odaklanmış olup, mobilite asimetrilerinin karşılaştırmalı etkisi yeterince araştırılmamıştır. Bu durum, denge ve patlayıcı performansın farklı fizyolojik belirleyicilere sahip olduğuna işaret eden önemli bir teorik noktayı ortaya koymaktadır. Postüral kontrol; eklem hareketliliği, sensörimotor entegrasyon ve ince motor koordinasyona dayanırken, patlayıcı güç performansı daha çok maksimal kuvvet üretimi, RFD ve SSC etkinliğine bağlıdır (Aagaard ve ark., 2002; Marković ve Mikulić, 2010). Bu nedenle kuvvet ve ROM asimetrilerinin farklı performans türleri üzerinde farklı düzeylerde etkili olması beklenmektedir.

Bu doğrultuda, literatürdeki bu bilgi boşluğundan hareketle mevcut çalışmanın amacı genç futbolcularda alt ekstremite kuvvet ve eklem hareket açıklığı asimetrilerinin denge ve güç performansı üzerindeki görev-spesifik etkilerini incelemektir. Bu kapsamda, (1) ROM asimetri indekslerinin denge performansıyla anlamlı ilişkiler göstereceği ve (2) özellikle plantar fleksör ve quadriceps kas gruplarındaki kuvvet asimetri indekslerinin artmasının dikey ve yatay sıçrama performansında azalma ile ilişkili olacağı hipotez edilmiştir.

2. Yöntem

2.1. Araştırma Modeli

Bu çalışma, sporcularda alt ekstremite asimetri indekslerinin performans parametreleri üzerindeki ilişkisini incelemek amacıyla tasarlanmış, nicel paradigma çerçevesinde yürütülen kesitsel ve analitik bir araştırmadır. Araştırma, herhangi bir deneysel müdahale içermeyen, gözlemsel temelli ve açıklayıcı model yaklaşımına dayanmaktadır. Çalışma kapsamında bağımsız değişkenler (alt ekstremite asimetri indeksleri) ile bağımlı değişkenler (denge, dikey sıçrama ve yatay sıçrama performansı) arasındaki doğrusal ilişkilerin incelenmesi hedeflenmiş; bu doğrultuda yordayıcı istatistiksel modelleme yaklaşımı benimsenmiştir. Araştırma tasarımı, değişkenler arası etkileşimlerin belirlenmesine ve performans değişkenleri ile ilişkilerin incelenmesine yönelik olarak yapılandırılmıştır.

2.2. Araştırma Grubu

Çalışmaya Türkiye Süper Ligi'nde yer alan profesyonel bir futbol takımının U15, U16 ve U17 takımlarında lisanslı olarak futbol oynayan ve amaçlı örnekleme yöntemi ile belirlenen toplam 46 futbolcu katılmıştır. Futbolcuların yaş ortalaması 16,67 ± 1,38 yıl, lisanslı spor deneyim süresi ortalaması 5,24 ± 1,73 yıl ve vücut yağ yüzdesi ortalaması %9,82 ± 3,50 olarak belirlenmiştir. Araştırmada örneklem büyüklüğünün yeterliliğini belirlemek amacıyla G*Power (v3.1.9.7) programında a priori güç analizi yapılmıştır. Analiz, çoklu doğrusal regresyon (Fixed model, R^2 deviation from zero) modeli temel alınarak gerçekleştirilmiştir. Sporcularda kas-iskelet sistemi asimetrilerine ilişkin önceki çalışmalarda bildirilen orta düzey etki büyüklükleri (Hart ve ark., 2016) dikkate alınarak orta etki düzeyi ($f^2 = 0,15$) varsayılmıştır. Anlamlılık düzeyi $\alpha = 0,05$ ve en büyük regresyon modelinde yer alan beş bağımsız değişken esas alınarak yapılan hesaplamada, 46 katılımcı ile elde edilen istatistiksel gücün yaklaşık 0,71 olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bu güç değeri, çalışmanın bir sınırlılığı olarak değerlendirilmiştir. Çalışmaya dahil edilme kriterleri şu şekildedir: Alt ekstremitelerde akut veya kronik ağrıların bulunmaması, son 6 ay içinde alt ekstremite yaralanması geçirmemiş olmak, en az 3 yıl aktif lisanslı futbol geçmişine sahip olmak, haftada en az 5 antrenman yapıyor olmak, gönüllü olarak çalışmaya katılım sağlamak.

Araştırmanın yürütülmesi için Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Etik Kurulu'ndan 04.03.2026 tarih ve 2026/107 sayılı etik kurul onayı alınmıştır. Çalışma öncesinde sporculara araştırmanın amacı, kapsamı ve uygulanacak testler hakkında bilgi verilmiş, yasal temsilcilerinden bilgilendirilmiş gönüllü olur alınmıştır.

2.3. Genel Test Prosedürü

Sporculara testler uygulanmadan önce testlerin amacı, önemi ve içeriği hakkında gerekli bilgilendirme yapılmıştır. Testler sırasında sporcuların şort ve tişört giymelerine dikkat edilmiştir. Ölçümlerin standart koşullarda ve sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi amacıyla sporcular, müsabakalarını oynadıkları tesislerde hazırlanan uygun bir alanda saat 15:00–17:00 arasında değerlendirilmiştir. Sporcular, testler öncesinde herhangi bir yorucu egzersiz veya fiziksel aktivite yapmamaları konusunda önceden bilgilendirilmiştir. Testlerden önce sporcuların boy ve vücut ağırlığı ölçümleri alınmış, baskın tarafları topa vurma sırasında tercih ettikleri ayak esas alınarak belirlenmiştir. ROM ölçümlerinin ardından sporculara ergometrik bisiklet üzerinde 5 dakikalık ısınma egzersizi uygulanmıştır. Isınma protokolünün tamamlanmasının ardından sırasıyla denge, kas kuvveti, dikey sıçrama ve yatay sıçrama performans testlerine geçilmiştir. Testler arası geçişlerde ise tam dinlenme protokolü uygulanmıştır.

2.4. Veri Toplama Araçları

Hareket Açıklığı Ölçüm Protokolü: Çalışmada sporcuların her iki bacak için ayak bileği, diz ve kalça eklemlerine ait pasif hareket açıklıkları Universal Gonyometre kullanılarak ölçülmüştür (Thornton ve ark., 2016). Gonyometrik ölçümlerin eklem hareket açıklığının değerlendirilmesinde yüksek düzeyde ölçüm güvenirliği ve tekrarlanabilirlik sağladığı bildirilmiştir (Ore ve ark., 2020; Acar ve ark., 2024). Ayak bileği dorsifleksiyon ölçümleri sporcular sırtüstü yatış pozisyonundayken ve dizleri tam ekstansiyonda olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Gonyometrenin merkezi lateral malleol üzerine yerleştirilmiş, sabit kol fibulanın uzun ekseni boyunca hizalanmış ve hareketli kol beşinci metatars boyunca uzatılmıştır. Ayak bileği plantar fleksiyon ölçümleri de sporcular sırtüstü yatış pozisyonundayken ve dizleri tam ekstansiyonda olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Gonyometrenin merkezi lateral malleol üzerine yerleştirilmiş, sabit kol fibulanın uzun ekseni boyunca hizalanmış ve hareketli kol beşinci metatars boyunca uzatılmıştır. Diz fleksiyon ölçümleri sporcular sırtüstü yatış pozisyonundayken ve dizleri tam ekstansiyonda olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Gonyometrenin merkezi diz eklemi üzerine yerleştirilmiş, sabit kol femurun uzun ekseni boyunca hizalanmış ve hareketli kol tibianın uzun ekseni boyunca uzatılmıştır. Kalça fleksiyon ölçümleri sporcular sırtüstü yatış pozisyonundayken ve dizleri hafif fleksiyonda olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Gonyometrenin merkezi kalça eklemi üzerine yerleştirilmiş, sabit kol vücudun uzun ekseni boyunca hizalanmış ve hareketli kol femurun uzun ekseni boyunca uzatılmıştır. Kalça ekstansiyon ölçümleri ise sporcular yüzüstü yatış pozisyonundayken gerçekleştirilmiştir. Gonyometrenin merkezi kalça eklemi üzerine yerleştirilmiş, sabit kol vücudun uzun ekseni boyunca hizalanmış ve hareketli kol femurun uzun ekseni boyunca uzatılmıştır. Her ölçüm baskın ve baskın olmayan bacakta üç kez tekrar edilmiş, elde edilen açı değerlerinin ortalaması analizlerde kullanılmıştır. Ölçümler sırasında katılımcılardan rahat olmaları ve aktif hareket sırasında maksimum hareket açıklığına ulaşmaları istenmiştir. Tüm ölçümler aynı araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiş ve intra-değişkenliği en aza indirmek amacıyla standart bir protokol izlenmiştir (Thornton ve ark., 2016).

Denge Ölçüm Protokolü: Denge yetkinliğini değerlendirmek amacıyla Togu Challenge Disc (Togu, Almanya) kullanılmıştır. Katılımcılar çıplak ayakla, kollar serbest olacak şekilde diskin ortasında tek bacak (baskın ve baskın olmayan) üzerinde 20 saniye süreyle durarak teste tabi tutulmuştur. Ölçümler iki dakikalık dinlenme aralarıyla iki kez tekrarlanmış ve en iyi skor kaydedilmiştir. Katılımcıların diskte dengeyi koruyamadığı durumlarda deneme hatalı kabul edilmiş ve test tekrarlanmıştır (Kayhan ve ark., 2024). Denge değerlendirmesi, Togu Challenge'ın önerilen yönergelerine uygun olarak stabilite indeksini temsil eden 1 ile 5 arasında bir puanlama sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir (1 = çok iyi, 2 = iyi, 3 = orta, 4 = zayıf, 5 = çok zayıf). Ölçüm prosedüründe Kayhan ve ark. (2024) tarafından tanımlanan uygulama esas alınmıştır.

Kas Kuvveti Ölçüm Protokolü: Kas kuvveti ölçümlerinde manuel dinamometre olarak ActivForce (ActivForce 2, ActivForce, California) kullanılmıştır. Pino-Ortega ve ark. (2024) tarafından ActivForce dinamometresinin kas kuvvetini değerlendirmede yüksek güvenilirliğe sahip olduğu bildirilmiştir (ICC = 0,913–0,930; Cronbach's Alpha = 0,920–0,938).

Ayak bileği ölçümleri için sporcular, kol desteği olmayan standart yükseklikte bir sandalyede, kalça ve diz eklemi 90º fleksiyonda olacak şekilde oturur pozisyonda konumlandırılmıştır. Bir ayak yere dik temas ederken, ölçüm yapılacak ayağın topuğu yere değecek şekilde pozisyon verilmiştir (Aramaki ve ark., 2016). Sporcuların kas kuvveti değerlendirme yöntemine aşinalık kazanmaları amacıyla hem baskın hem de baskın olmayan bacak ile ayak bileği dorsal ve plantar fleksiyonda dört adet submaksimal izometrik kasılma yaptırılmıştır. Bu kasılmalar kayıt altına alınmamıştır. Ardından hem dominant hem de non-dominant bacak için ayak bileği dorsal ve plantar fleksiyonda maksimum izometrik kas kuvveti ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kas yorgunluğu riskini en aza indirmek amacıyla her kasılma arasında bir dakikalık dinlenme süresi verilmiştir (Wong ve ark., 2012). Dorsifleksiyon kuvvet ölçümünde sporculardan ayak bileğini yapabildikleri en üst sınıra kadar dorsifleksiyona getirmeleri ve bu pozisyonda tutmaları istenmiştir. Bu pozisyonda manuel dinamometre metatars başlarının dorsal yüzeyine yerleştirilmiş ve sporculardan kuvvetlerini kademeli olarak maksimuma çıkarmaları ve dinamometreye karşı en az 5 saniye boyunca sürdürmeleri talep edilmiştir (Kimura ve ark., 2018). Plantar fleksiyon kuvvet ölçümünde ise sporculardan ayak bileğini maksimum plantar fleksiyon pozisyonuna getirmeleri ve bu açıyı korumaları istenmiştir. Dinamometre metatars başlarının plantar yüzeyine yerleştirilmiş ve sporculardan kuvvetlerini kademeli olarak maksimuma ulaştırmaları ve en az 5 saniye boyunca sürdürmeleri istenmiştir (Spink ve ark., 2010).

Hamstring ve quadriceps kas kuvveti ölçümlerinde sporcular sedye üzerinde bacak yere dik olacak şekilde pozisyon almıştır. Ölçümlerde dominant ve non-dominant bacak değerlendirilmiş ve ayak bileği ölçümlerinde izlenilen deneme prosedürleri baz alınmıştır. Quadriceps ölçümünde manuel dinamometre tibia kemiğinin ön yüzeyine, dış malleolün 5 cm proksimaline yerleştirilmiştir. Diz ekstansiyon açısını 60° ile sınırlandırmak amacıyla bir bant kullanılmıştır. Katılımcılardan dizlerini ekstansiyona getirmek için dinamometreye karşı 5 saniye boyunca maksimum kuvvet uygulamaları istenmiştir (Wong ve ark., 2012). Hamstring ölçümünde ise manuel dinamometre aşil tendonunun orta noktasının 1 cm proksimaline yerleştirilmiş ve bir emniyet kemeri ile sabitlenmiştir. Sporculardan diz fleksiyonu oluşturacak şekilde dinamometreye karşı 5 saniye boyunca maksimum kuvvet uygulaması istenmiştir (Wong ve ark., 2012). Her bölgeden iki ölçüm alınmış ve en yüksek pik izometrik kas kuvveti kilogram cinsinden kaydedilmiştir.

Dikey Sıçrama Ölçüm Protokolü: Test Jump Mat Pro (FSL JumpMat, İrlanda) cihazı kullanılarak çift bacak, baskın ve baskın olmayan bacak için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Sporcular eller belde olacak şekilde mat üzerinde beklerken derin bir çömelme yapmış ve ardından dikey doğrultuda maksimum counter moment sıçrama gerçekleştirmiştir. Hatalı yapılan ölçümler geçersiz sayılmış ve test tekrarlanmıştır (Fort-Vanmeerhaeghe ve ark., 2020). Test iki tekrar şeklinde uygulanmış ve denemeler arasında iki dakikalık dinlenme süresi verilmiştir.

Uzun Atlama Ölçüm Protokolü: Yatay sıçrama performansı, çift bacak, baskın ve baskın olmayan bacak kullanılarak yatay düzlemde gerçekleştirilen sıçrama ile değerlendirilmiştir. Zemine başlangıç çizgisi ve ölçüm şeridi yerleştirilmiş, sporcular işaretli çizgiden ileriye doğru maksimum mesafeye atlamış ve sendelemeden iniş yapmıştır. Test iki kez tekrarlanmış ve en başarılı deneme kaydedilmiştir. İniş sonrasında stabil kalma süresi üç saniye olarak belirlenmiştir (Kayhan ve ark., 2024b).

2.5. Verilerin Analizi

Gerekli minimum örneklem büyüklüğü G*Power 3.1 yazılımı ile belirlenmiş, elde edilen verilerin

istatistiksel analizleri SPSS 27.0 (IBM Corp., Armonk, NY, ABD) paket programı kullanılarak yapılmıştır. Asimetri indeksinin (AI) değerlendirmesi [(baskın – baskın olmayan)/baskın) × 100] formülüne göre hesaplanmıştır (Çakır ve ark., 2025). Analizler öncesinde verilerin normal dağılımı Kolmogorov-Smirnov testi ile çarpıklık ve basıklık katsayıları kullanılarak değerlendirilmiştir. Çarpıklık ve basıklık katsayılarının ±2 aralığında olması normal dağılımın kabulü için ölçüt olarak alınmış ve çoklu doğrusal regresyon analizine ilişkin varsayımlar incelenmiştir (George ve Mallery, 2010). Çalışma değişkenlerine ait çarpıklık değerleri −0,96 ile 1,46, basıklık değerleri ise −1,04 ile 1,68 arasında değişmiş ve normal dağılım için kabul edilebilir aralıkta yer almıştır. Çoklu doğrusal bağlantı (multikollinearite) problemi VIF ve tolerans değerleri üzerinden kontrol edilmiş; VIF değerlerinin 10'un, tolerans değerlerinin ise 0,10'un altında/üstünde olmaması kabul edilebilirlik ölçütü olarak alınmıştır (Hair ve ark., 2010). Kurulan 16 regresyon modelinin (8 performans değişkeni × 2 model) tamamında VIF değerleri 1,04–1,79, tolerans değerleri ise 0,56–0,97 aralığında bulunmuş olup, bu değerlerin kabul edilebilir sınırlar içerisinde kaldığı ve modellerde çoklu doğrusal bağlantı probleminin bulunmadığı belirlenmiştir. Artıkların bağımsızlığı Durbin–Watson katsayısı ile değerlendirilmiş; bu katsayının 1,5–2,5 aralığında olması artıkların birbirinden bağımsız olduğunun göstergesi olarak kabul edilmiştir (Field, 2009). Modellere ait Durbin–Watson değerleri 1,62–2,14 aralığında elde edilmiş ve değişkenlerinin tamamında değerler kabul edilebilir aralıkta yer almıştır. Varsayımların sağlanmasının ardından çoklu doğrusal regresyon analizleri uygulanmıştır. Her bir performans değişkeni için iki ayrı model kurulmuştur: ilk modelde alt ekstremite ROM asimetri indeksleri, ikinci modelde ise kas kuvveti asimetri indeksleri bağımsız değişken olarak modele dahil edilmiştir. Regresyon analizleri öncesinde artıkların normalliği histogram ve normal Q–Q grafikleriyle; doğrusallık, standartlaştırılmış tahmin edilen değerler ile standartlaştırılmış artıkların saçılım grafikleri ve kısmi regresyon grafikleriyle; homoskedastisite ise artıkların tahmin edilen değerler boyunca yaklaşık sabit dağılım gösterip göstermediği incelenerek değerlendirilmiştir. Modelin genel anlamlılığı F testi ile değerlendirilmiş, açıklanan varyans oranı R^2 katsayısı ile raporlanmıştır. Bağımsız değişkenlerin modele katkıları standartlaştırılmış beta (β) katsayıları, t değerleri ve p değerleri ile yorumlanmıştır. Tüm istatistiksel analizlerde anlamlılık düzeyi $p<0,05$ olarak kabul edilmiştir.

3. Bulgular

Tablo 1. Asimetri indekslerinin denge performansı üzerindeki çoklu doğrusal regresyon analizi sonuçları

Yordayan Değişken	B	SH	β	t	p	R	R^2	F	p
Dominant Bacak Denge (Yordanan Değişken)									
Dorsal ROM AI	0,012	0,005	0,301	2,315	**0,026***				
Plantar ROM AI	0,001	0,006	0,020	0,155	0,878				
Kalça Fleksiyon ROM AI	-0,060	0,032	-0,244	-1,850	**0,044***	0,597	0,357	4,442	**0,003****
Kalça Ekstansiyon ROM AI	0,011	0,012	0,122	0,877	0,386				
Diz Fleksiyon ROM AI	0,112	0,053	0,295	2,116	**0,041***				
Dorsal Kuvvet AI	-0,017	0,012	-0,190	-1,362	0,181				
Plantar Kuvvet AI	0,019	0,006	0,472	3,280	**0,002****	0,482	0,232	3,096	**0,026***
Quadriceps Kuvveti AI	0,008	0,016	0,096	0,524	0,603				
Hamstring Kuvveti AI	0,003	0,011	0,046	0,260	0,797				
Non-Dominant Bacak Denge (Yordanan Değişken)									
Dorsal ROM AI	0,008	0,006	0,189	1,428	0,161				
Plantar ROM AI	-0,006	0,006	-0,117	-0,889	0,379				
Kalça Fleksiyon ROM AI	-0,112	0,035	-0,429	-3,190	**0,003****	0,577	0,333	3,986	**0,005****
Kalça Ekstansiyon ROM AI	0,017	0,013	0,185	1,304	0,200				
Diz Fleksiyon ROM AI	0,026	0,057	0,063	0,445	0,659				
Dorsal Kuvvet AI	-0,016	0,014	-0,174	-1,196	0,239				
Plantar Kuvvet AI	0,017	0,006	0,392	2,607	**0,013***	0,401	0,161	1,965	0,118
Quadriceps Kuvveti AI	0,015	0,018	0,162	0,847	0,402				
Hamstring Kuvveti AI	-0,002	0,012	-0,026	-0,138	0,891				

****p<0,01; *p<0,05;** SH: Standart hata, ROM: Range of Motion, AI: Asimetri indeksi

Tablo 1'de, dominant ve non-dominant bacak denge performansını yordayan değişkenleri belirlemek amacıyla gerçekleştirilen çoklu doğrusal regresyon analizlerinin sonuçları sunulmuştur. Dominant bacak denge performansı üzerinde ROM asimetri indekslerinin etkisini incelemek amacıyla kurulan ilk regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (R=0,597; R^2=0,357; $F_{5,40}$=4,442; p=0,003). Model, dominant bacak denge performansındaki varyansın %35,7'sini açıklamaktadır. Değişkenler incelendiğinde; dorsal ROM asimetri indeksinin dengeyi pozitif yönde anlamlı olarak yordadığı belirlenmiştir (B=0,012; β=0,301; t=2,315; p=0,026). Kalça fleksiyon ROM asimetri indeksi dengeyi negatif yönde anlamlı olarak yordamıştır (B=-0,060; β=-0,244; t=-1,850; p=0,044). Diz fleksiyon ROM asimetri indeksi ise pozitif yönde anlamlı bir yordayıcıdır (B=0,112; β=0,295; t=2,116; p=0,041). Plantar ROM ve kalça ekstansiyon ROM asimetri indekslerinin etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (p>0,05). Dominant bacak denge performansı üzerinde kuvvet asimetri indekslerinin etkisini incelemek amacıyla kurulan ikinci regresyon modeli de istatistiksel olarak anlamlıdır (R=0,482; R^2=0,232; $F_{4,41}$=3,096; p=0,026). Model, varyansın %23,2'sini açıklamaktadır. Kuvvet değişkenleri arasında yalnızca plantar kuvvet asimetri indeksinin denge performansını pozitif yönde ve anlamlı düzeyde yordadığı belirlenmiştir (B=0,019; β=0,472; t=3,280; p=0,002). Dorsal kuvvet, quadriceps kuvveti ve hamstring kuvveti asimetri indekslerinin etkileri istatistiksel olarak anlamlı değildir (p>0,05).

Tablo 2. Asimetri indekslerinin dikey sıçrama performansı üzerindeki çoklu doğrusal regresyon analizi sonuçları

Yordayan Değişken	B	SH	β	t	p	R	R^2	F	p
Çift Bacak Dikey Sıçrama (Yordanan Değişken)									
Dorsal ROM AI	-0,061	0,054	-0,158	-1,127	0,266				
Plantar ROM AI	-0,025	0,061	-0,057	-0,414	0,681				
Kalça Fleksiyon ROM AI	0,699	0,339	0,293	2,059	**0,046***	0,505	0,255	2,742	**0,032***
Kalça Ekstansiyon ROM AI	0,016	0,126	0,019	0,127	0,900				
Diz Fleksiyon ROM AI	-1,153	0,554	-0,312	-2,079	**0,044***				
Dorsal Kuvvet AI	0,277	0,116	0,326	2,383	**0,022***				
Plantar Kuvvet AI	-0,173	0,055	-0,440	-3,118	**0,003****	0,512	0,262	3,637	**0,013***
Quadriceps Kuvveti AI	-0,161	0,151	-0,192	-1,066	0,293				
Hamstring Kuvveti AI	0,017	0,105	0,029	0,165	0,870				
Dominant Bacak Dikey Sıçrama (Yordanan Değişken)									
Dorsal ROM AI	-0,083	0,040	-0,281	-2,052	**0,047***				
Plantar ROM AI	-0,026	0,045	-0,076	-0,563	0,576				
Kalça Fleksiyon ROM AI	0,458	0,252	0,252	1,817	**0,043***	0,538	0,290	3,266	**0,014***
Kalça Ekstansiyon ROM AI	0,053	0,094	0,083	0,568	0,573				
Diz Fleksiyon ROM AI	-0,884	0,412	-0,315	-2,148	**0,038***				
Dorsal Kuvvet AI	0,162	0,089	0,250	1,808	0,078				
Plantar Kuvvet AI	-0,126	0,043	-0,423	-2,966	**0,005****	0,495	0,245	3,330	**0,019***
Quadriceps Kuvveti AI	-0,114	0,116	-0,178	-0,978	0,334				
Hamstring Kuvveti AI	0,112	0,081	0,246	1,395	0,171				
Non-Dominant Bacak Dikey Sıçrama (Yordanan Değişken)									
Dorsal ROM AI	-0,078	0,038	-0,263	-2,044	**0,048***				
Plantar ROM AI	-0,016	0,043	-0,049	-0,382	0,705				
Kalça Fleksiyon ROM AI	0,576	0,238	0,316	2,416	**0,020***	0,608	0,370	4,703	**0,002****
Kalça Ekstansiyon ROM AI	0,040	0,089	0,062	0,448	0,657				
Diz Fleksiyon ROM AI	-1,059	0,389	-0,375	-2,718	**0,010****				
Dorsal Kuvvet AI	0,138	0,091	0,213	1,518	0,137				
Plantar Kuvvet AI	-0,130	0,043	-0,433	-3,000	**0,005****	0,475	0,226	2,991	**0,030***
Quadriceps Kuvveti AI	-0,160	0,118	-0,248	-1,349	0,185				
Hamstring Kuvveti AI	0,109	0,082	0,237	1,331	0,191				

****p<0,01; *p<0,05;** SH: Standart hata, ROM: Range of Motion, AI: Asimetri indeksi

Non-dominant bacak denge performansı üzerinde ROM asimetri indekslerinin etkisini incelemek amacıyla kurulan model istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (R=0,577; R^2=0,333; $F_{5,40}$=3,986; p=0,005). Model, varyansın %33,3'ünü açıklamaktadır. Kalça fleksiyon ROM asimetri indeksi dengeyi negatif yönde ve anlamlı düzeyde yordamıştır (B=-0,112; β=-0,429; t=-3,190; p=0,003). Diğer ROM değişkenlerinin etkileri anlamlı değildir (p>0,05). Non-dominant bacak

denge performansı üzerinde kuvvet asimetri indekslerinin etkisini inceleyen model ise istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (R=0,401; R^2=0,161; $F_{4,41}$=1,965; p=0,118). Bu nedenle, bu model kapsamında kuvvet asimetri indekslerinin non-dominant bacak denge performansını anlamlı biçimde yordadığı sonucuna varılamamıştır. Dorsal kuvvet, plantar kuvvet, quadriceps kuvveti ve hamstring kuvveti asimetri indeksleri için elde edilen katsayılar, modelin genel anlamlı olmaması nedeniyle ayrıca yorumlanmamıştır.

Tablo 2'de, çift bacak, dominant bacak ve non-dominant bacak dikey sıçrama performansını açıklamak amacıyla gerçekleştirilen çoklu doğrusal regresyon analizlerinin sonuçları sunulmuştur. Çift bacak dikey sıçrama performansı üzerinde ROM asimetri indekslerinin etkisini incelemek amacıyla kurulan ilk regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (R=0,505; R^2=0,255; $F_{5,40}$=2,742; p=0,032). Model, çift bacak dikey sıçrama performansındaki varyansın %25,5'ini açıklamaktadır. Değişkenler incelendiğinde; kalça fleksiyon ROM asimetri indeksinin pozitif yönde anlamlı bir yordayıcı olduğu belirlenmiştir (B=0,699; β=0,293; t=2,059; p=0,046). Diz fleksiyon ROM asimetri indeksi ise negatif yönde anlamlı bulunmuştur (B=-1,153; β=-0,312; t=-2,079; p=0,044). Dorsal ROM, plantar ROM ve kalça ekstansiyon ROM asimetri indekslerinin etkileri istatistiksel olarak anlamlı değildir (p>0,05). Çift bacak dikey sıçrama performansı üzerinde kuvvet asimetri indekslerinin etkisini inceleyen ikinci model de istatistiksel olarak anlamlıdır (R=0,512; R^2=0,262; $F_{4,41}$=3,637; p=0,013). Model varyansın %26,2'sini açıklamaktadır. Kuvvet değişkenleri arasında dorsal kuvvet asimetri indeksi pozitif yönde anlamlı bir yordayıcıdır (B=0,277; β=0,326; t=2,383; p=0,022). Plantar kuvvet asimetri indeksi ise negatif yönde ve güçlü biçimde anlamlı bulunmuştur (B=-0,173; β=-0,440; t=-3,118; p=0,003). Quadriceps ve hamstring kuvveti asimetri indekslerinin etkileri istatistiksel olarak anlamlı değildir (p>0,05).

Dominant bacak dikey sıçrama performansı üzerinde ROM asimetri indekslerinin etkisini incelemek amacıyla kurulan model istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (R=0,538; R^2=0,290; $F_{5,40}$=3,266; p=0,014). Model varyansın %29,0'ını açıklamaktadır. Dorsal ROM asimetri indeksi negatif yönde anlamlı bir yordayıcıdır (B=-0,083; β=-0,281; t=-2,052; p=0,047). Kalça fleksiyon ROM asimetri indeksi pozitif yönde anlamlı bulunmuştur (B=0,458; β=0,252; t=1,817; p=0,043). Diz fleksiyon ROM asimetri indeksi ise negatif yönde anlamlıdır (B=-0,884; β=-0,315; t=-2,148; p=0,038). Plantar ROM ve kalça ekstansiyon ROM asimetri indekslerinin etkileri anlamlı değildir (p>0,05). Dominant bacak dikey sıçrama performansı üzerinde kuvvet asimetri indekslerinin etkisini inceleyen model de istatistiksel olarak anlamlıdır (R=0,495; R^2=0,245; $F_{4,41}$=3,330; p=0,019). Model varyansın %24,5'ini açıklamaktadır. Plantar kuvvet asimetri indeksi negatif yönde ve anlamlı bir yordayıcıdır (B=-0,126; β=-0,423; t=-2,966; p=0,005). Dorsal kuvvet, quadriceps kuvveti ve hamstring kuvveti asimetri indekslerinin etkileri istatistiksel olarak anlamlı değildir (p>0,05).

Non-dominant bacak dikey sıçrama performansı üzerinde ROM asimetri indekslerinin etkisini incelemek amacıyla kurulan model istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (R=0,608; R^2=0,370; $F_{5,40}$=4,703; p=0,002). Model varyansın %37,0'ını açıklamaktadır. Dorsal ROM asimetri indeksi negatif yönde anlamlıdır (B=-0,078; β=-0,263; t=-2,044; p=0,048). Kalça fleksiyon ROM asimetri indeksi pozitif yönde anlamlı bulunmuştur (B=0,576; β=0,316; t=2,416; p=0,020). Diz fleksiyon ROM asimetri indeksi negatif yönde ve anlamlıdır (B=-1,059; β=-0,375; t=-2,718; p=0,010). Plantar ROM ve kalça ekstansiyon ROM asimetri indekslerinin etkileri istatistiksel olarak anlamlı değildir (p>0,05). Non-dominant bacak dikey sıçrama performansı üzerinde kuvvet asimetri indekslerinin etkisini inceleyen model de istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (R=0,475; R^2=0,226; $F_{4,41}$=2,991; p=0,030). Model varyansın %22,6'sını açıklamaktadır. Plantar kuvvet asimetri indeksi negatif yönde ve anlamlı bir yordayıcıdır (B=-0,130; β=-0,433; t=-3,000; p=0,005). Dorsal kuvvet, quadriceps kuvveti ve hamstring kuvveti asimetri indekslerinin etkileri istatistiksel olarak anlamlı değildir (p>0,05).

Tablo 3. Asimetri indekslerinin yatay sıçrama performansı üzerindeki çoklu doğrusal regresyon analizi sonuçları

Yordayan Değişken	B	SH	β	t	p	R	R^2	F	p
Çift Bacak Yatay Sıçrama (Yordanan Değişken)									
Dorsal ROM AI	-0,120	0,419	-0,042	-0,286	0,776				
Plantar ROM AI	0,323	0,472	0,100	0,684	0,498				
Kalça Fleksiyon ROM AI	-0,686	2,620	-0,039	-0,262	0,795	0,414	0,171	1,652	0,169
Kalça Ekstansiyon ROM AI	-1,713	0,975	-0,277	-1,756	0,087				
Diz Fleksiyon ROM AI	-5,299	4,280	-0,196	-1,238	0,223				
Dorsal Kuvvet AI	-0,002	0,836	0,000	-0,003	0,998				
Plantar Kuvvet AI	-1,415	0,399	-0,492	-3,548	**0,001****	0,536	0,287	4,124	**0,007****
Quadriceps Kuvveti AI	-2,384	1,087	-0,387	-2,193	**0,034***				
Hamstring Kuvveti AI	-0,127	0,754	-0,029	-0,169	0,867				
Dominant Bacak Yatay Sıçrama (Yordanan Değişken)									
Dorsal ROM AI	-0,580	0,404	-0,211	-1,436	0,159				
Plantar ROM AI	0,456	0,455	0,146	1,001	0,323				
Kalça Fleksiyon ROM AI	-0,747	2,525	-0,044	-0,296	0,769	0,427	0,183	1,787	0,138
Kalça Ekstansiyon ROM AI	-1,380	0,940	-0,230	-1,468	0,150				
Diz Fleksiyon ROM AI	-4,345	4,125	-0,166	-1,053	0,299				
Dorsal Kuvvet AI	-0,304	0,797	-0,050	-0,381	0,705				
Plantar Kuvvet AI	-1,472	0,380	-0,527	-3,872	**0,001****	0,559	0,312	4,652	**0,003****
Quadriceps Kuvveti AI	-2,408	1,036	-0,403	-2,324	**0,025***				
Hamstring Kuvveti AI	0,120	0,719	0,028	0,167	0,868				
Non-Dominant Bacak Yatay Sıçrama (Yordanan Değişken)									
Dorsal ROM AI	-0,689	0,402	-0,245	-1,714	0,094				
Plantar ROM AI	0,413	0,453	0,130	0,913	0,367				
Kalça Fleksiyon ROM AI	-0,232	2,510	-0,013	-0,093	0,927	0,470	0,221	2,273	0,066
Kalça Ekstansiyon ROM AI	-1,483	0,934	-0,243	-1,587	0,120				
Diz Fleksiyon ROM AI	-5,090	4,101	-0,191	-1,241	0,222				
Dorsal Kuvvet AI	-0,196	0,812	-0,032	-0,242	0,810				
Plantar Kuvvet AI	-1,529	0,387	-0,538	-3,950	**0,001****	0,559	0,312	4,653	**0,003****
Quadriceps Kuvveti AI	-2,423	1,056	-0,398	-2,296	**0,027***				
Hamstring Kuvveti AI	0,185	0,732	0,042	0,252	0,802				

****p<0,01; *p<0,05;** SH: Standart hata, ROM: Range of Motion, AI: Asimetri indeksi

Tablo 3'te çift bacak, dominant bacak ve non-dominant bacak yatay sıçrama performansını açıklamak amacıyla gerçekleştirilen çoklu doğrusal regresyon analizlerinin sonuçları sunulmuştur. Çift bacak yatay sıçrama performansı üzerinde ROM asimetri indekslerinin etkisini incelemek amacıyla kurulan ilk regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($R=0,414$; $R^2=0,171$; $F_{5,40}=1,652$; $p=0,169$). Model varyansın %17,1'ini açıklamaktadır. ROM değişkenlerinin hiçbirinin yatay sıçrama performansı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi bulunmamıştır ($p>0,05$). Çift bacak yatay sıçrama performansı üzerinde kuvvet asimetri indekslerinin etkisini inceleyen ikinci model ise istatistiksel olarak anlamlıdır ($R=0,536$; $R^2=0,287$; $F_{4,41}=4,124$; $p=0,007$). Model varyansın %28,7'sini açıklamaktadır. Kuvvet değişkenleri arasında plantar kuvvet asimetri indeksi negatif yönde ve güçlü biçimde anlamlı bir yordayıcıdır ($B=-1,415$; $\beta=-0,492$; $t=-3,548$; $p=0,001$). Quadriceps kuvveti asimetri indeksi de negatif yönde anlamlı bulunmuştur ($B=-2,384$; $\beta=-0,387$; $t=-2,193$; $p=0,034$). Dorsal kuvvet ve hamstring kuvveti asimetri indekslerinin etkileri istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0,05$).

Dominant bacak yatay sıçrama performansı üzerinde ROM asimetri indekslerinin etkisini incelemek amacıyla kurulan model istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($R=0,427$; $R^2=0,183$; $F_{5,40}=1,787$; $p=0,138$). Model varyansın %18,3'ünü açıklamaktadır. ROM değişkenlerinin hiçbirinin dominant bacak yatay sıçrama performansı üzerinde anlamlı bir etkisi bulunmamıştır ($p>0,05$). Dominant bacak yatay sıçrama performansı üzerinde kuvvet asimetri indekslerinin etkisini inceleyen model istatistiksel olarak anlamlıdır ($R=0,559$; $R^2=0,312$; $F_{4,41}=4,652$; $p=0,003$). Model varyansın %31,2'sini açıklamaktadır. Plantar kuvvet asimetri indeksi negatif yönde ve güçlü biçimde anlamlı bir yordayıcıdır ($B=-1,472$; $\beta=-0,527$; $t=-3,872$; $p<0,001$). Quadriceps kuvveti asimetri indeksi de negatif yönde anlamlı bulunmuştur ($B=-2,408$; $\beta=-0,403$; $t=-2,324$; $p=0,025$).

Dorsal kuvvet ve hamstring kuvveti asimetri indekslerinin etkileri istatistiksel olarak anlamlı değildir (p>0,05).

Non-dominant bacak yatay sıçrama performansı üzerinde ROM asimetri indekslerinin etkisini incelemek amacıyla kurulan model istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (R=0,470; R^2=0,221; $F_{5,40}$=2,273; p=0,066). Model varyansın %22,1'ini açıklamaktadır. ROM değişkenlerinin hiçbirinin non-dominant bacak yatay sıçrama performansı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi bulunmamıştır (p>0,05). Non-dominant bacak yatay sıçrama performansı üzerinde kuvvet asimetri indekslerinin etkisini inceleyen model ise istatistiksel olarak anlamlıdır (R=0,559; R^2=0,312; $F_{4,41}$=4,653; p=0,003). Model varyansın %31,2'sini açıklamaktadır. Plantar kuvvet asimetri indeksi negatif yönde ve güçlü biçimde anlamlı bir yordayıcıdır (B=-1,529; β=-0,538; t=-3,950; p=0,001). Quadriceps kuvveti asimetri indeksi de negatif yönde anlamlı bulunmuştur (B=-2,423; β=-0,398; t=-2,296; p=0,027). Dorsal kuvvet ve hamstring kuvveti asimetri indekslerinin etkileri istatistiksel olarak anlamlı değildir (p>0,05).

4. Tartışma

Araştırmanın ilk bulgusu, ROM ve kuvvet asimetri indekslerinin dominant ve non-dominant bacak denge skorlarıyla farklı yönlerde ilişkili olduğunu göstermektedir. Dominant bacakta dorsal ROM ve diz fleksiyon ROM asimetri indeksleri denge skoruyla pozitif yönlü, kalça fleksiyon ROM asimetri indeksi ise negatif yönlü ve anlamlı ilişkili bulunmuştur. Non-dominant bacakta kalça fleksiyon ROM asimetri indeksi denge skoruyla negatif yönlü ve anlamlı bir ilişki göstermiştir. Dominant bacakta plantar kuvvet asimetri indeksi denge skorunu pozitif yönde anlamlı olarak yordamıştır. Non-dominant bacak için kurulan kuvvet asimetrisi modeli genel olarak anlamlı bulunmadığından, bu modeldeki tekil katsayılar doğrulanmış yordayıcılar olarak yorumlanmamıştır.

Dominant bacakta dorsal ROM asimetri indeksinin denge skorunu pozitif yönde yordaması, ayak bileği dorsifleksiyon hareket açıklığındaki asimetri ile daha düşük denge performansı arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Ayak bileği dorsifleksiyonundaki kısıtlılıklar veya asimetriler, vücudun ağırlık merkezini ayarlama yeteneğini etkileyerek dengeyi bozabilir (Almansoof ve ark., 2023). Bu bağlamda, iki ekstremite arasındaki dorsifleksiyon farklılıkları özellikle dinamik denge görevlerinde ağırlık merkezinin kontrolünü zorlaştırarak stabiliteyi azaltabilir. Hem dominant hem de non-dominant bacakta kalça fleksiyon ROM asimetri indeksinin dengeyi negatif yönde yordaması ise kalça eklemindeki hareket açıklığı farklılıklarının belirli durumlarda denge performansını destekleyebileceğini düşündürmektedir. Kalça fleksiyonundaki asimetriler, yürüme, koşma ve denge gibi fonksiyonel hareketler sırasında biyomekanik farklılıklar oluşturabilir (Kayhan ve ark., 2024b). Bununla birlikte, bazı durumlarda bu farklılıkların sporcularda gelişen nöromüsküler adaptasyonlar sayesinde postüral kontrol stratejilerini destekleyebileceği düşünülebilir. Ancak literatürde genel olarak kalça fleksiyonundaki belirgin asimetrilerin postüral stabiliteyi azaltabileceği ve düşme riskini artırabileceği belirtilmektedir (Çakır ve ark., 2025; Kayhan ve ark., 2024c). Dominant bacakta diz fleksiyon ROM asimetri indeksinin denge skorunu pozitif yönde yordaması, diz eklemindeki hareket açıklığı asimetrisinin düşük denge performansı ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Diz fleksiyonundaki asimetriler, tek bacak üzerinde durma veya dinamik hareketler sırasında alt ekstremite segmentleri arasındaki koordinasyonu bozarak stabilitenin azalmasına neden olabilir (Rutkowska-Kucharska, 2020). Hem dominant hem de non-dominant bacakta plantar kuvvet asimetri indeksinin denge performansını pozitif yönde yordaması, ayak bileği plantar fleksör kaslarının asimetrik kuvvet üretiminin denge performansının azalması ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Plantar fleksör kaslar (gastroknemius ve soleus), postüral salınımı kontrol etmede ve yerle temas sırasında stabiliteyi sağlamada temel rol oynar (Rojhani-Shirazi ve ark., 2019). İki ekstremite arasındaki plantar fleksör kuvvet farklılıkları, postüral kontrol sırasında yer reaksiyon kuvvetlerinin dengeli dağılımını zorlaştırarak stabilitenin azalmasına yol

açabilir. Bu durum özellikle dinamik denge görevlerinde veya ani yön değişikliklerinde vücudun ağırlık merkezinin etkin şekilde kontrol edilmesini zorlaştırabilir (Yoshizawa ve Yoshida, 2022). Denge performansına ilişkin bulgularımız, literatürdeki farklı görüşleri desteklemekte ve bazı yeni perspektifler sunmaktadır. Literatürde ayak bileği dorsifleksiyon ROM'unun dinamik denge ile ilişkili olduğu yaygın olarak kabul edilmektedir (Olszewski ve ark., 2024). Basnett ve ark. (2013) ve Almansoof ve ark. (2023) gibi çalışmalar, ayak bileği dorsifleksiyon ROM'unun denge için önemini vurgulamıştır. Kalça fleksiyon ROM asimetrisinin dengeyi negatif yönde yordaması bulgumuz, Wang ve ark. (2022) ve Kayhan ve ark. (2024) gibi çalışmalarla kısmen uyum göstermektedir. Özellikle kalça fleksiyonundaki asimetrilerin postüral stabiliteyi azaltabileceği ve düşme riskini artırabileceği belirtilmiştir (Çakır ve ark., 2025). Plantar kuvvet asimetrisinin denge performansını etkilemesi bulgumuz ise Rojhani-Shirazi ve ark. (2019) ve Yoshizawa ve ark. (2022) gibi çalışmaların plantar fleksör kasların postüral kontroldeki rolünü vurgulayan sonuçlarıyla örtüşmektedir.

Araştırmanın ikinci bulgusu, hem ROM hem de kuvvet asimetri indekslerinin çift bacak, dominant bacak ve non-dominant bacak dikey sıçrama performansı üzerinde farklı etkileşimler gösterdiğini ortaya koymuştur. Çift bacak dikey sıçramada kalça fleksiyon ROM asimetrisi pozitif, diz fleksiyon ROM asimetrisi negatif yönde anlamlı yordayıcılar olarak belirlenmiştir. Kuvvet asimetrilerinde ise dorsal kuvvet asimetrisi pozitif, plantar kuvvet asimetrisi negatif yönde anlamlı yordayıcılardır. Tek bacak dikey sıçramalarda, dorsal ROM asimetrisi negatif, kalça fleksiyon ROM asimetrisi pozitif, diz fleksiyon ROM asimetrisi negatif yönde anlamlı yordayıcılar olarak bulunmuştur. Plantar kuvvet asimetrisi ise her iki tek bacak sıçramada da negatif yönde anlamlı bir yordayıcıdır.

Çift bacak ve tek bacak dikey sıçramalarda kalça fleksiyon ROM asimetrisinin pozitif yönde yordayıcı olması, kalça eklemindeki asimetrik hareket açıklığının sıçrama yüksekliği ile ilişkili olduğu bulunmuştur. Kalça fleksiyonundaki asimetri, bir bacağın diğerine göre daha fazla fleksiyon kapasitesine sahip olmasına olanak tanıyabilir ve bu durum sıçrama yüksekliği ile potansiyel bir ilişki gösterebilir (Kayhan ve ark., 2024b). Bu durum, özellikle tek bacak sıçramalarda, dominant bacağın daha fazla kalça fleksiyonu ile daha güçlü bir itme sağlamasına yardımcı olabilir. Çift bacak ve tek bacak dikey sıçramalarda diz fleksiyon ROM asimetrisinin negatif yönde yordayıcı olması, diz eklemindeki asimetrik hareket açıklığının daha düşük sıçrama performansı ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Diz fleksiyonundaki asimetriler, sıçrama sırasında kuvvet üretimini ve aktarımını bozarak, iki bacak arasındaki koordinasyonu azaltabilir ve dolayısıyla sıçrama yüksekliğini düşürebilir (Pappas ve Carpes, 2012). Tek bacak dikey sıçramalarda dorsal ROM asimetrisinin negatif yönde yordayıcı olması, ayak bileği dorsifleksiyonundaki asimetrinin sıçrama performansını düşürebileceğini göstermektedir. Ayak bileği dorsifleksiyonu, sıçrama öncesi çömelme fazında dizin ileri hareketine izin vererek daha derin bir çömelme ve dolayısıyla daha fazla kuvvet üretimi sağlar (Kayhan ve ark., 2024). Asimetrik dorsal ROM, bir bacağın diğerine göre daha az dorsifleksiyon kapasitesine sahip olması durumunda, o bacakta optimal çömelme derinliğine ulaşılamamasına ve dolayısıyla sıçrama yüksekliğinin azalmasına neden olabilir (Patti ve ark., 2024). Çift bacak ve tek bacak dikey sıçramalarda plantar kuvvet asimetrisinin negatif yönde yordayıcı olması, ayak bileği plantar fleksör kaslarındaki asimetrik kuvvet üretiminin sıçrama performansını olumsuz etkilediğini göstermektedir. Asimetrik plantar kuvvet, bir bacağın diğerine göre daha az kuvvet üretmesi durumunda, sıçrama sırasında iki bacak arasındaki kuvvet dengesizliğine yol açabilir (Bell ve ark., 2014). Dikey sıçrama performansına ilişkin bulgularımız, literatürle genel olarak uyumludur. Roso-Moliner ve ark. (2023) tarafından yapılan bir çalışma, ayak bileği dorsifleksiyon ROM'u ile dikey sıçrama performansı arasında anlamlı korelasyonlar bulmuştur. Tek bacak dikey sıçrama performansında dorsal ROM asimetrisinin negatif yönde yordayıcı olması, bu bulgularla örtüşmekte ve asimetrik kısıtlılıkların sıçrama performansı ile ilişkili olabileceğini düşündürmektedir. Plantar kuvvet asimetrisinin dikey sıçrama performansını

negatif yönde yordaması bulgumuz ile benzer olarak özellikle Ding ve ark. (2024), ayak bileği plantar fleksör asimetrisinin counter moment sıçrama ile negatif korelasyon gösterdiğini ve sıçrama performansını önemli ölçüde etkilediğini vurgulamıştır. Genel olarak, literatürde alt ekstremite asimetrilerinin dikey sıçrama performansı üzerindeki olumsuz etkileri sıkça rapor edilmektedir (Tondelli, 2024).

Araştırmanın üçüncü bulgusu, ROM asimetri indekslerinin çift bacak, dominant bacak ve non-dominant bacak yatay sıçrama performansı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir yordayıcı olmadığını göstermiştir. Buna karşılık, kuvvet asimetri indeksleri, özellikle plantar kuvvet asimetrisi ve quadriceps kuvveti asimetrisi, yatay sıçrama performansının önemli negatif yordayıcıları olarak belirlenmiştir.

Yatay sıçrama performansı ile ROM asimetri indekslerinin anlamlı bir ilişkinin bulunmaması, yatay sıçramanın biyomekaniğinde eklem hareket açıklığındaki küçük asimetrilerin dikey sıçramaya kıyasla daha az kritik bir rol oynadığını düşündürmektedir. Yatay sıçrama hareketi, dikey sıçramadaki gibi derin bir çömelme ve geniş bir eklem hareket açıklığı gerektirmeyebilir (Zhang ve ark., 2025). Dolayısıyla, ROM'daki asimetriler, yatay kuvvet üretimini doğrudan etkilemeyebilir veya vücut, bu asimetrileri başka stratejilerle telafi edebilir. Çift bacak, dominant bacak ve non-dominant bacak yatay sıçramalarda plantar kuvvet asimetrisinin negatif yönde ve güçlü biçimde anlamlı bir yordayıcı olması, ayak bileği plantar fleksör kaslarındaki asimetrik kuvvet üretiminin ciddi şekilde daha düşük yatay sıçrama performansı ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Plantar fleksörler, yatay sıçramanın itme fazında zeminden kuvvet alarak vücudu ileriye doğru hareket ettirmede kritik bir rol oynar (Zhang ve ark., 2025). Bu durum, özellikle tek bacak yatay sıçramalarda, zayıf bacağın performansını sınırlayarak genel sıçrama mesafesini düşürebilir (Mainer-Pardos ve ark., 2025). Çift bacak, dominant bacak ve non-dominant bacak yatay sıçramalarda quadriceps kuvveti asimetrisinin negatif yönde anlamlı bir yordayıcı olması, uyluk ön kaslarındaki asimetrik kuvvet üretiminin daha düşük yatay sıçrama performansı ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Quadriceps kasları, diz ekstansiyonu yoluyla sıçramanın itme fazında büyük miktarda kuvvet ürettiğinden (Palmieri-Smith ve ark., 2015), bir bacağın diğerine göre daha az kuvvet üretmesi durumunda, yatay itme kuvvetini azaltarak sıçrama mesafesini kısaltabilir (Kuwik ve ark., 2024). Yatay sıçrama performansına ilişkin bulgularımız, literatürle büyük ölçüde uyumludur. Roso-Moliner ve ark. (2023) tarafından yapılan bir çalışma, yatay sıçrama asimetrilerinin azalmış ROM ve dikey sıçrama performansı ile ilişkili olduğunu belirtmiştir. Mevcut çalışmada ROM asimetrileri ile yatay sıçrama arasında anlamlı bir ilişki olmadığı yönündeki bulgu, Roso-Moliner ve ark. (2023) tarafından bildirilen sonuçlarla bazı yönleriyle farklılık göstermektedir. Ancak bu durum yatay sıçramanın biyomekanik gereksinimlerinin dikey sıçramadan farklı olması ile ilişkili olabilir. Plantar kuvvet asimetrisinin yatay sıçrama performansını negatif yönde yordaması bulgumuz, Ding ve ark. (2024)'nın çalışmasıyla tutarlıdır. Bu çalışmada, ayak bileği plantar fleksör kuvvetindeki asimetrinin sıçrama performansını olumsuz etkileyebileceğini gösterilmiştir. Zhang ve ark. (2025) tarafından yapılan bir çalışma, ayak bileği esnekliği ve kuvvetinin uzun atlama performansını optimize etmede ve yaralanma risklerini en aza indirmede önemini vurgulamıştır. Bu sonuç, plantar kuvvet asimetrisi ile daha düşük yatay sıçrama performansı arasındaki ilişkiyi gösteren mevcut çalışma bulgusunu desteklemektedir. Quadriceps kuvveti asimetrisinin yatay sıçrama performansını negatif yönde yordaması bulgumuz, Palmieri-Smith ve ark. (2015) ve Kuwik ve ark. (2024) gibi çalışmalarla uyumludur. Bu çalışmalar, quadriceps kuvveti asimetrisinin hareket asimetrilerine ve performans düşüşlerine yol açabileceğini göstermiştir.

5. Sonuç

Sonuç olarak bu çalışma, elit genç futbolcularda alt ekstremite asimetrileri ile motor performans arasındaki ilişkinin tek yönlü değil, görev-spesifik bir yapıya sahip olduğunu ortaya göstermektedir.

Denge performansı açısından değerlendirildiğinde, özellikle ayak bileği dorsifleksiyon ROM, diz fleksiyon ROM ve plantar fleksör kuvvet asimetrilerinin postüral kontrolü olumsuz etkileyebildiği görülürken, kalça fleksiyon ROM asimetrisinin belirli durumlarda denge stratejilerini destekleyebilecek olası nöromüsküler adaptasyonlarla ilişkili olabileceği anlaşılmaktadır. Sıçrama performansında ise daha belirgin bir tablo ortaya çıkmış; özellikle plantar fleksör ve quadriceps kas gruplarındaki kuvvet asimetrilerinin hem dikey hem de yatay sıçrama performansı ile ilişkili değişkenler olduğu belirlenmiştir. Buna karşın bazı ROM asimetrilerinin, özellikle kalça fleksiyonu düzeyinde, sıçrama mekaniğinde enerji depolama ve itme stratejilerini etkileyerek belirli performans avantajları sağlayabileceği görülmektedir. Genel olarak, sporcularda alt ekstremite asimetrilerinin yalnızca varlığıyla değil türü, eklem düzeyi ve hareketin biyomekanik gereksinimleriyle birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Özellikle plantar fleksör ve quadriceps kas gruplarındaki kuvvet dengesizliklerinin performans ile ilişkili önemli değişkenler olduğu göz önünde bulundurulduğunda, bu kas gruplarına yönelik simetriyi geliştiren antrenman yaklaşımlarının hem performans optimizasyonu hem de potansiyel yaralanma risklerinin azaltılması açısından önemli olabileceği söylenebilir.

Araştırma sonuçlarından hareketle ayak bileği dorsifleksiyon ve diz fleksiyon ROM asimetrilerinin düzenli olarak izlenmesi ve mobilite çalışmaları ile desteklenmesi önerilmektedir. Performans gelişimi ve yaralanma riskinin azaltılması için ise asimetri analizlerinin antrenman planlamasına düzenli olarak entegre edilmesi ön görülmüştür.

Teşekkür: Bu çalışmaya katılan tüm katılımcılara teşekkür ederiz.

Finansman: Bu araştırma, kamu, ticari veya kâr amacı gütmeyen kuruluşlardan herhangi bir özel destek almamıştır.

Çıkar Çatışması: Yazarlar herhangi bir çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

Veri Erişilebilirliği: Bu çalışmada kullanılan ve/veya analiz edilen veri setleri, ilgili kurumlardan gerekli izinlerin alınması koşuluyla, sorumlu yazardan makul bir talep üzerine temin edilebilir.

Yazar Katkı Beyanı: Tüm yazarlar çalışmanın tasarımına ve planlanmasına katkıda bulunmuştur. Veri toplama süreçleri H.İ.Ç., R.F.K. ve E.T.; analiz ve yorumlama süreçleri ise H.İ.Ç., E.T. ve H.K. tarafından gerçekleştirilmiştir. Makalenin ilk taslağı E.T. tarafından hazırlanmış, taslak metnin geliştirilmesi ve revizyon süreçlerine ise tüm yazarlar katkı sağlamıştır. Tüm yazarlar makalenin son halini okumuş, gözden geçirmiş ve onaylamıştır.

Üretken Yapay Zekâ Kullanımı: Bu çalışmanın hazırlanmasında herhangi bir üretken yapay zekâ aracı kullanılmamıştır. Tüm içerik yazarların akademik katkılarıyla oluşturulmuştur.

KAYNAKLAR

Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P., & Dyhre-Poulsen, P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of Applied Physiology*, *93*(4), 1318-1326. doi:10.1152/japplphysiol.00283.2002

Acar, S., Aljumaa, H., Şevik, K., Karatosun, V., & Ünver, B. (2024). The intrarater and interrater reliability and validity of universal goniometer, digital inclinometer, and smartphone application measuring range of motion in patients with total knee arthroplasty. *Indian Journal of Orthopaedics, 58*(6), 732–739. https://doi.org/10.1007/s43465-024-01129-z

Almansoof, H. S., Nuhmani, S., & Muaidi, Q. (2023). Role of ankle dorsiflexion in sports performance and injury risk: A narrative review. *Electronic Journal of General Medicine*, *20*(5), em521. doi:10.29333/ejgm/13412

Aramaki, H., Katoh, M., Hiiragi, Y., Kawasaki, T., Kurihara, T., & Ohmi, Y. (2016). Validity and reliability of isometric muscle strength measurements of hip abduction and abduction with external hip rotation in a bent-hip position using a handheld dynamometer with a belt. *Journal of Physical Therapy Science*, *28*(7), 2123-2127. doi:10.1589/jpts.28.2123

Basnett, C. R., Hanish, M. J., Wheeler, T. J., Miriovsky, D. J., Danielson, E. L., Barr, J. B., & Grindstaff, T. L. (2013). Ankle dorsiflexion range of motion influences dynamic balance in individuals with chronic ankle instability. *International Journal of Sports Physical Therapy*, *8*(2), 121-128.

Behm, D. G., & Chaouachi, A. (2011). A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. *European Journal of Applied Physiology*, *111*(11), 2633-2651. doi:10.1007/s00421-011-1879-2

Bell, D. R., Sanfilippo, J. L., Binkley, N., & Heiderscheit, B. C. (2014). Lean mass asymmetry influences force and power asymmetry during jumping in collegiate athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *28*(4), 884-891. doi:10.1519/JSC.0000000000000367

Bishop, C., Read, P., Lake, J., Chavda, S., & Turner, A. (2018). Interlimb asymmetries: Understanding how to calculate differences from bilateral and unilateral tests. *Strength & Conditioning Journal*, *40*(4), 1-6. doi:10.1519/SSC.0000000000000371

Bishop, C., Turner, A., & Read, P. (2018b). Effects of inter-limb asymmetries on physical and sports performance: A systematic review. *Journal of Sports Sciences*, *36*(10), 1135-1144. doi:10.1080/02640414.2017.1361894

Croisier, J. L., Ganteaume, S., Binet, J., Genty, M., & Ferret, J. M. (2008). Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: A prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*, *36*(8), 1469-1475. doi:10.1177/0363546508316764

Çakal, T., Şahiner, S., İpek, A., Çağlın, E. T., & Çobanoğlu, H. O. (2022). Tenisçilerde 8 haftalık bosu ball antrenmanlarının denge yetisi üzerine etkisi. *Journal of Sport for All and Recreation*, *4*(1), 10-15. https://izlik.org/JA36NT46BG

Çakır, H. İ., Kayhan, R. F., & Terzi, E. (2025). Age-related bilateral and unilateral lower extremity strength imbalances in elite soccer. *International Journal of Sports Medicine*, *46*(12), 918-926. doi:10.1055/a-2611-3050

Çıkıkçı, A., Gülez, O., & Kayhan, R. F. (2024). Examining the relationship between sprint and endurance performances, distances covered during the season, positional roles, and success in women's football players. *Journal of Athletic Performance and Sports Medicine*, *1*(1), 34-43. doi:10.5281/zenodo.14581157

Ding, L., Lyu, M., Chen, Z., Wu, J., Wang, Y., Bishop, C., & Li, Y. (2024). Associations between inter-limb asymmetry in lower limb strength and jump performance in 14–15-year-old basketball players. *Symmetry*, *16*(11), 1421. doi:10.3390/sym16111421

Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS* (3rd ed.). SAGE Publications.

Fong, C. M., Blackburn, J. T., Norcross, M. F., McGrath, M., & Padua, D. A. (2011). Ankle-dorsiflexion range of motion and landing biomechanics. *Journal of athletic training*, *46*(1), 5–10. https://doi.org/10.4085/1062-6050-46.1.5

Fort-Vanmeerhaeghe, A., Bishop, C., Buscà, B., Aguilera-Castells, J., Vicens-Bordas, J., & Gonzalo-Skok, O. (2020). Inter-limb asymmetries are associated with decrements in physical performance in youth elite team sports athletes. *PloS one*, *15*(3), e0229440. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229440

George, D., & Mallery, P. (2010). *SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference, 17.0 update* (10th ed.). Pearson.

Gribble, P. A., & Hertel, J. (2004). Effect of hip and ankle muscle fatigue on unipedal postural control. *Journal of Electromyography and Kinesiology, 14*(6), 641-646. doi:10.1016/j.jelekin.2004.05.001

Haddad, M. (2024). Motor asymmetry in football: ımplications for muscular power, balance, and ınjury prevention. *Symmetry*, *16*(11), 1485. https://doi.org/10.3390/sym16111485

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2010). *Multivariate data analysis* (7th ed.). Pearson Prentice Hall.

Hart, N. H., Nimphius, S., Weber, J., Spiteri, T., Rantalainen, T., Dobbin, M., & Newton, R. U. (2016). Musculoskeletal asymmetry in football athletes: A product of limb function over time. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *48*(7), 1379-1387. doi:10.1249/MSS.0000000000000897

Kayhan, R. F., Terzi, E., Bayrakdaroğlu, S., Ceylan, H. İ., Morgans, R., & Nikolaidis, P. T. (2024). Exploring the associations between ankle dorsal and plantar flexion strength, reactive strength index, and balance in elite youth soccer players. *Sport Sciences for Health*, *20*(4), 1305-1316. doi:10.1007/s11332-024-01207-7

Kayhan, R. F., Karadağ, A., & Terzi, E. (2024b). Reliability of the hop test and asymmetry index in university athletes: A cross-sectional study assessing injury risk. *Research in Sport Education and Sciences*, *26*(2), 75-87. doi:10.62425/rses.1465420

Kayhan, R. F., Terzi, E., Bayrakdaroglu, S., Ceylan, H. I., & Biyikli, T. (2024c). Isometric shoulder and hip strength impact on throwing velocity and reactive strength. *International Journal of Sports Medicine*, *45*(14), 1055-1065. 10.1055/a-2346-1526

Kılıç, R. T., Uysal, E., Toraman Karagülmez, A., Ceylan, A., Atlı, A., Yosmaoğlu, H. B., & Kudaş, S. (2024). Alt ekstremite yaralanması geçirmiş sporcularda kullanılan denge testleri: sistematik derleme. *Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi*, *8*(1), 103-115. https://doi.org/10.46237/amusbfd.1074658

Kimura, M., Ogata, Y., Akebi, T., Ochi, M., Hachisuka, K., & Saeki, S. (2018). Development and reliability of a hand-held dynamometer device to measure the ankle dorsiflexor muscle strength. *Journal of Rehabilitation and Assistive Technologies Engineering*, 5, 2055668318802558. doi:10.1177/2055668318802558

Kuwik, P., Florkiewicz, E., Benedict, T., Mason, J., Morris, J., & Crowell, M. (2024). Assessing the relationship of psychological sport readiness, single-leg vertical jump, and non-sagittal single-leg hops to quadriceps strength after anterior cruciate ligament reconstruction. *International Journal of Sports Physical Therapy*, *19*(8), 942. doi:10.26603/001c.121597

Mainer-Pardos, E., Albalad-Aiguabella, R., Villavicencio Álvarez, V. E., Calero-Morales, S., Lozano, D., & Roso-Moliner, A. (2025). Investigating countermovement and horizontal jump asymmetry in female football players: Differences across age categories. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, *10*(2), 158. doi:10.3390/jfmk10020158

Maloney, S. J. (2019). The relationship between asymmetry and athletic performance: A critical review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *33*(9), 2579-2593. doi:10.1519/JSC.0000000000002608

Marković, G., & Mikulić, P. (2010). Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports Medicine*, *40*(10), 859-895. doi:10.2165/11318370-000000000-00000

Olszewski, M., Zając, B., Mika, A., & Golec, J. (2024). Ankle dorsiflexion range of motion and hip abductor strength can predict Lower Quarter Y-Balance Test performance in healthy males. *Journal of Bodywork and Movement Therapies,* 38, 567-573. doi:10.1016/j.jbmt.2024.03.053

Ore, V., Nasic, S., & Riad, J. (2020). Lower extremity range of motion and alignment: A reliability and concurrent validity study of goniometric and three-dimensional motion analysis measurement. *Heliyon, 6*(8), e04713. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04713

Palmieri-Smith, R. M., & Lepley, L. K. (2015). Quadriceps strength asymmetry following ACL reconstruction alters knee joint biomechanics and functional performance at time of return to activity. *The American Journal of Sports Medicine*, *43*(7), 1662-1669. doi:10.1177/0363546515578252

Pappas, E., & Carpes, F. P. (2012). Lower extremity kinematic asymmetry in male and female athletes performing

jump-landing tasks. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *15*(1), 87-92. doi:10.1016/j.jsams.2011.07.008

Patti, A., Gervasi, M., Giustino, V., Figlioli, F., Canzone, A., Drid, P., Thomas, E., Messina, G., Vicari, D. S. S., Palma, A., & Bianco, A. (2024). The influence of ankle mobility and foot stability on jumping ability and landing mechanics: a cross-sectional study. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, *9*(3), 160. doi:10.3390/jfmk9030160

Pino-Ortega, J., Carvajal-Espinoza, R., & Becerra-Patiño, B. A. (2024). Evaluation of hand muscle strength using manual dynamometry: A Reliability and validity study of the activ5 instrument. *Applied Sciences*, *14*(19), 8775. doi:10.3390/app14198775

Rojhani-Shirazi, Z., Amiri, Z., & Ebrahimi, S. (2019). Effects of plantar flexor muscles fatigue on postural control during quiet stance and external perturbation in healthy subjects. Jou*rnal of Biomedical Physics & Engineering, 9*(2), 233-242.

Roso-Moliner, A., Lozano, D., Nobari, H., Bishop, C., Carton-Llorente, A., & Mainer-Pardos, E. (2023). Horizontal jump asymmetries are associated with reduced range of motion and vertical jump performance in female soccer players. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, *15*(1), 80. doi:10.1186/s13102-023-00697-1

Rutkowska-Kucharska, A. (2020). Asymmetry of lower limb strength and jumping ability of young soccer players. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, *22*(1), 79-85. doi:10.37190/ABB-01513-2019-03

Sanz, A., Pablos, C., Ballester, R., Sánchez-Alarcos, J. V., & Huertas, F. (2020). Range of motion and ınjury occurrence in elite spanish soccer academies. not only a hamstring shortening-related problem. *Journal of strength and conditioning research*, *34*(7), 1924–1932. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003302

Spink, M. J., Fotoohabadi, M. R., & Menz, H. B. (2010). Foot and ankle strength assessment using hand-held dynamometry: reliability and age-related differences. *Gerontology*, *56*(6), 525-532. doi:10.1159/000264655

Terzi, E., Kayhan, R., & Çakır, H. İ. (2025). The effect of upper extremity proprioception on technical performance in handball players. *International Journal of Sports Medicine*, *46*(9), 677-689. doi:10.1055/a-2591-6454

Thornton, J., Sabah, S., Segaren, N., Cullen, N., Singh, D., & Goldberg, A. (2016). Validated method for measuring functional range of motion in patients with ankle arthritis. *Foot & Ankle International*, *37*(8), 868-873. doi:10.1177/1071100716645391

Tondelli, E., Kenny, I. C., Comyns, T. M., & Zabaloy, S. (2024). Differences and correlations between horizontal and vertical single-leg jump performance, dynamic balance, and ankle dorsiflexion range of motion in male amateur rugby players according to playing positions. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 38, 281-288. doi:10.1016/j.jbmt.2024.01.033

Wang, H., Yu, H., Kim, Y., & Chen, T. (2022). Asymmetry in muscle strength, dynamic balance, and range of motion in adult symptomatic hip dysplasia. *Symmetry*, *14*(4), 748. doi:10.3390/sym14040748

Wong, O. M., Cheung, R. T., & Li, R. C. (2012). Isokinetic knee function in healthy subjects with and without Kinesio taping. *Physical Therapy in Sport*, *13*(4), 255-258. doi:10.1016/j.ptsp.2012.01.004

Yoshizawa, T., & Yoshida, S. (2022). Correlation between ankle plantar flexion strength and degree of body sway. *Journal of Physical Therapy Science*, *34*(1), 40-43. doi:10.1589/jpts.34.40

Zhang, Z., Xu, D., Gao, X., Zhou, H., Baker, J. S., Radak, Z., & Gu, Y. (2025). Differences of simulated ankle dorsiflexion limitation on lower extremity biomechanics during long jump takeoff. *Heliyon*, *11*(1). doi:10.1016/j.heliyon.2024.e4100