SPOR BİLİMLERİ ARAŞTIRMALARI-I

EDİTÖR:
PROF. DR. AHMET UZUN

EĞİTİM
yayınevi

SPOR BİLİMLERİ ARAŞTIRMALARI-I

Editör: Prof. Dr. Ahmet Uzun

Yayınevi Grubu Genel Başkanı: Yusuf Ziya Aydoğan (yza@egitimyayinevi.com)
Genel Yayın Yönetmeni: Yusuf Yavuz (yusufyavuz@egitimyayinevi.com)
Sayfa Tasarımı: Kübra Konca Nam
Kapak Tasarımı: Eğitim Yayınevi Grafik Birimi

T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı
Yayıncı Sertifika No: 76780

E-ISBN: 978-625-5059-86-4
1. Baskı, Ekim 2026

Kütüphane Kimlik Kartı

SPOR BİLİMLERİ ARAŞTIRMALARI-I
Editör: Prof. Dr. Ahmet Uzun
E-ISBN: 978-625-5059-86-4
III+122 s., 160x240 mm
Kaynakça var, dizin yok.

Copyright © Bu kitabın Türkiye'deki her türlü yayın hakkı Eğitim Yayınevi'ne aittir. Bütün hakları saklıdır. Kitabın tamamı veya bir kısmı 5846 sayılı yasanın hükümlerine göre kitabı yayımlayan firmanın ve yazarlarının önceden izni olmadan elektronik/mekanik yolla, fotokopi yoluyla ya da herhangi bir kayıt sistemi ile çoğaltılamaz, yayımlanamaz.

EĞİTİM yayınevi

Yayınevi Türkiye Ofis:
Konya: Eğitim Yayınevi Tic. Ltd. Şti., Fevzi Çakmak Mah. 10721 Sok. B Blok, No: 16/B, Safakent, Karatay, Konya, Türkiye
İstanbul: Salon Yayınları, Atakent mah. Yasemen sok. No: 4/B, Ümraniye, İstanbul, Türkiye
Santral: +90 332 351 92 85
Editör hatları: +90 533 151 50 42, +90 507 151 50 43
bilgi@egitimyayinevi.com

Yayınevi Amerika Ofis: New York: Egitim Publishing Group, Inc.
P.O. Box 768/Armonk, New York, 10504-0768, United States of America
americaoffice@egitimyayinevi.com

Lojistik ve Sevkiyat Merkezi: Kitapmatik Lojistik ve Sevkiyat Merkezi, Fevzi Çakmak Mah. 10721 Sok. B Blok, No: 16/B, Safakent, Karatay, Konya, Türkiye
İnternet Satış: www.kitapmatik.com.tr
Whatsapp hattı: +90 553 950 50 37
bilgi@kitapmatik.com.tr

Kitabevi Şubesi: Eğitim Kitabevi, Şükran mah. Rampalı 121, Meram, Konya, Türkiye
Whatsapp hattı: +90 501 651 92 85
bilgi@egitimkitabevi.com

EĞİTİM YAYINEVİ GRUBU

İÇİNDEKİLER

SPOR AYAKKABISI SAYASININ BİYOMEKANİK İŞLEVİ: BRANŞA ÖZGÜ MALZEME VE TASARIM PARAMETRELERİ 1
Emre Yetişir, Zuhal Çalışan Yetişir

FUTBOLCULARDA PLANTAR BASINÇ DAĞILIMININ BİYOMEKANİK TEMELLERİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ 32
Rıdvan Kır

FUTBOLCULARDA PLANTAR BASINÇ DAĞILIMI: SPORTİF PERFORMANS, SAKATLIK RİSKİ VE AYAKKABI-ZEMİN ETKİLEŞİMİ 49
Rıdvan Kır

STATİK VE DİNAMİK GERME UYGULAMALARININ BİLİMSEL TEMELLERİ 67
Mehmet Fatih Yüksel

SPORTİF PERFORMANSTA PNF VE BALİSTİK GERME YAKLAŞIMLARI: NÖROFİZYOLOJİK TEMELLER, SINIRLILIKLAR VE KOŞULLU UYGULANABİLİRLİK .. 87
Mehmet Fatih Yüksel

İTFAİYECİLER VE İTFAİYECİLİK ÖĞRENCİLERİNDE FİZİKSEL AKTİVİTE BESLENME BİLGİSİYLE İLİŞKİLİ Mİ? 105
Serdar Büyükipekci, Ersel Kılıç, Emel Çeşmeci

SPOR AYAKKABISI SAYASININ BİYOMEKANİK İŞLEVİ: BRANŞA ÖZGÜ MALZEME VE TASARIM PARAMETRELERİ

Emre Yetişir*, Zuhal Çalışan Yetişir**

ÖZET

Spor ayakkabısı literatüründe taban sistemleri; darbe emilimi, enerji geri dönüşü ve zemin tutuşu bağlamında yoğun biçimde çalışılmış, buna karşılık ayağın üst ve yan yüzeylerini saran yapı olan saya görece ihmal edilmiştir. Bu bölüm, sayanın yalnızca koruyucu bir örtü olmadığını; kuvvet aktarımı, eklem stabilitesi, öz duyusal geri bildirim ve termal denge eksenlerinden sportif performansı ve yaralanma risk profilini etkileyen aktif bir arayüz olduğunu güncel biyomekanik literatürü üzerinden tartışmaktadır. Bölümde önce saya anatomisi ve Türkçe–İngilizce terminoloji standardı önerilmekte, ardından doğal deri ve sentetik/tekstil esaslı malzemelerin mekanik parametreleri karşılaştırılmaktadır. Daha sonra futbol, basketbol, voleybol ve koşu branşları; branşa özgü yüklenme profilleri, sayaya yüklenen öncelikli işlevler ve tasarım parametreleri açısından ayrı ayrı incelenmektedir. Her branş bölümü, literatürdeki çelişkili bulguları ve kanıt düzeyi sınırlılıklarını açıkça raporlayan bir alt başlıkla sonlandırılmıştır. Derleme, saya araştırmalarında kanıt tabanının hâlâ ince olduğunu; özellikle konç yüksekliği–ayak bileği stabilitesi ilişkisi gibi yaygın kabul gören varsayımların meta-analitik düzeyde desteklenmediğini göstermektedir. Bölüm, malzeme düzeyinde standart testler (ISO) ile biyomekanik düzeyde ölçüm yöntemlerini birleştiren bütünleşik bir saya değerlendirme çerçevesi ve tasarımcılara yönelik uygulama çıkarımları ile tamamlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Spor ayakkabısı, saya, spor biyomekaniği, ayakkabı tasarımı, yaralanma önleme, malzeme bilimi, propriyosepsiyon.*

* Mezun Öğrenci, Selçuk Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Ayakkabı Tasarımı ve Üretimi Bölümü, Konya, Türkiye, emreyetsr@gmail.com, ORCID: 0009-0004-8056-0741.

** Öğretmen, Karatay Aykent Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Ayakkabı ve Saraciye Teknolojisi Bölümü, Konya, Türkiye, zuhalclsn@gmail.com, ORCID: 0009-0009-4475-6540.

The Biomechanical Function of the Sports Shoe Upper: Sport-Specific Material and Design Parameters

ABSTRACT

In sports footwear research, sole systems have been extensively studied in terms of impact absorption, energy return and traction, whereas the upper — the structure enveloping the dorsal and lateral surfaces of the foot — has received comparatively little attention. This chapter argues, on the basis of the current biomechanics literature, that the upper is not merely a protective cover but an active interface that shapes athletic performance and injury risk through four functional axes: force transmission, joint stability, proprioceptive feedback and thermal regulation. The chapter first proposes an anatomical description of the upper together with a Turkish–English terminology standard, then compares the mechanical parameters of natural leather and synthetic/textile-based materials. Football, basketball, volleyball and running are subsequently examined in terms of sport-specific loading profiles, the priority functions assigned to the upper, and the resulting design parameters. Each sport-specific section closes with an explicit account of conflicting findings and evidence-level limitations. The review shows that the evidence base for upper research remains thin; in particular, widely accepted assumptions such as the collar height–ankle stability relationship are not supported at the meta-analytic level. The chapter concludes with an integrated evaluation framework combining standardised material-level (ISO) testing with biomechanical measurement, and with practical implications for designers.

Keywords: *Sports footwear, shoe upper, sports biomechanics, footwear design, injury prevention, material science, proprioception.*

GİRİŞ

Problem Durumu ve Literatür Boşluğu

Spor ayakkabısı tasarımı ve üretimi; biyomekanik, malzeme bilimi ve egzersiz fizyolojisinin kesişiminde konumlanan multidisipliner bir süreçtir. Ayakkabı, temel olarak taban sistemi (dış taban, orta taban, iç taban) ve saya olmak üzere iki ana yapısal bileşenden oluşur. Bu iki bileşenin literatürdeki temsili ise belirgin biçimde dengesizdir. Bu kesişimde spor ayakkabılarının tasarımı ve üretimi açısından "konfor, yaralanmayı önleme, yol tutuşu ve performans en önemli dört kriterdir" (Uzun ve Sofuoğlu, 2023: 40).

Taban sistemleri; darbe emilimi, boylamasına eğilme sertliği, enerji geri dönüşü ve zemin tutuşu başlıkları altında onlarca yıldır sistematik olarak araştırılmaktadır. Buna karşılık ayağın üst, iç ve dış yüzeylerini saran saya, uzun süre "estetik ve koruyucu bir örtü" olarak konumlandırılmış; biyomekanik etkileri kıyasla geç dönemde ele alınmaya başlanmıştır. Bu dengesizliğin ölçüsü, koşu ayakkabısı yapılarını inceleyen sistematik bir derlemede açıkça görülebilir: Sun vd. (2020), koşu biyomekaniğinde ayakkabı yapı bileşenlerini taradıkları çalışmalarında saya konusunda dahil etme ölçütlerini karşılayan yalnızca iki çalışma tespit edebilmiş ve sayanın konfor ile plantar basınç üzerindeki etkilerinin "daha ileri araştırma gerektirdiğini" belirtmişlerdir. Benzer biçimde Uzun vd. (2026: 95), koşu ayakkabısı bileşenlerini ele aldıkları derlemede saya özelliklerinin "literatürde diğer ayakkabı bileşenlerine kıyasla belirgin biçimde daha az araştırıldığı" sonucuna ulaşmıştır.

Oysa saya, ayağın ayakkabı içerisindeki konumunu belirleyen ve dolayısıyla taban sisteminin ürettiği mekanik özelliklerin sporcuya hangi verimlilikle aktarılacağını belirleyen bileşendir. Taban ne kadar gelişmiş olursa olsun, ayak saya içinde kayıyorsa kuvvet aktarımı bozulur, basınç dağılımı değişir ve eklem yüklenmeleri öngörülemez hale gelir. Bu yönüyle saya, taban ile ayak anatomisi arasında bir köprü işlevi görür.

Bölümün Amacı ve Kapsamı

Bu bölümün amacı, sayanın biyomekanik işlevini kuramsal bir çerçeveye oturtmak ve bu çerçeveyi farklı yüklenme profillerine sahip dört spor branşı üzerinden somutlaştırmaktır. Bölüm üç soruya yanıt aramaktadır:

1. Saya, sportif hareket sırasında hangi mekanizmalar üzerinden performansı ve yaralanma riskini etkiler?
2. Branşa özgü yüklenme profilleri, saya malzemesi ve mimarisi bakımından hangi farklılaşmayı zorunlu kılar?
3. Bu farklılaşmayı destekleyen kanıtın düzeyi nedir; hangi yaygın kabuller literatür tarafından desteklenmemektedir?

Üçüncü soru, bölümün ayırt edici yanını oluşturmaktadır. Uygulamalı ayakkabı tasarımı literatüründe saya ile ilgili birçok öneri, kanıt düzeyi belirtilmeksizin kesin ifadelerle aktarılmaktadır. Bu bölümde her tasarım önerisi, dayandığı kanıtın gücüne göre açıkça etiketlenmiş; literatürdeki çelişkili bulgular gizlenmek yerine ayrı alt başlıklarda tartışılmıştır.

Bölümün kapsamı futbol (krampon), basketbol, voleybol ve koşu branşları ile sınırlandırılmıştır. Bu dört branş; çok yönlü ivmelenme ve nesne teması (futbol), patlayıcı yanal hareket (basketbol), tekrarlı dikey sıçrama ve iniş (voleybol) ve yüksek frekanslı doğrusal devirli yüklenme (koşu) olmak üzere birbirinden belirgin biçimde ayrışan dört yüklenme profilini temsil etmeleri nedeniyle seçilmiştir.

DERLEME YÖNTEMİ

Bu çalışma, anlatısal (narrative) bir derleme niteliğindedir; yazarlar tarafından yürütülmüş özgün bir deneysel ölçüm ya da laboratuvar testi içermemektedir. Bölümde yer alan tüm bulgular ve tasarım önerileri, aşağıda tanımlanan tarama sonucunda elde edilen yayımlanmış literatüre dayanmaktadır.

Tarama; PubMed, Web of Science, Scopus ve Google Scholar veri tabanlarında, 1986–2026 yılları arasında yayımlanmış İngilizce ve Türkçe kaynaklar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Kullanılan anahtar kelimeler ve bunların kombinasyonları şunlardır: "shoe upper", "footwear upper", "upper stiffness", "collar height", "heel counter", "soccer boot upper", "basketball shoe", "volleyball shoe", "running shoe upper", "ball control", "ankle stability", "proprioception", "running economy", "plantar pressure".

Dahil etme ölçütleri: (i) çalışmanın ayakkabının üst yapısına (saya, konç, fort, bağcık sistemi) ilişkin en az bir bağımsız değişken içermesi; (ii) biyomekanik, fizyolojik, algısal ya da malzeme mekaniği düzeyinde ölçülebilir bir çıktı bildirmesi; (iii) hakemli bir dergide ya da akademik yayınevi tarafından yayımlanmış olması. Yalnızca taban sistemlerini konu edinen, saya değişkeni içermeyen çalışmalar kapsam dışında bırakılmıştır.

Kanıt Düzeyi Etiketlemesi

Bölüm boyunca aktarılan her önerinin yanında, o önerinin dayandığı kanıtın gücünü gösteren bir etiket kullanılmıştır. Bu etiketleme, uygulayıcının hangi önerinin sağlam bir deneysel temele, hangisinin ise sınırlı veriye ya da yalnızca üretim pratiğine dayandığını ayırt edebilmesini amaçlamaktadır.

Tablo 1. Bölümde Kullanılan Kanıt Düzeyi Etiketleri

Etiket	Anlamı	Ölçüt
[GK]	Güçlü kanıt	Sistematik derleme, meta-analiz ya da birbirini destekleyen birden çok kontrollü deneysel çalışma mevcut
[SK]	Sınırlı kanıt	Tek bir deneysel çalışma, küçük örneklemli çalışma ya da çelişkili bulgular içeren küçük bir çalışma kümesi mevcut
[UG]	Uzman görüşü / üretim pratiği	Doğrudan deneysel kanıt bulunmamakta; öneri sektörel uygulama, mühendislik muhakemesi ya da dolaylı çıkarıma dayanmakta

Not: *Etiketi bulunmayan ifadeler, tanımlayıcı ya da kavramsal nitelikteki açıklamalardır.*

SAYA ANATOMİSİ VE TERMİNOLOJİ

Tanım ve Kapsam Sınırı

Türkçe alan yazınında "saya" terimi zaman zaman yalnızca ayakkabının üst yüzeyini, zaman zaman ise astar, sertleştirici parçalar ve kapanma sistemi dâhil tüm üst yapıyı karşılayacak biçimde kullanılmaktadır. Bu belirsizlik, farklı çalışmaların bulgularının karşılaştırılmasını güçleştirmektedir.

Bu bölümde saya, işlevsel bir tanımla ele alınmıştır: tabana birleştirilen noktanın üzerinde kalan, ayağı çevreleyen ve ayağın taban üzerindeki konumunu belirleyen tüm yapısal katmanların bütünü. Bu tanım; dış yüzey malzemesini, astarı, sertleştirici parçaları (fort ve burun sertliği), dolgu katmanlarını ve kapanma sistemini kapsar. Taban plakası, orta taban ve iç taban (astar taban) bu tanımın dışındadır. Bu tanım üretim süreciyle de örtüşmektedir: “Sayaya şekil vermek amacıyla sayanın kalıba alınması ve tabanın sayaya yapıştırılabilmesi için monte tekniklerinden en az bir tanesinin kullanılması gerekmektedir” (Güzel ve Uzun, 2025: 30).

Saya Bileşenleri

Saya, işlevsel olarak birbirinden ayrışan alt bileşenlerden oluşur. Bu bileşenlerin her biri farklı bir mekanik göreve sahiptir ve branşa özgü tasarımda farklı ağırlıkla ele alınır.

- **Ön saya (vamp):** Ayağın ön ve üst yüzeyini örten bölüm. Parmak eklemlerinin bükülme hattı bu bölgeden geçtiği için esneklik

gereksinimi en yüksek alandır. Futbolda aynı zamanda başlıca top temas yüzeyidir.

- **Yan kanatlar (quarter):** Ayağın iç ve dış yan yüzeylerini saran bölümler. Yanal hareketlerde ayağın taban üzerinde kaymasını sınırlayan ana yapısal bariyer bu bölümdür.
- **Fort (heel counter):** Topuk bölgesine yerleştirilen sertleştirici parça. Kalkaneusu nötral konumda tutmak ve arka ayak hareketlerini sınırlamak işlevini görür.
- **Burun sertliği (toe puff):** Ayak parmaklarının üzerine yerleştirilen, formu koruyucu ve darbeye karşı koruyucu sertleştirici.
- **Dil (tongue):** Bağcık baskısını ayak sırtına dağıtan, genellikle dolgulu ara katman.
- **Konç / bilek yakası (collar):** Ayak bileği çevresini saran üst kenar. Yüksekliği branşlar arasında en çok tartışılan tasarım parametresidir.
- **Kapanma sistemi (closure system):** Bağcık, bant, kanat ya da döner kilit sistemleri. Ayağın taban yüzeyine çekilmesini ve kilitlenmesini sağlar.
- **Astar ve dolgu (lining and padding):** İç temas yüzeyi ile bölgesel basınç sönümleme katmanları.

Bu bileşenlerin ayakkabı üzerindeki konumları Şekil 1'de şematik olarak gösterilmiştir. Şekilde işaretlenen elemanlar (burun sertliği, fort, dil) dışarıdan görünmeyen iç yapı parçalarıdır; bu durum, saya değerlendirmesinin yalnızca görsel inceleme ile yapılamayacağını da ortaya koymaktadır.



Şekil 1. Spor Ayakkabısı Sayasının Bileşenleri ve Taban Sistemiyle İlişkisi (Yandan Görünüş, Konçlu Model Şematik Kesiti)

Tablo 2. Saya Bileşenleri İçin Önerilen Türkçe–İngilizce Terim Karşılıkları

Türkçe terim	İngilizce karşılık	İşlevsel tanım
Saya	Upper	Taban birleşim hattının üzerinde kalan tüm üst yapı
Ön saya	Vamp	Ayağın ön-üst yüzeyini örten bölüm; bükülme bölgesi
Yan kanat	Quarter	İç ve dış yan yüzeyleri saran bölüm; yanal bariyer
Fort	Heel counter	Topuk sertleştiricisi; kalkaneus kontrolü
Burun sertliği	Toe puff / toe box stiffener	Ön uç form koruyucu ve darbe koruyucu parça
Dil	Tongue	Bağcık baskısını dağıtan ara katman
Konç / bilek yakası	Collar	Ayak bileği çevresini saran üst kenar

Türkçe terim	İngilizce karşılık	İşlevsel tanım
Konç yüksekliği	Collar height	Malleollere göre konç üst kenarının konumu
Kapanma sistemi	Closure system	Bağcık, bant ve kilit düzenekleri
Kilitleme	Lockdown	Ayağın taban yüzeyine sabitlenme derecesi
Kalıp	Last	Sayanın üzerine şekillendirildiği üç boyutlu kalıp
Saya çekme	Lasting	Sayanın kalıba çekilip tabana birleştirilmesi işlemi

Not: *Türkçe alan yazınında "konç" ve "bilek yakası" terimleri çoğu zaman aynı yapı için birbirinin yerine kullanılmaktadır. Bu bölümde tutarlılık amacıyla "konç" tercih edilmiştir.*

SAYA MALZEMELERİ VE TEKNİK ÖZELLİKLERİ

Saya üretimi, branşın gerektirdiği dinamik yüklere ve çevresel koşullara bağlı olarak malzeme seçimi ile başlar. Kullanılan malzemeler temel olarak doğal deriler ile sentetik ve tekstil esaslı malzemeler olmak üzere iki grupta incelenebilir. Güncel ürünlerin büyük çoğunluğu ise bu iki grubu bölgesel olarak birleştiren hibrit yapılardır. Sayanın tasarımdaki bu merkezi konumu yeni değildir; spor ayakkabısı kullanımı "1860'lı yıllarda kauçuk tabanlı, sayası kanvas kroket sandaletler kullanılmasıyla yaygınlaşmaya başlamış" ve bu tarihten bu yana saya malzemeleri teknolojik gelişmelere paralel olarak çeşitlenmiştir (Uzun ve Sofuoğlu, 2023: 40).

Doğal Deriler

Kanguru derisi. Lif paketlerinin görece düzgün ve paralel oryantasyonu nedeniyle diğer memeli derilerinden ayrışır; bu yapı, birim kalınlık başına yüksek çekme ve yırtılma mukavemeti sağlar. Çok inceltilmiş kesitlerde dahi yapısal bütünlüğünü koruyabilmesi, ince saya ile yüksek temas hissinin birlikte istendiği branşlarda tercih edilmesinin başlıca nedenidir.

Dana ve sığır derisi. Deformasyona daha dirençli, form koruma kapasitesi yüksek derilerdir. Krom tabaklama işlemiyle su itici özellik kazandırılabildiği için dış mekân koşullarına uygundur. Esneme payı kanguru derisine göre düşüktür; bu özellik top hissi açısından dezavantaj, form kalıcılığı açısından avantaj oluşturur.

Süet ve nubuk deriler. Doğal derinin et ya da cilt yüzeyinin zımparalanmasıyla elde edilir. Yüksek hava geçirgenliği ve yumuşak tutumları nedeniyle iç temas yüzeylerinde ve yan destek bölgelerinde kullanılır. Yüzey aşınmasına ve kirlenmeye karşı direnci düşüktür.

Derinin mekanik davranışının üretim süreçlerinden ne ölçüde etkilendiği çoğu zaman göz ardı edilmektedir. Mihai vd. (2022), işlenmemiş dana derisi için yaklaşık 72 N/mm² elastisite modülü bildirmiş; ancak dikiş uygulanmış numunelerde bu değerin yaklaşık %80, delikli (perfore) numunelerde ise yaklaşık %50 oranında düştüğünü göstermiştir. Aynı çalışmada Poisson oranının tek kat deride 0,6 iken sentetik astarla 1,1, deri astarla 1,3 düzeyine yükseldiği raporlanmıştır [SK]. Bu bulgu tasarım açısından kritiktir: saya malzemesinin katalog değerleri, o malzemenin bitmiş üründeki mekanik davranışını tek başına açıklamamaktadır. Dikiş hattı yerleşimi, perforasyon deseni ve astar seçimi, malzeme seçiminin kendisi kadar belirleyicidir. Nitekim monte aşamasında dahi "kullanılan saya materyalinin özelliklerine (deri, kumaş vb.) göre makinenin parametrelerinin optimize edilmesi" gerekmektedir (Güzel ve Uzun, 2025: 31).

Sentetik ve Tekstil Esaslı Malzemeler

Poliüretan (PU) esaslı mikrofiber yapılar, doğal derinin gözenekli dokusunu ve esneklik karakteristiğini taklit edecek biçimde üretilmektedir. Düşük su emilimi, düşük gramaj ve homojen malzeme yapısı sunmaları nedeniyle modern spor ayakkabı sayalarında yaygındır. Termoplastik poliüretan (TPU) katmanlar ise şeffaf ya da opak film hâlinde, ısı ile birleştirilerek bölgesel sertlik oluşturmak amacıyla kullanılır.

Örme (knit) ve mühendislik ürünü file (engineered mesh) kumaşlar, tek parça üretim ve bölgesel yoğunluk farklılaştırması imkânı sunar; böylece tek bir kumaş yüzeyi içinde esnek ve rijit bölgeler tanımlanabilir. Demeco vd. (2026), futbol ayakkabıları üzerine yürüttükleri derlemede bu malzeme gruplarının belirgin ödünleşimler taşıdığını belirtmektedir: sentetik lifler dayanıklılığı ve vuruş hassasiyetini artırırken dokunsal geri bildirimi azaltmakta ve kemik çıkıntıları üzerinde basınç yoğunlaşmasına yol açabilmekte; örme sayalar ise üstün öz duyusal duyarlılık ve nefes alabilirlik sunarken dayanıklılıktan ödün vermektedir [SK].

Tablo 3. Saya Malzeme Gruplarının Karşılaştırmalı Değerlendirmesi

Malzeme	Esneklik / anatomik uyum	Form koruma	Nefes alabilirlik	Gramaj	Su direnci
Kanguru derisi	Çok yüksek	Orta	Yüksek	Düşük	Düşük
Dana / sığır derisi	Orta	Çok yüksek	Orta	Yüksek	Orta–yüksek
Süet / nubuk	Yüksek	Orta	Çok yüksek	Orta	Düşük
PU mikrofiber	Orta	Yüksek	Orta	Düşük	Yüksek
TPU film / katman	Çok düşük	Çok yüksek	Yok	Çok düşük	Çok yüksek
Örme kumaş	Çok yüksek	Düşük	Çok yüksek	Çok düşük	Düşük
Mühendislik file	Yüksek	Orta	Çok yüksek	Çok düşük	Düşük

Not: *Tablodaki değerlendirmeler, bölüm kapsamında taranan literatürden ve ISO 3376 / ISO 17697 kapsamındaki standart malzeme testlerinin genel çıktılarından türetilmiş göreli sıralamalardır; mutlak ölçüm değerleri değildir [UG].*

SAYANIN DÖRT İŞLEVSEL EKSENİ

Branşlar arasındaki farklılıkları tutarlı biçimde karşılaştırabilmek için, bu bölümde sayanın işlevi dört eksende kavramsallaştırılmıştır (Şekil 2). Her branşta bu dört eksen mevcuttur; branşlar arasındaki fark, eksenlerin birbirine göre önceliğinde ortaya çıkmaktadır.



Şekil 2. Sayanın Dört İşlevsel Ekseni

Kuvvet Aktarımı ve Kilitleme

Sayanın birincil mekanik işlevi, ayağı taban yüzeyine sabitleyerek kas-tendon sisteminin ürettiği kuvvetin zemine ya da nesneye kayıpsız aktarılmasını sağlamaktır. Ayağın saya içinde kayması, üretilen kuvvetin bir bölümünün ayakkabı içi göreli harekete dönüşmesi anlamına gelir. Bu kaybın büyüklüğü branşa ve harekete göre değişmekle birlikte, kilitleme yetersizliğinin sporcuyu ayağı ayakkabı içinde tutmak için ek kas aktivasyonuna zorladığı öne sürülmektedir [UG].

Eklem Stabilitesi ve Yaralanma Biyomekaniği

Saya, özellikle yanal hareketlerde ayağın taban üzerinde yana kaymasını sınırlayan ilk mekanik bariyerdir. Liu vd. (2022), basketbol ayakkabılarında yan destek konumunu sistematik olarak değiştirdikleri çalışmalarında, ön ayak bölgesine yerleştirilen destek yapısının yön değiştirme hareketleri boyunca ayağın tabanını vücudun orta hattından dışarıya doğru bükülme momentini belirgin biçimde azalttığını bildirmiştir [SK]. Bu bulgu önemlidir; çünkü yan desteğin varlığından çok konumunun belirleyici olabileceğine işaret etmektedir.

Ancak bu eksende önemli bir uyarı gereklidir. Yanal sertliğin artırılması, yükü ortadan kaldırmaz; kinetik zincir boyunca yeniden dağıtır. Liang vd. (2026), futbol ayakkabısı tasarımının alt ekstremite yaralanma riski üzerindeki etkilerini inceledikleri sistematik derlemede, yüksek konçun ayak bileği stabilitesini artırmakla birlikte telafi edici diz torsiyonu oluşturarak riski proksimale kaydırdığını raporlamaktadır [GK]. Dolayısıyla

"daha fazla destek daha az yaralanma" biçimindeki doğrusal varsayım, literatür tarafından desteklenmemektedir.

Öz Duyusal Geri Bildirim (Propriyosepsiyon)

Ayakkabının ayak bileği pozisyon algısını etkileyebildiği fikri, ayakkabı biyomekaniği literatüründe yaygın kabul görmektedir. Waddington ve Adams (2003), futbol ayakkabılarında yüzey dokusu farklılaştırılmış iç tabanların ayak bileği inversiyon hareketinin genliğini ayırt etme duyarlılığını artırdığını göstermiştir.

Önemli bir kapsam uyarısı: Waddington ve Adams (2003) çalışması iç taban (insole) üzerinde yürütülmüştür; saya üzerinde değil. Bu bulgunun sayaya doğrudan genellenmesi metodolojik olarak hatalıdır. Alan yazınında bu genelleme sıklıkla yapılmakta, ancak saya malzemesinin ya da konç yapısının ayak bileği pozisyon algısını doğrudan artırdığını gösteren eşdeğer güçte bir kanıt bulunmamaktadır. Bu bölümde propriyosepsiyon ile ilgili tüm çıkarımlar, bu sınırlılık göz önünde tutularak [UG] düzeyinde değerlendirilmiştir. Propriyoseptif ölçüm yöntemlerinin kendisine ilişkin kapsamlı bir değerlendirme için Han vd. (2016)'nin eleştirel derlemesine başvurulabilir.

Termal Yönetim ve Bölgesel Basınç Dağılımı

Saya, ayakkabı içi mikroklimanın başlıca düzenleyicisidir. Uzun süreli yüklenmelerde ısı ve nem birikimi hem konforu hem de sürtünmeye bağlı yumuşak doku problemlerini (su toplaması, cilt tahrişi) doğrudan etkiler. Demeco vd. (2026), mühendislik ürünü file sayaların termal konforu iyileştirdiğini ve maçın son bölümünde ayak rahatsızlığının azalmasıyla ilişkili olduğunu aktarmaktadır [SK]. Koşu ayakkabıları üzerine yapılan güncel bir derlemede de saya özelliklerinin nefes alabilirlik ve termofizyolojik konfor bakımından performansla ilişkili temel değişkenler arasında yer aldığı vurgulanmaktadır (Uzun vd., 2026). Çevresel koşullar da bu eksende belirleyicidir; sıcak ve nemli iklimlerde "nemi uzaklaştıran malzemelerden yapılmış nefes alabilen ayakkabılar çok önemli" bir gereksinim olarak öne çıkmaktadır (Kutlutaş, 2025: 73).

Bu eksenin ikinci bileşeni bölgesel basınç dağılımıdır. Hagen ve Hennig (2009) ile Hagen vd. (2010)'nin çalışmaları, bağcıklama deseninin ayak sırtındaki basınç dağılımını ve algılanan konforu ölçülebilir biçimde değiştirdiğini göstermiştir [GK]. Bu bulgu, kapanma sisteminin yalnızca bir

sabitleme aracı değil, aynı zamanda bir basınç yönetim aracı olduğunu ortaya koymaktadır.

BRANŞA ÖZGÜ SAYA TASARIMI

Bu bölümde dört branş, ortak bir şablon üzerinden incelenmektedir: branşa özgü yüklenme profili, sayaya yüklenen öncelikli işlevler, literatüre dayalı tasarım parametreleri ve — her branşın sonunda — çelişkili bulgular ile kanıt düzeyi sınırlılıkları.

Futbol

Yüklenme Profili

Futbol; yüksek hızlı koşular, ani frenlemeler, çok yönlü ivmelenmeler ve top ile sürekli temas gerektiren karma bir yüklenme profiline sahiptir. Bu profili diğer üç branştan ayıran temel unsur, sayanın aynı anda hem bir sabitleme yapısı hem de bir nesne temas yüzeyi olarak görev yapmasıdır. Bu çift işlev, futbol sayası tasarımını özgün biçimde kısıtlar: top hissi için gereken incelik ve esneklik ile yanal stabilite için gereken sertlik doğrudan çatışır.

Top Kontrolü ve Vuruş Dinamikleri

Saya malzemesinin sertliği ve yüzey özellikleri, ayak ile top arasındaki enerji aktarımını ve temas süresini etkiler. Hennig ve Sterzing (2010), futbol ayakkabısı tasarımının oyun performansı üzerindeki etkilerini bir dizi biyomekanik çalışma ile incelemiş ve ayakkabı özelliklerinin hem ölçülen hem de algılanan performans üzerinde belirlenebilir etkiler yarattığını göstermiştir [SK].

Sert ve deformasyona dirençli yüzeyler, temas anındaki esneme payını sınırlayarak enerji aktarım verimliliğini artırma eğilimindedir. Buna karşılık esnek yüzeyler temas süresini uzatarak top üzerindeki hâkimiyeti ve kontrol hissini destekler. Topa dönme hareketi (falso) verilmesinde ise yüzey sürtünmesi belirleyicidir; Asai vd. (2002)'nin uçuş dinamiği çalışmaları, topun dönme hızı ile yörüngesi arasındaki ilişkiyi ortaya koymuştur. Ancak saya yüzey dokusunun bu dönme hızını ne ölçüde değiştirdiğine dair kanıt sınırlıdır [SK].

Yön Değiştirme ve Yanal Stabilite

Ani yön değiştirme sırasında saya, ayağın taban astarı üzerinde yana kaymasını engelleyen başlıca bariyerdir. Wannop vd. (2010), ayakkabı–

zemin tutuşunun alt ekstremite eklem yüklenmesini doğrudan değiştirdiğini göstermiştir; tutuşun sağladığı kuvvetin ayağa aktarılabilmesi ise sayanın kilitleme kapasitesine bağlıdır [GK].

Liang vd. (2026)'nin sistematik derlemesi, futbol ayakkabısı tasarımının yaralanma riskiyle ilişkisini beş mekanizma üzerinden özetlemektedir. Bu mekanizmalar arasında saya ile doğrudan ilişkili olanlar; kalıp uyumsuzluğunun plantar basınç dağılımını değiştirmesi ve konç yüksekliğinin riski ayak bileğinden dize kaydırmasıdır [GK].

Tasarım Parametreleri

Tablo 4. Futbol Ayakkabısı Sayası İçin Tasarım Parametreleri ve Kanıt Düzeyleri

Parametre	Öneri	Kanıt düzeyi
Ana saya malzemesi	Bölgesel hibrit yapı: iç ve üst temas bölgelerinde ince, yüksek esneklikli malzeme (kanguru derisi veya yüksek yoğunluklu örme); dış ve arka bölgelerde su itici sentetik	[SK]
Yüzey dokusu	Top temas bölgesinde sürtünme artırıcı yüzey işlemleri; etki büyüklüğü ürün bazında doğrulanmalıdır	[SK]
Bölgesel dolgu	Ayak üstü ve iç yan bölgede ince dolgu katmanı; kalınlık, dokunsal geri bildirimi köreltmeyecek düzeyde sınırlı tutulmalıdır	[UG]
Bağcık düzeni	Yana kaydırılmış (asimetrik) düzen, iç vuruş alanını genişletir; bağcık yuvalarının taban plakasına bantla bağlanması yanal sertliği artırır	[UG]
Konç yüksekliği	Orta yükseklik. Yüksek konç ayak bileğinde stabilite sağlasa da diz torsiyonunu artırdığı için rutin olarak önerilmez	[GK]
Kalıp uyumu	Ayak antropometrisine uygun kalıp seçimi; dar kalıp plantar basınç dağılımını bozar ve aşırı kullanım yaralanmalarıyla ilişkilendirilmiştir	[GK]

Çelişkili Bulgular ve Sınırlılıklar

- Saya sertliği ile vuruş hızı arasındaki ilişki tek yönlü değildir. Sertlik arttıkça enerji aktarımı iyileşirken kontrol hissi ve konfor azalır; optimum nokta oyuncunun mevkiine ve oyun stiline göre değişir. Literatürde tüm oyuncular için geçerli bir eşik değer tanımlanmamıştır.
- Liang vd. (2026), dahil edilen çalışmalar arasında zemin, hareket görevi ve katılımcı özellikleri bakımından "önemli heterojenlik" bulunduğunu ve bunun doğrudan meta-analizi engellediğini belirtmektedir. Futbol sayası önerileri bu nedenle büyük ölçüde tekil çalışmalara dayanmaktadır.
- Aynı derleme, yüksek riskli mekanik yüklenmenin çoğu zaman sporcunun algı eşiğinin altında gerçekleştiğine dikkat çekmektedir. Bu bulgu, sporcu konfor değerlendirmelerinin tek başına güvenli tasarım ölçütü olarak kullanılamayacağı anlamına gelir.

Basketbol

Yüklenme Profili

Basketbol; patlayıcı dikey sıçramalar, ani duruşlar, yanal kayma adımları ve yüksek frekanslı yön değiştirme hareketleri içeren bir salon sporudur. Ayak bileği burkulması, branşta en sık görülen akut yaralanma tipidir. Bu nedenle basketbol ayakkabısı sayası, tarihsel olarak ağırlıklı biçimde ayak bileği koruması ekseninde tasarlanmıştır.

Konç Yüksekliği Tartışması

Yüksek konçlu basketbol ayakkabısının ayak bileğini koruduğu varsayımı hem sektörde hem de uygulamalı literatürde uzun süre sorgulanmadan kabul edilmiştir. Ancak güncel kanıt bu varsayımı desteklememektedir.

Jiang (2020), basketbol ayakkabısı konç yüksekliğinin ayak bileği stabilitesine etkisini inceleyen altı çalışmayı meta-analiz ile birleştirmiş ve ayakkabı tipinin ne ayak bileği inversiyonu ne de hareket açıklığı üzerinde anlamlı bir etki gösterdiğini raporlamıştır. Aynı çalışma, yüksek konçun hareket açıklığını kısıtlayarak dikey sıçrama ve yanal adımlama performansını zayıflatabileceğine işaret etmektedir [GK].

Lam vd. (2015) da beklenmedik maksimal efor yanal kesme hareketinde konç yüksekliğinin performans ve ayak bileği kinematiği üzerindeki etkilerini incelemiş; korumaya ilişkin varsayımların deneysel olarak sorgulanması gerektiğini ortaya koymuştur [SK]. Liang vd. (2026)'nin futbol

bağlamındaki bulgusu — yüksek konçun riski dize kaydırması — bu tabloyu tamamlamaktadır. Trekking ayakkabıları bağlamında da benzer bir ödünleşim tanımlanmakta; "uzun konçlu ayakkabılar ... ayak bileği hareketini kısıtlayabilmekte dizlerde ve kalçalarda artan kuvvetlere de yol açabilmektedir" (VanSumeren, 2019'dan akt. Kutlutaş, 2025: 72).

Tasarım açısından çıkarım şudur: konç yüksekliği, tek başına bir koruma parametresi olarak ele alınmamalıdır. Koruma etkisi, konç yüksekliğinden çok yan destek yapısının konumuna, fort sertliğine ve kilitleme kalitesine bağlı görünmektedir [GK].

Yan Destek Konumu

Liu vd. (2022)'nin çalışması bu noktada belirleyicidir. Araştırmacılar, yan desteğin tam boy, yalnızca ön ayak, yalnızca arka ayak ve destek yok olmak üzere dört koşulunu karşılaştırmış; ön ayak desteğinin yön değiştirme hareketleri boyunca ayağın tabanını vücudun orta hattından dışarıya doğru bükülme momentini belirgin biçimde azalttığını bulmuşlardır. Tam boy destek ise beklenenin aksine üstün sonuç vermemiştir [SK]. Elvidge vd. (2025)'nin 135° kesme hareketinde saya takviyesini inceleyen çalışması da bu araştırma hattını sürdürmektedir.

Tasarım Parametreleri

Tablo 5. Basketbol Ayakkabısı Sayası İçin Tasarım Parametreleri ve Kanıt Düzeyleri

Parametre	Öneri	Kanıt düzeyi
Ana saya malzemesi	Ön ayakta esnek ve nefes alabilir örme/file; orta ayak ve topuk bölgesinde TPU katman veya sentetik deri panel	[UG]
Yan destek konumu	Ön ayak bölgesine odaklanmış yan destek; tam boy sertleştirme ek fayda göstermemiştir	[SK]
Konç yüksekliği	Orta yükseklik. Yüksek konç, stabilite kazanımı sağlamadan hareket açıklığını kısıtlayabilir ve riski proksimale kaydırabilir	[GK]

Parametre	Öneri	Kanıt düzeyi
Fort sertliği	Sert fort, kalkaneus kontrolü açısından konç yüksekliğinden daha belirleyici görünmektedir	[SK]
Kapanma sistemi	Dinamik bağcık kanatları veya çapraz bant; bağcık yuvalarının taban plakasına bağlanması yanal sertliği artırır	[UG]
Bölgesel dolgu	Ayak üstü ve bilek çevresinde bağcık baskısını dağıtan dolgu katmanı	[UG]

Çelişkili Bulgular ve Sınırlılıklar

- Konç yüksekliği–stabilite ilişkisine dair meta-analitik bulgu (Jiang, 2020) ile sektörel uygulama arasında belirgin bir ayrışma vardır. Yüksek konçlu modeller pazarda ağırlığını korumakta; bu tercih, kanıttan çok algılanan güvenlik hissi ve estetik beklentiyle açıklanabilir.
- Mevcut çalışmaların neredeyse tamamı laboratuvar ortamında, önceden tanımlanmış hareket görevleri üzerinden yürütülmüştür. Gerçek maç koşullarında burkulma çoğunlukla başka bir oyuncunun ayağına basma gibi öngörülemeyen durumlarda meydana gelmektedir; laboratuvar bulgularının bu senaryolara genellenebilirliği sınırlıdır.
- Örneklemler büyük ölçüde erkek ve genç yetişkin sporculardan oluşmaktadır. Kadın sporcular, çocukluk ve yetişkinlik arasındaki sporcular ve farklı ayak yapısına sahip gruplar için ayrı kanıt bulunmamaktadır.

Voleybol

Yüklenme Profili

Voleybol; tekrarlı dikey sıçramalar (smaç ve blok), yüksek darbeli inişler, yana yatış adımları ve blok kapama sırasında çok yönlü adımlamalar içerir. Branşın yaralanma epidemiyolojisi ayırt edicidir: Bahr vd. (1994)'nin klasik çalışmasından bu yana, voleybolda ayak bileği inversiyon yaralanmalarının büyük çoğunluğunun file altında, karşı oyuncunun ya da takım arkadaşının ayağına basma sonucu gerçekleştiği bilinmektedir [GK]. Reeser vd. (2006) da önleme stratejilerini bu mekanizma üzerinden kurgulamaktadır.

Bu epidemiyolojik gerçek, saya tasarımı açısından ayıklayıcı bir sonuç doğurur: voleybolda ayak bileği yaralanmasının başlıca mekanizması düzensiz bir yüzeye basmaktır. Hiçbir saya yapısı, ayağın altındaki zeminin aniden eğimlenmesini engelleyemez. Dolayısıyla sayanın voleyboldaki koruyucu rolü, futbol ve basketbola kıyasla daha sınırlıdır ve bu sınır açıkça belirtilmelidir [GK].

Sıçrama ve İniş Mekaniği

Smaç yaklaşımının son frenleme ve yukarı patlama adımında, ileri momentum ayağı ön ayak bölgesine doğru sürükler. Sayanın orta ayak kilitlemesi, bu aşamada ayağın taban üzerinde öne kaymasını sınırlar. Kilitleme yetersizliği, parmakların ayakkabı burnuna çarpmasına ve tırnak travmasına yol açabilir [UG].

İniş fazında ise fort, kalkaneusun yana kaymasını ya da bükülmesini sınırlayan ana yapıdır. Davis vd. (2026)'nin üç ticari voleybol ayakkabısı modelini karşılaştırdıkları çalışması, farklı ayakkabıların alt ekstremite kinematiğini ve eklem yüklenmesini ölçülebilir biçimde değiştirdiğini; en belirgin farklılıkların ayak bileği ekleminde, ardından diz ve kalçada telafi edici uyarlamalar biçiminde ortaya çıktığını göstermiştir [SK]. Aynı çalışmada bir modelin yaklaşım sıçramasında daha büyük diz valgus açıları ürettiği raporlanmıştır; bu bulgu, ayakkabı seçiminin ön çapraz bağ risk faktörlerini etkileyebileceğine işaret etmektedir.

Tasarım Parametreleri

Tablo 6. Voleybol Ayakkabısı Sayası İçin Tasarım Parametreleri ve Kanıt Düzeyleri

Parametre	Öneri	Kanıt düzeyi
Ana saya malzemesi	Ön ayakta yüksek mukavemetli file; yan ve arka yüzeylerde ısı ile birleştirilmiş TPU katman	[UG]
Fort	Sertleştirilmiş fort; iniş sırasında kalkaneus merkezlemesi	[SK]
Orta ayak kilitleme	Taban plakasıyla bütünleşik bant/kanat sistemi; sıçrama ve iniş fazlarında öne kaymayı sınırlar	[UG]

Parametre	Öneri	Kanıt düzeyi
Burun koruması	Burun bölgesinde aşınma direnci yüksek kaplama; yana yatış ve sürünme hareketlerinde form korunur	[UG]
Konç yüksekliği	Orta yükseklik. Plantar fleksiyon açısını kısıtlamamalıdır; yüksek konç sıçrama performansını olumsuz etkileyebilir	[GK]
Bölgesel dolgu	Bilek çevresi ve dil bölgesinde bağcık baskısını dağıtan dolgu	[UG]

Çelişkili Bulgular ve Sınırlılıklar

- Voleyboldaki başlıca yaralanma mekanizması (karşı oyuncunun ayağına basma) saya tasarımıyla doğrudan önlenemez. Saya kaynaklı koruma iddiaları bu nedenle ölçülü tutulmalıdır.
- Voleybola özgü saya çalışmalarının sayısı futbol ve basketbola kıyasla belirgin biçimde azdır. Mevcut çalışmalar ürün bazlı karşılaştırmalara dayanmakta olup, saya bileşenlerini tek tek yalıtan tasarımlar nadirdir. Bu durum, gözlenen farkların hangi saya özelliğinden kaynaklandığının belirlenmesini güçleştirmektedir.
- Davis vd. (2026)'nin çalışması çocukluk ve yetişkinlik arasındaki kadın sporcular üzerinde yürütülmüştür; bulguların yetişkin ve erkek sporculara genellenebilirliği doğrulanmamıştır.

Koşu

Yüklenme Profili

Koşu, doğrusal düzlemde gerçekleşen, yüksek frekanslı ve uzun süreli devirli bir yüklenme biçimidir. Diğer üç branştan farklı olarak baskın yaralanma tipi akut travma değil, kronik aşırı kullanım yaralanmasıdır. Nigg vd. (2015), koşu ayakkabısı–yaralanma ilişkisine dair geleneksel paradigmaları (pronasyon kontrolü ve darbe emilimi) eleştirmiş ve bunların yerine "tercih edilen hareket yolu" ile "konfor filtresi" paradigmalarını önermiştir [GK]. Bu paradigma değişimi saya açısından doğrudan anlamlıdır: sayanın rolü hareketi zorla düzeltmek değil, sporcunun doğal hareket yolunu engellememek olarak yeniden tanımlanmaktadır.

Kütle ve Koşu Ekonomisi

Ayakkabı kütlesinin metabolik maliyeti artırdığı iyi belgelenmiştir. Franz vd. (2012), ayakkabı kütlesindeki artışın koşu ekonomisini ölçülebilir biçimde kötüleştirdiğini göstermiş; Hoogkamer vd. (2016) ise koşu ekonomisindeki değişimin mesafe koşusu performansına doğrudan yansıdığını ortaya koymuştur [GK].

Burada önemli bir atıf düzeltmesi gereklidir. Alan yazınında sıkça tekrarlanan "her 100 gramlık artış koşu ekonomisini yaklaşık %1 kötüleştirir" ifadesi, çoğu kaynakta 1980'li yıllara ait çalışmalara atfedilmektedir. Bu niceliksel ilişkinin güncel ve doğrudan kanıtı Franz vd. (2012) ile Hoogkamer vd. (2016)'nin çalışmalarıdır. Güncel bir Türkçe derlemede de "her iki ayakkabıya toplam 100 g eklenmesinin koşu ekonomisini yaklaşık %1 oranında olumsuz etkileyebildiği" aktarılmaktadır (Uzun vd., 2026: 95). Ayrıca bu bulgu *toplam ayakkabı kütlesi* için geçerlidir; toplam kütlenin ağırlıklı bölümünü taban sistemi oluşturduğundan, bulgunun doğrudan saya kütlesine genellenmesi yanıltıcıdır. Saya kütlesinin bağımsız katkısını yalıtan bir çalışma taranan literatürde bulunamamıştır. Kütle üzerinde üretim tekniği de etkilidir: iç taban ile sayanın strobel dikişle birleştirildiği ürünlerde hafiflik öne çıkmakta ve dikiş tekniği ayakkabının esnekliğini korumaktadır (Güzel ve Uzun, 2025: 40); enjeksiyon tekniğinde ise taban ile saya arasındaki güçlü bağlanma "özellikle atletik ayakkabılarda tercih edilerek, hem hafiflik avantajı sağlamakta" hem de deformasyonu önlemektedir (Güzel ve Uzun, 2025: 45).

Kilitleme, Bağcıklama ve Dorsal Basınç

Uzun mesafe koşusunda ayak hacimsel olarak genişler; bağcıkların ayak sırtına uyguladığı sürekli basınç, bu bölgeden geçen damar ve sinir yapıları üzerinde bası oluşturabilir. Hagen ve Hennig (2009) ile Hagen vd. (2010), bağcıklama deseninin dorsal basınç dağılımını ve algılanan konforu anlamlı biçimde değiştirdiğini göstermiştir [GK]. Bu bulgu, bağcık yolu geometrisinin ve dil dolgusunun tasarım açısından ikincil değil, birincil parametreler olduğunu ortaya koymaktadır.

Sun vd. (2020), yapılandırılmış sayaların minimalist sayalara kıyasla temas süresini ve orta taban bölgesindeki tepe basıncını artırdığını; minimalist sayaların ise toplam alan, arka ayak ve iç ön ayak bölgelerinde daha yüksek, orta ayak bölgesinde daha düşük tepe basıncı ürettiğini

aktarmaktadır. Aynı derleme, bu alandaki kanıtın yalnızca iki çalışmaya dayandığını açıkça belirtmektedir [SK].

Tasarım Parametreleri

Tablo 7. Koşu Ayakkabısı Sayası İçin Tasarım Parametreleri ve Kanıt Düzeyleri

Parametre	Öneri	Kanıt düzeyi
Ana saya malzemesi	Ön ve orta ayakta dikişsiz, tek parça örme veya mühendislik file; minimum gramaj hedefi	[SK]
Kütle	Saya kütlesi mümkün olan en düşük düzeyde tutulmalıdır; toplam ayakkabı kütlesi koşu ekonomisini doğrudan etkiler	[GK]
Bükülme bölgesi	Metatarsofalangeal eklem hattına denk gelen alanda düşük dokuma yoğunluğu; itiş fazında eklem hareketi kısıtlanmamalıdır	[UG]
Bağcık yolu	Anatomik kavisli veya asimetrik bağcık yolu; dorsal basıncı dağıtır ve konforu artırır	[GK]
Dil dolgusu	Ayak sırtındaki nörovasküler yapılar üzerindeki bası azaltılmalıdır; dolgu, bağcık gerilimini geniş yüzeye yaymalıdır	[GK]
Fort ve topuk yakası	Kalkaneusu kavrayan fort; aşil tendonu bölgesinde çentikli veya yumuşatılmış yaka kenarı	[UG]
Yan destek	Isı ile birleştirilmiş ince TPU şeritler; orta ayağı sabitler, ancak hareket yolunu zorla değiştirmemelidir	[SK]

Çelişkili Bulgular ve Sınırlılıklar

- Saya yapılandırmasının koşu biyomekaniği üzerindeki etkisine dair kanıt tabanı, dört branş içinde en incesidir. Sun vd. (2020)'nin sistematik derlemesinde bu konuda dahil etme ölçütlerini karşılayan yalnızca iki çalışma bulunmaktadır.

- Nigg vd. (2015)'nin paradigma eleştirisi, sayanın hareketi düzeltici işlevine dair geleneksel varsayımları sorgulamaktadır. "İçe basma kontrolü" amacıyla sayaya eklenen destek yapılarının kronik yaralanmayı azalttığına dair güçlü kanıt bulunmamaktadır.
- Kütle–ekonomi ilişkisi güçlü kanıta dayanmakla birlikte, saya kütlesinin bağımsız katkısı henüz yalıtılmamıştır. Bu nedenle "saya hafifletilmeli" önerisi, doğrudan kanıttan çok mantıksal çıkarıma dayanmaktadır.

BRANŞLAR ARASI KARŞILAŞTIRMA

Aşağıdaki tablo, dört branşın saya tasarımı açısından ayrıştığı temel noktaları özetlemektedir. Tablonun okunmasında dikkat edilmesi gereken nokta, farkın işlevlerin varlığında değil önceliğinde ortaya çıkmasıdır: dört eksen her branşta mevcuttur, ancak tasarımcının ödünleşim yaparken hangisinden feragat edeceği branşa göre değişir.

Tablo 8. Branşa Özgü Saya Tasarımı Karşılaştırması

Ölçüt	Futbol	Basketbol	Voleybol	Koşu
Baskın yüklenme	Çok yönlü ivmelenme + nesne teması	Patlayıcı yanal hareket + dikey sıçrama	Tekrarlı dikey sıçrama ve iniş	Yüksek frekanslı doğrusal devirli yüklenme
Sayanın öncelikli işlevi	Nesne temas yüzeyi ve kuvvet aktarımı	Yanal kilitleme	Orta ayak ve topuk kilitleme	Düşük kütle ve basınç yönetimi
İkincil işlev	Yanal kilitleme	Termal yönetim	Darbe sönümleme	Kilitleme
Öne çıkan malzeme	İnce deri veya yüksek yoğunluklu örme (temas bölgesi) + sentetik (dış bölge)	Örme/file (ön ayak) + TPU (orta ayak, topuk)	File (ön ayak) + TPU (yan ve arka)	Dikişsiz örme / mühendislik file
Konç yüksekliği	Orta	Orta	Orta	Alçak
Kritik bileşen	Ön saya (vamp) yüzeyi	Ön ayak yan desteği	Fort	Bağcık yolu ve dil

Ölçüt	Futbol	Basketbol	Voleybol	Koşu
Başlıca ödünleşim	Top hissi ↔ yanal stabilite	Destek ↔ hareket açıklığı	Kilitleme ↔ sıçrama serbestliği	Kütle ↔ yapısal bütünlük
Kanıt tabanı	Orta	Orta–güçlü	Zayıf	Zayıf

Tablodaki ayrışmanın saya mimarisine nasıl yansıdığı Şekil 3'te görselleştirilmiştir. Dört branşta da siluet ortaktır; belirleyici fark, rijit takviyenin ayakkabı üzerindeki konumudur. Futbolda takviye temas yüzeyinden uzağa (dış ve arka bölgeye) itilirken, basketbolda ön ayak yan bölgesine, voleybolda arka yapıya, koşuda ise yalnızca ince orta ayak şeritlerine indirgenmektedir.



Şekil 3. Branşa Özgü Saya Mimarisi: Rijit Takviye Bölgelerinin Konumu

Not: *Koyu gri alanlar rijit takviye bölgelerini; açık renkli alanlar esnek ve nefes alabilen bölgeleri ve taban bölümlerini göstermektedir.*

SAYA TEST VE DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ

Saya araştırmalarındaki kanıt zayıflığının önemli bir nedeni, malzeme düzeyindeki testler ile biyomekanik düzeydeki ölçümlerin çoğu zaman birbirinden kopuk yürütülmesidir. Malzeme laboratuvarı bir kumaşın çekme

mukavemetini bildirebilir; ancak bu değerin bir kesme hareketi sırasında ayak bileği eversiyon momentine nasıl yansıdığı ayrı bir ölçüm düzeyini gerektirir. Bu bölümde iki düzey birlikte ele alınmaktadır. Tasarım sürecinde de "ayakkabı tasarımını değerlendirmek için biyomekanik testler, aşınma testleri ve kullanıcı testleri yaygın olarak kullanılmaktadır"; sanal prototipleme ise termal konfor, stabilite ve sürtünme gibi parametrelerin ön değerlendirmesine olanak tanımaktadır (Doğru ve Uluçam Kırbağ, 2025: 13).

Malzeme Düzeyinde Standart Testler

Saya malzemelerinin mekanik ve konfor özellikleri, uluslararası standartlarla tanımlanmış test protokolleri üzerinden değerlendirilir. Mihai vd. (2022)'nin çalışması, bu standartların saya bağlamında nasıl uygulandığına dair örnek bir yöntem sunmaktadır.

Tablo 9. Saya Değerlendirmesinde Kullanılan Başlıca Test Düzeyleri

Düzey	Ölçülen büyüklük	Yöntem / standart
Malzeme mekaniği	Çekme mukavemeti, kopma uzaması	ISO 3376
Malzeme mekaniği	Dikiş mukavemeti	ISO 17697
Malzeme mekaniği	Elastisite modülü, Poisson oranı	Tek eksenli çekme testi
Konfor	Su buharı geçirgenliği ve emilimi	ISO 20344 kapsamındaki yöntemler
Dayanıklılık	Yüzey aşınma direnci	Martindale aşınma testi
Ayak–ayakkabı arayüzü	Plantar ve dorsal basınç dağılımı	Ayakkabı içi basınç ölçüm sistemleri (pedobarografi)
Kinematik / kinetik	Eklem açıları, momentler, yer reaksiyon kuvveti	3B hareket analizi + kuvvet platformu
Nöromusküler	Kas aktivasyon zamanlaması ve genliği	Yüzey EMG
Öz duyu	Hareket ayırt etme duyarlılığı	Aktif hareket ekstent ayırt etme yöntemleri

Düzey	Ölçülen büyüklük	Yöntem / standart
Sayısal modelleme	Gerilim dağılımı, deformasyon	Sonlu elemanlar analizi (FEA)
Algısal	Konfor, uyum, stabilite algısı	Yapılandırılmış algısal değerlendirme ölçekleri

Pedobarografik Değerlendirmenin Saya Araştırmalarındaki Yeri

Ayakkabı içi basınç ölçümü, saya araştırmalarında görece az kullanılan ancak yüksek potansiyel taşıyan bir yöntemdir. Sayanın kilitleme kalitesi, doğrudan gözlemlenmesi güç bir değişkendir; ancak kilitleme yetersizliği, plantar basınç dağılımında ölçülebilir bir imza bırakır. Ayağın taban üzerinde kayması, tepe basınç noktalarının konumunu ve basınç-zaman integralini değiştirir.

Sun vd. (2020)'nin derlemesinde aktarılan bulgular bu yaklaşımın uygulanabilirliğini göstermektedir: yapılandırılmış ve minimalist sayalar, bölgesel tepe basınç değerlerinde sistematik farklar üretmektedir. Kutlutaş vd. (2026: 383) ise uluslararası düzeyde yarışan haltercilerde 50 kg yük altında yaptıkları baropodometrik ölçümlerde sağ ve sol ayak arasında basınç ve temas alanı asimetrileri belirlemiş; bu bulguların "halter ayakkabısı ve tabanlık tasarımında her iki ayak için özdeş değil, ayağa özgü destek stratejilerinin değerlendirilmesi gerektiğine" işaret ettiğini bildirmiştir. Bu örnek, ayakkabı içi ve ayak altı basınç ölçümlerinin tasarım kararlarına doğrudan girdi sağlayabildiğini göstermektedir. Bu yöntemin saya araştırmalarında daha yaygın kullanılması, hâlihazırda ince olan kanıt tabanının güçlendirilmesine doğrudan katkı sağlayacaktır [UG].

TARTIŞMA

Bu bölümde derlenen literatür, üç temel sonuca işaret etmektedir.

Birincisi, saya gerçekten de pasif bir örtü değildir. Ayağın ayakkabı içindeki konumunu belirlemesi yoluyla kuvvet aktarımını, basınç dağılımını ve eklem yüklenmesini ölçülebilir biçimde etkilemektedir. Bu yönüyle sayanın biyomekanik önemi, alan yazınındaki temsil oranının çok üzerindedir.

İkincisi ve bu bölümün en önemli çıkarımı olarak, saya ile ilgili yaygın kabullerin bir bölümü mevcut kanıtla desteklenmemektedir. Bunların başında konç yüksekliği gelmektedir. Yüksek konçlu ayakkabının ayak

bileğini koruduğu varsayımı, meta-analitik düzeyde desteklenmemekte (Jiang, 2020); dahası yüksek konç, riski diz eklemine kaydırabilmektedir (Liang vd., 2026). Benzer biçimde, saya malzemesinin propriyosepsiyonu doğrudan artırdığı iddiası, büyük ölçüde iç taban çalışmalarından yapılan bir genellemeye dayanmaktadır ve saya için eşdeğer güçte doğrudan kanıtı bulunmamaktadır.

Üçüncüsü, sayanın işlevi bir ödünleşimler sistemidir. Her tasarım kararı, bir eksende kazanım sağlarken diğerinde kayıp üretir. İnce ve esnek bir saya top hissini ve nefes alabilirliği artırırken yanal stabiliteden ödün verir. Sert bir yan destek kaymayı engellerken kütleyi artırır, hareket açıklığını kısıtlar ve bölgesel basınç noktaları yaratabilir. Yüksek bir konç güvenlik hissi verirken sıçrama performansını sınırlayabilir. Bu nedenle "en iyi saya" tek bir konfigürasyon değil, branşın yüklenme profiline ve sporcunun bireysel özelliklerine göre yapılan bilinçli bir ödünleşim kararıdır.

Bu üç sonuç bir arada değerlendirildiğinde, saya tasarımının yalnızca estetik ya da endüstriyel bir süreç olmadığı; sporcu sağlığını ve hareket verimliliğini doğrudan etkileyen, farklı bilim dallarının kesişiminde yürütülmesi gereken bir ürün geliştirme süreci olduğu görülmektedir. Ancak bu sürecin kanıta dayalı yürütülebilmesi için, mevcut literatürün belirgin biçimde genişletilmesi gerekmektedir.

SINIRLILIKLAR VE GELECEK ARAŞTIRMA ÖNERİLERİ

Bu Derlemenin Sınırlılıkları

- Çalışma anlatısal bir derlemedir; sistematik derleme protokolü (örneğin PRISMA) uygulanmamış, çalışma seçiminde kör değerlendirme yapılmamıştır. Bu nedenle seçim yanlılığı olasılığı bulunmaktadır.
- Yalnızca İngilizce ve Türkçe yayınlar taranmıştır. Ayakkabı üretiminde önemli paya sahip ülkelerin yerel dillerinde yayımlanan çalışmalar kapsam dışında kalmıştır.
- Dört branşla sınırlandırılan kapsam; tenis, hentbol, badminton, halter ve kış sporları gibi farklı saya gereksinimleri olan branşları dışarıda bırakmaktadır.
- Meta-analiz yapılmamış, etki büyüklükleri birleştirilmemiştir. Aktarılan bulgular, tekil çalışmaların raporladığı sonuçlardır.

Gelecek Araştırma Önerileri

- **Saya bileşenlerini tek tek yalıtan deneysel tasarımlar.** Ticari ayakkabı modellerini karşılaştıran çalışmalar, gözlenen farkın hangi saya özelliğinden kaynaklandığını belirleyememektedir. Yalnızca tek bir değişkenin (yan destek konumu, fort sertliği, bağcık yolu geometrisi) değiştirildiği modüler prototiplerle çalışılması önceliklidir.
- **Saya kütlesinin bağımsız katkısının yalıtılması.** Kütle–koşu ekonomisi ilişkisi bilinmekle birlikte, sabit taban kütlesiyle yalnızca saya kütlesinin değiştirildiği bir çalışma tasarımı literatürde bulunmamaktadır.
- **Saya ve propriyosepsiyon ilişkisinin doğrudan sınanması.** Mevcut çıkarımlar iç taban çalışmalarından genellenmektedir. Saya malzemesi ve konç yapısının ayak bileği hareket ayırt etme duyarlılığı üzerindeki etkisi doğrudan ölçülmelidir.
- **Pedobarografik yöntemlerin saya değerlendirmesine entegrasyonu.** Kilitleme kalitesinin plantar basınç imzası üzerinden nicelleştirilmesi, standart bir değerlendirme protokolüne dönüştürülebilir.
- **Örneklem çeşitliliğinin artırılması.** Kadın sporcular, adölesan sporcular, farklı ayak antropometrisine sahip gruplar ve engelli sporcular için ayrı kanıt üretilmesi gerekmektedir.
- **Saha koşullarında uzunlamasına yaralanma takibi.** Laboratuvar bulgularının klinik yaralanma sonuçlarına dönüşüp dönüşmediği henüz gösterilmemiştir.
- **Sürdürülebilirlik boyutunun dâhil edilmesi.** Geri dönüştürülmüş ve biyo-esaslı saya malzemelerinin mekanik ve biyomekanik performansı sistematik olarak karşılaştırılmamıştır.

SONUÇ VE UYGULAMAYA YÖNELİK ÇIKARIMLAR

Spor ayakkabısı sayası, ayağın taban sistemi üzerindeki konumunu belirleyerek performansı ve yaralanma riskini etkileyen aktif bir biyomekanik arayüzdür. Kuvvet aktarımı, eklem stabilitesi, öz duyusal geri bildirim ve termal yönetim eksenlerinde sportif hareketin niteliğini şekillendirir. Branşa özgü yüklenme profilleri, bu dört eksenin önceliklendirilmesinde belirgin farklılaşma gerektirir.

Bununla birlikte bu bölümün ortaya koyduğu ikinci ve daha az konuşulan sonuç, saya araştırmalarındaki kanıt tabanının hâlâ ince olmasıdır. Uygulayıcının bu tabloyu bilerek karar vermesi, kanıtla desteklenmeyen varsayımlara dayanarak tasarım yapmasından daha değerlidir.

Tasarımcı ve Uygulayıcı İçin Beş Çıkarım

1. **Kilitleme, süslemeden önce gelir.** Sayanın birincil işlevi ayağı taban yüzeyine sabitlemektir; yüzey dokusu, dolgu ve estetik unsurlar bu işlevi bozmadığı ölçüde değerlidir.
2. **Konç yüksekliğini bir koruma parametresi olarak kullanmayın.** Mevcut kanıt, yüksek konçun ayak bileği stabilitesine anlamlı katkı sağlamadığını, buna karşılık hareket açıklığını kısıtlayabildiğini ve riski dize kaydırabildiğini göstermektedir.
3. **Desteğin konumu, miktarından önemli olabilir.** Ön ayak bölgesine yerleştirilen hedefli yan destek, tam boy sertleştirmeye kıyasla daha etkili sonuç vermiştir.
4. **Kapanma sistemini bir basınç yönetim aracı olarak tasarlayın.** Bağcık yolu geometrisi, dorsal basınç dağılımını ve konforu ölçülebilir biçimde değiştirmektedir; bu, ikincil değil birincil bir tasarım kararıdır.
5. **Her tasarım kararını bir ödünleşim olarak yazılı hale getirin.** Kazanılan ve feragat edilen özelliklerin açıkça kayda geçirilmesi, hem ürün geliştirme sürecinin izlenebilirliğini hem de sonraki değerlendirmelerin niteliğini artırır.

KAYNAKÇA

Asai, T., Carré, M. J., Akatsuka, T. ve Haake, S. J. (2002). The Curve Kick of a Football II: Flight Dynamics. *Sports Engineering*, 5(4), 193–200. https://doi.org/10.1007/BF02844697

Bahr, R., Karlsen, R., Lian, Ø. ve Øvrebø, R. V. (1994). Incidence and Mechanisms of Acute Ankle Inversion Injuries in Volleyball: A Retrospective Cohort Study. *The American Journal of Sports Medicine*, 22(5), 595–600. https://doi.org/10.1177/036354659402200505

Davis, A. N., Huang, A., Erdman, A. L., Riesenberg, J., Wilson, P. L., Ellis, H. B. ve Ulman, S. (2026). Comparative Biomechanical Analysis of Volleyball Court Shoes During Sport-Specific Tasks in Competitive Adolescent Female Volleyball Players. *Frontiers in Sports and Active Living*, 8, 1824023. https://doi.org/10.3389/fspor.2026.1824023

Demeco, A., Marotta, N., Megna, M., Racinelli, A., Pansera, B., Frizziero, A., Yosypchuk, I., Palermi, S., Vecchiato, M., Lopresti, E., de Sire, A. ve Ammendolia, A. (2026). Functional Design and Clinical Implications of Modern Soccer Footwear: A Comprehensive Narrative Review. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 11(1), 62. https://doi.org/10.3390/jfmk11010062

Doğru, M. B. ve Uluçam Kırbağ, Z. M. (2025). Endüstriyel Tasarım Ürünü Olarak Ayakkabı. İçinde Z. M. ULUÇAM KIRBAĞ (Editör), *Endüstri Ürünleri Tasarımı Alanında Uluslararası Araştırmalar-I* (s. 1–28). Konya: Eğitim Yayınevi.

Elvidge, T. K., Farina, K. A., Naemi, R. ve Needham, R. (2025). Effects of Upper Reinforcement in Basketball Shoes on Ankle Mechanics During a 135° Cutting Movement. *Footwear Science*, 17(sup1). https://doi.org/10.1080/19424280.2025.2490700

Franz, J. R., Wierzbinski, C. M. ve Kram, R. (2012). Metabolic Cost of Running Barefoot Versus Shod: Is Lighter Better? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44(8), 1519–1525. https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182514a88

Frederick, E. C. (1986). Kinematically Mediated Effects of Sport Shoe Design: A Review. *Journal of Sports Sciences*, 4(3), 169–184. https://doi.org/10.1080/02640418608732116

Goonetilleke, R. S. (Editör). (2013). *The Science of Footwear*. Boca Raton: CRC Press.

Güzel, T. ve Uzun, A. (2025). Ayakkabı ve Ayak Giysilerinde Monte Teknikleri. İçinde Z. M. ULUÇAM KIRBAĞ (Editör), *Endüstri Ürünleri Tasarımı Alanında Uluslararası Araştırmalar-I* (s. 29–48). Konya: Eğitim Yayınevi.

Hagen, M. ve Hennig, E. M. (2009). Effects of Different Shoe-Lacing Patterns on the Biomechanics of Running Shoes. *Journal of Sports Sciences*, 27(3), 267–275. https://doi.org/10.1080/02640410802482425

Hagen, M., Homme, A.-K., Umlauf, T. ve Hennig, E. M. (2010). Effects of Different Shoe-Lacing Patterns on Dorsal Pressure Distribution During Running and Perceived Comfort. *Research in Sports Medicine*, 18(3), 176–187. https://doi.org/10.1080/15438627.2010.490180

Han, J., Waddington, G., Adams, R., Anson, J. ve Liu, Y. (2016). Assessing Proprioception: A Critical Review of Methods. *Journal of Sport and Health Science*, 5(1), 80–90. https://doi.org/10.1016/j.jshs.2014.10.004

Hennig, E. M. ve Sterzing, T. (2010). The Influence of Soccer Shoe Design on Playing Performance: A Series of Biomechanical Studies. *Footwear Science*, 2(1), 3–11. https://doi.org/10.1080/19424281003691999

Hoogkamer, W., Kipp, S., Spiering, B. A. ve Kram, R. (2016). Altered Running Economy Directly Translates to Altered Distance-Running Performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(11), 2175–2180. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001012

ISO 3376:2020. *Leather — Physical and Mechanical Tests — Determination of Tensile Strength and Percentage Elongation*. Cenevre: International Organization for Standardization.

ISO 17697:2003. *Footwear — Test Methods for Uppers, Lining and Insocks — Seam Strength*. Cenevre: International Organization for Standardization.

ISO 20344:2021. *Personal Protective Equipment — Test Methods for Footwear*. Cenevre: International Organization for Standardization.

Jiang, C. (2020). The Effect of Basketball Shoe Collar on Ankle Stability: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Physical Activity and Health*, 4(1), 11–18. https://doi.org/10.5334/paah.48

Kutlutaş, H. Z. (2025). Endüstriyel Trekking Ayakkabılarının Trekking Yapan Bireyler Tarafından Tercih Sebepleri. İçinde Z. M. ULUÇAM KIRBAĞ (Editör), *Endüstri Ürünleri Tasarımı Alanında Uluslararası Araştırmalar-I* (s. 71–96). Konya: Eğitim Yayınevi.

Kutlutaş, H. Z., Uzun, A., Yüksel, M. F. ve Güzel, T. (2026). Effect of Weightlifting Shoes on Bilateral Plantar Pressure Distribution During 50 kg Loaded Full Squats in Internationally Competing Weightlifters. *Turkish Journal of Sport and Exercise*, 28(2), 382–390. https://doi.org/10.15314/tsed.1968037

Lam, W. K., Park, E. J., Lee, K. K. ve Cheung, J. T. M. (2015). Shoe Collar Height Effect on Athletic Performance, Ankle Joint Kinematics and Kinetics During Unanticipated Maximum-Effort Side-Cutting Performance. *Journal of Sports Sciences*, 33(16), 1738–1749. https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1011206

Liang, D., Yang, F., Huang, J., Wei, Q. ve Jiang, L. (2026). The Impact of Football Boot Design on Lower Limb Injury Risk: A Systematic Review. *Sports Medicine – Open*, 12(1), 65. https://doi.org/10.1186/s40798-026-01037-6

Liu, Y., Lam, W.-K., Seglina, I. ve Apps, C. (2022). Does the Location of Shoe Upper Support on Basketball Shoes Influence Ground Reaction Force and Ankle Mechanics During Cutting Maneuvers? *Biology*, 11(5), 743. https://doi.org/10.3390/biology11050743

Mihai, A., Seul, A., Curteza, A. ve Costea, M. (2022). Mechanical Parameters of Leather in Relation to Technological Processing of the Footwear Uppers. *Materials*, 15(15), 5107. https://doi.org/10.3390/ma15155107

Nigg, B. M., Baltich, J., Hoerzer, S. ve Enders, H. (2015). Running Shoes and Running Injuries: Mythbusting and a Proposal for Two New Paradigms — "Preferred Movement Path" and "Comfort Filter". *British Journal of Sports Medicine*, 49(20), 1290–1294. https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095054

Reeser, J. C., Verhagen, E., Briner, W. W., Askeland, T. I. ve Bahr, R. (2006). Strategies for the Prevention of Volleyball Related Injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 40(7), 594–600. https://doi.org/10.1136/bjsm.2005.018234

Sharphouse, J. H. (1983). *Leather Technician's Handbook*. Northampton: Leather Producers' Association.

Stefanyshyn, D. J. ve Nigg, B. M. (2000). Influence of Midsole Bending Stiffness on Joint Energy and Jump Height Performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(2), 471–476. https://doi.org/10.1097/00005768-200002000-00032

Sun, X., Lam, W.-K., Zhang, X., Wang, J. ve Fu, W. (2020). Systematic Review of the Role of Footwear Constructions in Running Biomechanics: Implications for Running-Related Injury and Performance. *Journal of Sports Science and Medicine*, 19(1), 20–37.

Uzun, A. ve Sofuoğlu, H. Z. (2023). Spor Ayakkabılarının Gelişimi ve Spordaki Etkileri. *Sportive*, 6(1), 40–50. https://doi.org/10.53025/sportive.1257929

Uzun, A., Şahiner, Y., Kutlutaş, H. Z. ve Uluçam Kırbağ, Z. M. (2026). Koşu Ayakkabısı Tasarımının Koşu Ekonomisi ve Sportif Performansa Etkisi: Taban, Ağırlık, Plaka ve Saya Özelliklerinin Biyomekanik ve Metabolik Açıdan İncelenmesi. *Sportive*, 9(2), 95–116. https://doi.org/10.53025/sportive.2018548

Waddington, G. ve Adams, R. (2003). Football Boot Insoles and Sensitivity to Extent of Ankle Inversion Movement. *British Journal of Sports Medicine*, 37(2), 170–175. https://doi.org/10.1136/bjsm.37.2.170

Wannop, J. W., Worobets, J. T. ve Stefanyshyn, D. J. (2010). Footwear Traction and Lower Extremity Joint Loading. *The American Journal of Sports Medicine*, 38(6), 1221–1228. https://doi.org/10.1177/0363546509359065

FUTBOLCULARDA PLANTAR BASINÇ DAĞILIMININ BİYOMEKANİK TEMELLERİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Ölçüm Yöntemleri, Temel Parametreler, Ayak Anatomisi ve Hareket Mekaniği

Rıdvan Kır*

ÖZET

Bu bölüm, futbolcularda plantar basınç dağılımının biyomekanik temellerini; kuvvet aktarımı, postüral stabilite, şok sönümleme ve ayak–zemin etkileşimi çerçevesinde bütüncül olarak ele almaktadır. Plantar basınç analizi, ayağın statik ve dinamik koşullar altında yükü nasıl karşıladığını, farklı anatomik bölgelere nasıl dağıttığını ve hareket süresince basınç merkezinin nasıl değiştiğini ortaya koyabilen önemli bir biyomekanik değerlendirme yöntemidir. Futbolun hızlanma, yavaşlama, sprint, yön değiştirme, sıçrama, iniş ve topa vurma gibi yüksek mekanik talepler içeren yapısı dikkate alındığında, plantar yüklenmenin doğru biçimde değerlendirilmesi hem hareket mekaniğinin anlaşılması hem de sporcunun bireysel yüklenme özelliklerinin belirlenmesi açısından önem taşımaktadır. Bölümde plantar basıncın değerlendirilmesinde kullanılan basınç platformları ve ayakkabı içi ölçüm sistemleri; laboratuvar ve saha koşullarındaki kullanım özellikleri, avantajları ve sınırlılıkları açısından ele alınmaktadır. Plantar yüklenmenin nicel olarak değerlendirilmesinde kullanılan tepe basınç, ortalama basınç, yük dağılımı, temas alanı, basınç merkezi (Center of Pressure; CoP) ve basınç-zaman ilişkili değişkenler açıklanmakta; bu parametrelerin futbolculardaki biyomekanik değerlendirmelerde nasıl yorumlanabileceği tartışılmaktadır.Ayrıca ayağın anatomik yapısı ve medial longitudinal, lateral longitudinal ve transvers arkların yük dağılımındaki fonksiyonları plantar basınç perspektifinden incelenmektedir. Pronasyon, supinasyon, dorsifleksiyon, plantar fleksiyon, inversiyon ve eversiyon gibi temel ayak ve ayak bileği hareketlerinin plantar yüklenme örüntülerinin oluşumuna katkısı ele alınarak, bu hareketlerin basınç verilerinin yorumlanmasındaki biyomekanik önemi açıklanmaktadır. Plantar basınç dağılımının tek başına bir performans veya yaralanma göstergesi olarak değerlendirilmemesi; ayak morfolojisi, eklem hareketleri,

* Dr. Öğr. Üyesi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi, Beden Eğitimi ve Spor Bölümü, Konya, Türkiye, rkir@erbakan.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6125-873X.

postüral kontrol, spora özgü hareket özellikleri ve diğer kinetik ve kinematik değişkenlerle birlikte yorumlanması gerektiği vurgulanmaktadır.Sonuç olarak bu bölüm, plantar basınç analizinin futbolcularda uygulanmasına yönelik temel anatomik, biyomekanik ve metodolojik çerçeveyi ortaya koymaktadır. Sunulan bu temel çerçeve; futbola özgü hareketler sırasında ortaya çıkan plantar yüklenme örüntülerinin anlaşılması, sportif performansın biyomekanik açıdan değerlendirilmesi, bireysel yüklenme özelliklerinin belirlenmesi ve yaralanmalarla ilişkili olabilecek mekanik faktörlerin incelenmesi için teorik bir altyapı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Plantar basınç; Futbol; Biyomekanik; Pedobarografi; Basınç merkezi; Ayak mekaniği; Plantar yüklenme*

GİRİŞ

Futbol; sprint, hızlanma-yavaşlama, yön değiştirme ve şut gibi yüksek mekanik talepli hareketlerin tekrarlandığı bir takım sporudur. Plantar basınç analizi, ayağın destek yüzeyiyle etkileşimi sırasında oluşan bölgesel yüklenmenin nicel olarak değerlendirilmesine olanak verir ve spor biyomekaniğinde hareket türüne özgü yüklenme örüntülerinin incelenmesinde kullanılır. Ayakkabı içi sistemlerin taşınabilir ve çoğunlukla kablosuz yapısı, çoklu adımların ve saha koşullarına daha yakın sportif hareketlerin değerlendirilmesini kolaylaştırırken; platform sistemleri özellikle çıplak ayak ve kontrollü laboratuvar ölçümlerinde yüksek doğruluk sağlar (Abdul Razak ve ark., 2012; Burnie ve ark., 2024). Futbola özgü çalışmalarda koşu, kesme, sprint ve şut sırasında plantar yüklenmenin bölgesel olarak farklılaştığı; kesme hareketinde medial ayak, sprintte birinci ve ikinci ray, şutta ise lateral plantar bölgelerin daha belirgin yüklendiği gösterilmiştir (Eils ve ark., 2004). Bu nedenle plantar basınç verileri performans ve aşırı kullanım yaralanmalarının biyomekanik değerlendirmesine katkı sağlayabilir; ancak tek başına performansın veya yaralanma riskinin belirleyicisi olarak yorumlanmamalıdır.

Plantar basınç ile sportif performans arasındaki ilişki; hareket görevi, ayak yapısı, ayakkabı, zemin ve ölçüm protokolü gibi birçok değişkenden etkilenir. Örneğin ayak tipi, yürüme ve koşu sırasında temas alanı, maksimum kuvvet ve tepe basıncın bölgesel dağılımını değiştirebilir (Chuckpaiwong ve ark., 2008). Farklı ölçüm sistemlerinden elde edilen tepe plantar basınç değerlerinin doğrudan karşılaştırılmasının uygun olmayabileceği de gösterilmiştir (Telfer & Bigham, 2019). Futbolda ise Eils

ve ark. (2004), oyuncu pozisyonlarını karşılaştırmak yerine futbola özgü hareketlerin birbirinden farklı plantar yüklenme örüntüleri oluşturduğunu göstermiştir. Bu nedenle plantar basınç verilerinin yorumlanmasında tek bir 'optimal' dağılım varsayımı yerine, sporcunun görevi ve bireysel biyomekanik özellikleri dikkate alınmalıdır.

Bu kitap bölümünün amacı, plantar basınç dağılımının biyomekanik temellerini, ölçüm yöntemlerini, temel parametrelerini ve ayak anatomisi-hareket mekaniği ile ilişkisini futbol bağlamında literatür temelli bir çerçevede açıklamaktır. Bölüm; plantar basıncın tanımı ve işlevleri, platform ve ayakkabı içi ölçüm sistemleri, tepe ve ortalama basınç, temas alanı, basınç-zaman integrali ve basınç merkezi gibi temel ölçütler ile ayak arkları ve ayak-ayak bileği hareket terminolojisini kapsamaktadır. Amaç, plantar basınç verilerinin performans ve sporcu sağlığı değerlendirmelerinde diğer klinik ve performans ölçümleriyle birlikte nasıl yorumlanabileceğine ilişkin bilimsel bir altyapı sunmaktır.

Mevcut futbol literatüründe plantar basınç ölçümleri farklı hareket görevleri, ayakkabı koşulları ve ölçüm protokolleri altında incelenmiş; ancak test düzenekleri ve raporlanan değişkenler arasında belirgin heterojenlik bildirilmiştir (Husain ve ark., 2020). Bu durum, tek bir normatif plantar basınç profilinin futbolculara genellenmesini güçleştirmektedir. Bu bölümün özgün katkısı, ölçüm yöntemleri, temel plantar basınç değişkenleri ve ayak-ayak bileği mekaniğini futbol bağlamında ortak bir kavramsal çerçevede bir araya getirerek, futbola özgü performans ve yaralanma analizleri için metodolojik bir temel sunmasıdır.

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Bu bölümde plantar basıncın biyomekanik anlamı, temel ölçüm yaklaşımları ve veri parametreleri ile ayak anatomisi ve ayak-ayak bileği hareketleri ele alınmaktadır. Bu kavramsal çerçeve, futbolcularda daha ileri performans ve yaralanma analizlerinin yorumlanması için temel oluşturur.

Taban Basıncı (Plantar Pressure) Kavramı

Tanım ve Temel Özellikler

Taban basıncı (plantar pressure), ayak ile destek yüzeyi arasındaki temas sırasında oluşan basınç alanını ifade eder. Plantar basınç ölçümleri; temas alanı, bölgesel basınç, kuvvet-zaman özellikleri ve basınç merkezinin (CoP) davranışı gibi değişkenler üzerinden ayak-zemin etkileşimini nicel

olarak tanımlar (Abdul Razak ve ark., 2012; Zulkifli & Loh, 2020). Spor biyomekaniğinde bu ölçümler, farklı hareket görevlerinin ayağın çeşitli bölgelerinde oluşturduğu yüklenme örüntülerini karşılaştırmak için kullanılabilir. Futbola özgü hareketlerde bölgesel yüklenmenin koşu, kesme, sprint ve şut arasında değiştiği gösterilmiştir (Eils ve ark., 2004).

Taban Basıncının Biyomekanik İşlevleri

Tablo 1. Farklı Biyomekanik Durumlarda Plantar Yüklenmede Beklenen Değişimler

Durum	Biyomekanik etken	Beklenen genel değişim	Yorum
Ek yükle yürüme	Taşınan yükün artması	Toplam plantar yük artabilir	Bölgesel dağılım yükün konumu, yürüyüş hızı ve ayak yapısına göre değişir.
Kas kontrolünde azalma	Nöromüsküler kontrolün değişmesi	CoP ve bölgesel yüklenme örüntüleri değişebilir	Tek başına plantar basınçla kas zayıflığı tanısı konulamaz.
Düz taban / düşük ark	Ayak postürü	Özellikle orta ayak temas alanı ve bölgesel yüklenme değişebilir	Ayak tipi ile plantar yüklenme arasındaki ilişki hareket görevine bağlıdır (Chuckpaiwong ve ark., 2008).

Tablo 2. Plantar Basınç ve CoP Ölçütleriyle Stabilitenin Tanımı

Gösterge	Stabilometrik yorum	Dikkat edilmesi gereken nokta
CoP salınım alanı	Duruş sırasında salınımın kapladığı alan	Test koşulu, süre ve görsel koşullar sonucu etkiler.
CoP hızı	CoP yörüngesinin zamana göre değişimi	Daha düşük değer her görevde otomatik olarak 'daha iyi' anlamına gelmez.
Yük asimetrisi	Sağ-sol veya ön-arka yük paylaşımı	Asimetri klinik ve fonksiyonel bulgularla birlikte yorumlanmalıdır.

Tablo 3. Plantar Basınç Göstergelerinin Mekanik Yüklenmenin Değerlendirilmesindeki Rolü

Biyomekanik gösterge	Yüklenme açısından anlamı
Tepe plantar basınç	Belirli bir bölgede oluşan en yüksek basınç değerini gösterir.
Temas alanı	Yükün ne kadar geniş bir plantar yüzeye yayıldığını gösterir.
Bölgesel yüklenme	Arka ayak, orta ayak ve ön ayağın yük paylaşımını gösterir.

Plantar basıncın üç ana biyomekanik görevi olduğu kabul edilmektedir:

- **Kuvvet iletimi:** Ayak, vücut ile zemin arasındaki mekanik etkileşimin temel arayüzüdür. Yürüme sırasında plantar yüklenme genel olarak ilk temasın ardından arka ayaktan ön ayağa doğru ilerler ve parmak ayrılışıyla sonlanır. Plantar basınç verileri, bu yük aktarımının ayağın farklı bölgelerinde nasıl dağıldığını göstermeye yardımcı olur (Zulkifli & Loh, 2020). Yüklenme örüntüsü; ayak yapısı, hareket hızı, ayakkabı ve ölçüm koşullarından etkilenebilir (Chuckpaiwong ve ark., 2008; Burnie ve ark., 2024).
- **Stabilite sağlama:** Postüral stabilite, vücudun kütle merkezini destek yüzeyi üzerinde kontrol edebilme yeteneğidir. Basınç merkezi (CoP), yer tepki kuvvetinin destek yüzeyindeki bileşke uygulama noktasını temsil eder ve postüral salınımın nicel değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılır. CoP salınım alanı, yol uzunluğu ve hız gibi ölçütler stabilometrik değerlendirmelerde kullanılmakla birlikte, sonuçlar görev ve test koşullarıyla birlikte yorumlanmalıdır (De Blasiis ve ark., 2023; Hébert-Losier & Murray, 2020).
- **Şok sönümleme:** Ayak ve alt ekstremite, temas sırasında oluşan mekanik yüklerin iletilmesi ve sönümlenmesine katkıda bulunur. Plantar basınç ölçümü doğrudan 'şok sönümlemeyi' ölçmez; bunun yerine yükün plantar yüzeyde ne kadar yoğunlaştığı ve hangi bölgelere dağıldığı hakkında bilgi sağlar. Bu nedenle tepe basınç, temas alanı ve bölgesel yüklenme gibi göstergeler; kinematik, kinetik ve ayakkabı özellikleriyle birlikte değerlendirilmelidir (Zulkifli & Loh, 2020; Burnie ve ark., 2024).

Futbolcularda kuvvet iletimi, postüral kontrol ve bölgesel plantar yüklenme; sprint, kesme ve şut gibi görevlere göre değişir. Bu değişkenlerin değerlendirilmesi performans profilinin ve olası aşırı yüklenme bölgelerinin

anlaşılmasına katkı sağlayabilir; ancak tek başına performans avantajı veya yaralanma riski kanıtı olarak kullanılmamalıdır (Eils ve ark., 2004). Koşu yaralanmaları literatüründe plantar basınç değişkenleri ile yaralanma arasında tutarlı tek bir biyomekanik risk örüntüsü gösterilememiş olması da nedensel yorumlarda temkinli olunması gerektiğini desteklemektedir (Mann ve ark., 2016).

Plantar Basınç Ölçüm Yöntemleri

Plantar basınç ölçümü; yürüme, duruş, denge, klinik değerlendirme ve spor biyomekaniğinde kullanılan bir yöntemdir. Güncel sistemler genel olarak platform tabanlı ölçüm sistemleri ile ayakkabı içine yerleştirilen sensörlü sistemler şeklinde sınıflandırılabilir; her iki yaklaşımın doğruluk, taşınabilirlik, uzaysal çözünürlük, örnekleme frekansı ve kullanım ortamı bakımından farklı avantaj ve sınırlılıkları vardır (Abdul Razak ve ark., 2012; Burnie ve ark., 2024).

Platform Sistemleri (Basınç Plakları / Matları)

Basınç platformları, özellikle çıplak ayakta duruş ve yürüyüş değerlendirmelerinde plantar basıncın ölçülmesi için yüksek doğruluk sağlayan sistemlerdir (Burnie ve ark., 2024).

Platform sistemleri, statik duruş ve dinamik hareket sırasında ayak ile zemin arasındaki basınç dağılımını ölçerek temas alanı, tepe/ortalama basınç ve CoP gibi değişkenlerin hesaplanmasına olanak verir. Burnie ve ark. (2024), rijit basınç platformlarının plantar basınç ölçümünde yüksek doğruluk sunduğunu ve platform temasından önce iki adımlı yaklaşımın doğal yürüyüş örüntüsünü korumaya yardımcı olabilecek bir protokol olduğunu belirtmektedir. Bununla birlikte ölçümün geçerlik ve güvenirliği; kalibrasyon, örnekleme frekansı, sensör özellikleri ve test protokolüne bağlıdır.

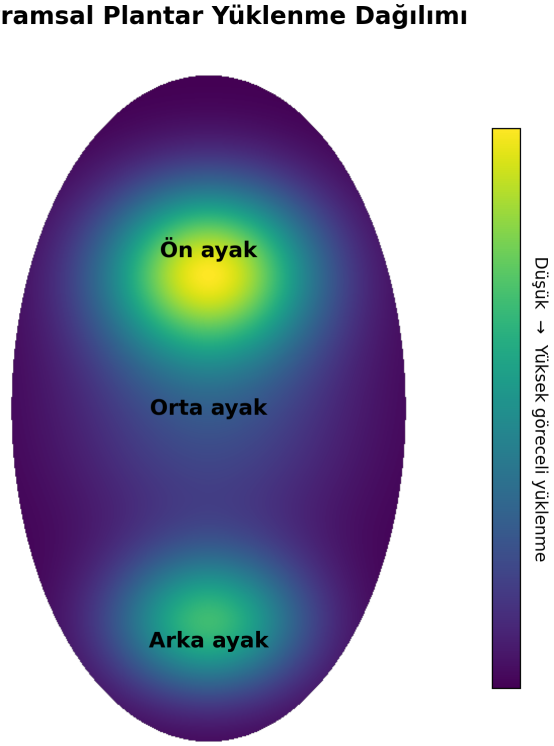
Ayakkabı İçi (In-shoe) Sistemler

Tablo 4. Başlıca Plantar Basınç Sistemleri ve Kullanım Alanları

Sistem Tipi	Başlıca Avantaj	En Uygun Kullanım
Rijit basınç platformu	Kontrollü laboratuvar ölçümü	Çıplak ayak statik/dinamik analiz
Sensörlü tabanlık	Taşınabilir, çoklu adım ve saha ölçümü	Spor, ayakkabı ve ortez karşılaştırmaları
Optik plak (kameralı)	Görüntü ile basınç/postür verisini birleştirebilir	Klinik yürüyüş ve postür değerlendirmesi
Esnek film/nanokompozit tabanlık	Esnek ve giyilebilir yapı	Araştırma amaçlı gerçek zamanlı yük takibi

Ayakkabı içi sistemlerde basınç sensörleri tabanlık biçiminde ayakkabının içine yerleştirilir. Bu sistemler, ayakkabı ve ortez etkilerinin değerlendirilmesi ile saha ve günlük yaşam koşullarında çoklu adımların izlenmesi açısından önemli avantajlar sağlar. Futbolda ayakkabı tasarımı ve dış taban özelliklerinin ayakkabı içi plantar basınç örüntülerini değiştirebildiği; bu nedenle basınç ölçümlerinin ayakkabı konforu, futbola özgü yüklenme ve performansla ilişkili değerlendirmelerde kullanılabildiği bildirilmiştir (Hennig, 2014). Bununla birlikte platform sistemlerine kıyasla uzaysal çözünürlük ve örnekleme frekansı bazı ayakkabı içi cihazlarda daha düşük olabilir (Abdul Razak ve ark., 2012; Burnie ve ark., 2024). Bu nedenle sistem seçimi, araştırma sorusu, hareket hızı, gerekli örnekleme özellikleri ve ölçüm ortamı dikkate alınarak yapılmalıdır.

Plantar Basınç Parametreleri



Şekil 1. Ön ayak, orta ayak ve arka ayaktaki plantar yüklenme bölgelerinin kavramsal gösterimi. Renk yoğunluğu deneysel ölçüm değerlerini temsil etmemekte, yalnızca göreceli yüklenmenin görselleştirilmesi amacıyla kullanılmaktadır.

Plantar basınç değerlendirmesinde tepe ve ortalama basınç, temas alanı, basınç-zaman integrali, bölgesel yük dağılımı ve CoP ölçütleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu değişkenlerin güvenirliği kullanılan sistem ve protokole göre değişebilir; sistematik derlemelerde ortalama basınç, vücut ağırlığının yüzdesel dağılımı ve temas alanı plantar basınç açısından daha güvenilir ölçütler arasında bildirilmiştir (Hébert-Losier & Murray, 2020). CoP ve plantar basınç ölçümleri postüral kontrolün ve ayak-zemin etkileşiminin farklı yönlerini temsil ettiğinden birlikte fakat birbirinin yerine geçmeyecek şekilde yorumlanmalıdır (De Blasiis ve ark., 2023).

Maksimum Basınç (Peak Pressure)

Tepe basınç (peak pressure), belirli bir plantar bölgedeki ölçüm süresi boyunca kaydedilen en yüksek basınç değeridir. Metatars başları, topuk ve diğer bölgesel alanlardaki yük yoğunlaşmasını tanımlamak için kullanılabilir. Tepe basınç klinik ve sportif değerlendirmelerde önemli bir parametredir; ancak yaralanma veya doku hasarı riskini tek başına belirleyen bir ölçüt değildir. Sonuçlar temas alanı, basınç-zaman integrali, hareket görevi ve bireysel özelliklerle birlikte yorumlanmalıdır (Gurău ve ark., 2025; Hébert-Losier & Murray, 2020).

Ortalama Basınç (Mean Pressure)

Ortalama basınç (mean pressure), tanımlanan bir plantar bölgedeki basınç değerlerinin ölçüm süresince veya belirli bir temas fazında ortalamasını ifade eder. Güvenirlik çalışmalarında ortalama plantar basınç, uygun protokoller kullanıldığında tekrarlanabilirliği yüksek ölçütlerden biri olarak bildirilmiştir (Hébert-Losier & Murray, 2020). Ortalama basınç, tepe basınç ve zamana bağlı ölçütlerle birlikte kullanıldığında bölgesel yüklenmenin daha bütüncül değerlendirilmesine katkı sağlar.

Yük Dağılımı (Load Distribution)

Yük dağılımı, toplam plantar yükün arka ayak, orta ayak ve ön ayak gibi anatomik bölgelere nasıl paylaştığını ifade eder. Bölgesel yük yüzdeleri ve vücut ağırlığına göre normalize edilmiş ölçümler, ayak-zemin etkileşiminin karşılaştırılmasında kullanılabilir (De Blasiis ve ark., 2023; Gurău ve ark., 2025).

Futbolcularda bölgesel yük dağılımı, farklı hareket görevleri arasında karşılaştırılabilir. Örneğin Eils ve ark. (2004), sprint, kesme ve şut sırasında farklı plantar bölgelerin baskın olarak yüklendiğini göstermiştir. Bununla birlikte plantar yük dağılımı tek başına sprint, denge veya teknik beceri düzeyini belirlemez; ilgili performans testleriyle birlikte yorumlanmalıdır.

Basınç Merkezi (Center of Pressure – CoP)

Basınç merkezi (Center of Pressure; CoP), destek yüzeyine etkiyen yer tepki kuvvetinin bileşke uygulama noktasını temsil eder. CoP yörüngesi, statik duruşta postüral salınımın; yürüme ve diğer dinamik görevlerde ise yük aktarımının zamansal-mekânsal özelliklerinin değerlendirilmesinde kullanılır. CoP ölçütleri arasında salınım alanı, yol uzunluğu ve hız gibi değişkenler yer alır; bu değişkenlerin yorumlanması test koşulları ve ölçüm

güvenirliği dikkate alınarak yapılmalıdır (De Blasiis ve ark., 2023; Hébert-Losier & Murray, 2020).

Temas Alanı (Contact Area)

Tablo 5. Plantar Basınç Parametreleri

Parametre	Tanım	Başlıca Kullanım
Tepe Basınç (PP)	Belirli bölgedeki en yüksek basınç	Bölgesel yük yoğunlaşmasının değerlendirilmesi
Temas Alanı	Yere temas eden plantar yüzey	Ayak tipi ve yük dağılımının değerlendirilmesi
PTI	Basınç-zaman integrali	Basıncın büyüklük ve süre bileşenlerinin birlikte değerlendirilmesi
CoP Yörüngesi	Bileşke yer tepki kuvvetinin uygulama noktasının yolu	Postüral kontrol ve dinamik yük aktarımının değerlendirilmesi

Temas alanı (contact area), ayak tabanının ölçüm sırasında destek yüzeyiyle temas eden bölümünün büyüklüğünü ifade eder. Temas alanı ayak tipi ve hareket görevine göre değişebilir. Örneğin düz taban ve normal ayak tiplerinin yürüyüş ve koşu sırasında bazı plantar bölgelerde farklı temas alanı ve yüklenme özellikleri gösterebildiği bildirilmiştir (Chuckpaiwong ve ark., 2008). Bu nedenle temas alanı, tepe basınç ve kuvvet ölçütleriyle birlikte yorumlanmalı; tek başına performans veya patoloji göstergesi kabul edilmemelidir.

Futbolcularda bu parametrelerin birlikte değerlendirilmesi, aynı sporcunun farklı futbola özgü görevlerde gösterdiği yüklenme örüntülerinin karşılaştırılmasına olanak sağlar. Sistematik derleme bulguları, özellikle ön ayak bölgesinin futbol hareketlerinde sıklıkla yüksek basınçlara maruz kaldığını; ancak çalışmalar arasındaki yöntem farklılıklarının normatif değerlerin yorumlanmasını sınırladığını göstermektedir (Husain ve ark., 2020).

Ayak Anatomisi ve Biyomekanik Temeller

Ayak, 26 kemikten oluşan ve çok sayıda eklem, bağ, tendon ve kasın birlikte çalıştığı karmaşık bir yapıdır. Biyomekanik modelleme

çalışmalarında ayak; talus, kalkaneus, orta ayak ve metatarsal segmentler gibi işlevsel kemik segmentleri üzerinden temsil edilebilir (Grant ve ark., 2020). Klinik ve fonksiyonel anlatımda ise arka ayak, orta ayak ve ön ayak ayrımı yük kabulü, zemine uyum ve itiş süreçlerinin açıklanmasını kolaylaştırır.

Anatomik Bölümler

Tablo 6. Ayağın Anatomik Bölümleri

Bölüm	Kapsadığı Kemikler	Temel Görevi	Fonksiyonel Özelliği
Arka Ayak (Hindfoot)	Talus (Aşık), Kalkaneus (Topuk)	Yük kabulü ve yük aktarımına katkı	Arka ayak temasının ve stabilitenin önemli bileşenidir.
Orta Ayak (Midfoot)	Naviküler, Küboid, 3 adet Kuneiform	Ark yapısı ve zemine uyuma katkı	Esnek-rijit geçiş ve yük paylaşımına katkıda bulunur.
Ön Ayak (Forefoot)	Metatarslar (Tarak), Falankslar (Parmaklar)	Geç duruş ve itişte yük aktarımına katkı	İtiş sırasında kaldıraç işlevine katkıda bulunur.

Ayak, klinik ve biyomekanik değerlendirmelerde arka ayak (hindfoot), orta ayak (midfoot) ve ön ayak (forefoot) şeklinde işlevsel bölgelere ayrılarak incelenebilir. Bu sınıflama, ayrıntılı kemik-segment modellerinin daha anlaşılır bir fonksiyonel çerçevede yorumlanmasına yardımcı olur (Grant ve ark., 2020).

- **Arka Ayak (Hindfoot):** Talus ve kalkaneustan oluşur; yük kabulü ve yükün alt ekstremiteden zemine aktarımında önemli rol oynar.
- **Orta Ayak (Midfoot):** Naviküler, küboid ve üç kuneiform kemiği içerir; ayak arklarının yapısına ve ayağın zemine uyumuna katkıda bulunur.
- **Ön Ayak (Forefoot):** Metatarslar ve falankslardan oluşur; özellikle geç duruş ve itiş sırasında yük aktarımına katkı sağlar.

Ayak Arkları (Kemerleri)

Tablo 7. Ayak Kemerleri ve Temel Fonksiyonları

Ark (Kemer) Adı	Konumu	Oluşturan Yapılar	Temel Fonksiyonu
Medial Longitudinal Ark	Ayağın iç kenarı boyunca uzanan en yüksek kemer.	Kalkaneus, Talus, Naviküler, Kuneiformlar, ilk 3 Metatars.	Yük taşıma, elastik adaptasyon ve yürüyüş mekaniğine katkı.
Lateral Longitudinal Ark	Ayağın dış kenarı boyunca uzanan daha alçak kemer.	Kalkaneus, Küboid, 4. ve 5. Metatarslar.	Destek ve yük aktarımına katkı.
Transvers (Enine) Ark	Ayağın tarak bölgesinde enine uzanan kemer.	Kuneiformlar, Küboid ve Metatars tabanları.	Ön/orta ayakta yapısal destek ve yük paylaşımına katkı.

Ayak arkları, yük taşıma ve yürüyüş sırasında ayağın esnek-rijit davranışına katkıda bulunan kemik, bağ, plantar fasya ve kas-tendon yapılarından oluşur. Medial longitudinal ark en yüksek longitudinal arktır; lateral longitudinal ve transvers arklarla birlikte ayağın destek ve yük aktarım özelliklerine katkı sağlar (Babu & Bordoni, 2024).

- **Medial Longitudinal Ark:** Ayağın iç tarafındaki en yüksek longitudinal arktır; elastik ve adaptif yapısıyla yük taşıma ve yürüyüş sırasında ayağın işlevine katkıda bulunur (Babu & Bordoni, 2024).
- **Lateral Longitudinal Ark:** Ayağın dış tarafındaki daha alçak longitudinal arktır; destek ve yük aktarımına katkıda bulunur (Babu & Bordoni, 2024).
- **Transvers Ark:** Ayağın enine uzanan ark yapısıdır ve tarsal-metatarsal yapıların yük paylaşımına katkıda bulunur (Babu & Bordoni, 2024).

Biyomekanik Temeller ve Fonksiyonlar

Ayağın biyomekaniği, yük kabulü sırasında zemine uyum sağlayabilen esnek bir yapı ile itiş sırasında kuvvet aktarımına katkı sağlayan daha rijit bir yapı arasında sürekli geçiş gösterir. Bu davranış tek bir eklem hareketine indirgenemez; talokrural, subtalar ve orta ayak eklemlerinin koordineli hareketleriyle ortaya çıkar (Kitaoka ve ark., 1997).

- **Şok emilimi ve adaptasyon:** Yük kabulü sırasında ayak ve ayak bileği kompleksindeki çok düzlemli hareketler, ayağın zemine uyum

sağlamasına ve yükün farklı yapılara dağıtılmasına katkıda bulunur. Pronasyon bu sürecin bir bileşenidir; ancak şok sönümleme yalnızca pronasyon miktarıyla açıklanamaz (Kitaoka ve ark., 1997).

- **Windlass mekanizması:** Metatarsofalangeal eklemlerin ekstansiyonu plantar fasyayı gererek medial longitudinal arkın yükselmesine ve ayağın itiş sırasında daha rijit bir kaldıraç gibi davranmasına katkıda bulunur. Bu mekanizma, plantar fasya ile ayak arkı arasındaki mekanik ilişkinin temel bileşenlerinden biridir (Babu & Bordoni, 2024).
- **Kaldıraç sistemi ve gastroknemius-soleus kompleksi:** Plantar fleksör kaslar ve Aşil tendonu, geç duruş ve itiş fazında ayak bileği plantar fleksiyon momentinin oluşturulmasına katkı sağlar. Bu süreç, ayağın çok eklemli yapısı ve ön ayak desteğiyle birlikte ileri doğru itişin mekanik temelini oluşturur (Kitaoka ve ark., 1997).

Futbol açısından bu çok eklemli mekanik yapı; hızlanma, sprint, yön değiştirme ve topa vurma sırasında ayağın hem zemine uyum sağlayan hem de kuvvet aktarımına katkıda bulunan bir arayüz olarak değerlendirilmesini gerektirir. Bu nedenle plantar basınç örüntüleri, yalnızca tek bir eklem hareketiyle değil, ayak morfolojisi, hareket görevi ve ayakkabı-zemin koşullarıyla birlikte yorumlanmalıdır (Eils ve ark., 2004; Husain ve ark., 2020).

Hareket Terminolojisi

Tablo 8. Ayak ve Ayak Bileği Hareket Terminolojisi

Hareket	Ayak Yapısı / Durumu	Ana Görev	Döngü Fazı
Pronasyon	Çok düzlemli; eversiyon, abdüksiyon ve dorsifleksiyon bileşenleriyle tanımlanır.	Yük kabulü ve zemine uyuma katkı	Özellikle erken-orta duruş
Supinasyon	Çok düzlemli; inversiyon, addüksiyon ve plantar fleksiyon bileşenleriyle tanımlanır.	Geç duruşta rijitlik ve kuvvet aktarımına katkı	Özellikle orta-geç duruş

Hareket	Ayak Yapısı / Durumu	Ana Görev	Döngü Fazı
Dorsifleksiyon	Ayağın tibia yönüne hareketi	Yürüyüş ve görev sırasında ayak bileği hareket açıklığı	Duruş ve salınım fazlarında göreve bağlı
Plantar Fleksiyon	Ayağın tibianın ters yönüne hareketi	Geç duruşta itişe katkı	Geç duruş / itiş
Inversiyon	İçe Dönük: Ayak tabanı mediale (içe) bakar.	Supinasyonun bileşenlerinden biri	Göreve bağlı
Eversiyon	Dışa Dönük: Ayak tabanı laterale (dışa) bakar.	Pronasyonun bileşenlerinden biri	Göreve bağlı

Ayak ve ayak bileği hareketleri üç boyutludur ve pronasyon, supinasyon, dorsifleksiyon ve plantar fleksiyon gibi terimler farklı eklem ve düzlemlerdeki hareketlerin tanımlanmasında kullanılır. Bu hareketler sırasında talokrural, subtalar ve orta ayak eklemlerinin katkıları birbirinden farklıdır (Kitaoka ve ark., 1997).

- **Pronasyon:** Pronasyon, ayak kompleksinde birden fazla eklemin katkısıyla oluşan üç boyutlu bir hareket örüntüsüdür. Klinik olarak sıklıkla eversiyon, abdüksiyon ve dorsifleksiyon bileşenleriyle tanımlanır; ancak hareketin dağılımı ayak ve ayak bileğinin farklı eklem seviyelerinde değişir (Kitaoka ve ark., 1997). Yük kabulü sırasında pronasyon, ayağın zemine uyum sağlayabilen daha esnek bir yapı göstermesine katkıda bulunur.
- **Supinasyon:** Supinasyon da tek düzlemli bir hareket değildir; inversiyon, addüksiyon ve plantar fleksiyon bileşenleriyle birlikte değerlendirilir. Ayak ve ayak bileğinin farklı eklemleri supinasyona farklı oranlarda katkı verir (Kitaoka ve ark., 1997). Geç duruş ve itiş sırasında ayağın daha rijit bir mekanik davranış göstermesi kuvvet aktarımını destekler.
- **Dorsifleksiyon:** Dorsifleksiyon, talokrural eklemde ayağın tibia yönüne hareketini ifade eder. Yürüme ve sportif görevlerde gerekli dorsifleksiyon miktarı göreve göre değişir. Dorsifleksiyon kısıtlılığı çeşitli kompansatuvar hareketlerle birlikte görülebilir; ancak belirli bir ağrı veya yaralanmanın tek başına nedeni olarak yorumlanmamalıdır (Kitaoka ve ark., 1997).

- **Plantar fleksiyon:** Plantar fleksiyon, ayak bileğinde ayağın tibianın ters yönüne hareketidir ve geç duruş/itiş fazında plantar fleksör kasların katkısıyla ileri doğru itişte önemli rol oynar. Plantar fleksiyon sırasında hareket yalnızca talokrural eklemle sınırlı değildir; ayak kompleksindeki diğer eklemlerde de eşzamanlı hareketler oluşabilir (Kitaoka ve ark., 1997).
- **İnversiyon ve eversiyon:** İnversiyon ve eversiyon, ayak tabanının sırasıyla mediale ve laterale yönelmesini tanımlayan frontal düzlem ağırlıklı hareketlerdir. Bu hareketler pronasyon ve supinasyonun bileşenleri olabilir; ancak pronasyon ve supinasyon daha geniş, üç boyutlu hareket örüntülerini ifade eder (Kitaoka ve ark., 1997).

SONUÇ VE UYGULAMAYA YÖNELİK ÇIKARIMLAR

Plantar basınç değerlendirmesi; tepe ve ortalama basınç, temas alanı, basınç-zaman özellikleri, bölgesel yük dağılımı ve CoP ölçütlerinin birlikte yorumlanmasını gerektirir. Platform ve ayakkabı içi sistemlerin kullanım alanları ve teknik özellikleri farklıdır; bu nedenle cihaz seçimi ve test protokolü araştırma sorusuna göre belirlenmelidir (Abdul Razak ve ark., 2012; Burnie ve ark., 2024). Ayak arkları ve üç boyutlu ayak-ayak bileği mekaniği de plantar yüklenmenin yorumlanmasında temel biyomekanik çerçeveyi oluşturur (Babu & Bordoni, 2024; Kitaoka ve ark., 1997). Futbolcularda plantar basınç analizi, futbola özgü hareketlerde bölgesel yüklenmenin tanımlanmasına katkı sağlar; ancak performans ve yaralanma değerlendirmelerinde diğer klinik, kinetik, kinematik ve performans verileriyle birlikte kullanılmalıdır (Eils ve ark., 2004).

Uygulamada plantar basınç analizi; spor bilimciler, antrenörler ve klinisyenler için sporcunun bölgesel yüklenme profilini tanımlayan tamamlayıcı bir araç olarak kullanılabilir. Aynı sporcuda standardize koşullarda tekrarlanan ölçümler, antrenman veya rehabilitasyon sürecindeki değişimlerin izlenmesine katkı sağlayabilir. Futbola özgü değerlendirmelerde ölçümlerin mümkün olduğunca gerçek oyun koşullarını temsil eden ayakkabı, zemin ve hareket görevleriyle yapılması; sonuçların sprint, kuvvet, denge, kinematik ve klinik bulgularla birlikte yorumlanması önerilir. Çalışmalar arasındaki metodolojik heterojenlik nedeniyle evrensel eşik değerler veya tek bir 'optimal' plantar basınç profili kullanmak yerine bireysel ve görev özgü değerlendirme yaklaşımı benimsenmelidir (Husain ve ark., 2020; Burnie ve ark., 2024).

Not: *Bu bölümde yer alan şematik görsel bu kitap bölümü için özgün olarak oluşturulmuştur; üçüncü taraf yayınlardaki telif hakkı korunan şekiller yeniden üretilmemiştir.*

KAYNAKÇA

Abdul Razak, A. H., Zayegh, A., Begg, R. K., & Wahab, Y. (2012). Foot plantar pressure measurement system: A review. Sensors, 12(7), 9884–9912. https://doi.org/10.3390/s120709884

Babu, D., & Bordoni, B. (2024). Anatomy, bony pelvis and lower limb: Medial longitudinal arch of the foot. In StatPearls. StatPearls Publishing.

Burnie, L., Chockalingam, N., Holder, A., Claypole, T., Kilduff, L., & Bezodis, N. (2024). Testing protocols and measurement techniques when using pressure sensors for sport and health applications: A comparative review. The Foot, 59, 102094. https://doi.org/10.1016/j.foot.2024.102094

Chuckpaiwong, B., Nunley, J. A., Mall, N. A., & Queen, R. M. (2008). The effect of foot type on in-shoe plantar pressure during walking and running. Gait & Posture, 28(3), 405–411. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2008.01.012

De Blasiis, P., Caravaggi, P., Fullin, A., Leardini, A., Lucariello, A., Perna, A., Guerra, G., & De Luca, A. (2023). Postural stability and plantar pressure parameters in healthy subjects: Variability, correlation analysis and differences under open and closed eye conditions. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 11, 1198120. https://doi.org/10.3389/fbioe.2023.1198120

Eils, E., Streyl, M., Linnenbecker, S., Thorwesten, L., Völker, K., & Rosenbaum, D. (2004). Characteristic plantar pressure distribution patterns during soccer-specific movements. The American Journal of Sports Medicine, 32(1), 140–145. https://doi.org/10.1177/0363546503258932

Grant, T. M., Diamond, L. E., Pizzolato, C., Killen, B. A., Devaprakash, D., Kelly, L., Maharaj, J. N., & Saxby, D. J. (2020). Development and validation of statistical shape models of the primary functional bone segments of the foot. PeerJ, 8, e8397. https://doi.org/10.7717/peerj.8397

Gurău, T. V., Coman, M. G., Iordan, D. A., Onu, I., Raileanu, C. R., Adam, A. M., Gurău, G., Voinescu, D. C., Badau, A., & Musat, C. L. (2025). Static baropodometric assessment for musculoskeletal rehabilitation: Plantar pressure and postural load distribution in young adults. Life, 15(9), 1354. https://doi.org/10.3390/life15091354

Hennig, E. M. (2014). Plantar pressure measurements for the evaluation of shoe comfort, overuse injuries and performance in soccer. Footwear Science, 6(2), 119–127. https://doi.org/10.1080/19424280.2013.873486

Husain, E., Angioi, M., Mehta, R., Barnett, D. N., & Okholm Kryger, K. (2020). A systematic review of plantar pressure values obtained from male and female

football and the test methodologies applied. Footwear Science, 12(3), 217–233. https://doi.org/10.1080/19424280.2020.1791977

Hébert-Losier, K., & Murray, L. (2020). Reliability of centre of pressure, plantar pressure, and plantar-flexion isometric strength measures: A systematic review. Gait & Posture, 75, 46–62. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.09.027

Kitaoka, H. B., Luo, Z. P., & An, K. N. (1997). Three-dimensional analysis of normal ankle and foot mobility. The American Journal of Sports Medicine, 25(2), 238–242. https://doi.org/10.1177/036354659702500218

Mann, R., Malisoux, L., Urhausen, A., Meijer, K., & Theisen, D. (2016). Plantar pressure measurements and running-related injury: A systematic review of methods and possible associations. Gait & Posture, 47, 1–9. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.03.016

Telfer, S., & Bigham, J. J. (2019). The influence of population characteristics and measurement system on barefoot plantar pressures: A systematic review and meta-regression analysis. Gait & Posture, 67, 269–276. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.10.030

Zulkifli, S. S., & Loh, W. P. (2020). A state-of-the-art review of foot pressure. Foot and Ankle Surgery, 26(1), 25–32. https://doi.org/10.1016/j.fas.2018.12.005

FUTBOLCULARDA PLANTAR BASINÇ DAĞILIMI: SPORTİF PERFORMANS, SAKATLIK RİSKİ VE AYAKKABI-ZEMİN ETKİLEŞİMİ

Futbola Özgü Hareketler, Performans Değişkenleri ve Uygulamalı Biyomekanik

Rıdvan Kır*

ÖZET

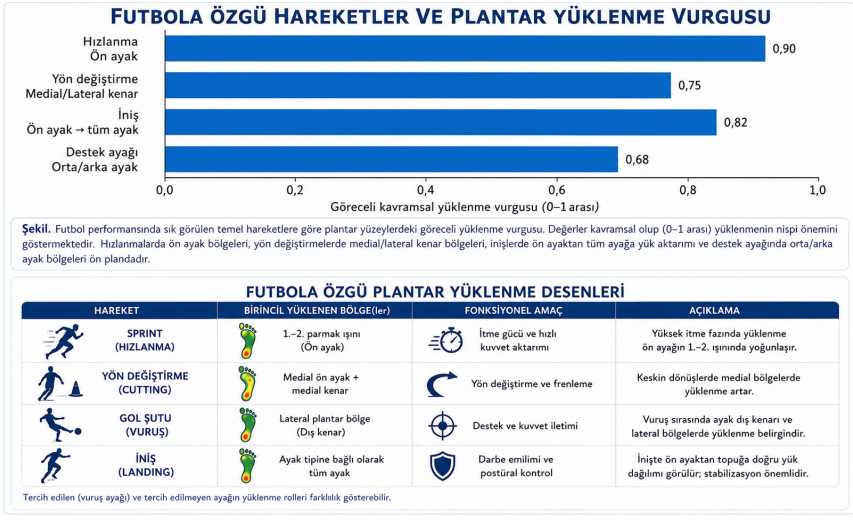
Bu bölüm, futbolda plantar basınç dağılımını spora özgü hareketler, sportif performans, yaralanma riski ve ayakkabı-zemin etkileşimi bağlamında ele almaktadır. Bölüm kapsamında; hızlanma ve sprint, yön değiştirme, şut ve pas, sıçrama ve iniş gibi futbola özgü hareketler sırasında ortaya çıkan plantar yüklenme örüntüleri incelenmektedir. Bunun yanı sıra, farklı oyun pozisyonları ile medial-lateral ve ön ayak yüklenmelerinin biyomekanik özellikleri değerlendirilmektedir. Ayak bileği yaralanmaları, metatarsal stres kırıkları, plantar fasya ve Aşil tendonu ile ilişkili sorunlar ve medial tibial stres sendromu açısından plantar yüklenmenin olası rolü güncel literatür bulguları çerçevesinde tartışılmaktadır. Son olarak futbol ayakkabısı ve oyun zemini etkileşimi; plantar yüklenme, tutunma, stabilite ve mekanik stres üzerinde etkili olabilecek dışsal bir faktör olarak değerlendirilmektedir. Genel olarak bölüm, plantar basınç analizinin futbolcularda performans ve sporcu sağlığının değerlendirilmesinde tek başına belirleyici bir ölçüt olmaktan ziyade, diğer biyomekanik, klinik ve performans göstergeleriyle birlikte kullanılabilecek tamamlayıcı bir değerlendirme aracı olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Plantar basınç; Futbol; Sportif performans; Yaralanma riski; Futbol ayakkabısı; Oyun zemini*

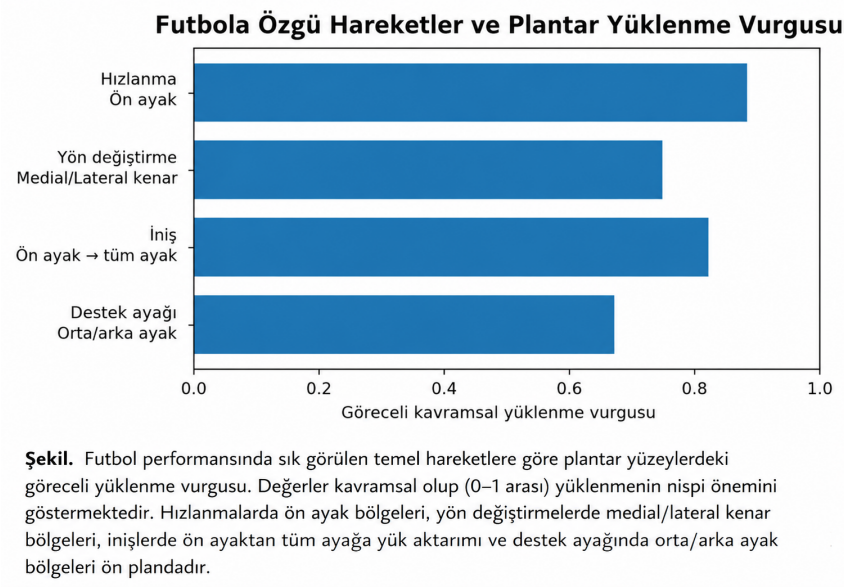
Bölümün kapsamı. Bu bölüm, futbolcularda plantar basınç dağılımının sprint, yön değiştirme, şut ve pas, sıçrama ve iniş gibi futbola özgü hareketler; sportif performans ve yaralanma riski ile ilişkisini literatür bulguları doğrultusunda incelemektedir. Ayrıca futbol ayakkabısı ve oyun zemini özelliklerinin plantar yüklenme üzerindeki etkileri ele alınarak plantar basınç analizinin performans değerlendirmesi, yaralanma riskinin izlenmesi ve

* Dr. Öğr. Üyesi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi, Beden Eğitimi ve Spor Bölümü, Konya, Türkiye, rkir@erbakan.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6125-873X.

bireyselleştirilmiş sporcu değerlendirmesindeki potansiyel uygulamaları tartışılmaktadır.



Şekil 1. Futbola özgü hareketlerde plantar yüklenme bölgelerinin şematik gösterimi. Görsel yazar tarafından özgün olarak oluşturulmuştur. Bilimsel içerik Eils ve ark. (2004) ile Wong ve ark. (2007) temel alınarak hazırlanmıştır.



Şekil 2. Futbola özgü temel hareketlerde plantar yüklenmenin kavramsal gösterimi. Grafikteki 0–1 arasındaki değerler deneysel ölçüm sonuçları olmayıp, hareketler arasındaki göreceli yüklenme vurgusunu görselleştirmek amacıyla kullanılmış kavramsal değerlerdir. Görsel yazar tarafından özgün olarak oluşturulmuştur.

Plantar yüklenme bölgelerinin bilimsel sınıflandırılmasında Eils ve ark. (2004) ile Wong ve ark. (2007) temel alınmıştır.

Futbolda saha içi hareketler, standart yürüyüşten farklı olarak yüksek ivmeli ve yön değiştirmeli yüklenmeler içerir. Koşu, sprint, kesme (cutting) ve şut gibi futbola özgü hareketlerde plantar yüklenme örüntülerinin hareket türüne göre değiştiği gösterilmiştir (Eils ve ark., 2004; Wong ve ark., 2007). Çalışmalar, bu hareketlerin hem sakatlık riskini hem de krampon/zemin tasarım ihtiyacını anlamak için ayrıntılı plantar basınç analiziyle incelenmesinin son derece önemli olduğunu gösteriyor.

FUTBOLDA OYUN ZEMİNİ VE DIŞ TABAN (KRAMPON) KATEGORİLERİ

Oyun Zemin Türü	Tipik Dış Taban (Krampon) Kategorisi
 **Doğal çim zemin** (kuru/normal koşullar)	**FG** Firm Ground (Sert zemin çimi)
 **Islak / yumuşak çim zemin** (ıslak, çamurlu koşullar)	**SG** Soft Ground (Yumuşak zemin çimi)
 **Yapay çim zemin** (3G/4G sentetik çim)	**AG** Artificial Ground (Suni çim zemin)
 **Yapay zemin (turf)** (kum dolgulu sentetik yüzey)	**TF** Turf Ground (Turf/sentetik zemin)
 **Sert/doğal zemin** (toprak, beton, salon vb.)	**HG** Hard Ground (Sert zemin)

Şekil 3. Futbolda farklı oyun zeminleri için dış taban (krampon) kategorilerinin kavramsal sınıflandırılması. Görsel yazar tarafından özgün olarak oluşturulmuştur. Zemin ve dış taban sınıflandırması Silva ve ark. (2017) temel alınarak hazırlanmıştır.

Ani Yön Değiştirme ve Kesme (Yön Değiştirme Manevraları)

Yön değiştirme ve kesme manevraları, ayağın medial-lateral yük dağılımını belirgin biçimde değiştiren yüksek mekanik talepli hareketlerdir (Wong ve ark., 2007). Vücut, momentumu durdurup yeni bir yöne aktarmak zorundadır. Ayak bileği hızla eversiyon veya inversiyon yapar. Gövde, dönüş yönünün tersine eğilerek yer tepki kuvvetini (GRF) maksimize eder. Basınç, ayağın lateral (dış) veya medial (iç) kenarına dramatik şekilde kayar. Eğer bu sırada CoP (Basınç Merkezi) ayağın destek alanının dışına çok hızlı

çıkarsa, ayak bileği burkulmaları ve bağ yaralanmaları (ÖÇB) riski önemli ölçüde artabilir.

Sprint ve Hızlanma

Sprint ve hızlanma sırasında yüklenme ön ayağa doğru kayar ve yüksek hızlı futbola özgü hareketlerde ön ayak bölgelerinde belirgin plantar basınçlar oluşur. Eils ve ark. (2004) sprint sırasında özellikle ön ayağın baskın yüklendiğini; Teymouri ve ark. (2017) ise sprint benzeri futsal hareketlerinde en yüksek tepe basınç bölgelerinden birinin medial ön ayak olduğunu bildirmiştir. Bu nedenle sprint değerlendirmesinde tepe basınç, temas alanı ve temas süresinin birlikte yorumlanması uygundur.

Şut ve Pas (Kinetik Zincir)

Vuruş sırasında destek ayağı denge ve kuvvet aktarımında önemli rol oynar. Futbola özgü şut hareketlerinde plantar yüklenmenin koşu ve sprintten farklı bir bölgesel örüntü gösterdiği bildirilmiştir (Eils ve ark., 2004; Husain ve ark., 2020). Taban basıncı genellikle topuktan ziyade orta ve dış yan ayakta sabitlenir. Vuran Ayak topla temas anında MTP eklemleri plantar fleksiyon pozisyonunda kilitlenir (rijit kaldıraç). Ayakkabı içi (In-shoe) sistemlerde, krampon vidalarının yarattığı lokal basınç noktaları bu aşamada en belirgin halini alır.

Sıçrama ve İniş (İniş Mekaniği)

Tablo 1. Futbola Özgü Hareketlerde Taban Basıncı Özeti

Hareket	Baskın Basınç Bölgesi	Kritik Parametre	Olası Biyomekanik/Klinik Önem
Hızlanma	Ön Ayak (Metatarslar)	Yüksek Tepe Basınç (PP)	Ön ayak aşırı yüklenmesinin izlenmesi
Yön Değiştirme	Ayak Dış/İç Kenarı	CoP Hızı ve Menzili	Medial-lateral stabilite ve ayak bileği yükü
İniş	Önce Ön, Sonra Tam Ayak	Basınç-Zaman İntegrali	Darbe sönümleme ve alt ekstremite yük aktarımı
Destek Ayağı	Orta ve Arka Ayak	Toplam GRF Artışı	Destek ayağı stabilitesi ve kuvvet aktarımı

Kafa topu sonrası inişte plantar yüklenme, darbe sönümleme ve postüral kontrol açısından önemlidir. Futbol ayakkabısının ve taban yapısının iniş

mekaniğini etkileyebildiği, bu nedenle iniş değerlendirmesinde basınç-zaman özelliklerinin dikkate alınması gerektiği bildirilmektedir (Butler ve ark., 2014). Bu sırada ayak pronasyon yaparak şoku emer. Basınç-Zaman İntegrali bu fazda çok kritiktir. Yükün topuğa çok hızlı aktarılması (sert iniş), plantar basıncın emilmediğini ve darbenin doğrudan dize iletildiğini gösterir ki sporcu performansı ve sağlığı açısından son derece kritik riskler taşımaktadır.

Futbolda Zemin ve Ayakkabı (Krampon) Uyumu

Futbolda zemin ve ayakkabı (krampon) uyumu, sadece oyuncunun konforunu değil, aynı zamanda biyomekanik verimliliği ve sakatlık riskini belirleyen en kritik dış faktördür. Yanlış krampon seçimi, zeminle olan sürtünmeyi (traksiyonu) bozarak eklemlere binen yükü anormal seviyelere çıkarabilir.

Zemin Türleri ve Krampon Uyumu (Taban Tipleri)

Futbolda kullanılan krampon tabanları, zeminin sertliğine ve tutunma ihtiyacına göre harf kodlarıyla ayrılır:

- **FG (Firm Ground - sıkı/doğal zemin):** Doğal çim sahalarda kullanılan yaygın dış taban kategorilerindendir. Güncel çalışmalar, dış taban geometrisi ve diş konfigürasyonunun doğal ve yapay zeminlerde traksiyonu anlamlı biçimde değiştirebildiğini göstermektedir (Loud ve ark., 2024; Silva ve ark., 2017).
- **SG (Soft Ground - Yumuşak/Islak Zemin):** Yumuşak ve ıslak doğal çim koşullarında daha uzun dişlerle zemine penetrasyonu artırmayı amaçlayan dış taban kategorisidir (Silva ve ark., 2017; Loud ve ark., 2024).
- **AG (Artificial Grass - Yapay Çim):** Yapay çim yüzeyler için geliştirilmiş, genellikle daha kısa ve daha çok sayıda diş içeren dış taban kategorisidir (Silva ve ark., 2017; Loud ve ark., 2024).
- **TF (Turf - kısa sentetik çim/turf):** Çok kısa ve çok sayıda kauçuk çıkıntıya sahip dış taban kategorisidir; özellikle kısa ve sert sentetik yüzeylerde yükü daha geniş alana dağıtmayı amaçlar (Silva ve ark., 2017).
- **HG (Hard Ground - sert doğal/toprak zemin):** Sert doğal veya toprak futbol zeminleri için tanımlanan dış taban kategorisidir; zemine sınırlı penetrasyon ve uygun traksiyon sağlamayı amaçlar (Silva ve ark., 2017).

Biyomekanik Etkileşim ve Riskler

Traksiyon (Tutunma) ve Dönme Direnci; Krampon-zemin arayüzünde aşırı traksiyon, özellikle yön değiştirme sırasında ayağın zemine daha fazla fikse olmasına ve alt ekstremiteye aktarılan rotasyonel yüklerin artmasına katkıda bulunabilir. Bu mekanizma, özellikle diz bağ yaralanmaları açısından biyomekanik bir risk faktörü olarak değerlendirilmektedir (Silva ve ark., 2017; Loud ve ark., 2024). Bu nedenle diş geometrisi, uzunluğu ve zemin koşulları birlikte değerlendirilmelidir; tek bir diş tipinin tüm koşullarda daha güvenli olduğu varsayılmamalıdır.

Noktasal Basınç (Stud Pressure); Krampon dişlerinin geometrisi, sayısı ve zeminle etkileşimi plantar yükün bölgesel dağılımını değiştirebilir. Uygun olmayan dış taban-zemin eşleşmesi bazı plantar bölgelerde daha yüksek lokal yüklenmeye yol açabilir (Silva ve ark., 2017; Husain ve ark., 2020). Bu durum, ayak tabanında Tepe Basıncın (PP) anormal şekilde artmasına neden olur ki sonucunda metatars başlarında ağrı, nasırlaşma ve uzun vadede stres kırıkları gözlemlenebilir.

Krampon Seçiminin Plantar Basınç Üzerindeki Etkisi

Tablo 2. Futbolda Zemin ve Krampon Uyumu

Zemin Tipi	Uygun Krampon	Diş Yapısı	Temel Amaç	Risk (Yanlış Seçimde)
Doğal Çim	FG	Orta/Plastik	Dengeli Tutunma	Kayma (Yumuşaksa)
Islak/Çamur	SG	Uzun/Metal	Derin Tutunma	Ayak Tabanı Ağrısı (Sertse)
Yapay Çim	AG	Kısa/Çok Sayıda	Basınç Dağılımı	Diz Bağ Yaralanması (FG/SG ile)
Kısa sentetik çim / turf	TF	Çok kısa / çok sayıda kauçuk çıkıntı	Yükü geniş alana dağıtma ve yüzey uyumu	Uygunsuz zeminde traksiyon veya lokal yüklenme artışı
Sert doğal/toprak zemin	HG	Kısa/orta, dayanıklı diş yapısı	Sert zeminde uygun penetrasyon ve tutunma	Uygunsuz diş yapısında basınç/traksiyon artışı

Ayakkabı içi (In-shoe) sistemlerle yapılan testler, krampon ve zemin uyumsuzluğunun şu parametreleri değiştirdiğini kanıtlamıştır.

Basınç Dağılımı; Ayakkabı ve zemin özellikleri plantar basınç dağılımını değiştirebilir. Doğal çim ve sentetik yüzeylerde yapılan ölçümlerde belirli ön ayak bölgelerinde tepe basınçların yüzeye göre anlamlı biçimde farklılaşabildiği gösterilmiştir (Ford ve ark., 2006).

Denge (CoP Salınımı); Plantar yüklenme ile postüral kontrol arasında ilişki bulunabilmekle birlikte bu ilişki tek başına güçlü bir belirleyici değildir. Elit futbolcularda plantar basınç değişkenleri ile statik postüral salınım arasındaki ilişkilerin zayıf olduğu bildirilmiştir (Arippa ve ark., 2026).

Zemin-Ayakkabı Etkileşimi; doğal ve yapay zeminler ile farklı dış taban konfigürasyonları traksiyon ve plantar yüklenmeyi değiştirebilir. Bu nedenle zemin-krampon eşleşmesi performans ve yaralanma riski değerlendirmesinde birlikte ele alınmalıdır (Ford ve ark., 2006; Silva ve ark., 2017; Loud ve ark., 2024).

Sonuç itibariyle şunu söyleyebiliriz ki en iyi krampon diye bir şey yoktur. Zemine en uygun krampon vardır. Profesyonel düzeyde, krampon dişlerinin konumu ve uzunluğu, oyuncunun MTP eklemi esnekliğine ve yürüme karakteristiğine göre bile optimize edilebilir.

Sakatlık Riski

Plantar basınç ölçümleri performans değerlendirmesinin yanında bazı aşırı kullanım ve stres yaralanmalarıyla ilişkili bölgesel yüklenme örüntülerini ortaya koyabilir. Metatarsal stres kırığı öyküsü olan sporcularda ve futbolcularda lateral/ön ayak yüklenmesindeki farklılıklar çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir (Queen ve ark., 2009; Thomson ve ark., 2018; Takei ve ark., 2025).

Alt Ekstremite Yaralanmaları

Dinamik plantar basınç verileri, kemik stres yaralanmalarının değerlendirilmesinde bölgesel yüklenme hakkında yararlı bilgi sağlayabilir. Özellikle metatarsal stres kırığı öyküsü bulunan gruplarda orta/ön ayak ve lateral bölgelerde farklı yüklenme örüntüleri bildirilmiştir (Queen ve ark., 2009; Thomson ve ark., 2018).

Tepe plantar basıncın bazı bölgelerde artması alt ekstremite aşırı kullanım yaralanmalarıyla ilişkili olabilir. Aktif görevdeki askerlerde

yapılan bir çalışmada tepe plantar basınç ile alt ekstremite aşırı kullanım yaralanmaları arasındaki ilişki değerlendirilmiştir (Ņesterovičа ve ark., 2021).

Hem statik hem dinamik olarak elde edilen ölçümlerde medial tibial stres sendromu (shin splints) olan atletlerde, ön ayakta daha yüksek kuvvet ve basınç gözlemlenmiştir (Chaudhary & Chauhan, 2023).

Ayak ve Bilek Yaralanmaları

Futbolcularda lateral ön ayak ve beşinci metatars çevresindeki yüklenme, ayak stres yaralanmaları açısından özellikle önemlidir. Beşinci metatars stres kırığı öyküsü olan elit futbolcularda lateral ön ayak ve lateral parmaklarda farklı maksimum plantar kuvvet örüntüleri bildirilmiştir (Thomson ve ark., 2018).

Lisanslı futbolcularda, statik plantar basınçta ayaklar arası asimetrik dağılım ve anteromedial bölgelerde basınç artışı, ayak ve ayak bileği overuse yaralanmalarıyla ilişkilendirildi(Sahillioğlu & Cerrahoğlu, 2021).

Spesifik Kırıklar ve Diz Yaralanmaları

Genç kadın futbolcularda Jones kırığı gelişen grupta daha yüksek ön ayak/arka ayak maksimum basınç oranı, lateral topukta daha düşük yüklenme ve lateral parmaklar ile 1.–3. metatarslarda daha yüksek maksimum basınç bildirilmiştir (Takei ve ark., 2025).

Genç futbolcularda futbola özgü hareketler sırasında lateral ayak ve beşinci metatars bölgesinde yüksek plantar yüklenmeler görülebilmektedir; bu bulgu genç sporcularda ayak stres yaralanmaları açısından dikkate alınmalıdır (Azevedo ve ark., 2020).

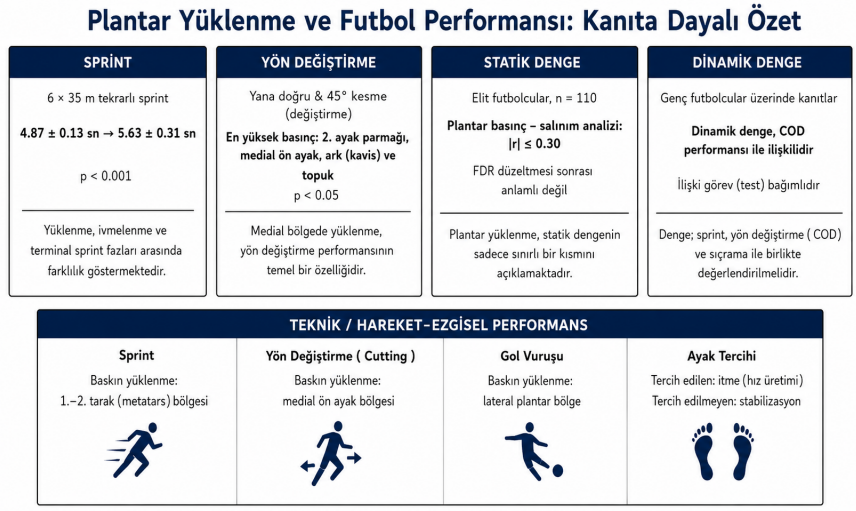
Kadın futbolcularda prospektif olarak yapılan bir çalışmada, daha sonra ÖÇB yaralanması gelişen sporcularda koşu sırasında 1. ve 2. medial metatars bölgelerinde daha düşük kümülatif yüklenme ve daha düşük medial/lateral kuvvet oranı bildirilmiştir (Takei ve ark., 2026).

LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde taban basıncı (plantar pressure) dağılımının futbolcularda sportif performans ve sakatlık riski ile ilişkisini inceleyen deneysel, gözlemsel ve derleme niteliğindeki çalışmalar sistematik biçimde özetlenmektedir. Literatür, üç ana boyutta sınıflandırılarak sunulmuştur:

Bunlar; taban basıncı ve sakatlık riski, taban basıncı ve performans değişkenleri ve futbolcularda yapılan deneysel çalışmalar olarak tasnif edilmiştir.

Bu yaklaşımla hem genel biyomekanik çerçeve hem de futbol spesifik bulgular bütüncül bir şekilde tartışılmaktadır.



Şekil 4. Görsel yazar tarafından özgün olarak oluşturulmuş ve herhangi bir üçüncü taraf görselinden alınmamıştır. Görselde sunulan sayısal değerler, plantar yüklenme bölgeleri ve performansa ilişkin bilimsel çıkarımlar; tekrarlı sprint performansı ve plantar yüklenme için Girard ve ark. (2018), futbola özgü yön değiştirme hareketlerindeki plantar basınç dağılımı için Wong ve ark. (2007), statik denge ile plantar basınç arasındaki ilişkiler için Arippa ve ark. (2026) ve dinamik denge, sprint, sıçrama ve yön değiştirme performansı arasındaki ilişkiler için Falces-Prieto ve ark. (2022) temel alınarak hazırlanmıştır.

Taban Basıncı ve Sakatlık Riski

Taban basıncının sakatlıklarla ilişkisi, biyomekanik literatürde uzun yıllardır çalışılan konular arasındadır. Birçok araştırma, plantar basınç dağılımındaki anormalliklerin özellikle alt ekstremite yaralanmalarının önemli bir belirleyicisi olduğunu göstermiştir.

Ayak Bileği Yaralanmaları

Ayak bileği inversiyon burkulmaları futbolcularda sık görülen yaralanmalardandır. Willems ve ark. (2005), 223 fiziksel eğitim öğrencisini prospektif olarak izleyerek üç boyutlu kinematik ve plantar basınç profilleri dahil yürüyüş biyomekaniği değişkenlerinin daha sonra gelişen inversiyon

burkulmalarıyla ilişkisini incelemiştir. Bu çalışma, plantar basınç verilerinin ayak bileği burkulması risk değerlendirmesinde tek başına değil, kinematik ve diğer klinik değişkenlerle birlikte ele alınması gerektiğini desteklemektedir.

Stres Kırıkları

Metatarsal stres kırıkları, tekrarlayan mekanik yüklenmenin birikimiyle ilişkili aşırı kullanım yaralanmalarıdır. İkinci metatars stres kırığı öyküsü olan kadınlarda plantar yüklenme örüntülerinin sağlıklı kontrollerden farklı olduğu bildirilmiştir; bu bulgular plantar basınç analizinin bölgesel yüklenmenin değerlendirilmesinde yararlı olabileceğini, ancak tek başına nedensellik göstermediğini ortaya koymaktadır (Queen ve ark., 2009). Ayak tipinin yürüyüş ve koşu sırasında bölgesel plantar basınç dağılımını etkilediği gösterilmiştir (Chuckpaiwong ve ark., 2008).

Futbolcularda yapılan benzer çalışmalar, özellikle yüksek ark (pes cavus) yapısına sahip sporcularda ön ayak basıncının anormal şekilde artarak stres kırığı riskini yükselttiğini göstermektedir.

Plantar Fasiit ve Aşil Tendinopatisi

Plantar fasya ve Aşil tendonu, ayak-ayak bileği kompleksindeki yük aktarımından etkilenir. Bununla birlikte plantar basınç ölçümleri bu yapıların yaralanma riskini tek başına tanımlamaz; ayak tipi, hareket mekaniği, antrenman yükü ve klinik bulgularla birlikte yorumlanmalıdır. Ayak tipinin yürüme ve koşu sırasındaki bölgesel plantar yüklenmeyi değiştirebildiği gösterilmiştir (Chuckpaiwong ve ark., 2008). Aşil tendinopatisi bulunan bireylerde koşu biyomekaniği ve plantar basınç/kuvvet merkezi dağılımında kontrol gruplarından farklılıklar bildirilmiş olmakla birlikte kanıtların sınırlı ve heterojen olduğu vurgulanmaktadır (Munteanu & Barton, 2011; Sancho ve ark., 2019).

Tibial Stres Sendromu

Medial tibial stres sendromu (shin splints), alt ekstremite biyomekaniğiyle ilişkili çok faktörlü bir durumdur. Moen ve ark. (2012), daha yüksek naviküler düşme (navicular drop), artmış plantar fleksiyon ve azalmış kalça iç rotasyonu gibi değişkenlerin MTSS ile ilişkili olabileceğini bildirmiştir. Bu nedenle MTSS değerlendirmesinde plantar basınç bulguları tek başına değil, ayak postürü ve alt ekstremite kinematiği ile birlikte yorumlanmalıdır.

Taban Basıncı ve Performans Değişkenleri

Taban basıncı dağılımının performansla ilişkisi, son yıllarda giderek artan bir ilgiyle araştırılmaktadır. Sprint, yön değiştirme, denge, teknik beceriler ve motor kontrol gibi performans bileşenleri plantar basınç parametrelerinden etkilenmektedir.

Sprint Performansı

Sprint performansı hızlanma, mekanik verimlilik ve ayak–yer etkileşimi ile yakından ilişkilidir. Futbola özgü sprintlerde ön ayak yüklenmesinin belirginleştiği ve tekrarlı sprintlerde plantar yüklenme parametrelerinin hızlanma ile terminal sprint fazları arasında farklılaşabildiği gösterilmiştir (Eils ve ark., 2004; Girard ve ark., 2018).

Girard ve ark. (2018), uluslararası futbolcularda 6 × 35 m tekrarlı sprint protokolü sırasında plantar yüklenmenin sprint fazına ve yorgunluğa bağlı özelliklerini incelemiştir. Çalışmada sprint süresi tekrarlar boyunca uzamış; plantar temas alanı, maksimum kuvvet ve ortalama basınç gibi değişkenlerin hızlanma ile sprintin sonraki fazı arasında farklılık gösterebildiği bildirilmiştir. Bu nedenle sprint performansının plantar basınç verileriyle değerlendirilmesinde ön ayak yüklenmesi, temas alanı, kuvvet ve basınç değişkenlerinin birlikte yorumlanması uygundur (Eils ve ark., 2004; Girard ve ark., 2018).

Yön Değiştirme Performansı

Yön değiştirme performansı futbol için kritik bir beceridir. Wong ve ark. (2007), kesme hareketlerinde düz koşuya kıyasla özellikle ikinci parmak, medial ön ayak, medial ark ve medial topuk bölgelerinde daha yüksek tepe basınçlar bildirmiştir.

Yön değiştirme sırasında medial-lateral yük dağılımı ve basınç merkezi davranışı hareketin açısı, hız, teknik ve ayak-zemin etkileşimine göre değişebilir. Wong ve ark. (2007), kesme hareketlerinde düz koşuya kıyasla özellikle ikinci parmak, medial ön ayak, medial ark ve medial topuk bölgelerinde daha yüksek tepe basınçlar bildirmiştir. Bu bulgular plantar yüklenmenin yön değiştirme göreviyle ilişkili olduğunu göstermekte, ancak tek başına başarılı performans veya yaralanma riskinin belirleyicisi olarak yorumlanmamalıdır.

Denge Performansı

Denge ve stabilite çok faktörlü performans özellikleridir; basınç merkezi (CoP) salınımı ve plantar yük dağılımı bu değerlendirmenin yalnızca bir bölümünü oluşturur.

Futbolcularda denge performansı çok faktörlüdür. Dinamik denge ile yön değiştirme performansı arasında göreve bağlı ilişkiler bildirilmiş (Falces-Prieto ve ark., 2022); elit futbolcularda plantar basınç ile statik postüral salınım arasındaki ilişkilerin ise zayıf olduğu gösterilmiştir (Arippa ve ark., 2026). Denge değerlendirmesinde:

- Medial–lateral yük dağılımının iyileştiğini
- COP salınımı ve yük dağılımı gibi değişkenlerin diğer performans testleriyle birlikte değerlendirilmesi önerilir.

Teknik Performans: Şut, Pas ve Top Kontrolü

Destek ayağının stabilitesi, şut ve pasın biyomekaniğinde önemlidir. Şut tekniğinin çok eklemli kinetik zincir yapısı ve destek ayağının rolü literatürde ayrıntılı biçimde tanımlanmıştır (Kellis & Katis, 2007). Futbola özgü plantar basınç çalışmalarında koşu, kesme, sprint ve şut arasında bölgesel yüklenme örüntülerinin farklılaştığı gösterilmiştir (Eils ve ark., 2004; Wong ve ark., 2007). Ancak belirli bir plantar basınç değerinin doğrudan daha yüksek şut hızı, pas doğruluğu veya top kontrolü sağladığını gösteren kanıtlar sınırlıdır; plantar veriler teknik performans testleriyle birlikte değerlendirilmelidir.

Futbolcularda Yapılan Deneysel Çalışmalar

Bu bölüm futbolcular üzerinde yürütülmüş spesifik deneysel çalışmaların özetini içermektedir.

Futbola Özgü Hareketlerde Plantar Yüklenme Örüntüleri

Eils ve ark. (2004), 21 deneyimli erkek futbolcuda koşu, kesme, sprint ve şut sırasında ayakkabı içi plantar basıncı incelemiş ve hareket türüne özgü farklı yüklenme örüntüleri bildirmiştir. Sprintte özellikle 1. ve 2. ray/ön ayak, kesme hareketlerinde medial ayak ve şut sırasında lateral plantar bölgelerde yüklenmenin belirginleşmesi, futbola özgü görevlerin farklı mekanik talepler oluşturduğunu göstermektedir.

Bu bulgular, futbola özgü hareketlerin plantar yüklenme açısından birbirinden farklı biyomekanik talepler oluşturduğunu göstermektedir.

Pozisyona Özgü Taban Basıncı Farklılıkları

Pozisyona özgü plantar basınç farklılıklarına ilişkin kanıtlar sınırlıdır ve basit bir "forvet–orta saha–savunma" sınıflamasına indirgenmemelidir. Elit erkek futbolcularda yapılan saha içi dinamik baropodometrik değerlendirmede ayak morfolojisi ve oyun pozisyonunun plantar basınç örüntülerini etkileyebildiği; özellikle santral ve medial metatarsal bölgelerin koşu sırasında yüksek yük taşıdığı bildirilmiştir (Vera-Ivars ve ark., 2025). Bu nedenle pozisyona özgü yorumlar, oyuncunun ayak morfolojisi, görev profili ve bireysel ölçüm verileriyle birlikte yapılmalıdır.

Ayakkabı–Zemin Etkileşimi Çalışmaları

Futbol ayakkabıları ve zemin türü plantar basıncı önemli ölçüde etkileyebilir. Ford ve ark. (2006), sentetik zeminde doğal çime kıyasla merkezi ön ayak ve küçük parmaklar bölgesinde daha yüksek tepe basınçlar bildirmiştir.

Benzer şekilde dış taban ve diş konfigürasyonlarının doğal ve yapay zeminlerde traksiyon özelliklerini değiştirdiği gösterilmiştir (Loud ve ark., 2024; Silva ve ark., 2017).

Genç Futbolcular Üzerine Yapılan Çalışmalar

Genç sporcularda ayak arkı gelişimi ve nöromüsküler kontrol tam olarak oturmadığı için plantar basınç dağılımı yetişkinlere göre farklılık gösterir.

Genç futbolcularda futbola özgü hareketler sırasında özellikle lateral ayak ve beşinci metatars bölgesinde yüksek plantar basınçlar bildirilmiş; ayakkabı özelliklerinin bu yükleri azaltmada etkili olabileceği gösterilmiştir (Azevedo ve ark., 2020).

Literatürün Genel Değerlendirmesi

Literatür incelendiğinde öne çıkan bulgular şunlardır:

- Taban basıncı, futbol performansı ve sakatlık riski değerlendirmesinde yararlı bir biyomekanik göstergedir; ancak tek başına belirleyici değildir.
- Sprint ve hızlanma sırasında ön ayak yüklenmesi belirginleşebilir; aşırı veya asimetrik bölgesel yüklenmeler ise diğer klinik ve antrenman faktörleriyle birlikte stres yaralanmaları açısından değerlendirilmelidir.
- Yön değiştirme hareketlerinde medial-lateral plantar yüklenme belirgin biçimde değişir; bu örüntüler performans ve yaralanma

değerlendirmesinde hareket tekniği ve kinematik verilerle birlikte yorumlanmalıdır.

- Plantar fasya ve Aşil tendinopatisi ile ilişkili biyomekanik bulgular çok faktörlüdür; plantar basınç ve kuvvet merkezi farklılıkları tek başına nedensel risk faktörü olarak yorumlanmamalıdır.
- Futbolcularda plantar basınç örüntüleri hareket türü, ayak morfolojisi, oyun pozisyonu, ayakkabı ve zemin gibi faktörlere göre değişebilir.
- Ayakkabı–zemin ilişkisi, futbolcularda plantar basıncı belirgin şekilde değiştirmektedir.

Bu bulgular, plantar basıncın yalnızca spor performansı için değil, aynı zamanda sakatlık önleme çalışmalarının temel bileşenlerinden biri olduğunu göstermektedir.

SONUÇ

Bu kitap bölümünde taban basıncı (plantar pressure) dağılımının futbolcularda sportif performans, yaralanma riski ve ayakkabı-zemin etkileşimiyle ilişkisi biyomekanik ve uygulamalı açıdan ele alınmıştır. Literatür, sprint, yön değiştirme, şut ve iniş gibi futbola özgü görevlerin birbirinden farklı plantar yüklenme örüntüleri oluşturduğunu göstermektedir. Bununla birlikte mevcut çalışmaların önemli bir bölümü kesitsel, gözlemsel veya hareketler arası karşılaştırma niteliğindedir; bu nedenle belirli bir plantar basınç örüntüsünün tek başına daha yüksek performansa veya yaralanmaya neden olduğu sonucuna varılmamalıdır. Plantar basınç verileri; kinematik, kinetik, denge, kuvvet, sprint ve teknik performans ölçümleriyle birlikte değerlendirildiğinde sporcunun bireysel yüklenme profilinin anlaşılmasına katkı sağlayabilir. Metatarsal stres yaralanmaları, ayak-ayak bileği aşırı kullanım sorunları ve bazı tendon patolojilerinde bölgesel plantar yüklenme farklılıkları bildirilmiş olmakla birlikte, yaralanma riski çok faktörlüdür ve klinik karar verme yalnızca plantar basınç verisine dayandırılmamalıdır.

Sonuç olarak plantar basınç analizi, futbolcularda performans ve sporcu sağlığının değerlendirilmesinde tamamlayıcı bir biyomekanik araç olarak kullanılabilir. Düzenli ve standardize ölçümler; bireysel yüklenme asimetrilerinin izlenmesine, uygun ayakkabı-zemin eşleşmesinin değerlendirilmesine ve antrenman/rehabilitasyon kararlarının diğer performans ve klinik verilerle birlikte bireyselleştirilmesine katkı sağlayabilir. Gelecekte daha büyük örneklemli, prospektif ve pozisyona özgü

çalışmaların plantar yüklenme ile performans ve yaralanma sonuçları arasındaki nedensel ilişkileri daha açık biçimde ortaya koyması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

Arippa, F., Leban, B., Porta, M., Casu, G., & Pau, M. (2026). Does plantar pressure distribution influence static balance performance in elite soccer players? A retrospective observational study. Sport Sciences for Health, 22, Article 285. https://doi.org/10.1007/s11332-026-01889-1

Azevedo, R. R., Nery, S. B., Stefanyshyn, D. J., & Carpes, F. P. (2020). Plantar loading in the youth soccer player during common soccer movements and risk for foot injury. Injury, 51(8), 1905–1909. https://doi.org/10.1016/j.injury.2020.06.009

Butler, R. J., Russell, M. E., & Queen, R. M. (2014). Effect of soccer footwear on landing mechanics. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 24(1), 129–135. https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2012.01468.x

Chaudhary, S., & Chauhan, B. R. (2023). Evaluation of static and dynamic plantar pressure distribution along with other musculoskeletal parameters in athletes with and without medial tibial stress syndrome. Medical Journal of Dr. D.Y. Patil Vidyapeeth, 17(1), 137–142. https://doi.org/10.4103/mjdrdypu.mjdrdypu_499_22

Chuckpaiwong, B., Nunley, J. A., Mall, N. A., & Queen, R. M. (2008). The effect of foot type on in-shoe plantar pressure during walking and running. Gait & Posture, 28(3), 405–411. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2008.01.012

Eils, E., Streyl, M., Linnenbecker, S., Thorwesten, L., Völker, K., & Rosenbaum, D. (2004). Characteristic plantar pressure distribution patterns during soccer-specific movements. The American Journal of Sports Medicine, 32(1), 140–145. https://doi.org/10.1177/0363546503258932

Falces-Prieto, M., González-Fernández, F. T., García-Delgado, G., Silva, R., Nobari, H., & Clemente, F. M. (2022). Relationship between sprint, jump, dynamic balance with the change of direction on young soccer players' performance. Scientific Reports, 12, 12272. https://doi.org/10.1038/s41598-022-16558-9

Ford, K. R., Manson, N. A., Evans, B. J., Myer, G. D., Gwin, R. C., Heidt, R. S., Jr., & Hewett, T. E. (2006). Comparison of in-shoe foot loading patterns on natural grass and synthetic turf. Journal of Science and Medicine in Sport, 9(6), 433–440. https://doi.org/10.1016/j.jsams.2006.03.019

Girard, O., Millet, G. P., Thomson, A., & Brocherie, F. (2018). Is plantar loading altered during repeated sprints on artificial turf in international football players? Journal of Sports Science and Medicine, 17(3), 359–365.

Husain, E., Angioi, M., Mehta, R., Barnett, D. N., & Kryger, K. O. (2020). A systematic review of plantar pressure values obtained from male and female football and the test methodologies applied. Footwear Science, 12(3), 217–233. https://doi.org/10.1080/19424280.2020.1791977

Kellis, E., & Katis, A. (2007). Biomechanical characteristics and determinants of instep soccer kick. Journal of Sports Science and Medicine, 6(2), 154–165.

Loud, D., Grimshaw, P., Kelso, R., & Robertson, W. S. P. (2024). Effect of soccer boot outsole configuration on translational traction across both natural and artificial playing surfaces. Orthopaedic Journal of Sports Medicine, 12(8), 23259671241259823. https://doi.org/10.1177/23259671241259823

Moen, M. H., Bongers, T., Bakker, E. W., Zimmermann, W. O., Weir, A., Tol, J. L., & Backx, F. J. G. (2012). Risk factors and prognostic indicators for medial tibial stress syndrome. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 22(1), 34–39. https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01144.x

Munteanu, S. E., & Barton, C. J. (2011). Lower limb biomechanics during running in individuals with Achilles tendinopathy: A systematic review. Journal of Foot and Ankle Research, 4, 15. https://doi.org/10.1186/1757-1146-4-15

Queen, R. M., Abbey, A. N., Chuckpaiwong, B., & Nunley, J. A. (2009). Plantar loading comparisons between women with a history of second metatarsal stress fractures and normal controls. The American Journal of Sports Medicine, 37(2), 390–395. https://doi.org/10.1177/0363546508324967

Sahillioğlu, A., & Cerrahoğlu, L. (2021). The relationship of the foot and ankle structure with overuse injuries in licensed footballers: A prospective cohort study. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 61(11), 1499–1508. https://doi.org/10.23736/S0022-4707.20.11780-8

Sancho, I., Malliaras, P., Barton, C., Willy, R. W., & Morrissey, D. (2019). Biomechanical alterations in individuals with Achilles tendinopathy during running and hopping: A systematic review with meta-analysis. Gait & Posture, 73, 189–201. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.07.121

Silva, D. C. F., Santos, R., Vilas-Boas, J. P., Macedo, R., Montes, A. M., & Sousa, A. S. P. (2017). Influence of cleats-surface interaction on the performance and risk of injury in soccer: A systematic review. Applied Bionics and Biomechanics, 2017, 1305479. https://doi.org/10.1155/2017/1305479

Takei, S., Taketomi, S., Kawaguchi, K., Mizutani, Y., Yamagami, R., Kono, K., Kage, T., Arakawa, T., Furukawa, Y., Murakami, R., Murakami, T., Kobayashi, T., Fujiwara, S., Tanaka, S., & Ogata, T. (2026). Risk of anterior cruciate ligament injury in female soccer players with increased lateral plantar loading and reduced medial metatarsal loading during running: A prospective study. Orthopaedic Journal of Sports Medicine, 14(2), 23259671251413278. https://doi.org/10.1177/23259671251413278

Takei, S., Taketomi, S., Kawaguchi, K., Mizutani, Y., Yamagami, R., Kono, K., Murakami, R., Kage, T., Arakawa, T., Fujiwara, S., Tanaka, S., & Ogata, T. (2025). Characteristics of plantar pressure distribution during running and musculoskeletal factors associated with Jones fracture in young female soccer players: A prospective study. Orthopaedic Journal of Sports Medicine, 13(5), 23259671251325712. https://doi.org/10.1177/23259671251325712

Teymouri, M., Halabchi, F., Mirshahi, M., Mansournia, M. A., Mousavi Ahranjani, A., & Sadeghi, A. (2017). Comparison of plantar pressure distribution between three different shoes and three common movements in futsal. PLOS ONE, 12(10), e0187359. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187359

Thomson, A., Akenhead, R., Whiteley, R., D'Hooghe, P., Van Alsenoy, K., & Bleakley, C. (2018). Fifth metatarsal stress fracture in elite male football players: An on-field analysis of plantar loading. BMJ Open Sport & Exercise Medicine, 4(1), e000377. https://doi.org/10.1136/bmjsem-2018-000377

Vera-Ivars, P., Vicente-Mampel, J., Fabregat-Andrés, O., & Barrios, C. (2025). Foot morphology and plantar pressures in elite male soccer players—A baropodometric on-field dynamic assessment. Sports, 13(11), 408. https://doi.org/10.3390/sports13110408

Willems, T. M., Witvrouw, E., Delbaere, K., De Cock, A., & De Clercq, D. (2005). Relationship between gait biomechanics and inversion sprains: A prospective study of risk factors. Gait & Posture, 21(4), 379–387. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2004.04.002

Wong, P. L., Chamari, K., Mao, D. W., Wisløff, U., & Hong, Y. (2007). Higher plantar pressure on the medial side in four soccer-related movements. British Journal of Sports Medicine, 41(2), 93–100. https://doi.org/10.1136/bjsm.2006.030668

Ņesteroviča, D., Stepens, A., & Vaivads, N. (2021). Peak plantar pressure as a risk factor for lower extremity overuse injury among infantry soldiers. Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, Section B, 75(1), 52–57. https://doi.org/10.2478/prolas-2021-0009

STATİK VE DİNAMİK GERME UYGULAMALARININ BİLİMSEL TEMELLERİ

Mehmet Fatih Yüksel[*]

GİRİŞ

Modern spor fizyolojisinde esneklik antrenmanları, kas-iskelet sistemi bütünlüğünü korumak ve hareket aralığını optimize etmek amacıyla temel bir bileşen olarak kabul edilmektedir. Geleneksel yaklaşımlar bu egzersizlerin sakatlanmaları önleyici ve sportif performansı geliştirici etkileri olduğunu savunsa da güncel literatür, uygulamanın türü, süresi ve zamanlamasının etkinin yönünü belirlediğini ortaya koyarak tartışmayı farklı bir zemine taşımıştır (Behm vd., 2015). Bu çerçevede esneklik, tek başına bir amaç olmaktan ziyade performansı etkileyen, aynı zamanda etkisinin yönü uygulama koşullarına göre değişen bir motorik özellik olarak ele alınmaya başlanmıştır.

Esneklik çalışmaları bütün spor branşlarında, antrenmanların ısınma evresinde daha pozitif performans elde etmek ve soğuma evresinde daha çabuk toparlanma amacıyla kullanılmaktadır (Page, 2012). Germe egzersizleri kas esnekliğini ve eklem hareket açıklığını kısa sürede artırabilmekte ve bu etkiler belirli bir süre devam edebilmektedir. Bununla birlikte sistematik derlemeler, germe sonrası eklem hareket açıklığındaki artışın tipik olarak 30 dakikadan kısa sürdüğünü göstermektedir (Behm vd., 2015). Germe uygulamalarının kas gerginliği, sertliği ve ağrısını azaltabildiği, dikkati geliştirebildiği, kasın biyomekanik özelliklerini değiştirerek eklem hareket açıklığını artırabildiği ve kas-tendon yaralanması riskini azaltmaya yardımcı olabildiği bildirilmektedir (Hindle vd., 2012). Bu etkiler doğrultusunda germe egzersizleri, sportif performansı desteklemek ve yaralanmaları önlemeye katkı sağlamak amacıyla önerilmektedir (McGowan vd., 2015). Burada dikkat edilmesi gereken nokta, söz konusu yarar iddialarının çoğunun kısa süreli fizyolojik yanıtlara dayanması, performans çıktılarına yansımasının ise ayrı bir tartışma konusu olmasıdır. Nitekim germe uygulamalarının yaralanma önleme rolü son yıllarda belirgin biçimde sorgulanmaktadır. Sağlıklı sporcularda germeyi inceleyen kapsamlı bir tarama çalışması 300 denemenin yalnızca beşinde yaralanma verisi

[*] Prof. Dr., Necmettin Erbakan Üniversitesi, Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi, Beden Eğitimi ve Spor Bölümü, Konya, Türkiye, yukselmehmetfatih@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6481-5098.

toplandığını ve bu verilerin germenin yaralanma önlemedeki rolünü desteklemediğini rapor etmiştir (Afonso vd., 2024). Benzer biçimde germenin yaralanma insidansı üzerindeki etkisine ilişkin kanıtların zayıf olduğu ve daha ileri prospektif çalışmalara ihtiyaç duyulduğu vurgulanmaktadır (Behm vd., 2015). Bu tablo, germenin işlevinin yaralanma önleme üzerinden değil, performans hazırlığı ve hareket kapasitesi üzerinden yeniden tanımlanmasını gerekli kılmaktadır.

Germe egzersizleri spor ve rehabilitasyon süreçlerinde ısınma ve soğuma rutinlerinin vazgeçilmez bir bileşenidir. Statik germe, kas-tendon ünitesinin belirli bir pozisyonda tutulmasıyla kas uzunluğunu artırmayı hedefler. Öte yandan uzun süreli ve yoğun statik germenin refleks inhibisyon nedeniyle kas kuvvetinde kısa süreli azalma oluşturabileceği gösterilmiştir (Chaabène vd., 2019; Simic vd., 2012). Buna karşılık dinamik germe, hedef kasın antagonist kasların aktif kasılmasıyla ritmik şekilde uzatılmasını içerir ve sinir-kas etkileşimini artırarak kas aktivasyonunu kolaylaştırır (Opplert & Babault, 2017). Dinamik germe uygulamaları kas performansını statik germeye kıyasla daha az olumsuz etkilemekte, hatta kas iğciği uyarımı ve nöromusküler aktiviteyi artırarak patlayıcı gücü destekleyebilmektedir (Behm vd., 2015). Bu iki yöntemin karşıtlığı, germe literatürünün son yirmi yıldaki temel tartışma eksenini oluşturmaktadır.

Günümüzde spor branşlarına ve kas gruplarına göre farklı germe yöntemleri sporcular tarafından uygulanmakta, farklı germe uygulamalarının performans bileşenlerini etkilediği ve dolayısıyla sporcu performansı açısından farklılıklar yarattığı belirtilmektedir (Mor vd., 2021; Kaba Sancak vd., 2024). Germe egzersizlerinin genel olarak dinamik, statik, balistik ve PNF germe olarak farklı çeşitleri bulunmakta ve bunlardan bir ya da birkaçı sporcular tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak hangisinin hangi tür egzersizlerde daha faydalı olduğu net olarak bilinmemektedir (Bıçkıcı vd., 2018; Polat vd., 2019). Bu belirsizlik, yöntem seçiminin çoğu zaman spor dalı geleneği ve antrenör deneyimi temelinde yapılmasına yol açmaktadır.

Bu bölüm, germe uygulamaları içinde en yaygın kullanılan ve performans etkisi en geniş biçimde ölçülmüş iki yöntem olan statik ve dinamik germeyi tanım, uygulama ilkesi, nöromusküler mekanizma ve performans etkileri başlıkları altında ele almayı amaçlamaktadır.

GERME EGZERSİZLERİNE KAVRAMSAL BAKIŞ VE ETKİ MEKANİZMALARI

Germe Yöntemlerinin Sınıflandırılması

Esnekliği artırmak için yapılan germe uygulamaları birçok sporcunun hem antrenman programlarında hem de ısınma aktivitelerinde düzenli olarak yer almaktadır. Aktiviteler öncesi büyük önem taşıyan germe egzersizlerinin yaygın kullanımına ve kabulüne rağmen, iddia edilen yararları, performans üzerine ve yaralanmaların önlenmesi üzerine olan etkileri pek çok araştırmada tartışma konusu olmuştur (Behm vd., 2015).

Kas ve konnektif dokuların germeye uyum sağlayabilme kabiliyetleri işlevsellik, onarım ve performansları için önemlidir. Rehabilitatif yaklaşımların önemli bir bölümünü oluşturan germe egzersizleri, yaralanmaları önleme ve egzersiz sonrası gecikmiş kas ağrılarını azaltma amacıyla özellikle ısınma periyodunda uygulanmaktadır. Germe şekilleri aktif, pasif, dinamik, statik, balistik ve proprioseptif nöromüsküler fasilitasyonu içerir. Bir kas grubunu belirli bir süre uzun bir pozisyonda tutmayı içeren statik germe, vücudun düzgün postürü ile uygulanan kontrollü ve yavaş bir harekettir (Page, 2012).

Germe yöntemleri arasındaki temel ayrım üç eksende ortaya çıkmaktadır. Uygulamanın pasif mi aktif mi olduğu, hareketin sabit mi salınımlı mı gerçekleştirildiği ve nörofizyolojik refleks mekanizmalarının bilinçli olarak kullanılıp kullanılmadığına göre çeşitlenmektedir. Statik germe pasif-sabit kutupta, dinamik germe aktif-hareketli kutupta konumlanırken, PNF ise kasılma ve gevşeme evrelerinin bilinçli sıralanmasıyla refleks mekanizmalarını doğrudan hedeflemektedir. Öte yandan balistik germe ise salınımlı karakteriyle diğer yöntemlerden ayrılmaktadır. Bu sınıflandırma, yöntemlerin performans üzerindeki farklı etkilerinin anlaşılması açısından işlevseldir.

Literatürde, akut germenin kuvvet, dikey sıçrama ve koşma hızı gibi maksimal performans göstergeleri üzerine inhibitör etkiye sahip olduğu savunulmaktadır (Kay & Blazevich, 2011). Esneklik performansı etkileyen önemli bir motorik özellik olmakla birlikte, yapılan bazı çalışmalar esnekliğin özellikle patlayıcı kuvvet gerektiren hareketlerde performansı olumlu yönde etkilemediğini, germe egzersizlerinin spor yaralanmalarını önleyici rolünün oldukça az olduğunu ve bununla birlikte performansı

olumsuz yönde etkileyebildiğini göstermektedir (Alemdaroğlu vd., 2012; Behm vd., 2015).

Etkinin Doza Bağlı Doğası

Bu noktada güncel literatürün ortaya koyduğu en kritik sonuç, etkinin mutlak değil doza bağlı olduğu şeklindedir. Kas grubu başına 60 saniyenin altındaki statik germe uygulamaları sonraki kuvvet ve güç performansını yalnızca önemsiz düzeyde (yaklaşık %1–2) etkilerken, 60 saniyeyi aşan uygulamalar pratik olarak anlamlı düşüşlere (yaklaşık %4,0–7,5) yol açmakta olduğu bildirilmektedir (Chaabène vd., 2019).

Bu doz ayrımı, yalnızca statik germe için değil, germe uygulamasının antrenman döngüsündeki konumu için de geçerlidir. Aynı germe protokolü, müsabaka öncesi uygulandığında performansı baskılayabilirken, antrenman sonrasında veya ayrı bir esneklik seansı olarak konumlandırıldığında hareket kapasitesini geliştiren bir araç hâline gelmektedir. Dolayısıyla germe tartışmasında "yapılmalı mı" sorusu yerini giderek "hangi dozda, hangi zamanda ve hangi amaçla" sorusuna bırakmaktadır.

STATİK GERME EGZERSİZLERİ

Statik germe, bir kas grubunun belirli bir açıda pasif olarak uzatılarak 15–60 saniye arasında sabit tutulması prensibine dayanır. Bu yöntem, kas ve bağ dokularının viskoelastik özelliklerini modüle ederek eklem hareket açıklığını artırmayı hedefler. Buna karşın, kasın dinlenme uzunluğunu değiştiren bu pasif yapı, kas-tendon ünitesinin sertliğini azaltarak patlayıcı güç gerektiren aktivitelerde zirve anaerobik güç çıkışını baskılayabilmektedir (Akalp & Vatansever, 2020). Özellikle uzun süreli statik germe uygulamalarının kas-tendon ünitesinin biyomekaniksel yapısını gevşetmesi, güç üretim hızında azalmaya ve kas aktivasyon süreçlerinde nöral gecikmelere yol açabilmektedir (Chaabène vd., 2019).

Bu bağlamda, statik germenin ardından gerçekleştirilen yüksek şiddetli eforlarda kasın gerilme-kısalma döngüsü verimliliğinin azaldığı ve buna bağlı olarak dikey sıçrama veya sprint gibi performansa dayalı çıktılarda düşüş yaşandığı gözlemlenmektedir (Simic vd., 2012). Performansı artırmak adına müsabaka öncesi statik germe yerine dinamik germe yöntemlerinin daha etkili olabileceğini ortaya koyan araştırmalar bulunmaktadır (Polat vd., 2019). Ayrıca sıçrama ve sprint gibi branşlarda yüksek performans kaybını azaltmak için müsabaka öncesi rutinlerde statik germe yerine dinamik germe

uygulamalarının tercih edilmesi literatürde yaygın biçimde önerilmektedir (Atan, 2019; Behm vd., 2015).

Statik germe, yaralanma riskinin görece düşük olması nedeniyle sedanter bireylerde, rehabilitasyon sürecindeki hastalarda ve sporcularda güvenle tercih edilen bir uygulama olarak kabul edilmektedir. Egzersiz öncesi ve sonrasında uygulanan kısa süreli statik germelerin kas esnekliğini ve eklem hareket açıklığını artırabildiği, buna karşın kuvvet ve performans üzerindeki etkilerinin değişkenlik gösterebildiği ifade edilmektedir. Viskoelastik dokularda ortaya çıkan mekanik uyum süreçleri kas sertliğinin azalmasına ve eklem hareket açıklığının artmasına katkı sağlamakta ancak bu mekanizmaların bir sonucu olarak kasın kısa süreli kuvvet üretme kapasitesinde azalma meydana gelebilmekte ve patlayıcı nitelik taşıyan hareketlerde performans düşüşü gözlenebilmektedir. Literatür, sporcularda kısa süreli ve kontrollü statik germelerin esneklik artışı sağlarken performans üzerinde klinik olarak anlamlı bir olumsuz etki yaratmadığını, fakat 60 saniyeden uzun süren statik germelerin maksimal kas kuvvetini ve patlayıcı performansı anlamlı şekilde azaltabileceğini tanımlamaktadır (Chaabène vd., 2019).

Statik Germe Egzersizlerinin Tanımı ve Uygulama İlkeleri

Statik germe, kasın kontrollü ve yavaş bir şekilde uzatılarak bireyin tolere edebildiği en yüksek uzunlukta belirli bir süre tutulmasını ifade etmektedir. Bu uzatılmış pozisyonda kasta orta düzeyde bir gerilme hissi oluşması beklenirken, ağrı ve rahatsızlık hissinden kaçınılması gerekmektedir. Yavaş ve uzun süreli uygulanan statik germe, kas iğciğinden kaynaklanan refleks kasılmaların azaltılmasına yönelik olarak tercih edilmektedir. Temel hedef, kas-tendon kompleksinin viskoelastik özelliklerinde değişim oluşturarak kasın pasif sertliğini azaltmak ve eklem hareket açıklığını artırmaktır (Chaabène vd., 2019).

Uygulama süresi açısından yazarlar arasında farklı görüşler mevcuttur. Germe süresi genellikle 15 ile 60 saniye arasında değişiklik göstermektedir. Kısa süreli germe uygulamaları (≤30 saniye) eklem hareketliliğini artırmaya yönelik olarak kullanılırken, daha uzun süreli uygulamalar (≥60 saniye) kas kısalıklarının azaltılmasında tercih edilmektedir (Behm vd., 2015). Bu doz ayrımı, uygulamanın performans üzerindeki etkisini doğrudan belirlediği için planlamanın merkezinde yer almalıdır.

Statik germe egzersizleri, antrenman öncesi uygulandığında kas performansında geçici azalmaya yol açabilmesi nedeniyle dikkatle planlanmalıdır. Buna karşın antrenman sonrasında ya da rehabilitasyon sürecinde uygulandığında kas elastikiyetinin ve eklem hareketliliğinin artırılmasında etkili bir yöntem olarak değerlendirilmektedir (Behm vd., 2015). Uygulama sırasında kas, ağrı eşiğine ulaşmadan hafif ile orta düzeyde bir gerginlik hissedilene kadar esnetilmeli ve bu pozisyon belirli bir süre boyunca korunmalıdır. Ani ve salınım şeklindeki hareketlerden kaçınılması, germe refleksinin tetiklenmesini önlemeye yardımcı olmaktadır. Her bir kas grubu için 2 ila 4 tekrar uygulanması ve tekrarlar arasında kısa süreli dinlenme aralıkları verilmesi önerilmektedir (Behm vd., 2015).



Şekil 1. Statik Germe Hareketleri

Statik Germe Egzersizlerinin Nöromusküler Mekanizması

Statik germe sırasında kas iğciğinden kaynaklanan tip Ia ve tip II afferent lifler gerilmeye hızlı yanıt verirken, gerilme kaynaklı gerilime duyarlı olduğu varsayılan Golgi tendon organı (tip Ib afferentler) liflerinin bu gerilime duyarsız kaldığı mikronörografi, EMG ve tork kayıtlarıyla gösterilmiştir (Behm vd., 2020). Otojenik inhibisyon olarak adlandırılan Golgi tendon organı refleksi di-sinaptik bir refleks olup gerilimi üreten kas grubunu inhibe etmektedir. Ancak bu inhibisyonun etkisi gerilimin sona ermesinden yaklaşık 60–100 ms sonra kaybolmakta ve süresi sonraki kas performansını etkilemek için yeterli görünmemektedir (Behm vd., 2020). Dolayısıyla otojenik inhibisyonun, uzun süreli statik germe sonrası ortaya

çıkan performans kaybının birincil mekanizması olarak açıklanması güncel kanıtlarla desteklenmemektedir. Kontrakt-relaks germe sırasında da Golgi tendon organı aktivitesinin kasılmanın sonlanmasıyla belirgin biçimde azaldığı veya durduğu, kasılma sonrasında dinlenme elektromiyografik aktivitesinin ise arttığı bildirilmiştir (Kay vd., 2015).

Bu doğrultuda, uzun süreli statik germe sonrası kuvvet ve güç kaybı motor ünite aktivasyonundaki azalma ile EMG genliği ve V-dalgasındaki düşüşlerle ilişkilendirilmekte (Chaabène vd., 2019), germe sonrası eklem hareket açıklığı kazanımları ise artan gerilme (ağrı) toleransı, azalan kas ve tendon sertliği, tiksotropik etkiler, kas iğciği disfasilitasyonu ve presinaptik inhibisyon gibi mekanizmalarla açıklanmaktadır (Behm vd., 2023).

Uzun süreli statik germe, H-refleksini baskılayarak kısa süreli kuvvet kaybına yol açabilir. Kas-tendon kompleksinin viskoelastik özelliklerinde meydana gelen bu değişim, kas sertliğini azaltmakta ve eklem hareket açıklığını artırmaktadır. Buna karşın artan mekanik komplians, patlayıcı güç gerektiren hareketlerde geçici bir performans düşüşüne neden olabilmektedir. Güncel kanıtlar, kısa süreli statik germe uygulamalarında nöromusküler aktivasyonun ve kas-tendon sertliğinin uzun süreli uygulamalardaki gibi etkilenmediğini göstermektedir. Bunun olası nedenlerinden biri dinamik ısınma programının yol açtığı kas sıcaklığı artışıdır. Kas sıcaklığındaki yükselme, kas lifi iletim hızını artırmakta ve aktin-miyozin bağlanmasını iyileştirmektedir (Chaabène vd., 2019). Bu nedenle statik germenin süresi ve uygulanma zamanı özenle planlanmalı, yoğun ve patlayıcı nitelikli aktivitelerden önce uzun süreli statik germe uygulamalarından kaçınılmalıdır (Chaabène vd., 2019).

Statik Germe Egzersizlerinin Performans Üzerine Etkileri

Statik germe egzersizlerinin uygulanması çeşitli performans parametrelerini etkileyebilmektedir. Bu parametrelerden biri esnekliktir. Esneklik, kasların yapısal özellikleri doğrultusunda uzayabilme, elastikiyet, kasılabilme ve uyarılabilme gibi temel yetenekleri kapsar. Sporun tüm branşlarında performansın artırılmasında önemli rol oynayan esneklik, sportif başarıların elde edilmesinde de kritik bir faktör olarak değerlendirilmektedir. Uygulamanın süresi, yoğunluğu, zamanlaması ve hedeflenen kas grubu gibi değişkenler performans sonuçlarında farklılıklar oluşmasına neden olabilmektedir (Chaabène vd., 2019). Genellikle 30

saniyelik pasif germe süresinin mobiliteyi artırmak için yeterli olduğu savunulmaktadır (Behm vd., 2015).

Fakat 60 saniyeden uzun süre uygulanan statik germeler, kas iğcikleri ve Golgi tendon organı aktivitesinde geçici bir inhibisyon oluşturarak motor ünite ateşleme sıklığını azaltabilir. Bu durum kas kuvveti ve patlayıcı güç üzerinde kısa süreli düşüşlere yol açabilmektedir. Söz konusu etkiler, germeyi takiben gerçekleştirilen yüksek yoğunluklu performans testlerinde daha belirgin hâle gelir ve sprint, dikey sıçrama ile çeviklik gibi hareketlerde performansın geçici olarak azalmasına neden olabilir (Chaabène vd., 2019).

Akut etkilerin nicel büyüklüğü meta-analitik düzeyde de ortaya konmuştur. Yüz dört çalışmayı kapsayan bir meta-analizde egzersiz öncesi statik germenin kuvvet performansını ortalama %5,4, güç performansını %1,9 ve patlayıcı performansı %2,0 oranında azalttığı; bu etkilerin yaş, cinsiyet veya kondisyon düzeyinden bağımsız olduğu, ancak izometrik ölçümlere kıyasla dinamik ölçümlerde daha belirginleştiği ve 45 saniye ve altındaki germe sürelerinde en küçük olumsuz etkinin görüldüğü rapor edilmiştir (Simic vd., 2012). Karşılaştırmalı derleme verileri de statik germenin performans üzerindeki etkisini yaklaşık %3,7 düzeyinde olumsuz olarak bildirmekte, kas grubu başına 60 saniyenin altındaki uygulamalarda bu kaybın %1,1'e gerilediğini, 60 saniye ve üzerindeki uygulamalarda ise %4,6'ya çıktığını göstermektedir (Behm vd., 2015).

Statik germenin uzun vadeli etkilerini inceleyen çalışmalar ise tabloyu önemli ölçüde değiştirmektedir. Kırk bir çalışmayı kapsayan bir meta-analizde kronik statik germe egzersizlerinin kas kuvveti üzerinde önemsizden küçüğe değişen olumlu bir etki (SMD = 0,21; %95 GA 0,10–0,32; p = 0,001) ve güç üzerinde benzer yönde bir etki (SMD = 0,19; %95 GA 0,12–0,26; p < 0,001) oluşturduğu bulunmuştur (Arntz vd., 2023). Başka bir sistematik derleme ve meta-analizde statik germenin uzun dönemde alt ekstremite kas kuvveti kazanımını potansiyelize ettiği (0,60 [0,20–1,00]) bildirilmiştir (Reis vd., 2024). Düzenli ve altı haftayı kapsayan günlük statik germe uygulamalarının maksimal izometrik kuvvet, kas kalınlığı ve esneklik üzerinde olumlu etkiler yarattığı belirtilmektedir. Bu kazanımların bir kısmının kas hipertrofisi yerine nöromüsküler adaptasyonlar, artan germe toleransı ve motor kontrolün gelişimi ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (Warneke vd., 2023). Bu bulgular, statik germenin uzun dönemde kas kuvveti kapasitesine de katkıda bulunabileceğini ortaya koymaktadır.

Maksimum güç üretimine dayanan spor dallarında başarıya ulaşmak için belli bir hareketin esas kasına yönelik statik germe egzersizlerinin yarışma öncesi uygulanmaması, uygulanması durumunda ise kısa sürelerin (10–15 sn gibi) kullanılması önerilmektedir (Simic vd., 2012). Isınma serilerinin bir parçası olarak kullanılan germe egzersizlerinin performansı artırdığına, sakatlık riskini azalttığına ve kas ağrısının başlamasını ertelediğine dair yaygın bir görüş bulunsa da, yapılan bazı çalışmalarda germe egzersizleri sonrasında yapılan kuvvet ve güç testlerinin sonuçlarında düşüş olduğunu göstermiştir (Simic vd., 2012).

Sonuç olarak mevcut veriler, statik germe egzersizlerinin performans üzerindeki etkilerinin uygulama süresi, yoğunluğu ve zamanlamasına bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Uzun süreli, yüksek yoğunluklu ve izole statik germeler kısa vadede performansı geçici olarak azaltabilirken; kısa süreli, dinamik egzersizlerle desteklenen ve düzenli uygulanan statik germe programları hareket açıklığını, hareket ekonomisini ve kas kuvvetini artıran etkili bir yöntem olarak değerlendirilmektedir (Arntz vd., 2023; Behm vd., 2015).

DİNAMİK GERME EGZERSİZLERİ

Dinamik germe egzersizleri, kas ve eklemlerin kontrollü, aktif ve ritmik hareketlerle hareket açıklığı sınırına kadar götürülmesini içeren bir esneme yöntemidir. Bu yaklaşım pasif uzatma yerine kasların aktif olarak uyarılmasına dayanır ve genellikle ısınma protokollerinin ayrılmaz bir parçası olarak uygulanır. Dinamik germenin kas-tendon ünitelerinin pasif sertliğini azaltarak eklem hareket açıklığını artırdığı ve bu etkinin belirli bir süre sürdürülebildiği gösterilmiştir. Örneğin dinamik germe sonrası hamstring kaslarında hem hareket açıklığı artmış hem de pasif sertlik azalmıştır. Ayrıca dinamik germenin tendon sertliği ve intramusküler koordinasyon üzerinde olumlu etkileri olduğu, kasları antrenman öncesi daha uygun bir "hazırlık" durumuna getirdiği belirtilmiştir (Opplert vd., 2020). Bu bulgular, dinamik germe egzersizlerinin özellikle sporcuların performans öncesi hazırlanmasında tercih edilebileceğini göstermektedir. Nitekim dinamik germe, kas sıcaklığını ve nöromusküler uyarımı artırarak sprint, sıçrama ve çeviklik gibi performans çıktılarının korunmasına ya da iyileşmesine katkı sağlayabilir (Opplert & Babault, 2017).

Dinamik germe kaslarda refleks inhibisyona yol açmamakta aksine motor ünite aktivasyonunu artırarak kas kuvvetinin daha etkili bir biçimde

kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Bu özelliği nedeniyle dinamik germe, performans öncesi uygulanan ısınma protokollerinin önemli bir bileşeni hâline gelmiştir (Behm vd., 2015). Etki mekanizması, kas-tendon ünitesinin viskoelastik özelliklerini belirgin biçimde değiştirmekten ziyade sinir-kas etkileşiminin düzenlenmesine dayanmaktadır. Aktif kas kasılmaları sırasında kas iğciği ve Golgi tendon organının uyarımı düşük düzeyde tutulmakta ve bu durum kasın patlayıcı kuvvet üretme kapasitesinin korunmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca dinamik germe, kas sertliğinde artışa neden olmaksızın eklem hareket açıklığını artırarak fonksiyonel mobilitenin geliştirilmesini desteklemektedir (Behm vd., 2023).

Dinamik germenin performans parametreleri üzerindeki olumlu etkilerinin önemli nedenlerinden biri kas sıcaklığını artırmasıdır. Kas sıcaklığındaki artış, enzimatik reaksiyonların hızlanmasına, oksijen kullanım kapasitesinin yükselmesine ve kas viskozitesinin azalmasına katkı sağlamaktadır. Bu fizyolojik değişimler kasın daha hızlı kasılıp gevşemesini mümkün kılarak çeviklik, hızlanma ve sıçrama gibi performans gerektiren hareketlerde avantaj oluşturabilmektedir. Ayrıca dinamik hareketlerin sinir sistemini aktiviteye hazırlaması, proprioseptif geri bildirim mekanizmalarının daha etkin kullanılmasına olanak tanımaktadır (McGowan vd., 2015).

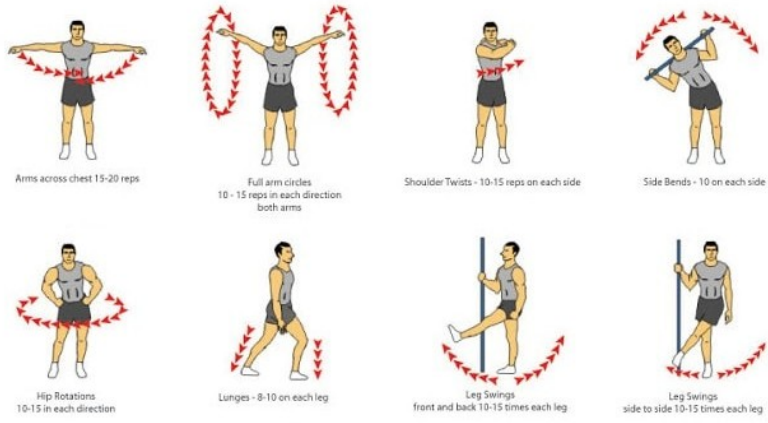
Dinamik Germe Egzersizlerinin Tanımı ve Uygulama İlkeleri

Dinamik germe egzersizleri, kas ve eklemlerin aktif kas kasılmaları eşliğinde, kontrollü ve ritmik hareketler aracılığıyla fonksiyonel hareket açıklığı boyunca çalıştırılmasını içeren bir esneme yöntemidir. Bu egzersizler, kasların belirli bir pozisyonda sabit tutulduğu statik germe uygulamalarından farklı olarak hareket hâlinde gerçekleştirilmekte ve temel amacı sinir-kas sistemini fiziksel aktiviteye hazırlamaktır (Opplert & Babault, 2017). Dinamik germe özellikle performans öncesi ısınma protokollerinde tercih edilmekte olup, kas-tendon ünitelerinin ve merkezi sinir sisteminin aktivasyonunu artırarak egzersize özgü hazırlık sağlamaktadır (McGowan vd., 2015).

Etki mekanizması, kas-tendon kompleksinin viskoelastik özelliklerini belirgin biçimde değiştirmekten ziyade sinir-kas koordinasyonunun ve motor ünite aktivasyonunun artırılmasına dayanmaktadır. Aktif kas kasılmaları sırasında kas iğciği ve Golgi tendon organının aşırı uyarımı önlenmekte, bu sayede refleks inhibisyon oluşmadan kas kuvveti ve patlayıcı

güç üretme kapasitesi korunabilmektedir (Behm vd., 2015). Ayrıca dinamik germe sırasında kas sıcaklığının artması, enzimatik reaksiyon hızının yükselmesine, kas viskozitesinin azalmasına ve sinir iletim hızının artmasına katkı sağlayarak performans gerektiren hareketlerde avantaj oluşturabilmektedir (McGowan vd., 2015).

Uygulama ilkeleri kontrollü hareket, progresif yüklenme ve fonksiyonel özgüllük temelinde şekillenmektedir. Uygulama sırasında hareketler düşük hız ve dar hareket açıklığıyla başlatılmalı, ilerleyen tekrarlarla birlikte kademeli olarak tam hareket açıklığına ulaşılmalıdır. Bu yaklaşım, kas-tendon yapılarının güvenli bir şekilde ısınmasını ve proprioseptif geri bildirim mekanizmalarının etkin biçimde kullanılmasını desteklemektedir (Behm vd., 2023). Dinamik germe hareketlerinin ani, kontrolsüz veya balistik nitelikte olmaması, yaralanma riskinin azaltılması açısından önem taşımaktadır. Literatürde dinamik germe egzersizlerinin genellikle 8–12 tekrar ve 1–2 set şeklinde, hedeflenen kas grubu ve yapılacak aktivitenin özelliklerine göre planlanması önerilmektedir. Hareketlerin spor dalına özgü olması, elde edilen kazanımların performansa aktarılabilirliğini artırmaktadır (Opplert & Babault, 2017). Bu bağlamda dinamik germe yalnızca eklem hareket açıklığını artırmaya yönelik bir yöntem değil; aynı zamanda kas aktivasyonu, denge, koordinasyon ve hareket ekonomisini geliştiren fonksiyonel bir hazırlık süreci olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 2. Dinamik Germe Hareketleri

Dinamik Germe Egzersizlerinin Nöromusküler Mekanizması

Dinamik germe, kas-tendon ünitesinin eklem hareket açıklığı boyunca kontrollü, ritmik ve aktif hareketler aracılığıyla uzatılıp kısaltılmasına dayanan bir esneklik yöntemidir. Bu yöntem, statik germeden farklı olarak yalnızca pasif mekanik özellikleri değil, merkezi ve periferik sinir sisteminin eş zamanlı katılımını gerektiren karmaşık bir nöromüsküler süreci içermektedir. Dinamik germe sırasında oluşan nöromusküler yanıtlar, kas iğcikleri, Golgi tendon organları, motor ünite rekrutmanı ve merkezi sinir sistemi aktivasyonu gibi çok sayıda fizyolojik mekanizmanın etkileşimi sonucunda ortaya çıkmaktadır (Behm vd., 2015).

Dinamik germe uygulamaları sırasında kas uzunluğunda meydana gelen hızlı ve tekrarlı değişimler, başta kas iğcikleri olmak üzere proprioseptif reseptörlerin uyarılmasına neden olur. Kas iğcikleri, kasın uzunluğu ve uzunluk değişim hızına duyarlı reseptörler olup bu bilgileri Ia afferent lifler aracılığıyla omuriliğe iletmektedir. Ancak dinamik germe egzersizlerinin kontrollü ve ritmik yapısı, ani ve aşırı gerilmelere kıyasla gerilme refleksinin aşırı aktivasyonunu sınırlandırmakta ve refleksif kas kasılmasını baskılamaktadır. Bu durum kasın daha akıcı ve fonksiyonel bir şekilde hareket etmesine olanak tanırken, aynı zamanda eklem stabilitesinin korunmasına katkı sağlamaktadır (Behm vd., 2023).

Kas-tendon ünitesinde yer alan Golgi tendon organları da dinamik germe sırasında önemli bir rol oynamaktadır. Golgi tendon organları kas gerilimini algılayarak Ib afferent lifler yoluyla merkezi sinir sistemine bilgi iletmekte ve otojenik inhibisyon mekanizmasını aktive etmektedir. Dinamik germe esnasında oluşan gerilim artışı, agonist kasın alfa motor nöron aktivitesinin geçici olarak azaltılmasına yol açarak kas gevşemesini kolaylaştırmakta ve eklem hareket açıklığının güvenli biçimde artırılmasını sağlamaktadır. Bu inhibisyon, statik germede olduğu gibi performansı baskılayıcı bir etki yaratmadan, fonksiyonel hareket kapasitesini destekleyici bir biçimde gerçekleşmektedir. Nitekim dinamik germe sonrası performans artışı kas ve vücut sıcaklığının yükselmesi, nöromusküler fonksiyonun iyileşmesi (kas iğciği refleks afferent uyarımının artması), antagonist kas inhibisyonunun azalması ve post-aktivasyon potansiyasyonu gibi faktörlerle açıklanmaktadır (Behm vd., 2023). Ayrıca dinamik germe eklem hareket açıklığını ve gerilme toleransını artırmakta, kas-tendon sertliğini azaltmakta, kalp atım hızı ile çekirdek ve kas sıcaklığını yükseltmekte, kasın viskoz

direncini düşürmekte ve kas koordinasyonu ile propriyosepsiyonu geçici olarak iyileştirmektedir (Opplert vd., 2020).

Dinamik germe aynı zamanda merkezi sinir sisteminin uyarılabilirliğini artırarak motor kontrol süreçlerini olumlu yönde etkilemektedir. Ritmik ve aktif hareketler, motor korteks ile omurilik arasındaki iletişimi güçlendirerek motor ünite rekrutmanını ve ateşleme frekansını artırmaktadır. Bu nöromüsküler aktivasyon kasın kuvvet üretme kapasitesini geçici olarak yükseltebilmekte ve performans öncesi hazırlık açısından önemli bir avantaj sağlamaktadır. Özellikle spor performansı bağlamında dinamik germe, agonist kas aktivasyonu ile antagonist kas inhibisyonu arasındaki dengeyi geliştirerek karşılıklı inhibisyon mekanizmasını desteklemekte ve hareket ekonomisini artırmaktadır (Haff, 2016). Bununla birlikte dinamik germe, nöromüsküler koordinasyonun geliştirilmesinde ve fonksiyonel hareket paternlerinin pekiştirilmesinde etkili bir araç olarak değerlendirilmektedir. Spor branşına özgü dinamik germe egzersizleri, merkezi sinir sisteminin belirli hareket dizilerine adaptasyonunu kolaylaştırmakta, sensörimotor entegrasyonu ve proprioseptif farkındalığı artırmaktadır. Uzun vadede bu adaptasyonlar kas-tendon ünitesinin viskoelastik özelliklerinin iyileşmesine, motor kontrolün gelişmesine ve nöromüsküler verimliliğin artmasına katkı sağlamaktadır (Behm vd., 2023).

Dinamik Germe Egzersizlerinin Performans Üzerine Etkileri

Dinamik germe egzersizleri, eklem hareket açıklığı boyunca kontrollü ve aktif hareketler aracılığıyla kas-tendon ünitesinin fonksiyonel olarak hazırlanmasını amaçlayan bir ısınma yöntemidir. Son yıllarda yapılan bilimsel çalışmalar, dinamik germe uygulamalarının spor performansı üzerindeki etkilerinin statik germeye kıyasla daha olumlu olabileceğini ortaya koymuştur. Bu olumlu etkiler kuvvet üretimi, güç, hız, çeviklik ve koordinasyon gibi performans bileşenleriyle yakından ilişkilidir (Behm vd., 2015).

Dinamik germe egzersizlerinin performans üzerindeki en önemli etkilerinden biri, kasın kuvvet ve güç üretme kapasitesini artırmasıdır. Aktif ve ritmik hareketler sırasında merkezi sinir sistemi uyarılabilirliği artmakta ve motor ünite ateşleme frekansı yükselmektedir. Bu nöromüsküler aktivasyon kasın daha yüksek düzeyde kuvvet üretmesine olanak tanımaktadır. Yapılan araştırmalar, dinamik germe içeren ısınma protokollerinin dikey sıçrama, sprint ve maksimal kuvvet performansını

olumlu yönde etkilediğini göstermektedir (Chaouachi vd., 2010). Buna karşılık statik germe egzersizlerinin performans öncesinde uzun süreli uygulanması, kas-tendon ünitesinin viskoelastik özelliklerinde geçici değişimlere neden olarak kuvvet üretimini azaltabilmektedir. Dinamik germe ise kas sertliğini optimal düzeyde düzenleyerek elastik enerji depolama ve geri kazanım kapasitesini desteklemektedir. Bu durum, özellikle gerilme-kısalma döngüsünün etkin kullanıldığı patlayıcı hareketlerde performans artışı sağlamaktadır (Reis vd., 2024).

Dinamik germenin performans parametreleri üzerindeki olumlu etkileri, farklı ısınma protokollerini karşılaştıran deneysel çalışmalarla da desteklenmektedir. Yirmi altı katılımcının üç farklı germe protokolünü karşılaştırdığı bir çalışmada, dinamik germe dikey sıçrama performansını kontrole kıyasla ortalama %3,32 artırırken PNF germenin %1,53 düzeyinde iyileşme sağladığı; sprint performansında ise dinamik germenin kontrol grubuna göre %1,05 daha hızlı bir zaman, PNF germenin ise %0,35 daha hızlı bir zaman ürettiği bildirilmiştir (Malek vd., 2024). Isınma protokollerinde yapılan statik germeden hemen sonra sıçrama ve sprint performansının düştüğü, bunun önüne geçmek için bu tür aktivitelerden önce dinamik germenin yapılmasının önerildiği belirtilmektedir (Atan, 2019). Eklem hareket genişliğinin önemli olduğu spor branşlarında hem sakatlanmayı en aza indirmek hem de yüksek performans sağlamak için germe çalışmalarının mutlaka yapılması gerekmektedir (Atan, 2019). Özellikle performansı artırma amacıyla uygulanan ve daha çok antrenmanların ısınma evresinde gerçekleştirilen dinamik germe hareketlerinin sürat ve patlayıcı kuvvet gerektiren hareketlerin performansını artırdığını destekleyen araştırmalar yapılmıştır (Polat vd., 2019).

Dinamik germe egzersizlerinin hız ve çeviklik performansı üzerindeki etkileri de literatürde geniş biçimde ele alınmıştır. Dinamik hareketler, sporcuların hareket hızını ve yön değiştirme yeteneğini geliştiren nöromüsküler koordinasyonu desteklemektedir. Sprint, sürat ve çeviklik testlerinde dinamik germe uygulayan bireylerin, statik germe veya germe içermeyen ısınma protokollerine kıyasla daha iyi performans sergilediği bildirilmektedir (Chaouachi vd., 2010). Bu durum, dinamik germe sırasında agonist ve antagonist kaslar arasındaki karşılıklı inhibisyon mekanizmasının daha etkili çalışmasıyla açıklanmaktadır. Meta-analitik kanıtlar da bu yönü desteklemekte ve dinamik germenin alt ekstremite güç performansı

kazanımını akut olarak ve uzun dönemde potansiyelize ettiği gösterilmiştir (Reis vd., 2024).

Performans üzerinde etkili olan bir diğer unsur da eklem hareket açıklığı ve hareket ekonomisidir. Dinamik germe egzersizleri, eklem hareket açıklığını artırırken kas aktivasyonunu baskılamadan hareket özgürlüğü sağlamaktadır. Artan hareket açıklığı, teknik uygulamaların daha etkin gerçekleştirilmesine ve gereksiz kas aktivasyonunun azalmasına katkı sunmaktadır. Bu bağlamda dinamik germe, sporcuların hareket verimliliğini artırarak performansın sürdürülebilirliğini desteklemektedir (Opplert & Babault, 2017).

Dinamik germe egzersizlerinin performansa dolaylı etkilerinden biri de yaralanma riskinin azaltılmasıyla ilişkilidir. Performansın sürekliliği açısından önemli olan bu etki, kas-tendon ünitesinin yüklenmelere daha iyi adapte olmasını sağlamaktadır. Dinamik germe, kas sıcaklığını artırarak dokuların elastikiyetini iyileştirmekte ve ani kuvvet üretimi gerektiren hareketlerde yaralanma olasılığını azaltmaktadır (Behm vd., 2023). Bununla birlikte dinamik germenin yaralanma insidansı üzerindeki etkisine dair literatürün statik germeye kıyasla daha sınırlı olduğu, dinamiğin eklem hareket açıklığını artırdığına dair kanıt bulunmakla birlikte kuvvet, denge, propriyosepsiyon ve kas-tendon sertliği üzerindeki etkilerinin daha az net olduğu belirtilmektedir (Behm vd., 2023).

Sonuç olarak dinamik germe egzersizleri, nöromüsküler aktivasyonu artırması, kuvvet ve güç üretimini desteklemesi, hız ve çeviklik performansını geliştirmesi ve hareket ekonomisini iyileştirmesi nedeniyle performans üzerinde olumlu etkilere sahiptir. Güncel literatür, performans öncesi ısınma protokollerinde dinamik germeye yer verilmesinin özellikle patlayıcı güç ve yüksek hız gerektiren spor branşlarında daha etkili bir yaklaşım olduğunu göstermektedir. Bu nedenle dinamik germe egzersizleri modern antrenman ve müsabaka hazırlık süreçlerinin vazgeçilmez bir bileşeni olarak değerlendirilmektedir (Behm vd., 2015; McGowan vd., 2015).

Statik ve Dinamik Germenin Karşılaştırmalı Değerlendirmesi

İki yöntem birlikte değerlendirildiğinde, literatürün ortaya koyduğu en tutarlı bulgu performans öncesi dönemde yöntem seçiminin belirleyici olduğudur. Farklı germe yöntemlerinin performans üzerindeki akut etkilerini karşılaştıran sistematik derleme, statik germenin performansı yaklaşık %3,7

oranında azalttığını buna karşılık dinamik germenin performansı yaklaşık %1,3 oranında artırdığını rapor etmektedir. Aynı derlemede statik germe için bir doz-yanıt ilişkisi gösterilmiş ve kas grubu başına 60 saniye ve üzerindeki uygulamalarda performans kaybının %4,6'ya çıktığı, 60 saniye altındaki uygulamalarda ise %1,1'e gerilediği bildirilmiştir. İlginç biçimde statik germe, uzun kas uzunluklarında orta düzeyde (%2,2) bir performans yararı da sağlamıştır (Behm vd., 2015). Statik germenin tüm olumsuz etki sonuçları göz önünde bulundurulduğunda, dikkat edilmesi gereken temel nokta germe süreleri olmalıdır (Simic vd., 2012). Bu durum, iki yöntemi birbirinin alternatifi olarak değil, farklı işlevleri yerine getiren iki araç olarak değerlendirmeyi gerektirmektedir. Statik germe, hareket açıklığı kazanımı ve germe toleransının artırılması bakımından güçlü bir araç olmayı sürdürmekte, akut performans koruma bakımından ise doza duyarlı hâle gelmektedir. Dinamik germe ise performans öncesi hazırlık işlevini, kuvvet ve güç çıktılarını baskılamadan yerine getirmektedir. Aşağıdaki özet bu karşıtlığı sistematik biçimde sunmaktadır:

Tablo 1. Statik ve Dinamik Germe Uygulamalarının Karakteristik Özellikleri ve Karşılaştırmalı Özeti

Karşılaştırma ekseni	Statik germe	Dinamik germe
Uygulama karakteri	Pasif, sabit pozisyon	Aktif, ritmik hareket
Tipik süre / doz	15–60 saniye; 2–4 tekrar	8–12 tekrar; 1–2 set
Baskın mekanizma	Viskoelastik uyum, artan gerilme toleransı	Motor ünite aktivasyonu, kas sıcaklığı artışı
Akut performans etkisi	Yaklaşık %3,7 olumsuz (doza bağlı)	Yaklaşık %1,3 olumlu
Doz eşiği	60 saniye (altı %1,1 / üzeri %4,6 kayıp)	—
Uzun vadeli etki	Kuvvet SMD = 0,21; güç SMD = 0,19	Alt ekstremite güç kazanımı potansiyelizasyonu
Öncelikli kullanım alanı	Antrenman sonrası, esneklik seansı, rehabilitasyon	Performans öncesi ısınma

SONUÇ VE ÖNERİLER

Germe egzersizleri, spor ve rehabilitasyon süreçlerinde ısınma ve soğuma rutinlerinin temel bileşeni olmayı sürdürmektedir. Bununla birlikte bu bölümde ele alınan kanıtlar, yöntemin türü, süresi, yoğunluğu ve uygulanma zamanının performans çıktılarını belirleyen asıl değişkenler olduğunu göstermektedir. Statik germe kısa süreli ve kontrollü uygulandığında hareket açıklığını artırırken performans üzerinde klinik olarak anlamlı bir olumsuz etki yaratmamakta ancak kas grubu başına 60 saniyeyi aşan uygulamalar maksimal kuvvet ve patlayıcı performansta yaklaşık %4–7,5 düzeyinde azalma oluşturabilmektedir (Chaabène vd., 2019). Dinamik germe ise nöromüsküler aktivasyonu artırarak kuvvet, güç, hız ve çeviklik çıktılarının korunmasına ya da iyileşmesine katkı sağlamakta ve günümüzde performans öncesi ısınma protokollerinin öncelikli bileşeni olarak değerlendirilmektedir (Behm vd., 2015, 2023).

Öte yandan germenin yaralanma önleme rolüne ilişkin kanıtların henüz yeterince güçlü olmadığı unutulmamalıdır. Sağlıklı sporculardaki 300 denemeyi kapsayan bir tarama çalışması, yaralanma verisi toplayan çalışma sayısının yalnızca beş olduğunu ve mevcut sonuçların germenin yaralanma önlemedeki rolünü desteklemediğini ortaya koymaktadır (Afonso vd., 2024). Bu nedenle germe uygulamalarının yaralanma önleyici etkisi, performans etkilerinden bağımsız olarak ve temkinli bir dille sunulmalıdır.

Bu doğrultuda uygulama önerileri şu şekilde özetlenebilir:

- **Performans öncesi dönemde:** Patlayıcı güç, sürat ve çeviklik gerektiren branşlarda statik germe yerine dinamik germe uygulamaları tercih edilmelidir (Behm vd., 2015; Malek vd., 2024). Germe içermeyen veya statik germe temelli ısınma protokollerine kıyasla dinamik germe, sprint ve sıçrama performansının korunmasına katkı sağlamaktadır (Chaouachi vd., 2010).
- **Statik germe kullanılacaksa:** Maksimum güç üretimine dayanan spor dallarında yarışma öncesi statik germe uygulanmaması, uygulanması durumunda kısa sürelerin (10–15 sn gibi) kullanılması önerilmektedir (Simic vd., 2012). Kas grubu başına 60 saniyenin altında kalındığında performans kaybı yaklaşık %1–2 düzeyinde kalmaktadır (Chaabène vd., 2019).
- **Esneklik gelişimi hedefleniyorsa:** Statik germe, antrenman sonrası veya ayrı bir esneklik seansı olarak konumlandırıldığında kas elastikiyeti ve eklem hareketliliğinin artırılmasında etkili bir yöntemdir (Behm vd.,

2015). Kalıcı esneklik kazanımı için 30 saniye civarındaki pasif germe sürelerinin mobilite artışı için yeterli olduğu savunulmaktadır (Behm vd., 2015). Uzun dönemde düzenli statik germe programları kas kuvveti ve gücü üzerinde olumlu, ancak küçük düzeyde etkiler göstermektedir (Arntz vd., 2023; Reis vd., 2024).

- **Isınma bütünlüğü:** Germe, tek başına bir ısınma biçimi olarak değil, aerobik aktivite, dinamik germe ve spora özgü hareketleri içeren bütünleşik bir ısınma rutininin bileşeni olarak konumlandırılmalıdır. Antrenman öncesi statik germe kullanılan durumlarda, sportif aktiviteye geçmeden önce en az 5 dakikalık bir toparlanma süresinin bırakılması önerilmektedir (Chaouachi vd., 2010).
- **Uzun vadeli planlama:** Yöntem seçimi kadar, o yöntemin antrenman döngüsü içindeki konumu da sonucu belirlemektedir. Kısa süreli, dinamik egzersizlerle desteklenen ve düzenli uygulanan programlar, hareket açıklığını, hareket ekonomisini ve kas kuvvetini artıran etkili bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir (Arntz vd., 2023; Behm vd., 2015). Gelecekteki araştırmaların özellikle spor dalına özgü performans ölçütleri üzerinde doz-yanıt ilişkilerini incelemesi, bu alandaki uygulama rehberliğini belirgin biçimde güçlendirecektir (Afonso vd., 2024).

KAYNAKÇA

Afonso, J., Andrade, R., Rocha-Rodrigues, S., Nakamura, F. Y., Sarmento, H., Freitas, S. R., Silva, A. F., Laporta, L., Abarghoueinejad, M., Akyıldız, Z., Chen, R., Pizarro, A., Ramírez-Campillo, R., & Clemente, F. M. (2024). What we do not know about stretching in healthy athletes: A scoping review with evidence gap map from 300 trials. *Sports Medicine,* 54(6), 1517–1551.

Akalp, K., & Vatansever, Ş. (2020). Effects of acute static stretching exercises on velocity, anaerobic power and balance performance. *International Journal of Sport Exercise & Training Sciences,* 6(3), 88–96.

Alemdaroğlu, U., Koz, M., & Köklü, Y. (2012). Germe egzersizlerinin performans üzerine akut etkileri. *Spor Bilimleri Dergisi,* 23(2), 68-76.

Atan, T. (2019). Farklı ısınma protokollerinin eklem hareket genişliği, sıçrama ve sprint performansına etkisi. *OPUS International Journal of Society Researches,* 13(19), 621-635.

Arntz, F., Markov, A., Behm, D. G., Behrens, M., Negra, Y., Nakamura, M., Moran, J., & Chaabène, H. (2023). Chronic effects of static stretching exercises on muscle strength and power in healthy individuals across the lifespan: A systematic review with multi-level meta-analysis. *Sports Medicine,* 53(3), 723–745.

Behm, D. G., Alizadeh, S., Daneshjoo, A., Anvar, S. H., Graham, A., Zahiri, A., Goudini, R., Edwards, C., Culleton, R., Scharf, C., & Konrad, A. (2023). Acute effects of various stretching techniques on range of motion: A systematic review with meta-analysis. *Sports Medicine - Open,* 9(1), 107.

Behm, D. G., Blazevich, A. J., Kay, A. D., & McHugh, M. P. (2015). Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism,* 41(1), 1–11.

Behm, D. G., Kay, A. D., Trajano, G. S., & Blazevich, A. J. (2020). Mechanisms underlying performance impairments following prolonged static stretching without a comprehensive warm-up. *European Journal of Applied Physiology,* 121(1), 67–94.

Bıçkıcı, İ., Yarar, H., Karlı, U., Çelebioğlu, Ç., İkizoğlu, N., Aksu, H., & Kocaağa, T. (2018). Germe tekniklerinin anaerobik performansa akut etkileri. *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi,* 20(3), 60-70.

Chaabène, H., Behm, D. G., Negra, Y., & Granacher, U. (2019). Acute effects of static stretching on muscle strength and power: An attempt to clarify previous caveats. *Frontiers in Physiology,* 10, 1468.

Chaouachi, A., Castagna, C., Chtara, M., Brughelli, M., Turki, O., Galy, O., Chamari, K., & Behm, D. G. (2010). Effect of warm-ups involving static or dynamic stretching on agility, sprinting, and jumping performance in trained individuals. *The Journal of Strength and Conditioning Research,* 24(8), 2001–2011.

Haff, G. G.(Ed.). (2016). Essentials of strength training and conditioning (4th edition). Human Kinetics.

Hindle, K., Whitcomb, T., Briggs, W., & Hong, J. (2012). Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF): Its mechanisms and effects on range of motion and muscular function. *Journal of Human Kinetics,* 31(2012), 105–113.

Kay, A. D., & Blazevich, A. J. (2011). Effect of acute static stretch on maximal muscle performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise,* 44(1), 154–164.

Kay, A. D., Husbands-Beasley, J., & Blazevich, A. J. (2015). Effects of contract–relax, static stretching, and isometric contractions on muscle–tendon mechanics. *Medicine & Science in Sports & Exercise,* 47(10), 2181–2190.

Malek, N. F. A., Nadzalan, A. M., Tan, K., Azmi, A. M. N., Vasanthi, R. K., Pavlović, R., Bădău, D., & Bădău, A. (2024). The acute effect of dynamic vs. proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on sprint and jump performance. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology,* 9(1), 42.

McGowan, C. J., Pyne, D. B., Thompson, K., & Rattray, B. (2015). Warm-Up strategies for sport and exercise: Mechanisms and applications. *Sports Medicine,* 45(11), 1523–1546.

Mor, A., Yurtseven, R., Mor, H., & Acar, K. (2021). 11-12 yaş grubu futbolcularda farklı ısınma protokollerinin bazı performans parametrelerine etkisi. *SPORMETRE Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi,* 19(4), 72–83.

Opplert, J., & Babault, N. (2017). Acute effects of dynamic stretching on muscle flexibility and performance: An analysis of the current literature. *Sports Medicine,* 48(2), 299–325.

Opplert, J., Païzis, C., Papitsa, A., Blazevich, A. J., Cometti, C., & Babault, N. (2020). Static stretch and dynamic muscle activity induce acute similar increase in corticospinal excitability. *PLoS ONE,* 15(3).

Page, P. (2012). Current concepts in muscle stretching for exercise and rehabilitation. *PubMed,* 7(1), 109–119.

Polat, S., Edis, Ç., & Catıkkas, F. (2019). Effects of dynamic and static stretching exercises applied in warm-up session on performance. *Turkish Journal of Sport Sciences,* 2(1), 31-38.

Reis, A. L. dos, Oliveira, L. C. de, Souza, A. Y. V. de, Neto, A. S., & Oliveira, R. G. de. (2024). Effects of stretching on muscle strength, endurance, and power performance: A systematic review and meta-analysis. *Isokinetics and Exercise Science,* 32(3), 181–197.

Kaba Sancak, A., Bilgin, Ü., Çolakoğlu, F. F., & Atıcı, E. (2024). Sporcularda farklı ısınma çeşitlerinin fonksiyonel hareket analizi skorlarına ve bazı performans değerlerine etkisi. *The Online Journal of Recreation and Sport,* 14(1), 13–24.

Simic, L., Šarabon, N., & Marković, G. (2012). Does pre-exercise static stretching inhibit maximal muscular performance? A meta-analytical review. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports,* 23(2), 131–148.

Warneke, K., Wirth, K. J., Keiner, M., Lohmann, L. H., Hillebrecht, M., Brinkmann, A., Wohlann, T., & Schiemann, S. (2023). Comparison of the effects of long-lasting static stretching and hypertrophy training on maximal strength, muscle thickness and flexibility in the plantar flexors. *European Journal of Applied Physiology,* 123(8), 1773–1787.

SPORTİF PERFORMANSTA PNF VE BALİSTİK GERME YAKLAŞIMLARI: NÖROFİZYOLOJİK TEMELLER, SINIRLILIKLAR VE KOŞULLU UYGULANABİLİRLİK

Mehmet Fatih Yüksel*

GİRİŞ

Germe egzersizleri, spor literatüründe ısınma rutinlerinin en yaygın bileşenleri arasında yer almakta ve uygulama biçimleri bakımından dinamik, statik, balistik ve Proprioseptif Nöromusküler Fasilitasyon (PNF) germe olarak sınıflandırılmaktadır. Bu yöntemler arasında statik ve dinamik germe, uygulama pratikliği ve performans etkilerinin geniş ölçüde incelenmiş olması bakımından literatürde öne çıkmakta ve ısınma protokollerinin yaygın bileşenleri olarak kabul edilmektedir. Buna karşılık PNF ve balistik germe, nörofizyolojik işleyişleri ve uygulama biçimleri bakımından bu iki yöntemden ayrılan, performans üzerindeki etkileri ise belirgin biçimde daha tartışmalı olan iki yaklaşımı oluşturmaktadır. Nitekim germe yöntemlerinin hangisinin hangi tür egzersizlerde daha faydalı olduğu hâlâ net olarak bilinmemektedir (Bıçkıcı vd., 2018; Polat vd., 2019).

PNF germe, kas esnekliğini artırmanın yanı sıra nöromusküler koordinasyonu geliştirmeyi hedefleyen ve nörofizyolojik ilkelere dayanan bir yaklaşımdır. Başlangıçta rehabilitasyon süreçlerinde kullanılmak üzere geliştirilen bu yöntemler, günümüzde spor bilimleri ve fizyoterapi alanlarında yaygın biçimde uygulanmaktadır. PNF teknikleri, motor fonksiyon rehabilitasyonunu geliştirmek için germe, traksiyon, eklem sıkışması ve direnç gibi proprioseptif uyaranları kullanan terapötik bir teknik olarak tanımlanmaktadır (Hindle vd., 2012). Bu tekniklerin en belirgin çıktılarından biri eklem hareket açıklığında meydana gelen artıştır. Bu artış sporcuların hareketleri daha geniş açılarda ve daha kontrollü şekilde gerçekleştirebilmesine olanak tanıyarak teknik performansa katkı sağlamaktadır (Hindle vd., 2012).

Balistik germe egzersizleri ise kas-tendon ünitesinin eklem hareket açıklığı sınırlarına doğru hızlı, ritmik ve sıçrayıcı hareketler aracılığıyla zorlandığı, momentum ve yerçekimi etkisinden yararlanarak kasın tekrarlayan biçimde uzatıldığı bir germe yöntemidir (Hartman, 2017). Bu

* Prof. Dr., Necmettin Erbakan Üniversitesi, Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi, Beden Eğitimi ve Spor Bölümü, Konya, Türkiye, yukselmehmetfatih@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6481-5098.

yöntem, kontrollü uzamadan ziyade hızlı ve sıçrayıcı karakteriyle öne çıkmakta ve bu yönüyle diğer germe biçimlerinden belirgin biçimde ayrılmaktadır.

Bu iki yöntemin ortak noktası, literatürde sakıncalarının ve sınırlılıklarının belirgin biçimde ortaya konmuş olmasıdır. PNF germe eklem hareket açıklığını artırmada etkili bulunmakla birlikte, diğer germe yöntemlerine kıyasla üstünlüğüne ilişkin kanıt kalitesi yeterli görülmemektedir (Wanderley vd., 2018). Akut uygulamalarda kas dayanıklılığında bozulma bildirilmekte (Reis vd., 2024) ve performans üzerindeki olumsuz etki yaklaşık %4,4 düzeyinde rapor edilmektedir (Behm vd., 2015). Balistik germede ise çelişkili sonuçlar öne çıkmakta ve balistik germeye odaklanan çalışmaların sayıca azlığı ve bulguların tutarsızlığı nedeniyle bu yöntemin performans öncesi kullanımına ilişkin net bir yargı oluşturulamamaktadır (Hartman, 2017). Uygulama açısından her iki yöntem de ek donanım, uygulayıcı desteği ya da yüksek teknik yeterlik gerektirmesi nedeniyle günlük antrenman pratiğinde diğer germe biçimlerine kıyasla daha az elverişlidir.

Ancak bu sınırlılıklar, söz konusu yöntemlerin tümüyle dışlanması anlamına gelmemektedir. PNF germe, yüksek esneklik gerektiren branşlarda hareket açıklığı kazanımı için değerini korumakta (Hindle vd., 2012) ve uzun vadeli, sistematik programlarda kas kuvveti ile koordinasyon üzerinde geliştirici etkiler ortaya koyabilmektedir (Kaya, 2018). Balistik germede ise salınım hareketinin esnekliği artırmaya yardımcı olduğu ve yaygın kanının aksine yaralanma olasılığını yükseltmediği belirtilmektedir. Bununla birlikte bu tür uygulamaların klasik balistik germe anlayışından ziyade teknik beceri geliştirmeye yönelik kontrollü dinamik hareketler olarak değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Hartman, 2017).

Ayrıca germe uygulamalarının yaralanma önleyici rolüne ilişkin kanıtların henüz yeterince güçlü olmadığı unutulmamalıdır. Sağlıklı sporcularda germeyi inceleyen kapsamlı bir tarama çalışması 300 denemenin yalnızca beşinde yaralanma verisi toplandığını ve mevcut sonuçların bu rolü desteklemediğini rapor etmiştir (Afonso vd., 2024). Bu nedenle yaralanma önleme iddiası, performans etkilerinden bağımsız olarak ve temkinli bir dille sunulmalıdır.

Bu bölüm PNF ve balistik germe yaklaşımlarını tanım, uygulama ilkeleri, nörofizyolojik temeller, performans etkileri ile sınırlılıklar ve koşullu uygulanabilirlik başlıkları altında ele almayı amaçlamaktadır.

PNF GERME EGZERSİZLERİ

Literatürde yer alan araştırmalar, PNF germe egzersizlerinin hem kısa vadeli (akut) hem de uzun vadeli (kronik) etkiler açısından esneklik gelişiminde etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle düzenli uygulamalar sonucunda eklem hareket açıklığında belirgin artışlar sağlandığı ve bu artışların statik germe yöntemlerine kıyasla daha yüksek olabileceği bildirilmektedir (Hindle vd., 2012; Kaya, 2018).

Kırk altı randomize kontrollü ve yarı randomize çalışmayı (toplam 1.864 genç sağlıklı yetişkin) kapsayan bir sistematik derlemede, kendi kendine uygulanan hold-relax tekniği ile kontrol grubu arasında eklem hareket açıklığı kazanımı açısından orta kalitede kanıt düzeyinde fark bulunduğu rapor edilmiştir. Bununla birlikte çalışma, PNF'nin diğer germe yöntemlerinden daha etkili olup olmadığına dair kesin bir yargıya varmak için kanıt kalitesinin yeterli olmadığını ve hiçbir olumsuz etkinin bildirilmediğini belirtmektedir (Wanderley vd., 2018). Bu bulgu, PNF'nin esneklik kazanımında etkili bir seçenek olduğunu ancak üstünlük iddiasının henüz yeterince desteklenmediğini göstermektedir (Fenanlampir vd., 2024).

PNF Germe Egzersizlerinin Tanımı ve Uygulama İlkeleri

PNF tekniklerinin etkili, güvenli ve amaca uygun şekilde uygulanabilmesi belirli kuramsal ve uygulamaya yönelik prensiplere dayanmaktadır. Bu prensipler, nörofizyolojik süreçlerin etkin biçimde aktive edilmesini sağlarken aynı zamanda kas-iskelet sistemi üzerinde oluşabilecek aşırı yüklenme riskini azaltmaktadır. PNF uygulamalarında ilk aşama, hedef kas grubunun doğru biçimde değerlendirilmesi ve birey için uygun başlangıç pozisyonunun belirlenmesidir. Kas, ağrı sınırına ulaşmadan kontrollü bir şekilde pasif germe pozisyonuna getirilmeli ve bu süreçte bireyin rahatlığı ön planda tutulmalıdır (Hindle vd., 2012).

PNF tekniklerinde kasılmanın süresi, şiddeti ve türü uygulamanın etkinliğini belirleyen temel faktörler arasındadır. İzometrik kasılmaların çoğunlukla 5–10 saniye süreyle uygulanması ve maksimal kasılmanın yaklaşık %60–80'i düzeyinde gerçekleştirilmesi önerilmektedir. Bu yoğunluk, Golgi tendon organlarının yeterli düzeyde uyarılmasını sağlarken

aşırı kasılmaya bağlı yaralanma riskini de sınırlandırmaktadır. Kasılma evresinin ardından gerçekleştirilen gevşeme ve yeniden germe aşaması, esneklik artışının temelini oluşturur. Bu aşamada kasın, mevcut hareket açıklığının ötesine dikkatli ve kontrollü biçimde ilerletilmesi gerekmektedir (Kaya, 2018).

PNF uygulamalarında göz önünde bulundurulması gereken bir diğer önemli nokta, doğru solunum düzeninin korunmasıdır. Egzersiz sırasında nefesin tutulması, kas içi basıncı artırarak hem performansı olumsuz etkileyebilir hem de kardiyovasküler açıdan risk oluşturabilir. Bu nedenle bireyin düzenli ve kontrollü nefes alıp vermesi sağlanmalıdır. Ayrıca uygulama sürecinde iletişim ve geri bildirim önemli bir rol oynar. Uygulayıcı ile birey arasındaki uyum, germe şiddetinin doğru ayarlanmasına katkı sağlar (Majhi & Mondal, 2021).

PNF teknikleri genellikle bir uygulayıcı eşliğinde gerçekleştirilmekle birlikte, bazı uyarlamaları bireysel olarak da uygulanabilmektedir. Partner destekli uygulamalar, uygun direnç sağlanması ve hareketin doğru düzlemde yapılması açısından avantaj sunmaktadır. Bununla birlikte bireysel uygulamalarda elastik bantlar ya da sabit destekler kullanılarak benzer etkiler elde edilebilir. Nitekim kendi kendine uygulanan hold-relax ve contract-relax varyasyonlarının eklem hareket açıklığı üzerindeki etkilerine konu araştırmalar da bulunmaktadır (Wanderley vd., 2018).

Egzersiz sıklığı ve programın planlanması, PNF'nin etkinliği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Araştırmalar, haftada 2–3 gün düzenli olarak uygulanan PNF egzersizlerinin eklem hareket açıklığını artırmada etkili olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte uygulama süresi, tekrar sayısı ve dinlenme aralıkları bireyin yaşı, fiziksel uygunluk düzeyi ve mevcut durumu dikkate alınarak bireye özgü şekilde düzenlenmelidir (Kaya, 2018). Özellikle rehabilitasyon sürecindeki bireylerde daha düşük yoğunluklu ve kontrollü uygulamalar tercih edilmelidir. PNF tekniklerinin uygulanmasında ilerleme prensibi dikkate alınmalıdır. Başlangıçta düşük şiddetli ve kısa süreli kasılmalarla başlayan uygulamalar, bireyin adaptasyon sürecine bağlı olarak kademeli şekilde artırılmalıdır. Bu yaklaşım hem performans gelişimini desteklemekte hem de yaralanma riskini azaltmaktadır (Majhi & Mondal, 2021).



Şekil 1. Hamstring germe egzersizi

PNF Germe Egzersizlerinin Nörofizyolojik Mekanizması

PNF germe uygulamaları, sinir sisteminin doğuştan gelen reflekslerini ve biyomekanik özelliklerini kullanır. Bu tekniklerin etkisi geleneksel olarak dört kuramsal mekanizma ile açıklanmıştır: Otojenik inhibisyon, resiprokal inhibisyon, stres gevşemesi ve kapı kontrol teorisi; eklem hareket açıklığındaki artışın bu dört mekanizmanın bir bileşiminden kaynaklandığı öne sürülmüştür (Hindle vd., 2012).

Ancak son yıllarda elektromiyografik ve mekanik ölçümlere dayanan çalışmalar bu açıklamaların yeterli olmadığını göstermektedir. Kontrakt-relaks germe sırasında Golgi tendon organı aktivitesi kasılma sonlandığında belirgin biçimde azalmakta ya da durmakta, kasılma evresinin hemen ardından dinlenme EMG aktivitesi ise artmaktadır. Bu nedenle otojenik inhibisyonun, eklem hareket açıklığındaki artışın ya da kontrakt-relaks germenin diğer yöntemlere üstünlüğünün temel mekanizması olması olası görünmemektedir (Kay vd., 2015). PNF germe sonrası eklem hareket açıklığındaki artış, aynı eklem açısında pasif direnç torkunun azalması (kas ve tendon sertliğindeki düşüş) ve germeye toleransın artması (ağrı duyarlılığının azalması) ile ilişkilendirilmektedir (Reiner vd., 2021). Bu bulgular, PNF'nin etkisinin refleks mekanizmalarından çok kas-tendon mekanik özellikleri ve gerilme toleransındaki değişimler üzerinden açıklanması gerektiğine işaret etmektedir (Behm vd., 2023).

PNF Germe Egzersizlerinin Performans Üzerine Etkileri

PNF germe egzersizleri, yalnızca esneklik kazanımını hedefleyen bir yöntem olmanın ötesinde, sportif performansın çeşitli bileşenlerini etkileyebilen çok yönlü bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda PNF uygulamalarının etkileri, kas kuvveti, patlayıcı güç, sürat, denge ve eklem hareket açıklığı gibi performans göstergeleri üzerinden incelenmektedir. Bununla birlikte bu etkilerin ortaya çıkış biçimi uygulamanın süresi, yoğunluğu, sıklığı ve özellikle antrenman içindeki zamanlamasına bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Ayrıca bireyin antrenman geçmişi ve fizyolojik özellikleri de elde edilen sonuçlar üzerinde belirleyici rol oynamaktadır (Hindle vd., 2012).

PNF germe tekniklerinin en belirgin çıktılarından biri eklem hareket açıklığında meydana gelen artıştır. Bu artış, sporcuların hareketleri daha geniş açılarda ve daha kontrollü şekilde gerçekleştirebilmesine olanak tanıyarak teknik performansa katkı sağlamaktadır. Özellikle cimnastik, dans ve dövüş sporları gibi yüksek esneklik gerektiren branşlarda bu durum önemli bir avantaj yaratmaktadır. Eklem hareket açıklığındaki gelişimin yalnızca kas-tendon ünitesinin elastik özelliklerindeki değişimlerle açıklanamayacağı, aynı zamanda merkezi sinir sistemi düzeyinde gerçekleşen nörofizyolojik adaptasyonların da bu sürece katkı sağladığı belirtilmektedir (Hindle vd., 2012). Bu adaptasyonlar, germe toleransının artması ve kasın daha geniş bir uzunluk aralığında etkili çalışabilmesi ile ilişkilendirilmektedir (Behm vd., 2023).

Kuvvet ve güç performansı açısından değerlendirildiğinde, PNF germe egzersizlerinin kısa süreli etkileri konusunda dikkatli olunması gerektiği vurgulanmaktadır. Karşılaştırmalı derlemeler, PNF germenin performans üzerinde yaklaşık %4,4 düzeyinde olumsuz bir etki oluşturduğunu ve bunun kısmen statik ve PNF germe sonrası kas aktivasyonundaki azalmayla ilişkili olabileceğini göstermektedir (Behm vd., 2015). Literatürde, özellikle antrenman öncesinde uygulanan yüksek yoğunluklu veya uzun süreli PNF protokollerinin maksimal kuvvet üretimi ve patlayıcı güç performansında geçici azalmalara yol açabileceğini gösteren bulgular yer almaktadır. Bu durumun, kas-tendon sertliğinin azalması ve motor ünite aktivasyonunda meydana gelen geçici değişikliklerle ilişkili olduğu düşünülmektedir (Hindle vd., 2012). Konuya ilişkin güncel bir meta-analiz, akut PNF uygulamalarının kas dayanıklılığında bozulmaya yol açtığını göstermektedir (Reis vd., 2024). Bununla birlikte daha düşük şiddette, kısa süreli ve spora özgü şekilde

planlanan PNF uygulamalarının bu olumsuz etkileri azaltabileceği ve hatta bazı durumlarda performansın korunmasına katkı sağlayabileceği ifade edilmektedir (Behm vd., 2015).

PNF ısınma uygulamalarının vücut ısısını ve kalp atım hızını artırdığı, esnekliği, dikey sıçramayı, çevikliği ve sürat performansını geliştirdiği gözlemlenmiştir (Majhi & Mondal, 2021). Literatürde, sportif aktivitenin uygulanmasından önce dinamik ısınma gibi düşük yoğunluktan yüksek yoğunluğa doğru yapılan istemli kasılmaların, sinir-kas aktivasyonunu aktif hâle getirerek güç ve performansı artırabileceği öne sürülmüştür (Majhi & Mondal, 2021). Karşılaştırmalı bir deneysel çalışmada ise PNF ısınması sonrası dikey sıçramanın kontrole kıyasla %1,53, sprint süresinin ise %0,35 oranında iyileştiği bildirilmiştir (Malek vd., 2024).

Uzun vadeli uygulamalar incelendiğinde ise PNF germe egzersizlerinin performans üzerinde daha olumlu ve kalıcı etkiler oluşturduğu görülmektedir. Düzenli olarak sürdürülen PNF programlarının kas kuvveti, koordinasyon ve fonksiyonel hareket kapasitesi üzerinde geliştirici etkiler ortaya koyabildiği bildirilmektedir. Bu gelişmelerin, artan hareket açıklığı sayesinde kasların daha optimal bir uzunluk-gerilim ilişkisi içinde çalışabilmesiyle bağlantılı olduğu düşünülmektedir (Kaya, 2018). Ayrıca bu süreçte kaslar arası koordinasyonun iyileşmesi ve hareket ekonomisinin artması da performansa dolaylı katkı sağlamaktadır.

Sürat, çeviklik ve reaksiyon zamanı gibi performans bileşenleri açısından PNF uygulamalarının etkisi büyük ölçüde uygulama zamanına bağlıdır. Antrenman öncesinde yapılan uzun süreli ve yüksek yoğunluklu germe uygulamalarının bu performans özelliklerini geçici olarak olumsuz etkileyebileceği, buna karşılık antrenman sonrasında ya da ayrı bir esneklik geliştirme seansı olarak uygulandığında genel performans kapasitesine katkıda bulunabileceği ifade edilmektedir. Bu nedenle PNF tekniklerinin antrenman planlamasında doğru zaman diliminde konumlandırılması önem taşımaktadır (Kaya, 2018).

Sonuç olarak PNF germe egzersizlerinin performans üzerindeki etkileri çok boyutlu bir yapı sergilemekte ve uygulama parametrelerine bağlı olarak farklı sonuçlar ortaya koymaktadır. Kısa vadede bazı performans çıktılarında geçici değişimler gözlemlenebilse de, uzun vadede sistematik ve bilinçli şekilde planlanan PNF uygulamalarının esneklik, kuvvet, koordinasyon ve genel hareket kalitesi üzerinde olumlu etkiler oluşturduğu söylenebilir. Bu

doğrultuda, PNF tekniklerinin antrenman programlarına entegrasyonu yapılırken spor dalının gereksinimleri, bireysel özellikler ve performans hedefleri dikkate alınarak bütüncül bir yaklaşım benimsenmelidir (Wanderley vd., 2018).

BALİSTİK GERME EGZERSİZLERİ

Balistik germe egzersizlerinin performans üzerindeki etkileri literatürde tartışmalı bir konu olarak yer almaktadır. Bazı erken dönem çalışmalar balistik germenin eklem hareket açıklığını artırabileceğini öne sürmüş olsa da, güncel araştırmalar bu yöntemin performans öncesi uygulamalarda sınırlı fayda sağladığını ve potansiyel yaralanma riskini artırabileceğini göstermektedir. Özellikle patlayıcı güç ve maksimal kuvvet gerektiren aktiviteler öncesinde balistik germe uygulanmasının kas aktivasyonunu olumsuz yönde etkileyebileceği bildirilmektedir (Hartman, 2017; Reis vd., 2024).

Konuya ilişkin güncel bir derleme, literatürün büyük bölümünün dinamik germenin güç performansını statik germeye kıyasla belirgin şekilde daha fazla artırdığını gösterdiğini ancak balistik germeye odaklanan az sayıdaki çalışmanın ise çelişkili sonuçlar verdiğini belirtmektedir. Aynı derleme, balistik germenin yaralanma riskini artırdığına dair yaygın kanının aksine, mevcut araştırmaların salınım hareketinin esnekliği artırmaya yardımcı olduğunu ve yaralanma olasılığını yükseltmediğini ortaya koyduğunu ifade etmektedir (Hartman, 2017). Bu bulgu, balistik germeye ilişkin yargıların kanıt temelinde yeniden değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Balistik germenin en önemli sınırlılıklarından biri, kas-tendon ünitesinin viskoelastik özellikleri üzerinde kontrolsüz değişimlere neden olabilmesidir. Yüksek hızda uygulanan gerilme kuvvetleri, tendon ve bağ dokularının elastik toleransını aşarak yaralanma riskini artırabilmektedir. Bu durum özellikle esneklik düzeyi düşük bireylerde ve rehabilitasyon sürecindeki sporcularda daha belirgin hâle gelmektedir (Afonso vd., 2024).

Balistik Germe Egzersizlerinin Tanımı ve Uygulama İlkeleri

Balistik germe egzersizleri, kas-tendon ünitesinin eklem hareket açıklığı boyunca yüksek hızda ve tekrarlayıcı salınım hareketleriyle zorlandığı bir esneklik yöntemidir. Bu yaklaşımda kaslar momentumdan yararlanılarak ani ve ritmik biçimde uzatılmakta ve hareketler genellikle

duraksama olmaksızın devam etmektedir. Balistik germe, kontrollü uzamadan ziyade hızlı ve sıçrayıcı karakteriyle öne çıkmakta ve bu yönüyle statik ve kontrollü dinamik germe yöntemlerinden belirgin biçimde ayrılmaktadır (Hartman, 2017).

Balistik germe egzersizlerinin uygulanmasında bireyin fiziksel yeterliliği ve antrenman geçmişi temel belirleyici unsurlar arasında yer almaktadır. Yeterli kas kuvveti, esneklik ve motor kontrol düzeyine sahip olmayan bireylerde bu germe yönteminin uygulanması yaralanma riskini artırabilmektedir. Bu doğrultuda balistik germe egzersizlerinin başlangıç düzeyindeki bireyler veya rehabilitasyon sürecindeki sporcular için uygun olmadığı, daha çok ileri düzey sporcular tarafından ve spor dalına özgü gereksinimler doğrultusunda uygulanması gerektiği belirtilmektedir (Afonso vd., 2024).

Uygulama ilkeleri açısından balistik germe egzersizlerinin mutlaka yeterli bir genel ve özel ısınma sonrasında gerçekleştirilmesi önerilmektedir. Kas sıcaklığının artırılması, kas-tendon ünitesinin viskoelastik özelliklerini iyileştirerek ani gerilmelere karşı toleransı artırmaktadır. Bununla birlikte hareket genişliğinin bireyin mevcut eklem hareket açıklığı sınırları içinde tutulması, aşırı zorlayıcı salınımlardan kaçınılması ve tekrar sayılarının sınırlı tutulması gerekmektedir. Bu ilkeler, balistik germe sırasında oluşabilecek olumsuz mekanik yüklenmelerin azaltılmasına katkı sağlamaktadır (Afonso vd., 2024).

Güncel yaklaşımlar, balistik germenin performans öncesi ısınma protokollerinde rutin bir uygulama olarak kullanılmasını önermemekte bunun yerine daha kontrollü ve fonksiyonel yöntemlerin tercih edilmesini desteklemektedir. Bununla birlikte bazı spor branşlarında, özellikle teknik hareketlerin yüksek hız ve salınım içerdiği disiplinlerde (örneğin cimnastik, dövüş sporları veya atletizmin belirli branşları), balistik özellik taşıyan hareketlerin spor spesifik hazırlık kapsamında sınırlı biçimde yer aldığı görülmektedir. Ancak bu uygulamaların klasik balistik germe anlayışından ziyade, teknik beceri geliştirmeye yönelik kontrollü dinamik hareketler olarak değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Hartman, 2017).



Şekil 2. Balistik germe hareketleri

Balistik Germe Egzersizlerinin Nörofizyolojik Mekanizması

Balistik germe egzersizlerinde hareketler genellikle kontrolsüz veya yarı kontrollü salınımlar şeklinde gerçekleştirilmekte olup, kasın fizyolojik sınırlarına kısa süreli ve yüksek hızda yüklenmeler uygulanmaktadır. Bu özellikleri nedeniyle balistik germe uygulamaları, diğer germe yöntemlerinden nöromüsküler etki mekanizmaları açısından belirgin biçimde ayrılmaktadır (Hartman, 2017).

Balistik germe uygulaması sırasında kas uzunluğunda meydana gelen ani ve hızlı değişimler, kas iğciklerinin yoğun biçimde uyarılmasına neden olmaktadır. Kas iğcikleri, kasın uzunluk değişim hızına duyarlı reseptörler olduğundan, bu tür hızlı gerilmelere karşı gerilme refleksi aracılığıyla refleksif kas kasılması oluşturabilmektedir. Bu refleks yanıt, kasın gevşemesini engelleyerek germe etkinliğini sınırlayabileceği gibi, kontrolsüz uygulamalarda kas-tendon ünitesinde aşırı gerilmelere ve mikro travmalara yol açabilmektedir. Bu nedenle balistik germe, nöromüsküler açıdan yüksek risk içeren bir yöntem olarak değerlendirilmektedir (Hartman, 2017).

Balistik Germe Egzersizlerinin Performans Üzerine Etkileri

Balistik germe egzersizlerinin spor performansı üzerindeki etkileri literatürde uzun süredir tartışılan bir konu olarak yer almaktadır. Bu germe yöntemi, kas-tendon ünitesinin eklem hareket açıklığı sınırlarına doğru hızlı ve sıçrayıcı hareketlerle zorlanmasını içermekte olup, özellikle kas iğciklerinin yoğun biçimde uyarılması nedeniyle nöromusküler sistem üzerinde belirgin etkiler oluşturmaktadır. Performans bağlamında balistik germenin etkileri, kuvvet üretimi, güç, hız ve koordinasyon gibi temel motor performans bileşenleri üzerinden değerlendirilmektedir (Hartman, 2017).

Yapılan çalışmalar, performans öncesinde uygulanan balistik germe egzersizlerinin maksimal kuvvet ve patlayıcı güç çıktılarında azalmaya neden olabileceğini göstermektedir. Konuya ilişkin meta-analitik kanıtlar, farklı germe türlerinin akut performans etkilerinin birbirinden ayrıştığını ve balistik nitelikli hızlı uygulamaların ölçülen performans çıktılarında tutarlı bir artış üretmediğini ortaya koymaktadır (Reis vd., 2024; Simic vd., 2012).

Balistik germe egzersizlerinin hız ve çeviklik performansı üzerindeki etkileri de sınırlı ve tutarsız bulgular içermektedir. Yüksek hızda uygulanan kontrolsüz salınım hareketleri, kısa süreli nöromusküler inhibisyona yol açarak motor kontrolün azalmasına neden olabilmektedir. Bu durum, özellikle karmaşık ve çok yönlü hareketler sırasında performansın düşmesine yol açabilmektedir. Literatürde, balistik germe içeren ısınma protokollerinin dinamik germe temelli protokollere kıyasla çeviklik ve hız performansında daha az olumlu sonuçlar ortaya koyduğu belirtilmektedir (Simic vd., 2012).

Bununla birlikte bazı araştırmalar, balistik özellikler taşıyan hareketlerin belirli koşullar altında performans üzerinde nötr veya sınırlı olumlu etkiler yaratabileceğini öne sürmektedir. Özellikle yüksek düzeyde deneyime sahip sporcularda ve spor dalına özgü salınım içeren teknik hareketlerin bir parçası olarak uygulandığında, balistik özellikler taşıyan hareketlerin performansı doğrudan olumsuz etkilemeyebileceği belirtilmektedir. Ancak bu tür uygulamaların klasik anlamda balistik germe egzersizlerinden ziyade teknik hazırlık veya dinamik hareket kalıpları kapsamında değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Hartman, 2017). Güncel meta-analiz ve derleme çalışmalarında, performans öncesi uygulanan balistik germe egzersizlerinin performans artırıcı bir yöntem olarak önerilmediği görülmektedir. Aksine bu germe türünün, kas-tendon ünitesinde gereksiz mekanik stres oluşturabileceği ve akut performans çıktıları üzerinde olumsuz veya etkisiz sonuçlar doğurabileceği ifade edilmektedir. Bu nedenle performans öncesi ısınma protokollerinde balistik germe yerine daha kontrollü ve nöromusküler aktivasyonu destekleyen yöntemlerin tercih edilmesi önerilmektedir (Afonso vd., 2024; Reis vd., 2024).

Sonuç olarak balistik germe egzersizlerinin performans üzerindeki etkileri genel olarak sınırlı ve çoğu durumda olumsuz olarak değerlendirilmektedir. Hızlı ve kontrolsüz gerilme hareketleri, kasın optimal kuvvet ve güç üretme kapasitesini geçici olarak azaltabilmekte ve motor kontrolü olumsuz etkileyebilmektedir. Bu doğrultuda balistik germe

egzersizlerinin performans geliştirme amacıyla rutin olarak kullanılmasının uygun olmadığı yalnızca belirli spor dallarında, sporcuya özgü ve dikkatle planlanmış uygulamalar çerçevesinde sınırlı biçimde ele alınması gerektiği sonucuna varılmaktadır (Hartman, 2017).

PNF VE BALİSTİK GERMEDE SINIRLILIKLAR VE KOŞULLU UYGULANABİLİRLİK

PNF ve balistik germe, literatürde performans etkileri bakımından en tartışmalı iki germe yaklaşımı olarak öne çıkmaktadır. Bu iki yöntemin sınırlılıkları farklı eksenlerde yoğunlaşmakla birlikte, ortak sonuç her ikisinin de ancak belirli koşullar sağlandığında uygulanabilir olduğudur. Bu bölümde söz konusu sınırlılıklar beş başlık altında sistematik biçimde ele alınmaktadır.

Uygulama Pratikliği ve Uygulayıcı Bağımlılığı

PNF teknikleri genellikle bir uygulayıcı eşliğinde gerçekleştirilmekte olup, partner destekli uygulamalar uygun direnç sağlanması ve hareketin doğru düzlemde yapılması açısından avantaj sunmaktadır. Bireysel uygulamalarda elastik bant ya da sabit destek kullanımı gerekmekte, kendi kendine uygulanan hold-relax ve contract-relax varyasyonları bu kapsamda araştırılmıştır (Wanderley vd., 2018). İzometrik kasılmaların 5–10 saniye süreyle ve maksimal kasılmanın %60–80'i yoğunluğunda uygulanması, programın haftada 2–3 gün olarak planlanması önerilmektedir (Kaya, 2018; Wanderley vd., 2018). Bu parametreler, yöntemi takım sporlarının kalabalık antrenman ortamlarında ve sınırlı antrenör kadrosuyla yürütülen seanslarda pratik açıdan dezavantajlı konuma getirmektedir.

Balistik germede ise başlangıç düzeyindeki bireyler ve rehabilitasyon sürecindeki sporcular için uygunluk bulunmadığı, yöntemin yüksek teknik yeterlik gerektirdiği belirtilmektedir (Afonso vd., 2024). Yeterli kas kuvveti, esneklik ve motor kontrol düzeyine sahip olmayan bireylerde uygulama yaralanma riskini artırmaktadır. Bu nedenle balistik germe, kitlesel katılımlı antrenman ortamlarında uygulanabilirliği en düşük germe biçimi olarak değerlendirilmektedir.

Akut Performans Üzerindeki Olumsuz Etkiler

Karşılaştırmalı derlemeler PNF germenin performans üzerinde yaklaşık %4,4 düzeyinde olumsuz etki oluşturduğunu göstermektedir (Behm vd., 2015). Güncel bir meta-analiz akut PNF uygulamalarının kas

dayanıklılığında bozulmaya yol açtığını rapor etmektedir (Reis vd., 2024). Balistik germede performans öncesi uygulama, maksimal kuvvet ve patlayıcı güç çıktılarında azalmaya neden olabilmekte ve balistik nitelikli hızlı uygulamalar ölçülen performans çıktılarında tutarlı bir artış üretmemektedir (Reis vd., 2024; Simic vd., 2012). Bu nedenle her iki yöntemin de antrenman içindeki zamanlaması belirleyici hâle gelmektedir. Aynı protokolün antrenman öncesi uygulanması performansı baskılarken, antrenman sonrası veya ayrı bir esneklik seansı olarak konumlandırılması bu olumsuz etkiyi ortadan kaldırabilmektedir (Kaya, 2018).

Kanıt Kalitesi ve Üstünlük İddiasının Sınırlılığı

Kırk altı randomize kontrollü ve yarı randomize çalışmayı (toplam 1.864 genç sağlıklı yetişkin) kapsayan sistematik derleme, PNF'nin diğer germe yöntemlerinden daha etkili olup olmadığına dair kesin bir yargıya varmak için kanıt kalitesinin yeterli olmadığını bildirmektedir (Wanderley vd., 2018). PNF'nin uzun vadede üstünlüğü, ancak esneklik kazanımı düzeyinde ve cinsiyet ekseninde tartışılmaktadır (Fenanlampir vd., 2024). Balistik germede ise yönteme odaklanan çalışmaların sayıca azlığı nedeniyle bulgular çelişkilidir (Hartman, 2017). Bu durum, iki yöntemin spor dalına özgü kullanımının kişisel deneyim ve branş geleneğine dayandığını, evrensel bir reçete oluşturulamadığını göstermektedir. Sağlıklı sporcularda germeyi inceleyen 300 denemeyi kapsayan tarama çalışmasının yaralanma verisi toplayan yalnızca beş çalışma bulması (Afonso vd., 2024), bu kanıt boşluğunun yalnızca performans etkileriyle sınırlı olmadığını göstermektedir.

Yaralanma Riski ve Uygun Popülasyon

Balistik germede kas-tendon ünitesinin viskoelastik özellikleri üzerinde kontrolsüz değişimler oluşabilir; yüksek hızda uygulanan gerilme kuvvetleri tendon ve bağ dokularının elastik toleransını aşabilmektedir. Bu durum esneklik düzeyi düşük bireyler ile rehabilitasyon sürecindeki sporcularda daha belirgindir (Afonso vd., 2024). Uygulama öncesi yeterli genel ve özel ısınma, hareket genişliğinin bireyin mevcut eklem hareket açıklığı sınırları içinde tutulması ve tekrar sayısının sınırlandırılması zorunlu görünmektedir (Afonso vd., 2024). Balistik germenin yalnızca ileri düzey sporcular ve spor dalına özgü gereksinimler doğrultusunda düşünülmesi önerilmektedir (Afonso vd., 2024).

Öte yandan balistik germeye ilişkin genel yargının da kanıt temelinde yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir. Güncel derleme, balistik germenin yaralanma riskini artırdığına dair yaygın kanının aksine, mevcut araştırmaların salınım hareketinin esnekliği artırmaya yardımcı olduğunu ve yaralanma olasılığını yükseltmediğini ortaya koyduğunu ifade etmektedir (Hartman, 2017). Dolayısıyla yaralanma riski, yöntemin doğasından çok uygulama koşulları ve sporcu profiliyle ilişkili görünmektedir.

Spor Dalına Özgü Kullanım Alanları

PNF germe, cimnastik, dans ve dövüş sporları gibi yüksek esneklik gerektiren branşlarda teknik performansa katkı sağlayan bir avantaj yaratmaktadır (Hindle vd., 2012); PNF ısınma uygulamalarının vücut ısısı ile kalp atım hızını artırdığı, esneklik, dikey sıçrama, çeviklik ve sürat performansını geliştirdiği gözlemlenmiştir (Majhi & Mondal, 2021). Karşılaştırmalı bir çalışmada PNF ısınması sonrası dikey sıçramanın %1,53, sprint süresinin %0,35 oranında iyileştiği bildirilmiştir (Malek vd., 2024). Balistik özellik taşıyan hareketler ise teknik hareketlerin yüksek hız ve salınım içerdiği disiplinlerde (cimnastik, dövüş sporları veya atletizmin belirli branşları) spor spesifik hazırlık kapsamında sınırlı biçimde yer almakta; ancak bunların klasik balistik germe değil, kontrollü dinamik hareketler olarak değerlendirilmesi gerekmektedir (Hartman, 2017). Aşağıdaki tablo, iki yöntemin sınırlılıklarını ve koşullu kullanım alanlarını özetlemektedir:

Tablo 1. PNF ve Balistik Sınırlılık ve Koşullu Kullanım Alanları

Eksen	PNF germe	Balistik germe
Uygulayıcı gereksinimi	Genellikle partner/uygulayıcı; bireysel uygulamada elastik bant	Yüksek teknik yeterlik; başlangıç düzeyi ve rehabilitasyon için uygun değil
Kilit parametreler	5–10 sn izometrik kasılma, %60–80 yoğunluk, haftada 2–3 gün	Yeterli ısınma, sınırlı hareket genişliği, sınırlı tekrar
Akut performans etkisi	Yaklaşık %4,4 olumsuz; kas dayanıklılığında bozulma	Tutarlı artış yok; maksimal kuvvet ve patlayıcı güçte azalma

Eksen	PNF germe	Balistik germe
Kanıt durumu	Üstünlük iddiası için kanıt kalitesi yetersiz (46 çalışma; 1.864 katılımcı)	Çalışma sayısı az, bulgular çelişkili
Uygun popülasyon	Yüksek esneklik gerektiren branşlar; rehabilitasyon düşük yoğunlukta	İleri düzey sporcular
Öncelikli konum	Antrenman sonrası veya ayrı esneklik seansı	Spor dalına özgü sınırlı uygulamalar

SONUÇ VE ÖNERİLER

PNF ve balistik germe, spor ve rehabilitasyon süreçlerinde farklı gerekçelerle başvurulan ancak uygulama koşullarına yüksek düzeyde duyarlı iki yaklaşım olarak ortaya çıkmaktadır. PNF germe, eklem hareket açıklığını artırmada etkili bir seçenek olmayı sürdürmekte buna karşın bu kazanımın diğer germe yöntemlerine üstün olduğuna dair kanıt kalitesi yeterli görülmemektedir (Wanderley vd., 2018). Akut dönemde kuvvet, güç ve dayanıklılık üzerindeki geçici olumsuz etkiler (Behm vd., 2015; Reis vd., 2024) nedeniyle PNF'nin antrenman döngüsü içindeki konumu, müsabaka öncesi değil, antrenman sonrası ya da ayrı bir esneklik seansı olarak özenle planlanmalıdır (Kaya, 2018). Balistik germe ise nöromüsküler açıdan yüksek uyarılabilirlik yaratması ve kontrolsüz uygulandığında yaralanma riskini artırması nedeniyle performans öncesi rutin kullanımda önerilmemektedir (Afonso vd., 2024; Hartman, 2017).

Bununla birlikte iki yöntem de tümüyle dışlanamamaktadır. PNF ısınma uygulamaları sonrasında dikey sıçramada %1,53 ve sprint süresinde %0,35 oranında iyileşme yaratması (Malek vd., 2024), uzun vadeli programlarda kas kuvveti ve koordinasyon üzerinde geliştirici etkiler ortaya koyabilmesi (Kaya, 2018) ve hiçbir olumsuz etki bildirilmemiş olması (Wanderley vd., 2018) bu yöntemin koşullu kullanımını desteklemektedir. Balistik germede ise salınım hareketinin esnekliği artırmaya yardımcı olduğu ve yaralanma olasılığını yükseltmediği yönündeki bulgular (Hartman, 2017), yönteme ilişkin genel yargının kanıt temelinde yeniden değerlendirilmesini gerektirmektedir.

Bu doğrultuda uygulama önerileri şu şekilde özetlenebilir:

- **PNF kullanılacaksa:** İzometrik kasılmalar 5–10 saniye süreyle ve maksimal kasılmanın %60–80'i yoğunluğunda uygulanmalı, program haftada 2–3 gün olarak planlanmalı ve antrenman öncesi dönemde uzun süreli protokollerden kaçınılmalıdır (Kaya, 2018; Wanderley vd., 2018).
- **Balistik germe:** Performans öncesi ısınma protokollerinde rutin uygulama olarak yer almamalı; yalnızca ileri düzey sporcularda, yeterli ısınma sonrasında ve spor dalına özgü sınırlı uygulamalar çerçevesinde düşünülmelidir (Afonso vd., 2024; Hartman, 2017).
- **Isınma bütünlüğü:** Her iki yöntemde de germe, tek başına bir ısınma biçimi olarak değil; aerobik aktivite, dinamik germe ve spora özgü hareketleri içeren bütünleşik bir ısınma rutininin bileşeni olarak konumlandırılmalıdır (Chaouachi vd., 2010).
- **Kanıt temelli temkinlilik:** Germe uygulamalarının yaralanma önleyici etkisine ilişkin kanıtların henüz yeterince güçlü olmadığı unutulmamalıdır. 300 denemeyi kapsayan bir tarama çalışması yaralanma verisi toplayan çalışma sayısının yalnızca beş olduğunu ortaya koymaktadır (Afonso vd., 2024). Bu nedenle PNF ve balistik germeye ilişkin genel bir "iyi" veya "kötü" yargısı yerine; spor dalının gereksinimleri, sporcunun bireysel özellikleri ve hedeflenen performans bileşeni dikkate alınarak yapılan bireyselleştirilmiş bir planlama benimsenmelidir.

KAYNAKÇA

Afonso, J., Andrade, R., Rocha-Rodrigues, S., Nakamura, F. Y., Sarmento, H., Freitas, S. R., Silva, A. F., Laporta, L., Abarghoueinejad, M., Akyıldız, Z., Chen, R., Pizarro, A., Ramírez-Campillo, R., & Clemente, F. M. (2024). What we do not know about stretching in healthy athletes: A scoping review with evidence gap map from 300 trials. *Sports Medicine,* 54(6), 1517–1551.

Atan, T. (2019). Farklı ısınma protokollerinin eklem hareket genişliği, sıçrama ve sprint performansına etkisi. *OPUS International Journal of Society Researches,* 13(19), 621-635.

Behm, D. G., Alizadeh, S., Daneshjoo, A., Anvar, S. H., Graham, A., Zahiri, A., Goudini, R., Edwards, C., Culleton, R., Scharf, C., & Konrad, A. (2023). Acute effects of various stretching techniques on range of motion: A systematic review with meta-analysis. *Sports Medicine - Open,* 9(1), 107.

Behm, D. G., Blazevich, A. J., Kay, A. D., & McHugh, M. P. (2015). Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: A systematic review. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism,* 41(1), 1–11.

Bıçkıcı, İ., Yarar, H., Karlı, U., Çelebioğlu, Ç., İkizoğlu, N., Aksu, H., & Kocaağa, T. (2018). Germe tekniklerinin anaerobik performansa akut etkileri. *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi,* 20(3), 60-70.

Chaouachi, A., Castagna, C., Chtara, M., Brughelli, M., Turki, O., Galy, O., Chamari, K., & Behm, D. G. (2010). Effect of warm-ups involving static or dynamic stretching on agility, sprinting, and jumping performance in trained individuals. *The Journal of Strength and Conditioning Research,* 24(8), 2001–2011.

Fenanlampir, A., Lumba, A. J. F., Mutohir, T. C., & García-Jiménez, J. V. (2024). The differences between static stretching and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on flexibility: A gender review. *Jurnal Keolahragaan,* 12(1), 67–76.

Hartman, Z. C. (2017). The Effect of Four Different Stretching Protocols on Muscular Power. Digital Commons - Winthrop University (Winthrop University).

Hindle, K., Whitcomb, T., Briggs, W., & Hong, J. (2012). Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF): Its mechanisms and effects on range of motion and muscular function. *Journal of Human Kinetics,* 31(2012), 105–113.

Kay, A. D., Husbands-Beasley, J., & Blazevich, A. J. (2015). Effects of contract–relax, static stretching, and isometric contractions on muscle–tendon mechanics. *Medicine & Science in Sports & Exercise,* 47(10), 2181–2190.

Kaya, F. (2018). Positive effects of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on sports performance: A Review. *Journal of Education and Training Studies,* 6(6), 1.

Majhi, M., & Mondal, S. (2021). Effect of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on physical fitness: A Critical Analysis. *GSC Advanced Research and Reviews,* 6(1), 71–75.

Malek, N. F. A., Nadzalan, A. M., Tan, K., Azmi, A. M. N., Vasanthi, R. K., Pavlović, R., Bădău, D., & Bădău, A. (2024). The acute effect of dynamic vs. proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on sprint and jump performance. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology,* 9(1), 42.

Polat, S., Edis, Ç., & Catıkkas, F. (2019). Effects of dynamic and static stretching exercises applied in warm-up session on performance. *Turkish Journal of Sport Sciences,* 2(1), 31-38.

Reiner, M. M., Tilp, M., Guilhem, G., Morales-Artacho, A. J., Nakamura, M., & Konrad, A. (2021). Effects of a single proprioceptive neuromuscular facilitation stretching exercise with and without post-stretching activation on the muscle function and mechanical properties of the plantar flexor muscles. *Frontiers in Physiology,* 12, 732654.

Reis, A. L. dos, Oliveira, L. C. de, Souza, A. Y. V. de, Neto, A. S., & Oliveira, R. G. de. (2024). Effects of stretching on muscle strength, endurance, and power performance: A systematic review and meta-analysis. *Isokinetics and Exercise Science,* 32(3), 181–197.

Simic, L., Šarabon, N., & Marković, G. (2012). Does pre-exercise static stretching inhibit maximal muscular performance? A meta-analytical review. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports,* 23(2), 131–148.

Wanderley, D., Lemos, A., Moretti, E., Barros, M. M. M. B., Valênça, M. M., & Oliveira, D. A. de. (2018). Efficacy of proprioceptive neuromuscular facilitation compared to other stretching modalities in range of motion gain in young healthy adults: A systematic review. *Physiotherapy Theory and Practice,* 35(2), 109–129.

Warneke, K., Wirth, K. J., Keiner, M., Lohmann, L. H., Hillebrecht, M., Brinkmann, A., Wohlann, T., & Schiemann, S. (2023). Comparison of the effects of long-lasting static stretching and hypertrophy training on maximal strength, muscle thickness and flexibility in the plantar flexors. *European Journal of Applied Physiology,* 123(8), 1773–1787.

İTFAİYECİLER VE İTFAİYECİLİK ÖĞRENCİLERİNDE FİZİKSEL AKTİVİTE BESLENME BİLGİSİYLE İLİŞKİLİ Mİ?

Serdar Büyükipekci[*], Ersel Kılıç[**], Emel Çeşmeci[***]

GİRİŞ

İtfaiyecilik; ağır koruyucu ekipmanla, yüksek ısı ve psikolojik stres altında ani ve yoğun fiziksel efor gerektiren bir meslektir. Bu nedenle itfaiyecilerin iyi bir fiziksel uygunluğa sahip olması hem kendi sağlıkları hem de görevin başarısı için önem taşır. Buna karşın itfaiyecilerde görev sırasında yaşanan kardiyovasküler olayların, fazla kilololuluk ve obezitenin yaygın olduğu bildirilmektedir (Kales vd., 2007; Poston vd., 2011). Kardiyovasküler riskin azaltılmasında düzenli fiziksel aktivite ve sağlıklı beslenme birbirini tamamlayan iki temel davranıştır. Sağlıklı beslenmenin belirleyicilerinden biri ise beslenme bilgisidir (Spronk vd., 2014).

Fiziksel olarak aktif bireylerin beslenme konusunda da daha bilgili olup olmadığı, sağlığı geliştirme programlarının tasarımı açısından önemli bir sorudur. Bu iki özelliğin birlikte görülmesi, tek bir alana yönelik müdahalenin diğerini de destekleyebileceğini düşündürür. Birbirinden bağımsız olmaları ise her iki alanın ayrı ayrı ele alınması gerektiğine işaret eder. Ulaşılabilen alan yazında itfaiyecilerin fiziksel aktivite düzeyi ile beslenme bilgi düzeyi arasındaki ilişkiyi inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır. Mesleğe hazırlanan itfaiyecilik bölümü öğrencileriyle meslekteki itfaiyecilerin karşılaştırılması da bu özelliklerin meslek öncesinde ve meslek içinde nasıl farklılaştığına ışık tutabilir.

Bu çalışmanın amacı, itfaiyecilerin ve itfaiyecilik bölümü öğrencilerinin fiziksel aktivite düzeyleri ile beslenme bilgi düzeyleri arasındaki ilişkiyi her grupta ayrı ayrı incelemek ve iki grubu karşılaştırmaktır. Bu amaç doğrultusunda şu sorulara yanıt aranmıştır: (1) İtfaiyecilerde ve itfaiyecilik öğrencilerinde fiziksel aktivite düzeyi ile beslenme bilgi düzeyi arasında ilişki var mıdır? (2) İki grup fiziksel aktivite

[*] Doç. Dr., Necmettin Erbakan Üniversitesi, Meram Meslek Yüksekokulu, Mülkiyet Koruma ve Güvenlik Bölümü, Sivil Savunma ve İtfaiyecilik Programı, Konya, Türkiye, sbuyukipekci@erbakan.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8724-5374.

[**] Öğr. Gör., Yalova Üniversitesi, Yalova Meslek Yüksekokulu, Mülkiyet Koruma ve Güvenlik Bölümü, Sivil Savunma ve İtfaiyecilik Programı, Yalova, Türkiye, ersel.kilic@yalova.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8431-4557.

[***] İtfaiye Eri, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı, Konya, Türkiye, emelcesmeci@gmail.com, ORCID: 0009-0007-8623-7605.

ve beslenme bilgi düzeyleri bakımından farklılaşmakta mıdır? (3) Fiziksel aktivite ile beslenme bilgisi arasındaki ilişki gruplar arasında farklı mıdır?

ALAN YAZIN

İtfaiyecilikte Fiziksel Aktivite ve Sağlık

Amerika Birleşik Devletleri'nde itfaiyecilerin görev sırasındaki ölümlerinin %45'i kalp hastalığından kaynaklanmaktadır. Koroner kalp hastalığına bağlı ölüm olasılığı yangın söndürme sırasında acil olmayan görevlere göre 12,1 ile 136 kat daha yüksektir (Kales vd., 2007). Rastgele seçilen itfaiye birimlerinde yapılan bir çalışmada kadrolu itfaiyecilerin %79,5'inin beden kütle indeksi (BKİ) 25 kg/m² ve üzerinde, %33,5'i obez bulunmuştur. Aynı çalışmada BKİ'ye dayalı obezite sınıflamasının bel çevresi ve vücut yağ yüzdesiyle karşılaştırıldığında yanlış pozitif oranının (%2,9–9,8) yanlış negatif oranından (%13,0–32,9) düşük olduğu gösterilmiştir (Poston vd., 2011).

527 itfaiyeciyle yapılan bir çalışmada fiziksel aktivitenin sıklığı, süresi ve şiddeti kardiyorespiratuvar uygunlukla ilişkili bulunmuştur. Aktivite sıklığının artması daha olumlu kolesterol, trigliserit ve glukoz değerleriyle birlikte görülmüş, ancak yüksek BKİ çok sık ve yoğun egzersiz yapanlarda bile düşük uygunlukla ilişkili kalmıştır (Durand vd., 2011). Türkiye'de 140 erkek itfaiyeciyle yapılan bir çalışmada fiziksel aktivite düzeyinin yaş, BKİ, öğrenim durumu ve hizmet süresine göre farklılaştığı; fazla kilolu ve obez itfaiyecilerin daha inaktif olduğu bildirilmiştir (Kartal vd., 2025). Dünya Sağlık Örgütü yetişkinlere haftada 150–300 dakika orta şiddetli ya da 75–150 dakika şiddetli aerobik aktivite önermektedir (Bull vd., 2020).

İtfaiyecilik mesleğine hazırlanan üniversite öğrencileri (itfaiyeci adayları) ile aktif sahadaki personelin karşılaştırılması, mesleki davranışların kazanılması ve sürdürülebilirliği açısından özgün bir bakış açısı sunmaktadır. Yapılan bir çalışmada, öğrencilik ve akademik eğitim süresince fiziksel aktivite düzeylerinin oldukça yüksek olduğunu; ancak sahada göreve başlanmasıyla birlikte bu alışkanlıklarda gerileme yaşandığı belirtilmektedir (Cornell vd., 2017).

Fiziksel Aktivitenin Değerlendirilmesi

Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi (UFAA), 12 ülkede test edilmiş; test-tekrar test güvenirliği yüksek (Spearman $\rho \approx 0{,}8$), ivmeölçere göre ölçüt geçerliği orta düzeyde (medyan $\rho \approx 0{,}30$) bulunmuş ve ulusal izleme için

kısa form önerilmiştir (Craig vd., 2003). Anketin Türkçe kısa ve uzun formlarının geçerlik ve güvenirliği 1097 üniversite öğrencisinde gösterilmiştir (Sağlam vd., 2010). Kısa formda haftalık enerji harcaması yürüme için 3,3, orta şiddetli aktivite için 4,0, şiddetli aktivite için 8,0 MET katsayısıyla hesaplanır ve her etkinlik için günlük süre 180 dakika ile sınırlandırılır (IPAQ Research Committee, 2005). Türkiye'deki çalışmalarda katılımcılar toplam puana göre inaktif (<600 MET-dk/hafta), minimal aktif (600–3000 MET-dk/hafta) ve çok aktif (>3000 MET-dk/hafta) olarak sınıflandırılmaktadır (Erkek vd., 2022).

Beslenme Bilgisi ve Beslenme Davranışı

Beslenme bilgisi, besinlerin içeriği ve beslenme–sağlık ilişkisi hakkındaki bilgiyi kapsar ve sağlıklı besin seçiminin ön koşullarından biri olarak kabul edilir. 29 çalışmayı inceleyen sistematik derlemede çalışmaların %65,5'inde beslenme bilgisi ile besin alımı arasında anlamlı, pozitif ancak zayıf ($r < 0,5$) bir ilişki saptanmış; en sık bulgu daha yüksek sebze ve meyve tüketimi olmuştur (Spronk vd., 2014). Sporcularda yapılan 28 çalışmayı kapsayan güncel derlemede de beslenme bilgisinin düşük olduğu ve sağlıklı beslenme davranışlarıyla zayıf-orta düzeyde ilişkili olduğu bildirilmiştir (Janiczak vd., 2022). Beslenme bilgisi toplumda eşit dağılmamaktadır; öğrenim ve sosyoekonomik düzey düştükçe azalmakta, erkeklerde kadınlardan düşük bulunmaktadır (Parmenter vd., 2000).

Türkiye'de yetişkinlerin beslenme bilgisini ölçmek için geliştirilen Yetişkinler İçin Beslenme Bilgi Düzeyi Ölçeği (YETBİD), temel beslenme ve besin tercihi olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Ölçeğin Cronbach alfa katsayıları temel beslenme bölümü için 0,72, besin tercihi bölümü için 0,70'tir (Batmaz, 2018). Ölçek, yetişkinlerde beslenme bilgisinin BKİ ile ilişkisini ve sürdürülebilir beslenme davranışlarıyla ilişkisini inceleyen çalışmalarda kullanılmıştır (Keskin vd., 2022; Yeşildemir, 2023).

Fiziksel Aktivite ile Beslenme Bilgisi Arasındaki İlişki

Fiziksel aktivite ile beslenme bilgisi arasındaki ilişkiye dair bulgular sınırlı ve tutarsızdır. 14–18 yaş arası 506 ergenle yapılan bir çalışmada iki değişken arasında beklenenin aksine orta düzeyde negatif bir ilişki ($r = −0,43$) bulunmuştur (Şekeroğlu, 2024). İtfaiyecilerde ise beslenme ve fiziksel aktivite davranışlarını birlikte hedefleyen ekip temelli ve bireysel iki müdahale modeli karşılaştırılmıştır (Elliot vd., 2007). Bu tür programların

tasarımı, iki davranışın meslek grubunda birbiriyle ne ölçüde ilişkili olduğunun bilinmesini gerektirmektedir.

YÖNTEM

Örneklem ve Veri Toplama

Araştırma kesitsel ilişkisel tarama modelinde yürütülmüştür. Veriler 12 Mayıs – 3 Haziran 2022 tarihleri arasında çevrim içi anket formuyla, kolayda örnekleme yöntemiyle toplanmıştır. Toplam 684 yanıt alınmış; iki kez gönderildiği belirlenen bir kaydın sonraki gönderimi analizden çıkarılmıştır. Çalışma grubu 535 itfaiyeci ve 148 itfaiyecilik bölümü öğrencisi olmak üzere 683 kişiden oluşmaktadır. Veriler Konya, İstanbul ve Yalova illerindeki itfaiye birimlerinde görev yapan itfaiyecilerden ve bu illerdeki yükseköğretim kurumlarının itfaiyecilik programlarında öğrenim gören öğrencilerden toplanmıştır.

Veri toplama aracı üç bölümden oluşmaktadır. Araştırmacılar tarafından hazırlanan kişisel bilgi formunda yaş, boy, vücut ağırlığı, öğrenim durumu, günlük ana ve ara öğün sayısı, günlük su tüketimi (bardak), sigara kullanımı ve kan grubu sorulmuştur. BKİ, vücut ağırlığının (kg) boyun karesine (m^2) bölünmesiyle hesaplanmış; <18,5 kg/m^2 zayıf, 18,5–24,9 kg/m^2 normal, 25,0–29,9 kg/m^2 fazla kilolu, ≥30,0 kg/m^2 obez olarak sınıflandırılmıştır (World Health Organization [WHO], 2026).

Fiziksel aktivite düzeyi UFAA kısa formuyla belirlenmiştir (Craig vd., 2003; Sağlam vd., 2010). Form; son yedi gündeki şiddetli aktivite, orta şiddetli aktivite, yürüme ve oturma süresini yedi soruyla sorgulamaktadır. Bu çalışmada süre soruları açık uçlu yerine aralıklı seçenekler hâlinde sorulmuştur (ör. "Günde 30 – 44 dk."). Süre aralıkları orta noktalarıyla dakikaya çevrilmiş (0–29 dk = 15; 30–44 = 37; 45–59 = 52; 60–74 = 67; 75–89 = 82; 90–120 = 105 dk), üst sınırı olmayan "2 saatin üzerinde" seçeneğine 150 dk atanmıştır. Haftalık enerji harcaması "gün sayısı × günlük süre × MET" formülüyle hesaplanmış, günlük süre 180 dk ile sınırlandırılmış (IPAQ Research Committee, 2005) ve katılımcılar inaktif, minimal aktif ve çok aktif olarak sınıflandırılmıştır (Erkek vd., 2022). Etkinlik yapmadığını belirten katılımcının o etkinliğe ait puanı 0 kabul edilmiştir. Oturma süresi aralıklı sorulduğu için sıralı değişken olarak analiz edilmiş, tanımlayıcı amaçla aralık orta noktası (saat/gün) verilmiştir. Orta nokta varsayımının etkisini görmek için tüm hesaplar aralıkların alt sınırları (10, 30, 45, 60, 75, 90, 121 dk) ve üst sınırlarıyla (29, 44, 59, 74, 89, 120, 180 dk) yinelenmiştir.

Beslenme bilgi düzeyi YETBİD ile belirlenmiştir (Batmaz, 2018). Ölçek 20 maddelik temel beslenme ve besin–sağlık ilişkisi bölümü ile 12 maddelik besin tercihi bölümünden oluşmaktadır. Beşli Likert tipindeki maddelerde doğru ifadeler "kesinlikle katılıyorum" = 4 ile "kesinlikle katılmıyorum" = 0 arasında, yanlış ifadeler ters yönde puanlanmaktadır (Yeşildemir, 2023). Temel beslenme bölümünde 1, 3, 6, 8, 13, 16, 19 ve 20. maddeler ters puanlanmaktadır (Keskin vd., 2022). Besin tercihi bölümünde yanlış ifade içeren 8. madde (vitamin ve minerallerin ilaç şeklinde alınmasının daha faydalı olduğu) ve 10. madde (beyaz ekmeğin tam tahıllı ekmekten daha sağlıklı olduğu) ters puanlanmıştır. Temel beslenme puanı (0–80) <45 "kötü", 45–55 "orta", 56–65 "iyi", >65 "çok iyi"; besin tercihi puanı (0–48) <30 "kötü", 30–36 "orta", 37–42 "iyi", >42 "çok iyi" olarak sınıflandırılmıştır (Keskin vd., 2022; Yeşildemir, 2023). Ölçekte ayrıca beslenme–sağlık ilişkisinin derecesini (GKS-1) ve kişinin kendi besin tercihlerini ne kadar doğru bulduğunu (GKS-2) 1–10 arasında değerlendiren iki görsel kıyaslama sorusu bulunmaktadır. Bu çalışmada Cronbach alfa katsayısı temel beslenme bölümü için 0,47 (itfaiyeciler 0,47; öğrenciler 0,46), besin tercihi bölümü için 0,76 (itfaiyeciler 0,77; öğrenciler 0,73) bulunmuştur.

Veri Analizi

Analizler Python (SciPy 1.18, statsmodels 0.15) ile yapılmıştır. Dağılımlar Shapiro-Wilk testi, çarpıklık ve basıklık değerleriyle incelenmiştir. Toplam fiziksel aktivite puanının belirgin sağa çarpık olması (çarpıklık itfaiyecilerde 2,17, öğrencilerde 1,24) ve testlerin çoğunda normal dağılım varsayımının karşılanmaması nedeniyle parametrik olmayan testler kullanılmıştır. Tanımlayıcı istatistikler ortalama ± standart sapma (SS), medyan (çeyrekler arası aralık, ÇAA) ve sayı (%) olarak verilmiştir.

Gruplar Mann-Whitney U testi (etki büyüklüğü $r = z/\sqrt{N}$) ve ki-kare testiyle (Cramér V) karşılaştırılmıştır. Fiziksel aktivite değişkenleri ile beslenme bilgi puanları arasındaki ilişkiler her grupta ayrı ayrı Spearman sıra korelasyonuyla incelenmiş, korelasyon katsayılarının gruplar arasındaki farkı Fisher z dönüşümüyle test edilmiştir. Beslenme bilgi puanlarının fiziksel aktivite düzeylerine göre farkı Kruskal-Wallis testiyle (etki büyüklüğü ε^2), fiziksel aktivite düzeyi ile iyi/çok iyi beslenme bilgisi arasındaki ilişki ki-kare testiyle değerlendirilmiştir. Yaş, öğrenim, BKİ ve sigara kullanımı kontrol edildiğinde toplam fiziksel aktivitenin ($\log_{10}$[MET-

dk/hafta + 1]) beslenme bilgi puanlarını yordayıp yordamadığı, değişen varyansa dayanıklı (HC3) standart hatalı çoklu doğrusal regresyonla sınanmış; ikinci modele fiziksel aktivite × grup etkileşimi eklenmiştir. Anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak alınmıştır.

BULGULAR

Katılımcıların Özellikleri

Katılımcıların gruplara göre tanımlayıcı özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Katılımcıların Gruplara Göre Tanımlayıcı Özellikleri

Değişken	İtfaiyeci (n = 535)	Öğrenci (n = 148)	Test; etki büyüklüğü	p
Yaş (yıl), Ort ± SS	41,3 ± 8,8	21,1 ± 2,6	z = 18,24; r = 0,70	<0,001
Boy (cm), Ort ± SS	175,3 ± 6,4	175,0 ± 8,3	z = 0,16; r = 0,01	0,869
Vücut ağırlığı (kg), Ort ± SS	83,7 ± 11,6	70,4 ± 12,9	z = 10,59; r = 0,41	<0,001
BKİ (kg/m²), Ort ± SS	27,2 ± 3,7	22,9 ± 3,1	z = 12,24; r = 0,47	<0,001
BKİ sınıfı, n (%)			$\chi^2(3) = 150,95$; V = 0,47	<0,001
Zayıf (<18,5)	2 (0,4)	13 (8,8)		
Normal (18,5–24,9)	140 (26,2)	103 (69,6)		
Fazla kilolu (25,0–29,9)	284 (53,1)	29 (19,6)		
Obez (≥30,0)	109 (20,4)	3 (2,0)		
Öğrenim durumu, n (%)			$\chi^2(4) = 207,36$†; V = 0,55	<0,001
Okur-yazar	4 (0,7)	0 (0,0)		
İlköğretim	152 (28,4)	0 (0,0)		
Lise	192 (35,9)	0 (0,0)		
Üniversite	172 (32,1)	146 (98,6)		

Değişken	İtfaiyeci (n = 535)	Öğrenci (n = 148)	Test; etki büyüklüğü	p
Lisansüstü	15 (2,8)	2 (1,4)		
Sigara kullanımı, n (%)			$\chi^2(1) = 5,02$; V = 0,09	0,025
Evet	300 (56,1)	67 (45,3)		
Hayır	235 (43,9)	81 (54,7)		
Ana öğün sayısı, Medyan (ÇAA)	3 (2–3)	3 (2–3)	z = 1,30; r = 0,05	0,193
Ara öğün sayısı, Medyan (ÇAA)	0 (0–1)	1 (1–2)	z = 6,06; r = 0,23	<0,001
Su tüketimi (bardak/gün), Medyan (ÇAA)	8,0 (5,0–10,0)	8,0 (5,0–10,0)	z = 0,07; r = 0,00	0,946

Mann-Whitney U testi (etki büyüklüğü r) ve ki-kare testi (Cramér V). † Beklenen değeri 5'in altında olan göze oranı %20'nin üzerindedir; sonuç betimsel olarak yorumlanmalıdır. ÇAA: çeyrekler arası aralık.

Tablo 1 incelendiğinde itfaiyecilerin yaş ortalamasının (41,3 ± 8,8 yıl) öğrencilerden (21,1 ± 2,6 yıl) yaklaşık 20 yıl yüksek olduğu görülmektedir. Boy uzunluğu iki grupta aynıdır (175,3 ve 175,0 cm; p = 0,869); buna karşın itfaiyecilerin vücut ağırlığı ortalama 13,3 kg daha fazladır ve BKİ ortalamaları (27,2 kg/m²) fazla kilolu sınıfındadır. İtfaiyecilerin %53,1'i fazla kilolu, %20,4'ü obez iken öğrencilerin %69,6'sı normal kiloludur; BKİ sınıfı, gruplar arasındaki en büyük farklardan biridir (V = 0,47). İtfaiyecilerin %28,4'ü ilköğretim, %35,9'u lise mezunudur; öğrencilerin %98,6'sı üniversitede öğrenim görmektedir. Sigara içme oranı itfaiyecilerde %56,1, öğrencilerde %45,3'tür (p = 0,025). Ara öğün sayısının medyanı öğrencilerde 1, itfaiyecilerde 0'dır (p < 0,001); ana öğün sayısı (medyan 3) ve günlük su tüketimi (medyan 8 bardak) ise iki grupta farklı değildir.

Fiziksel Aktivite Düzeyleri

Grupların fiziksel aktivite düzeyleri Tablo 2'de karşılaştırılmıştır.

Tablo 2. Gruplara Göre Fiziksel Aktivite Düzeyleri

Değişken	İtfaiyeci (n = 535)	Öğrenci (n = 148)	Test; etki büyüklüğü	p
Şiddetli FA (MET-dk/hafta)	416 (120–1248)	240 (0–934)	z = 2,82; r = 0,11	0,005
Orta şiddetli FA (MET-dk/hafta)	268 (60–624)	148 (0–444)	z = 2,39; r = 0,09	0,017
Yürüme (MET-dk/hafta)	686 (343–1386)	1153 (663–1894)	z = 4,37; r = 0,17	<0,001
Toplam FA (MET-dk/hafta)	1763 (845–3465)	1875 (1141–3555)	z = 1,44; r = 0,06	0,149
Oturma süresi (saat/gün)	3,5 (1,5–4,5)	3,5 (2,5–5,5)	z = 2,54; r = 0,10	0,011
FA düzeyi, n (%)			$\chi^2(2) = 8,74$; V = 0,11	0,013
İnaktif (<600)	101 (18,9)	13 (8,8)		
Minimal aktif (600–3000)	273 (51,0)	88 (59,5)		
Çok aktif (>3000)	161 (30,1)	47 (31,8)		

Sürekli değişkenler medyan (ÇAA) olarak verilmiştir. Mann-Whitney U ve ki-kare testi.

Tablo 2'ye göre toplam fiziksel aktivite medyanı itfaiyecilerde 1763, öğrencilerde 1875 MET-dk/hafta olup iki grup arasında anlamlı fark yoktur (p = 0,149). Fark aktivitenin türündedir. İtfaiyecilerin şiddetli aktivite medyanı (416 MET-dk/hafta) öğrencilerinkinin yaklaşık 1,7 katı, orta şiddetli aktivite medyanı (268 MET-dk/hafta) yaklaşık 1,8 katıdır. Öğrencilerin yürüme medyanı (1153 MET-dk/hafta) ise itfaiyecilerinkinden (686 MET-dk/hafta) yaklaşık %68 yüksektir. Günlük oturma süresinin medyanı iki grupta 3,5 saat olmakla birlikte öğrencilerde dağılım daha yüksek değerlere kaymıştır (ÇAA 2,5–5,5'e karşı 1,5–4,5 saat; p = 0,011). İtfaiyecilerin %18,9'u inaktif, %30,1'i çok aktiftir; öğrencilerde bu oranlar %8,8 ve %31,8'dir. Dolayısıyla çok aktif olanların oranı iki grupta benzer, inaktiflerin oranı ise itfaiyecilerde öğrencilerin iki katından fazladır (p = 0,013).

Beslenme Bilgi Düzeyleri

Grupların YETBİD puanları ve düzeyleri Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3. Gruplara Göre YETBİD Puanları ve Düzeyleri

Değişken	İtfaiyeci (n = 535)	Öğrenci (n = 148)	Test; etki büyüklüğü	p
Temel beslenme (0–80), Ort ± SS	50,5 ± 5,5	52,2 ± 5,8	z = 3,19; r = 0,12	0,001
Medyan (ÇAA)	50 (47–54)	52 (48–56)		
Besin tercihi (0–48), Ort ± SS	35,7 ± 5,5	35,8 ± 5,7	z = 0,69; r = 0,03	0,489
Medyan (ÇAA)	35 (32–39)	36 (32–40)		
GKS-1: Beslenme–sağlık ilişkisi (1–10), Ort ± SS	8,3 ± 2,1	8,3 ± 2,0	z = 0,22; r = 0,01	0,824
Medyan (ÇAA)	9 (7–10)	9 (7–10)		
GKS-2: Besin tercihlerinin doğruluğu (1–10), Ort ± SS	6,9 ± 2,1	6,2 ± 2,0	z = 3,92; r = 0,15	<0,001
Medyan (ÇAA)	7 (5–8)	6 (5–7)		
Temel beslenme düzeyi, n (%)			$\chi^2(3) = 6,48$; V = 0,10	0,090
Kötü (<45)	62 (11,6)	12 (8,1)		
Orta (45–55)	379 (70,8)	97 (65,5)		
İyi (56–65)	86 (16,1)	35 (23,6)		
Çok iyi (>65)	8 (1,5)	4 (2,7)		
Besin tercihi düzeyi, n (%)			$\chi^2(3) = 9,12$; V = 0,12	0,028
Kötü (<30)	62 (11,6)	22 (14,9)		
Orta (30–36)	279 (52,1)	59 (39,9)		

Değişken	İtfaiyeci (n = 535)	Öğrenci (n = 148)	Test; etki büyüklüğü	p
İyi (37–42)	121 (22,6)	48 (32,4)		
Çok iyi (>42)	73 (13,6)	19 (12,8)		

GKS: görsel kıyaslama sorusu. Mann-Whitney U ve ki-kare testi.

Tablo 3 incelendiğinde öğrencilerin temel beslenme puanının (52,2 ± 5,8) itfaiyecilerden (50,5 ± 5,5) 1,7 puan yüksek olduğu görülmektedir (p = 0,001); ancak etki büyüklüğü küçüktür (r = 0,12). Besin tercihi puanları iki grupta neredeyse aynıdır (35,7 ve 35,8; p = 0,489). Temel beslenme bilgisi her iki grupta ağırlıklı olarak orta düzeydedir; iyi veya çok iyi düzeye ulaşanların oranı itfaiyecilerde %17,6, öğrencilerde %26,4'tür ve düzey dağılımı gruplar arasında anlamlı biçimde farklı değildir (p = 0,090). Besin tercihinde iyi veya çok iyi düzeydekilerin oranı öğrencilerde %45,3, itfaiyecilerde %36,3'tür (p = 0,028); itfaiyecilerin yarısından fazlası (%52,1) orta düzeydedir. Her iki grup da beslenmenin sağlıkla ilişkisini yüksek düzeyde önemli bulmaktadır (GKS-1 medyanı 9). Kendi besin tercihlerini değerlendirirken ise itfaiyeciler öğrencilerden daha yüksek puan vermiştir (GKS-2: 6,9'a karşı 6,2; p < 0,001). Bu durum, bilgi puanı daha düşük olan grubun kendi tercihlerini daha doğru bulduğunu göstermektedir.

Fiziksel Aktivite ile Beslenme Bilgisi Arasındaki İlişki

Fiziksel aktivite değişkenleri ile beslenme bilgi puanları arasındaki ilişkiler her grupta ayrı ayrı Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Fiziksel Aktivite Değişkenleri ile Beslenme Bilgi Puanları Arasındaki Spearman Korelasyon Katsayıları

Grup	FA değişkeni	Temel beslenme	Besin tercihi	GKS-1	GKS-2
İtfaiyeci	Şiddetli FA	0,029	−0,019	0,026	0,141**
İtfaiyeci	Orta şiddetli FA	0,047	0,011	0,013	0,131**
İtfaiyeci	Yürüme	0,018	0,032	0,080	0,085*
İtfaiyeci	Toplam FA	0,039	0,008	0,041	0,125**
İtfaiyeci	Oturma süresi	0,057	0,076	0,092*	−0,070
Öğrenci	Şiddetli FA	−0,209*	−0,128	−0,144	0,210*

Grup	FA değişkeni	Temel beslenme	Besin tercihi	GKS-1	GKS-2
Öğrenci	Orta şiddetli FA	−0,057	−0,019	−0,021	0,105
Öğrenci	Yürüme	0,016	0,144	−0,054	−0,077
Öğrenci	Toplam FA	−0,071	0,066	−0,088	0,069
Öğrenci	Oturma süresi	0,124	0,064	−0,006	−0,114

** p < 0,05; ** p < 0,01. İtfaiyeci n = 535; öğrenci n = 148. Oturma süresi sıralı kategori olarak analiz edilmiştir.*

Tablo 4'e göre itfaiyecilerde fiziksel aktivite değişkenleri ile temel beslenme (ρ = 0,018 ile 0,057 arası) ve besin tercihi (ρ = −0,019 ile 0,076 arası) puanları arasındaki korelasyon katsayılarının tamamı sıfıra yakın ve anlamsızdır. Öğrencilerde tek anlamlı ilişki şiddetli aktivite ile temel beslenme puanı arasındadır ve negatif yönlüdür (ρ = −0,209; p = 0,011); şiddetli aktivitesi fazla olan öğrencilerin temel beslenme puanı biraz daha düşüktür. Bu katsayı itfaiyecilerdekinden (ρ = 0,029) anlamlı biçimde farklıdır (Fisher z = 2,57; p = 0,010); diğer korelasyonların gruplar arası farkı anlamlı değildir. Anlamlı katsayıların çoğu GKS-2 sütununda yer almaktadır. İtfaiyecilerde şiddetli (ρ = 0,141), orta şiddetli (ρ = 0,131), yürüme (ρ = 0,085) ve toplam aktivite (ρ = 0,125), öğrencilerde ise şiddetli aktivite (ρ = 0,210) arttıkça kişilerin kendi besin tercihlerini doğru bulma puanı artmaktadır. Başka bir deyişle fiziksel aktivite, beslenme bilgisiyle değil, beslenmeye ilişkin öz değerlendirmeyle ilişkilidir.

Beslenme bilgi puanlarının fiziksel aktivite düzeylerine göre karşılaştırılması Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5. Fiziksel Aktivite Düzeyine Göre YETBİD Puanları

Grup	Puan	İnaktif	Minimal aktif	Çok aktif	Test; etki büyüklüğü	p
İtfaiyeci	Temel beslenme	49 (46–53)	50 (47–54)	50 (48–53)	$H(2) = 2{,}24$; $\varepsilon^2 = 0{,}004$	0,327
İtfaiyeci	Besin tercihi	35 (32–38)	35 (32–39)	36 (32–39)	$H(2) = 0{,}63$; $\varepsilon^2 = 0{,}001$	0,730
Öğrenci	Temel beslenme	52 (50–55)	52 (48–56)	51 (48–56)	$H(2) = 0{,}38$; $\varepsilon^2 = 0{,}003$	0,825
Öğrenci	Besin tercihi	35 (34–36)	36 (32–40)	36 (32–40)	$H(2) = 1{,}80$; $\varepsilon^2 = 0{,}012$	0,407

Medyan (ÇAA). Kruskal-Wallis testi. İnaktif, minimal aktif ve çok aktif grupların sayısı itfaiyecilerde 101, 273 ve 161; öğrencilerde 13, 88 ve 47'dir.

Tablo 5'e göre itfaiyecilerde temel beslenme puanının medyanı inaktiflerde 49, minimal aktif ve çok aktiflerde 50'dir; besin tercihi medyanı ise 35 ile 36 arasındadır. Öğrencilerde de medyanlar temel beslenmede 51–52, besin tercihinde 35–36 arasında kalmaktadır. Aktivite düzeyleri arasındaki farklar en fazla 1 puandır, hiçbiri anlamlı değildir ($p = 0{,}327$–$0{,}825$) ve etki büyüklükleri sıfıra yakındır ($\varepsilon^2 \leq 0{,}012$). İyi veya çok iyi temel beslenme bilgisine sahip itfaiyecilerin oranı da üç aktivite düzeyinde birbirine çok yakındır (%17,8, %17,9 ve %16,8; $\chi^2(2) = 0{,}10$; $p = 0{,}950$). Öğrencilerde iyi veya çok iyi besin tercihi oranı inaktiflerde (%23,1) aktif gruplardan (%46,6 ve %48,9) düşük görünmekle birlikte fark anlamlı değildir ($\chi^2(2) = 2{,}90$; $p = 0{,}234$) ve inaktif öğrenci sayısı azdır ($n = 13$).

Diğer değişkenler kontrol edildiğinde fiziksel aktivitenin beslenme bilgi puanlarını yordayıp yordamadığı Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. Beslenme Bilgi Puanlarını Yordayan Değişkenler (Çoklu Doğrusal Regresyon, n = 683)

Değişken	Temel beslenme B (%95 GA)	p	Besin tercihi B (%95 GA)	p
Toplam FA ($\log_{10}$ MET-dk/hafta)	0,19 (−0,63; 1,00)	0,654	0,19 (−0,52; 0,89)	0,602
Grup (öğrenci = 1)	−0,60 (−2,14; 0,93)	0,439	−0,60 (−2,18; 0,99)	0,460
Yaş (yıl)	0,00 (−0,06; 0,06)	0,934	0,04 (−0,02; 0,10)	0,234

Değişken	Temel beslenme B (%95 GA)	p	Besin tercihi B (%95 GA)	p
Yükseköğrenim (evet = 1)	3,23 (2,08; 4,38)	<0,001	2,11 (1,04; 3,17)	<0,001
BKİ (kg/m²)	−0,04 (−0,16; 0,08)	0,531	−0,03 (−0,16; 0,09)	0,584
Sigara (evet = 1)	0,30 (−0,53; 1,13)	0,477	0,76 (−0,10; 1,61)	0,083
R^2 / düzeltilmiş R^2	0,078 / 0,070	<0,001	0,025 / 0,016	0,004
Model 2: Toplam FA × grup etkileşimi	−0,65 (−2,51; 1,21)	0,492	0,52 (−1,38; 2,41)	0,591

B: standartlaştırılmamış katsayı; GA: güven aralığı (HC3 dayanıklı standart hata). R^2 satırındaki p değeri modelin bütününe aittir.

Tablo 6'ya göre toplam fiziksel aktivitenin katsayısı her iki bilgi puanı için de sıfıra yakın ve anlamsızdır (B = 0,19; p = 0,654 ve p = 0,602). Bu katsayılara göre fiziksel aktivitenin on kat artması bilgi puanını yalnızca yaklaşık 0,2 puan değiştirmektedir. Modeldeki anlamlı tek değişken yükseköğrenimdir; diğer değişkenler sabitken yükseköğrenim görenlerin temel beslenme puanı 3,23, besin tercihi puanı 2,11 puan daha yüksektir (p < 0,001). Grup değişkeni modelde anlamlı değildir (p = 0,439 ve p = 0,460); Tablo 3'te görülen temel beslenme farkı öğrenim düzeyi hesaba katıldığında ortadan kalkmaktadır. Fiziksel aktivite × grup etkileşimi de anlamsızdır (p = 0,492 ve p = 0,591); aktivite ile bilgi arasındaki ilişki iki grupta farklı değildir. Modeller temel beslenme puanındaki değişkenliğin %7,8'ini, besin tercihi puanındaki değişkenliğin ise yalnızca %2,5'ini açıklamaktadır.

Fiziksel aktivite süreleri aralıkların alt veya üst sınırlarıyla hesaplandığında da sonuçlar değişmemiştir. Toplam aktivite ile temel beslenme puanı arasındaki korelasyon itfaiyecilerde 0,035 ile 0,051, öğrencilerde −0,071 ile −0,059 arasında kalmış ve hiçbir senaryoda anlamlı olmamıştır. İtfaiyecilerde temel beslenme puanı öğrenim düzeyi yükseldikçe artmakta (medyan ilköğretimde 48, lisansüstünde 56; H = 59,91; p < 0,001; ε^2 = 0,11), yaş arttıkça zayıf düzeyde azalmaktadır (ρ = −0,17; p < 0,001). Obez itfaiyecilerin temel beslenme puanı normal kilolulardan biraz düşüktür (medyan 49'a karşı 51; H = 10,35; p = 0,006; ε^2 = 0,02). Kan grubu (A, B, AB, 0) ve Rh faktörü ise her iki grupta da öğün sayısı, su tüketimi, beslenme bilgi puanları, fiziksel aktivite değişkenleri ve BKİ ile çoklu karşılaştırma

düzeltmesinden (Benjamini-Hochberg) sonra anlamlı bir ilişki göstermemiştir.

TARTIŞMA

Bu çalışmada fiziksel aktivite düzeyi ile beslenme bilgi düzeyi arasında ne itfaiyecilerde ne de itfaiyecilik öğrencilerinde anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Sonuç; aktivite türlerinin, aktivite düzeylerinin ve karıştırıcı değişkenlerin ayrı ayrı ele alındığı tüm analizlerde ve süre varsayımı değiştirildiğinde de aynı kalmıştır. Bu bulgu, sağlıklı yaşam davranışlarının kendiliğinden bir arada görüleceği beklentisini desteklememektedir. İlkokul öğrencileriyle yapılan bir çalışmada da beslenme bilgisi ile fiziksel aktivite puanları arasında ilişki saptanmamıştır (Yılmaz vd., 2022). Fiziksel aktivite bir davranış, beslenme bilgisi ise bilişsel bir özelliktir. Bilgi ile davranış arasındaki ilişki beslenmenin kendi alanında bile zayıftır (Spronk vd., 2014; Janiczak vd., 2022). Bu nedenle bir alandaki bilginin başka bir alandaki davranışla ilişkisiz çıkması şaşırtıcı değildir. İtfaiyecilerde fiziksel aktivite büyük ölçüde mesleğin gerektirdiği hazırlıktan kaynaklanıyor olabilir ve beslenme konusundaki bilgi birikimini yansıtmayabilir.

Öğrencilerde şiddetli aktivite ile temel beslenme bilgisi arasında bulunan zayıf negatif ilişki, ergenlerde bildirilen negatif ilişkiyle aynı yöndedir (Şekeroğlu, 2024). Bununla birlikte bu ilişki öğrencilerde bilgi puanlarıyla hesaplanan 10 korelasyondan yalnızca birinde ortaya çıkmış, toplam aktivite ve aktivite düzeyleriyle yapılan analizlerde tekrarlanmamıştır. Çoklu karşılaştırma göz önüne alındığında bu bulgu şans eseri olabilir ve tek başına yorumlanmamalıdır.

Dikkat çekici bir bulgu, daha aktif katılımcıların kendi besin tercihlerini daha doğru bulması, ancak gerçek bilgi puanlarının daha yüksek olmamasıdır. Benzer biçimde itfaiyeciler, temel beslenme bilgileri öğrencilerden düşük olduğu hâlde besin tercihlerini daha doğru bulmaktadır. Bu durum algılanan bilgi ile gerçek bilgi arasında bir açık olduğunu düşündürmektedir. Kendini yeterli gören bireylerin beslenme eğitimine ilgisinin düşük olabileceği, eğitim programları planlanırken dikkate alınmalıdır.

İtfaiyecilerin dörtte üçe yakınının fazla kilolu veya obez olması, ABD'de bildirilen orana (%79,5) yakındır (Poston vd., 2011). BKİ'nin kas kütlesi yüksek bireylerde yanlış sınıflama yapabileceği bilinmekle birlikte, aynı çalışmada BKİ'nin obeziteyi daha sık olarak gözden kaçırdığı

gösterilmiştir. Dolayısıyla gerçek obezite yükü bu çalışmada bulunandan düşük olmayabilir. İtfaiyecilerin daha fazla şiddetli ve orta şiddetli aktivite bildirmesi mesleki antrenman ve görev gereklilikleriyle açıklanabilir. Buna karşın itfaiyecilerde inaktiflerin oranının öğrencilerin iki katından fazla olması, meslek grubunun kendi içinde homojen olmadığını göstermektedir. Türkiye'de itfaiyecilerde aktivite düzeyinin yaş, BKİ ve hizmet süresiyle azaldığını bildiren bulgular bu tabloyla uyumludur (Kartal vd., 2025). Yüksek BKİ'nin düzenli aktiviteye rağmen düşük fiziksel uygunlukla ilişkili kaldığı da gösterildiğinden (Durand vd., 2011), itfaiyecilerde aktivitenin artırılmasının kilo yönetimiyle birlikte ele alınması gerekmektedir.

Her iki grupta da beslenme bilgisinin çoğunlukla orta düzeyde olması, mesleğin fiziksel gereklilikleriyle beslenme bilgisi arasında bir uyumsuzluk bulunduğunu göstermektedir. Beslenme bilgisinin en güçlü belirleyicisi öğrenim düzeyidir. Öğrenim düzeyi düştükçe beslenme bilgisinin azalması önceki bulgularla tutarlıdır (Parmenter vd., 2000). Öğrencilerin temel beslenme puanının daha yüksek olması da öğrenim durumu kontrol edildiğinde ortadan kalkmaktadır. Bu nedenle iki grup arasındaki fark meslekten çok öğrenim farkından kaynaklanmaktadır. İtfaiyecilerde yaş ve obezite ile beslenme bilgisi arasındaki zayıf ilişkiler de daha yaşlı, daha az eğitimli ve fazla kilolu itfaiyecilerin eğitim programlarında öncelikli hedef olması gerektiğini düşündürmektedir.

Çalışmanın bazı sınırlılıkları vardır. Kesitsel desen nedensellik çıkarımına izin vermemektedir. Fiziksel aktivite öz bildirime dayanmaktadır ve UFAA süre soruları açık uçlu yerine aralıklı sorulmuştur; ancak duyarlılık analizleri sonuçların bu varsayımdan etkilenmediğini göstermiştir. YETBİD temel beslenme bölümünün bu örneklemdeki iç tutarlılığı ($\alpha = 0,47$) özgün çalışmadakinden ($\alpha = 0,72$) düşüktür. Bu durum ölçüm hatasını artırarak ilişkileri zayıflatmış olabilir. Besin tercihi bölümündeki ters maddeler, yanlış ifade içeren maddeler esas alınarak belirlenmiştir. Veri setinde cinsiyet, hizmet yılı ve vardiya düzeni gibi değişkenler bulunmamaktadır. Veriler çevrim içi ve kolayda örneklemeyle toplandığı için sonuçların tüm itfaiyecilere genellenmesi sınırlıdır. Son olarak, BKİ vücut kompozisyonunu doğrudan yansıtmamaktadır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın bulgularına göre şu sonuçlara ulaşılmıştır:

1. Fiziksel aktivite düzeyi, itfaiyecilerin ve itfaiyecilik öğrencilerinin beslenme bilgi düzeyini belirlememektedir. İnaktif, minimal aktif ve çok aktif itfaiyecilerin temel beslenme puanları (medyan 49–50) ve besin tercihi puanları (medyan 35–36) aynı düzeydedir. Bu sonuç yaş, öğrenim, BKİ ve sigara kullanımı kontrol edildiğinde de değişmemektedir.
2. İtfaiyeciler ve öğrenciler haftada benzer miktarda fiziksel aktivite yapmakta, ancak aktivitenin türü farklılaşmaktadır. İtfaiyeciler daha çok şiddetli ve orta şiddetli aktivite, öğrenciler daha çok yürüme yapmaktadır. İtfaiyecilerin yaklaşık beşte biri (%18,9) inaktiftir; bu oran öğrencilerdekinin (%8,8) iki katından fazladır.
3. İtfaiyecilerin %81,1'i minimal aktif veya çok aktif olmasına karşın dörtte üçü (%73,5) fazla kilolu veya obezdir; her beş itfaiyeciden biri (%20,4) obezdir. Öğrencilerde fazla kilolu veya obez olanların oranı %21,6'dır.
4. Beslenme bilgisi her iki grupta da yetersizdir. Temel beslenme bilgisi itfaiyecilerin yalnızca %17,6'sında, öğrencilerin %26,4'ünde iyi veya çok iyi düzeydedir. Besin tercihinde bu oran itfaiyecilerde %36,3, öğrencilerde %45,3'tür.
5. Beslenme bilgisini belirleyen temel etken öğrenim düzeyidir. Yükseköğrenim görenlerin temel beslenme puanı 3,2, besin tercihi puanı 2,1 puan daha yüksektir. İtfaiyecilerde medyan temel beslenme puanı ilköğretim mezunlarında 48, lisansüstü mezunlarında 56'dır. Öğrencilerin daha yüksek olan temel beslenme puanı, öğrenim düzeyi hesaba katıldığında itfaiyecilerden farklı değildir; dolayısıyla bu fark meslekten değil öğrenim düzeyinden kaynaklanmaktadır.
6. İtfaiyeciler beslenme bilgilerini olduğundan yüksek algılamaktadır. Temel beslenme puanları öğrencilerden düşük olmasına karşın kendi besin tercihlerini daha doğru bulmaktadırlar (GKS-2 ortalaması 6,9'a karşı 6,2). Fiziksel aktivite arttıkça katılımcıların kendi besin tercihlerini doğru bulma eğilimi de zayıf düzeyde artmakta, ancak beslenme bilgileri artmamaktadır.
7. Kan grubu ve Rh faktörü; beslenme alışkanlıkları, beslenme bilgisi, fiziksel aktivite ve BKİ ile ilişkili değildir.

Bu sonuçlara dayanarak şu öneriler sunulmaktadır:

• İtfaiye birimlerinde fiziksel hazırlık programlarına ayrı ve yapılandırılmış bir beslenme eğitimi eklenmelidir. Fiziksel olarak aktif itfaiyecilerin beslenme konusunda da yeterli olduğu varsayılmamalıdır (Sonuç 1).

- Hizmet içi beslenme eğitimlerinde öncelik, itfaiyecilerin %64,3'ünü oluşturan ilköğretim ve lise mezunlarına verilmelidir (Sonuç 5).
- İtfaiyecilerin periyodik sağlık kontrollerinde BKİ'nin yanında bel çevresi ve vücut yağ oranı izlenmeli; fazla kilolu ve obez itfaiyeciler için kilo yönetimi programları uygulanmalıdır (Sonuç 3).
- İnaktif itfaiyecilere yönelik düzenli ve denetimli egzersiz programları planlanmalıdır (Sonuç 2).
- Beslenme eğitimleri, katılımcıların bilgi düzeyini ölçen bir ön testle başlatılmalı ve sonuçlar katılımcılarla paylaşılmalıdır. Böylece algılanan bilgi ile gerçek bilgi arasındaki fark görünür kılınabilir (Sonuç 6).
- İtfaiyecilik programlarının öğretim programına uygulamalı beslenme dersi eklenmelidir (Sonuç 4).
- Sonraki araştırmalarda fiziksel aktivite ivmeölçerle, beslenme besin tüketim kaydıyla ölçülmeli; vücut kompozisyonu, cinsiyet, hizmet yılı ve vardiya düzeni değerlendirmeye katılmalıdır. YETBİD temel beslenme bölümünün itfaiyecilerdeki iç tutarlılığı ($\alpha = 0,47$) ayrıca incelenmelidir.

KAYNAKÇA

Batmaz, H. (2018). *Yetişkinler İçin Beslenme Bilgi Düzeyi Ölçeği Geliştirilmesi ve Geçerlik-Güvenirlik Çalışması*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Marmara Üniversitesi.

Bull, F. C., Al-Ansari, S. S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M. P. vd. (2020). World Health Organization 2020 Guidelines on Physical Activity and Sedentary Behaviour. *British Journal of Sports Medicine*, 54(24), 1451-1462.

Craig, C. L., Marshall, A. L., Sjöström, M., Bauman, A. E., Booth, M. L., Ainsworth, B. E., Pratt, M., Ekelund, U., Yngve, A., Sallis, J. F. ve Oja, P. (2003). International Physical Activity Questionnaire: 12-Country Reliability and Validity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(8), 1381-1395.

Cornell, D. J., Gnacinski, S. L., Meyer, B. B., & Ebersole, K. T. (2017). Changes in health and fitness in firefighter recruits: An observational cohort study. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 49(11), 2223-2233.

Durand, G., Tsismenakis, A. J., Jahnke, S. A., Baur, D. M., Kales, S. N. ve Christophi, C. A. (2011). Firefighters' Physical Activity: Relation to Fitness and Cardiovascular Disease Risk. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(9), 1752-1759.

Elliot, D. L., Goldberg, L., Kuehl, K. S., Moe, E. L., Breger, R. K. R. ve Pickering, M. A. (2007). The PHLAME (Promoting Healthy Lifestyles: Alternative

Models' Effects) Firefighter Study: Outcomes of Two Models of Behavior Change. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 49(2), 204-213.

Erkek, A., Pekel, A. A., Taşğın, Ö. ve Uzun, A. (2022). Orta Ergenlik Dönemindeki Bireylerin Fiziksel Aktivite Düzeyleri ile Yaşam Kalitesi Arasındaki Farkların Belirlenmesi. *Türkiye Spor Bilimleri Dergisi*, 6(2), 83-92.

IPAQ Research Committee (2005). Guidelines for Data Processing and Analysis of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) – Short and Long Forms. https://biobank.ctsu.ox.ac.uk/ukb/ukb/docs/ipaq_analysis.pdf (E.T.: 11.10.2026).

Janiczak, A., Devlin, B. L., Forsyth, A. ve Trakman, G. L. (2022). A Systematic Review Update of Athletes' Nutrition Knowledge and Association with Dietary Intake. *British Journal of Nutrition*, 128(6), 1156-1169.

Kales, S. N., Soteriades, E. S., Christophi, C. A. ve Christiani, D. C. (2007). Emergency Duties and Deaths from Heart Disease among Firefighters in the United States. *New England Journal of Medicine*, 356(12), 1207-1215.

Kartal, M. C., Atış, İ., Kaya, S. ve Can, İ. (2025). İtfaiyecilerin Fiziksel Aktivite Düzeyinin Bazı Değişkenlere Göre İncelenmesi. *Iğdır Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 8(2), 22-33.

Keskin, Y., Akar, Y., Erdem, Ö. ve Erol, S. (2022). Yetişkinlerin Beslenme Bilgisi ve Besin Tercihleri ile Beden Kütle İndeksi Arasındaki İlişki: Kesitsel Bir Çalışma. *Dokuz Eylül Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Elektronik Dergisi*, 15(2), 149-162.

Parmenter, K., Waller, J. ve Wardle, J. (2000). Demographic Variation in Nutrition Knowledge in England. *Health Education Research*, 15(2), 163-174.

Poston, W. S., Haddock, C. K., Jahnke, S. A., Jitnarin, N., Tuley, B. C. ve Kales, S. N. (2011). The Prevalence of Overweight, Obesity, and Substandard Fitness in a Population-Based Firefighter Cohort. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 53(3), 266-273.

Sağlam, M., Arıkan, H., Savcı, S., İnal-İnce, D., Boşnak-Güçlü, M., Karabulut, E. ve Tokgözoğlu, L. (2010). International Physical Activity Questionnaire: Reliability and Validity of the Turkish Version. *Perceptual and Motor Skills*, 111(1), 278-284.

Spronk, I., Kullen, C., Burdon, C. ve O'Connor, H. (2014). Relationship Between Nutrition Knowledge and Dietary Intake. *British Journal of Nutrition*, 111(10), 1713-1726.

Şekeroğlu, B. (2024). *14-18 Yaş Arası Adölesanların Beslenme Bilgi Düzeyi ve Fiziksel Aktivite Düzeyi Arasındaki İlişkinin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Sinop: Sinop Üniversitesi.

World Health Organization (2026). Body Mass Index (BMI). https://www.who.int/data/gho/data/themes/topics/topic-details/GHO/body-mass-index (E.T.: 11.10.2026).

Yeşildemir, Ö. (2023). Yetişkin Bireylerde Sürdürülebilir ve Sağlıklı Yeme Davranışları ile E-Sağlıklı Beslenme Okuryazarlığı ve Beslenme Bilgi Düzeyi Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi. *Celal Bayar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(3), 250-260.

Yılmaz, M., Ağartıoğlu Kundakçı, G., Uyanık, G., Ongan, D., Yıldırım Sarı, H., Akay, N., Algül, E. ve Yıldırım, A. (2022). İlkokul Öğrencilerinde Obezite, Fiziksel Aktivite ve Özetkililik-Yeterlilik Düzeylerinin İncelenmesi. *Ahi Evran Medical Journal*, 6(2), 174-183.