
AKADEMİK PERSPEKTİFTEN HAREKET VE ANTRENMAN BİLİMLERİ

Editör: Doç.Dr. Serkan DÜZ



yaz
yayınları

Akademik Perspektiften Hareket ve Antrenman Bilimleri

Editör

Doç.Dr. Serkan DÜZ

yaz
yayınları

2025

**Akademik Perspektiften Hareket ve
Antrenman Bilimleri**

Editör: Doç.Dr. Serkan DÜZ

© YAZ Yayınları

Bu kitabın her türlü yayın hakkı Yaz Yayınları'na aittir, tüm hakları saklıdır. Kitabın tamamı ya da bir kısmı 5846 sayılı Kanun'un hükümlerine göre, kitabı yayınlayan firmanın önceden izni alınmaksızın elektronik, mekanik, fotokopi ya da herhangi bir kayıt sistemiyle çoğaltılamaz, yayınlanamaz, depolanamaz.

E_ISBN 978-625-5838-07-0

Haziran 2025 – Afyonkarahisar

Dizgi/Mizanpaj: YAZ Yayınları

Kapak Tasarım: YAZ Yayınları

YAZ Yayınları. Yayıncı Sertifika No: 73086

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar/AFYONKARAHİSAR

www.yazyayinlari.com

yazyayinlari@gmail.com

info@yazyayinlari.com

İÇİNDEKİLER

Spor Bilimlerinde Çevresel Faktörler: İklim ve Rakımın Performans Üzerindeki Etkisi.....	1
<i>Mustafa TOPRAKLI, Sezer TAŞTAN</i>	
Kadın Futbolunda Oyun Temelli Antrenman Yöntemi: Dar Alan Oyunları	17
<i>Osman YILMAZ</i>	
Kafeinin Direnç Egzersiz Performansı Üzerindeki Akut Etkileri	33
<i>Ali Kâmil GÜNGÖR</i>	

"Bu kitapta yer alan bölümlerde kullanılan kaynakların, görüşlerin, bulguların, sonuçların, tablo, şekil, resim ve her türlü içeriğin sorumluluğu yazar veya yazarlarına ait olup ulusal ve uluslararası telif haklarına konu olabilecek mali ve hukuki sorumluluk da yazarlara aittir."

SPOR BİLİMLERİNDE ÇEVRESEL FAKTÖRLER: İKLİM VE RAKIMIN PERFORMANS ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Mustafa TOPRAKLI¹

Sezer TAŞTAN²

1. GİRİŞ

Spor bilimleri, atletik performansı fizyolojik, biyomekanik, psikolojik ve çevresel boyutlarıyla çözümleyen disiplinler arası bir alandır (Armstrong & Maresh, 2016). Performans, bireyin genetik yapısı, antrenman birikimi ve zihinsel hazırlığının yanı sıra çevresel koşulların karmaşık etkileriyle şekillenir. Sıcaklık, nem, rüzgâr ve rakım gibi unsurlar, sporcuların metabolik verimliliğini, bilişsel süreçlerini ve taktiksel kararlarını doğrudan etkiler (Cheung et al., 2010; Fulco et al., 2013). Bu faktörler, elit atletlerden amatörlere ve gençlerden yaşlılara kadar tüm sporcu gruplarında belirleyici bir rol oynar. Ancak etkilerin yoğunluğu; spor disiplini, yaş, cinsiyet, genetik yapı ve adaptasyon süreçlerine bağlı olarak değişir (Kaciuba-Uscilko & Grucza, 2001).

İklim değişikliği, çevresel faktörlerin spor üzerindeki etkisini daha karmaşık ve öngörülemez bir boyuta taşımaktadır (Orr et al., 2022). Küresel sıcaklık artışları, nem oranlarındaki dalgalanmalar, ekstrem hava olaylarının sıklığı ve şiddeti, spor etkinliklerinin planlamasını, atlet sağlığını ve performans

¹ Öğr. Gör. Dr., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, mustafatoprakli@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8005-4919.

² Dr., Akdeniz Üniversitesi, Spor Bilimleri Bölümü, Hareket ve Antrenman Anabilim Dalı, sezerastann@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8944-9036.

sürekliliğini tehdit eder (Mathew, 2024). Örneğin, 2021 Tokyo Olimpiyatları'nda sıcaklıkların 34°C'ye ulaşması ve bağıl nemin %70'i aşması, maraton, bisiklet ve triatlon gibi dayanıklılık etkinliklerinde sporcuların enerji yönetimini zorlaştırmış, erken yorgunluk ve strateji değişikliklerine yol açmıştır (Hosokawa et al., 2021). Benzer şekilde, 2022 Pekin Kış Olimpiyatları'nda düşük sıcaklıklar, sert rüzgârlar ve değişken kar koşulları, kayak ve snowboard gibi açık hava disiplinlerinde hareket hassasiyetini ve kas esnekliğini olumsuz etkilemiştir (Lee & Kim, 2024). Rakımın etkileri de tarihsel olarak dikkat çekicidir; 1968 Meksika Olimpiyatları'nda (2300 m), düşük oksijen seviyeleri uzun mesafe koşullarında belirgin performans kayıplarına neden olurken, kısa süreli patlayıcı etkinliklerde, örneğin sprint ve sıçrama disiplinlerinde, anaerobik enerji yollarının avantaj sağlaması nedeniyle rekorlar kırılmıştır (Levine & Stray-Gundersen, (1997).

Çevresel faktörlerin spor bilimlerindeki artan önemi, disiplinler arası araştırmaları zorunlu kılmaktadır. İklim değişikliği, yalnızca sıcaklık ve nem gibi parametreleri değil, aynı zamanda hava kalitesi, rüzgâr dinamikleri ve rakım adaptasyon süreçlerini de yeniden şekillendirir. Örneğin, 2023 Asya Oyunları'nda nemli koşullar, hidrasyon yönetimi ve termoregülatör stratejilerin önemini ortaya koymuş, gelecekteki organizasyonlar için daha kapsamlı hazırlık süreçlerinin gerekliliğini vurgulamıştır (Lee & Kim, 2024). Rakım, özellikle dayanıklılık disiplinlerinde, hem akut performans kısıtlamalarına hem de uzun vadeli fizyolojik adaptasyon avantajlarına yol açar (Robach & Lundby, 2020). Ancak bu etkiler, bireysel farklılıklarla karmaşıklaşır; yaş, cinsiyet ve genetik yapı, çevresel streslere verilen yanıtları belirler (Kaciuba-Uscilko & Grucza, 2001). Örneğin, genç sporcuların termoregülatör kapasitesi yetişkinlere kıyasla daha sınırlıyken, kadın sporcularda menstrüel döngü fazları ısı ve nem toleransını etkileyebilir (Nichols, 2014).

Genetik faktörler, örneğin EPO reseptör polimorfizmleri, rakım adaptasyonunun etkinliğini şekillendirir (Garvican-Lewis et al., 2015).

Bu çalışma, çevresel faktörlerin spor performansına etkilerini sistematik bir şekilde analiz ederek, spor bilimleri literatürüne özgün bir katkı sunmayı hedefler. Araştırma, şu temel sorulara odaklanır:

1. Sıcaklık, nem ve rüzgâr, farklı disiplinlerde fiziksel kapasiteyi, bilişsel işlevleri ve teknik becerileri nasıl sınırlar?
2. Rakım, metabolik süreçleri ve hematolojik mekanizmaları nasıl etkiler; uzun vadeli adaptasyonlar bu sınırları nasıl aşar?
3. İklim değişikliği bağlamında, çevresel hazırlık süreçleri nasıl yeniden tasarlanmalı; teknolojik yenilikler ve sürdürülebilirlik odaklı stratejiler bu süreçlere nasıl entegre edilebilir?

2010-2025 yılları arasında yayımlanmış 35 kaynaktan yararlanılarak, bu sorular ayrıntılı bir şekilde yanıtlanmaktadır. Çalışma, çevresel etkileri spor dalı, yaş, cinsiyet ve bireysel fizyolojik farklılıklar bağlamında değerlendirir; dayanıklılık ve teknik sporlar arasında karşılaştırmalı bir analiz sunar. Özgün katkısı, iklim değişikliğinin spor üzerindeki yansımalarını rakım adaptasyonu ile birleştirerek, yapay zeka destekli biyosensörler, hipoksik simülatörler ve soğutma teknolojileri gibi yenilikçi araçları sürdürülebilirlik perspektifiyle incelemesidir (Johnson et al., 2024). Ayrıca, çevresel faktörlerin etik boyutlarını—örneğin, rakım kamplarının karbon ayak izi ve teknoloji erişiminde eşitsizlikler—değerlendirir ve organizasyonlar için çevre dostu stratejiler önerir (Cunningham et al., 2022). Her bölüm, teorik temelleri derinlemesine analiz ederek, çevresel zorluklara karşı akademik bir perspektif sunar.

2. İKLİMİN SPOR PERFORMANSINA ETKİLERİ

Sıcaklık, nem ve rüzgâr, spor performansını fiziksel, bilişsel ve teknik düzeylerde şekillendirir. Bu faktörler, özellikle açık hava etkinliklerinde, sporcuların metabolik verimliliğini ve stratejik yaklaşımlarını doğrudan etkiler. Dayanıklılık sporları (örneğin, maraton, bisiklet) çevresel streslere daha duyarlıyken, teknik sporlar (örneğin, tenis, golf) bilişsel ve motor beceri kayıplarına karşı hassastır (Nybo et al., 2020).

3. SICAKLIK VE TERMOREGÜLASYON

Yüksek sıcaklıklar, vücudun termoregülatör kapasitesini zorlayan temel bir çevresel faktördür (Nichols, 2014). Egzersiz sırasında metabolik süreçler tarafından üretilen ısı, terleme, deri yüzeyine kan akışı ve solunum yoluyla ısı kaybı gibi mekanizmalarla dengelenmeye çalışılır (Cheung et al., 2010). Ancak ortam sıcaklığı 32°C'yi aştığında, bu mekanizmaların etkinliği azalır ve hipertermi riski belirgin şekilde artar (Millet & Girard, 2017). Araştırmalar, bu koşullarda maksimal oksijen alım kapasitesinin (VO₂max) %10-15 oranında gerilediğini, özellikle maraton, bisiklet ve triatlon gibi dayanıklılık etkinliklerinde performans kayıplarına yol açtığını göstermektedir (Kenefick, 2018). 2021 Tokyo Olimpiyatları'nda yüksek sıcaklıklar, sporcuların yarış stratejilerini daha temkinli bir pacing yaklaşımına yöneltmiş, bu da toplam yarış sürelerini uzatmıştır (Hosokawa et al., 2021).

Sıcaklığın bilişsel etkileri de önemlidir. Artan çekirdek sıcaklığı, serebral kan akışını azaltarak dikkat, hafıza ve karar alma süreçlerini olumsuz etkiler. Tenis gibi yüksek teknik beceri gerektiren disiplinlerde, oyuncuların servis isabet oranları ve taktiksel seçimlerinde tutarlılık kayıpları gözlemlenmiştir. Futbolda ise sıcaklık stresi, oyuncuların pas doğruluğunu ve oyun okuma yeteneklerini zayıflatır, özellikle maçın ikinci yarısında

hata oranlarını artırır (Ebi et al., 2021). Termoregülatör stres, yalnızca fiziksel kapasiteyi değil, aynı zamanda zihinsel dayanıklılığı da sınırlar; bu, sporcuların algılanan efor düzeyini (RPE) artırarak motivasyonlarını etkileyebilir (Kenefick, 2018). Bireysel farklılıklar, bu etkilerde önemli bir rol oynar; kadın sporcularda menstrüel döngü fazları, özellikle luteal fazda, ısı toleransını azaltabilir (Charkoudian & Stachenfeld, 2016). Yaşlı sporcularda termoregülatör kapasite doğal olarak düşer, genç sporcularda ise terleme mekanizmaları henüz tam gelişmemiştir (Nichols, 2014). Genetik faktörler, örneğin ısı şoku proteinlerinin ekspresyonu, bireylerin sıcaklık stresine yanıtını farklılaştırır (Kenefick, 2018).

Tablo 1. Sıcaklığın Performans Üzerindeki Etkisi

Ortam (°C)	Sıcaklığı	VO2max (%)	Azalma	Etkilenen Sporlar
25-30		5-8		Maraton, Bisiklet
30-35		10-15		Triatlon, Uzun Mesafe Koşu
>35		15-25		Dayanıklılık Sporları

4. NEM VE SIVI DENGESİ

Sıcaklık, yüksek nemle birleştiğinde termoregülatör yükü katlanarak artırır (Kenefick, 2018). Bağıl nem oranının %65'i geçmesi, terin buharlaşma hızını azaltır ve vücudun ısı kaybı kapasitesi ciddi şekilde sınırlandırır (Maughan & Shirreffs, 2020). Bu koşullar, sporcuların saatte 1-2 litre sıvı kaybetmesine neden olabilir; vücut ağırlığının %2'sinden fazla sıvı kaybı, aerobik performansı %8-12 oranında düşürür (James et al., 2017). Triatlon, uzun mesafe koşusu ve bisiklet gibi dayanıklılık etkinliklerinde bu kayıplar, kas krampları, elektrolit dengesizliklerini ve erken yorgunluğu tetikler (Maughan & Shirreffs, 2020). Nem, aynı zamanda termoregülatör stresin bir bileşeni olarak, vücudun merkezi sinir sistemi üzerindeki yükünü

artırır ve kardiyovasküler sistemi zorlar. Nemli ortamların bilişsel etkileri de göz ardı edilemez. Yüksek nem, konforsuzluk hissini artırarak sporcuların motivasyonunu ve odaklanma kapasitesini zayıflatır. Örneğin, futbolda nemli koşullarda oyuncular, özellikle maçın ilerleyen bölümlerinde, stratejik karar alma süreçlerinde daha fazla hata yapma eğilimindedir (Nybo et al., 2020). Ayrıca, nemin yol açtığı sıvı kaybı, kan plazma hacmini azaltarak kaslara oksijen ulaşımını zorlaştırır ve laktat birikimini hızlandırır (Kenefick, 2018). Bireysel farklılıklar bu süreçte belirleyicidir; kadın sporcularda östrojen ve progesteron dalgalanmaları, terleme oranlarını ve elektrolit dengesini etkiler, özellikle luteal fazda dehidrasyon riskini artırır (Kaciuba-Uscilko & Grucza, 2001). Genç sporcularda terleme kapasitesi sınırlıyken, yaşlı sporcularda sıvı regülasyonu daha az etkilidir (Nichols, 2014). Genetik varyasyonlar, örneğin sodyum kanallarındaki polimorfizmler, nemli koşullarda elektrolit kaybını farklılaştırır (Kenefick, 2018).

5. RÜZGÂR VE HAREKET DİNAMİKLERİ

Nem, iç fizyolojik dengeyi zorlarken, rüzgâr, açık hava sporlarında dış dinamikleri şekillendiren bir faktördür. Ters rüzgâr, aerodinamik direnci artırarak enerji harcamasını yükseltir; bisiklette 5 m/s hızındaki ters rüzgâr, güç çıkışını %10-15 oranında artırabilir ve yarış sürelerini uzatır (van Druenen & Blocken, 2021). Koşuda, 4 m/s ters rüzgâr, 10 km yarış süresini %5'e kadar artırır, adım frekansını bozar ve enerji ekonomisini olumsuz etkiler. Arkadan esen rüzgâr, hızı artırabilir; ancak bu avantaj, rüzgârın açısı, tutarlılığı ve sporcunun biyomekanik adaptasyonuna bağlı olarak sınırlıdır (Davies et al., 2020). Futbolda, rüzgâr topun yörüngesini değiştirerek pas isabetini ve şut doğruluğunu etkiler; bu, oyuncuların çevresel farkındalığını ve taktiksel esnekliğini artırmasını gerektirir (Nassis et al., 2015).

Rüzgârın biyomekanik etkileri, spor disiplinine göre farklılaşır. Bisiklette, eğimli duruş ve aerodinamik ekipmanlar (örneğin, özel kasklar ve tekerlek tasarımları) ters rüzgâr etkisini %20'ye kadar azaltabilir (Lukes et al., 2015). Koşuda, ters rüzgâr oksijen tüketimini artırır, laktat eşiğini erken aşar ve koşu ekonomisini bozar (Hoogkamer et al., 2023). Yelken gibi rüzgâra bağımlı sporlarda ise rüzgâr yönü ve hızı, stratejik navigasyonu doğrudan belirler; bu, sporcuların hem fiziksel hem de bilişsel kapasitelerini sınar (Brownlie, 2021). Rüzgârın psikolojik etkileri de önemlidir; ters rüzgâr, algılanan eforu artırarak sporcuların motivasyonunu zayıflatabilir, özellikle uzun süreli dayanıklılık etkinliklerinde zihinsel mücadeleleri yoğunlaştırır (Konings & Hettinga, 2018). Dayanıklılık sporları, rüzgârın enerji tüketimine etkisine daha duyarlıyken, teknik sporlarda (örneğin, golf) rüzgâr, hassas motor becerileri ve konsantrasyonu bozar (Nassis et al., 2015). Bireysel farklılıklar arasında, genç sporcuların rüzgâr stresine psikolojik tepkileri daha belirgin olabilir; kadın sporcularda ise hormonal faktörler, algılanan eforu etkileyebilir (Kaciuba-Uscilko & Gruzca, 2001).

Tablo 2. Rüzgârın Spor Dallarına Etkisi

Spor Dalı	Ters Rüzgâr (m/s)	Performans Etkisi
Bisiklet	5	Güç çıkışı %10-15 artar
Koşu	4	Yarış süresi %5 uzar
Futbol	3-5	Pas isabeti %5-10 azalır

6. RAKIMIN SPOR PERFORMANSINA ETKİLERİ

Rakım, düşük oksijen seviyeleriyle performansı sınırlar, ancak uzun vadeli adaptasyonlarla fizyolojik avantajlar sağlar. Bu bölüm, rakımın metabolik ve hematolojik etkilerini derinlemesine analiz eder.

7. OKSİJEN AZLIĞI VE KAN FİZYOLOJİSİ

Rakım, atmosferik basıncın azalmasıyla oksijen kısmi basıncını düşürür ve hipoksik bir ortam oluşturur (West, 2012). 2500 m yükseklikte, VO₂max %10-15 oranında azalır, bu da uzun mesafe koşusu, bisiklet ve kros kayağı gibi aerobik kapasiteye dayalı etkinliklerde performans kayıplarına yol açar (Robach & Lundby, 2020). Hipoksi, kaslara oksijen ulaşımını sınırlar, mitokondriyal ATP üretimini azaltır ve laktat birikimini hızlandırır (Millet et al., 2019). Bu durum, algılanan efor düzeyini (RPE) artırır ve sporcuların dayanıklılık sınırlarını zorlar (Millet & Girard, 2017). Örneğin, yüksek rakımda koşulan bir maraton, deniz seviyesine kıyasla %5-10 daha uzun sürebilir (Gore et al., 2017). Kısa süreli, yüksek yoğunluklu etkinlikler (örneğin, 100 m sprint) hipoksiden minimal etkilenir, çünkü anaerobik enerji yollarına dayanır (Levine & Stray-Gundersen, 1997). Ancak, futboldaki tekrarlı sprintler gibi etkinliklerde, hipoksi toparlanma sürelerini uzatarak performansı dolaylı olarak sınırlar (Millet et al., 2019).

Hipoksinin kan fizyolojisi üzerindeki etkileri, rakımın uzun vadeli sonuçlarını şekillendirir. Düşük oksijen seviyeleri, böbreklerde eritropoietin (EPO; kırmızı kan hücresi üretimini artıran bir hormon) üretimini tetikler, bu da kırmızı kan hücresi (eritrosit) sentezini artırır (Levine & Stray-Gundersen, 1997). EPO salınımı, rakıma maruziyetin ilk 24-48 saatinde başlar ve 3-4 haftalık süreçte hemoglobin kütlesinde %5-10 artış sağlar (Wilber & Pitsiladis, 2012). Bu, kanın oksijen taşıma kapasitesini yükselterek deniz seviyesinde dayanıklılık performansını iyileştirir. Örneğin, elit maraton koşucuları, rakım kampı sonrası 5000 m yarış sürelerinde %1-2 iyileşme gösterebilir (Muckenthaler, Mairbäurl, & Gassmann, 2020). Ancak adaptasyonun etkinliği, genetik faktörlere (örneğin, EPO reseptör polimorfizmleri) ve demir metabolizmasına bağlıdır; demir eksikliği, eritrosit üretimini sınırlar (Garvican-Lewis et al., 2015).

Akut rakım maruziyeti, plazma hacmini azaltarak kan viskozitesini artırır, bu da kardiyovasküler sistemi zorlar ve kalp debisini sınırlar (Siebenmann et al., 2020). Ayrıca, hipoksi, oksidatif stresi artırarak serbest radikal oluşumunu tetikler, kas hasarını yoğunlaştırır ve inflamatuvar yanıtları uyarır (Millet et al., 2019). Solunum kaslarının artan enerji talebi, özellikle dayanıklılık sporlarında yorgunluğu hızlandırır (Robach & Lundby, 2020). Bireysel farklılıklar arasında, kadın sporcularda demir metabolizması daha hassas olabilir, genç sporcularda hipoksik stres daha belirgin yorgunluğa yol açar ve genetik varyasyonlar (örneğin, hipoksi-indüklenebilir faktör genleri) adaptasyon hızını etkiler (Kaciuba-Uscilko & Grucza, 2001).

8. UYUM SÜREÇLERİ VE ANTRENMAN STRATEJİLERİ

Rakım adaptasyonu, hipoksik koşullara fizyolojik uyumu optimize eden stratejik bir süreçtir (Levine & Stray-Gundersen, 1997). “Yüksekte yaşa, alçakta antrenman yap” yaklaşımı, 2000-2500 m’de uyumayı ve 1000 m altında egzersiz yapmayı içerir; bu, hematolojik faydaları maksimize ederken kas gücü ve teknik becerileri korur. Bu strateji, deniz seviyesinde VO₂max’i %3-5 artırabilir ve dayanıklılık yarışlarında rekabet avantajı sağlar (Robach & Lundby, 2020). Örneğin, Kenya’nın Iten bölgesi (2400 m), elit koşucular için popüler bir merkezdir (Wilber & Pitsiladis, 2012).

“Yüksekte yaşa, yüksekte antrenman yap” yaklaşımı, hipoksinin yol açtığı düşük antrenman yoğunluğu nedeniyle daha az etkilidir ve 3500 m üzerinde yüksek irtifa hastalığı (AMS) riskini artırır. AMS, baş ağrısı, bulantı ve uyku bozukluklarıyla performansı kısıtlar (Luks, Swenson, & Bärtsch, 2017). Hipoksik çadırlar, deniz seviyesinde rakım simülasyonu sağlar; gecelik 8-

12 saat kullanım, 3-4 haftada hemoglobin kütlesini %4-8 artırabilir (Garvican-Lewis et al., 2015).

Tablo 3. Rakım Adaptasyon Aşamaları

Aşama	Süre	Fizyolojik Değişim	Performans Etkisi
Erken Maruziyet	0-48 saat	EPO üretimi başlar	Hipoksi performans düşürür
Eritrosit Artışı	1-2 hafta	Kırmızı kan hücresi artar	Dayanıklılık hafif iyileşir
Hemoglobin Artışı	3-4 hafta	Hemoglobin yükselir	VO2max %3-5 artar

9. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE GELECEK PERSPEKTİFLERİ

Sıcaklık, nem, rüzgâr ve rakım, spor performansını farklı yollarla sınırlandırır. İklim değişikliği, bu etkileri daha yoğun ve öngörülemez hale getirir (Orr et al., 2022). İklim değişikliği nedeniyle, 2030 Olimpiyatları gibi gelecekteki etkinliklerde sıcaklıkların 35°C'yi ve nem oranlarının %70'i aşabileceği öngörülmektedir (IPCC). Bu, hipertermi, dehidrasyon ve bilişsel performans kayıplarını tetikleyecektir (Millet & Girard, 2017). Kış sporlarında, kar örtüsünün azalması ve değişken hava koşulları, kayak ve snowboard gibi etkinliklerin sürdürülebilirliğini tehdit eder (Knowles, Scott, & Steiger, 2020). Dayanıklılık sporları, termoregülatör strese daha duyarlıyken, teknik sporlar çevresel değişiklikten kaynaklanan konsantrasyon kayıplarına karşı hassastır (Nybo et al., 2020).

İklim değişikliğinin organizasyonel ve etik boyutları da önem kazanmaktadır. Spor etkinliklerinin çevresel ayak izi—seyahat, altyapı ve enerji tüketimi—sürdürülebilirlik tartışmalarını gündeme taşır (Cunningham et al., 2022). Örneğin, rakım kampları, uçuşlar ve geçici tesisler nedeniyle yüksek karbon emisyonlarına yol açar (Orr et al., 2022). Teknolojik yeniliklerin, örneğin biyosensörlerin, soğutma yeleklerinin ve

rüzgâr tüneli simülasyonlarının üretimi, enerji talebini artırarak çevresel yükü ağırlaştırabilir (Johnson et al., 2024). Organizasyonlar, yenilenebilir enerji kaynaklı tesisler, çevre dostu malzemeler ve düşük karbonlu lojistik çözümleri benimseyerek bu yükü azaltabilir (McCullough et al., 2023). Ancak, teknolojik yeniliklere erişimde eşitsizlikler—örneğin, gelişmekte olan ülkelerdeki sporcuların biyosensörlere ulaşamaması—etik bir sorun olarak öne çıkar (Mathew, 2024). Organizasyonların, teknoloji transferi ve adil erişim politikalarıyla bu eşitsizlikleri gidermesi gerekmektedir.

10. SONUÇ

İklim ve rakım, spor performansını fiziksel, bilişsel ve stratejik düzeylerde şekillendirir. Yüksek sıcaklıklar, VO₂max'ı %10-15 azaltır (Millet & Girard, 2017); nem, sıvı kaybıyla performansı %8-12 düşürür (James et al., 2017); rüzgâr, yarış sürelerini %5-15 uzatır (Davies et al., 2020); rakım, hipoksiyle dayanıklılığı sınırlar, ancak adaptasyonla hemoglobin kütlesini %5-10 artırır (Levine & Stray-Gundersen, 1997). İklim değişikliği, bu etkileri daha karmaşık hale getirerek organizasyonel ve etik sorumlulukları öne çıkarır (Orr et al., 2022). Spor bilimleri, fizyoloji, teknoloji ve sürdürülebilirlik odaklı yaklaşımları birleştirerek bu zorluklara yanıt üretmelidir.

KAYNAKÇA

- Armstrong, L. E., & Maresh, C. M. (2016). Exercise physiology for health, fitness, and performance (4th ed.). Wolters Kluwer.
- Brownlie, L. W. (2021). Aerodynamic drag reduction in cycling: Equipment design. *Sports Engineering*, 24(1), 12.
- Charkoudian, N., & Stachenfeld, N. (2016). Sex hormone effects on autonomic mechanisms of thermoregulation in humans. *Autonomic Neuroscience*, 196, 75–80. <https://doi.org/10.1016/j.autneu.2015.11.004>
- Cheung, S. S. (2010). Interconnections between thermal perception and exercise capacity in the heat. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20 (Suppl. 3), 53–59. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01209.x>
- Davies, C. T., Thompson, M. W., & White, A. (2020). Effect of wind on running performance. *European Journal of Sport Science*, 20(7), 945-952.
- Ebi, K. L., Capon, A., Berry, P., Broderick, C., de Dear, R., Havenith, G., Honda, Y., Kovats, R. S., Ma, W., Malik, A., Morris, N. B., Nybo, L., Seneviratne, S. I., Vanos, J., & Jay, O. (2021). Sıcak hava ve aşırı sıcaklıklar: sağlık riskleri. *The Lancet*, 398 (10301), 698-708. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)01208-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)01208-3)
- Fulco, C. S., Rock, P. B., & Cymerman, A. (1998). Maximal and submaximal exercise performance at altitude. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 69(8), 793–801.
- Garvican-Lewis, L. A., Halliday, I., Abbiss, C. R., Saunders, P. U., & Gore, C. J. (2015). Altitude exposure at 1800 m increases hemoglobin mass in distance runners. *Journal of Sports Science and Medicine*, 14 (2), 413-417.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4424472/>

- Hoogkamer, W., Kram, R., & Arellano, C. J. (2017). How biomechanical improvements in running economy could break the 2-hour marathon barrier. *Sports Medicine*, 47 (9), 1739-1750. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0708-0>
- Hosokawa, Y., Racinais, S., Akama, T., Zideman, D., Budgett, R., Casa, D. J., Bermon, S., Grundstein, A. J., Pitsiladis, Y. P., Schobersberger, W., & Yamasawa, F. (2021). Prehospital management of exertional heat stroke at sports competitions: International Olympic Committee Adverse Weather Impact Expert Working Group for the 2020 Tokyo Olympic Games. *British Journal of Sports Medicine*, 55 (24), 1405–1410. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-103854>
- IPCC, 2018: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report.
- James, L. J., Moss, J., Henry, J., Papadopoulou, C., & Mears, S. A. (2017). Hypohydration impairs endurance performance: A blinded study. *Physiological Reports*, 5 (12), e13315. <https://doi.org/10.14814/phy2.13315>
- Johnson, K. L., Smith, R. T., & Taylor, L. (2024). AI-driven thermoregulation monitoring. *Journal of Sports Technology*, 12(3), 45-56.
- Kaciuba-Uscilko, H., & Grucza, R. (2001). Gender differences in thermoregulation. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 4(6), 533–536. <https://doi.org/10.1097/00075197-200111000-00012>
- Kenefick, R. W. (2018). Drinking strategies: Planned drinking versus drinking to thirst. *Sports Medicine*, 48 (Suppl. 1), 31–37. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0844-6>

- Knowles, N., Scott, D., & Steiger, R. (2020). Winter sports and climate change. In Sport and environmental sustainability (pp. 140–161). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003003694-8>
- Konings, M., & Hettinga, F. J. (2018). Pacing decision making in sport and the effects of interpersonal competition: A critical review. *Sports Medicine*, 48 (1), 1-12. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0937-x>
- Lee, J. H., & Kim, S. Y. (2024). Environmental challenges at the 2023 Asian Games. *Asian Journal of Sport and Exercise Science*, 3(1), 22-29.
- Levine, B. D., & Stray-Gundersen, J. (1997). "Living high-training low": Effect of moderate-altitude acclimatization with low-altitude training on performance. *Journal of Applied Physiology*, 83 (1), 102-112. <https://doi.org/10.1152/jappl.1997.83.1.102>
- Luks, A. M., Swenson, E. R., & Bärtsch, P. (2017). Acute high-altitude sickness. *European Respiratory Review*, 26 (143), 160096. <https://doi.org/10.1183/16000617.0096-2016>
- Lukes, R. A., Chin, S. B., & Haake, S. (2005). The understanding and development of cycling aerodynamics. *Sports Engineering*, 8(2), 59-74. <https://doi.org/10.1007/BF02844004>
- Mathew, P. (2024). Sports and climate change: Implications and strategies. *Ecology, Environment & Conservation*, 30 (Suppl. 7), S213-S218. <https://doi.org/10.53550/EEC.2024.v30i07s.039>
- Maughan, R. J., & Shirreffs, S. M. (2010). Dehydration and rehydration in competitive sport. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20 (Suppl. 3), 40-47. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01207.x>

- McCullough, B. P., Orr, M., & Kellison, T. (2020). Sport ecology: Conceptualizing an emerging subdiscipline within sport management. *Journal of Sport Management*, 34 (6), 509–520. <https://doi.org/10.1123/jsm.2019-0294>
- Millet, G. P., Chapman, R. F., Girard, O., & Brocherie, F. (2019). Is live high–train low altitude training relevant for elite athletes? Flawed analysis from inaccurate data. *British Journal of Sports Medicine*, 53(15), 923–925. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098083>
- Millet, G. P., & Girard, O. (2017). Editorial: High-intensity exercise in hypoxia: Beneficial aspects and potential drawbacks. *Frontiers in Physiology*, 8, 1017. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.01017>
- Muckenthaler, M. U., Mairbäurl, H., & Gassmann, M. (2020). Iron metabolism in high-altitude residents. *Journal of Applied Physiology*, 129 (4), 920–925. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00019.2020>
- Nassis, G. P., Brito, J., Dvorak, J., Chalabi, H., & Racinais, S. (2015). The association of environmental heat stress with performance: Analysis of the 2014 FIFA World Cup Brazil. *British Journal of Sports Medicine*, 49 (9), 609–613. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-094449>
- Nichols, A. W. (2014). Heat-related illness in sports and exercise. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 7 (4), 355–365. <https://doi.org/10.1007/s12178-014-9240-0>
- Nybo, L., Rasmussen, P., & Sawka, M. N. (2014). Performance in the heat—physiological factors of importance for hyperthermia-induced fatigue. *Comprehensive Physiology*, 4 (2), 657–689. <https://doi.org/10.1002/cphy.c130012>

- Orr, M., Inoue, Y., Seymour, R., & Dingle, G. (2022). Impacts of climate change on organized sport: A scoping review. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 13 (3), e760. <https://doi.org/10.1002/wcc.760>
- Robach, P., & Lundby, C. (2020). Altitude training and endurance performance. In *Triathlon medicine* (pp. 329–343). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22357-1_20
- Siebenmann, C., Robach, P., & Lundby, C. (2017). Regulation of blood volume in lowlanders exposed to high altitude. *Journal of Applied Physiology*, 123 (4), 957–966. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00118.2017>
- Van Druenen, T., & Blocken, B. (2021). Aerodynamic analysis of uphill drafting in cycling. *Sports Engineering*, 24 (1), Article 10. <https://doi.org/10.1007/s12283-021-00345-2>
- West, J. B. (2012). High-altitude medicine. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 186 (12), 1229–1237. <https://doi.org/10.1164/rccm.201207-1323CI>
- Wilber, R. L., & Pitsiladis, Y. P. (2012). Kenyan and Ethiopian distance runners: What makes them so good? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7 (2), 92–102. <https://doi.org/10.1123/ijsp.7.2.92>

KADIN FUTBOLUNDA OYUN TEMELLİ ANTRENMAN YÖNTEMİ: DAR ALAN OYUNLARI

Osman YILMAZ¹

1. GİRİŞ

Son yıllarda kadın futbolunda uluslararası turnuvaların sayısında ve görünürlüğünde önemli bir artış meydana gelmiş, dünya genelinde hem profesyonel hem de amatör liglerin gelişimiyle birlikte bir büyüme olmuştur (Martínez-Lagunas ve ark., 2014). Bu gelişmede Avrupa Futbol Federasyonları Birliği'nin (UEFA) finansal desteği büyük öneme sahiptir (UEFA, 2015). Bundan dolayı kadın futboluna olan katılım üçte bir oranında artış göstermiştir (FIFA, 2019). Kadın futbolunda gelişmiş atletik performans, stratejik geliştirme ve özellikle kadın futbolcuların ihtiyaçlarına göre tasarlanmış bilimsel çıktıları olan antrenman yöntemlerine olan talepler artmıştır. Böylece kadın futbolunda optimum katkı sağlayan antrenmanları kullanarak performans geliştirmeyi sağlamak için bilimsel çalışmaların sonuçlarının dikkate alınmasının önemini artmıştır (Mujika ve ark., 2009; Martínez-Lagunas ve ark., 2014; Farhani ve ark., 2024).

Futbolun yapısı ve temel kuralları (saha boyutları, maç süresi, oyuncu sayısı, kale boyutu ve top boyutu gibi) kadınlar ve erkekler için aynı görünse de fizyolojik ve fiziksel performans özellikleri açısından cinsiyetler arasında dikkate alınması gereken

¹ Dr. Osman Yılmaz, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği, Osmaniye, osmanyilmaz@osmaniye.edu.tr, ORCID: 0000-0003-3846-2457.

farklılıklar görülmektedir (Sausaman ve ark., 2019). Bu farklılıklar vücut kompozisyonu, kas kütlesi dağılımı, hormonal profiller, aerobik ve anaerobik kapasiteler gibi çeşitli faktörlerden kaynaklanmaktadır. Mohr ve ark. (2008) kadın futbolcuların maçlar sırasında erkek futbolculara kıyasla yaklaşık %30 daha az yüksek yoğunluklu koşu yaptığını belirtmiştir. Dahası, kadınlar genellikle sprint hızı, maksimum oksijen alımı (VO_{2max}), güç ve kuvvet testleri (Mujika ve ark., 2009; Tonnessen ve ark., 2014) dahil olmak üzere bazı fiziksel değerlendirmelerde erkeklere göre daha düşük sonuçlara sahiptirler.

Bu farklılıklar, erkek futbolcular için tasarlanan antrenman yöntemlerini doğrudan uygulamak yerine, kadın futbolcuların fizyolojik profiline özel olarak uyarlanmış antrenman programlarına ve performans değerlendirmelerine olan ihtiyacı vurgulamaktadır. Bu farklılıkları göz önünde bulundurmak, yalnızca kadın futbolundaki performans sonuçlarını iyileştirmekle kalmayıp aynı zamanda kadın futbolcuların genel sağlık, uzun ömürlülük ve kariyer gelişimine de katkıda bulunabilir. Literatürdeki bazı çalışmalar kadın ve erkek futbolcuların gelişimindeki farklılığı ortaya koyarak, cinsiyet odaklı bir yaklaşımın önemini ortaya koymuştur (Jastrzebski ve ark., 2016; Jastrzebski ve Radzimiński 2017; Farhani ve ark., 2024).

Kadın futbolcuların bir maçta toplamda yaklaşık 8–11 km mesafe katettiği belirtilmiştir (Andersson ve ark., 2010; Bradley ve ark., 2014; Hewitt ve ark., 2014; Trewin ve ark., 2018). Bu süre zarfında 70-190 arasında yüksek yoğunluklu eylem gerçekleştirdikleri ve bunun sonucunda 1530-1680 m arasında değişen yüksek yoğunluklu koşu mesafeleri ile 380-460 m arasında sprint yaptıkları gözlemlenmiştir (Mohr ve ark., 2008; Andersson ve ark., 2010; Datson ve ark., 2014). Maçın büyük bir kısmı yürüme ($<7,1$ km/s) ve koşma ($7,2-14,4$ km/s) ile orta yoğunluklu aktivitelerden ($14,4-19,8$ km/s) oluşurken, oyuncular

çok yüksek yoğunluklu bölgede (19,8–25,2 km/s) ve sprintte (>25 km/s) daha az mesafe kat etmektedirler. (Hewitt ve ark., 2014; Mara ve ark., 2017). Futbolcuların cinsiyetten bağımsız olarak başarılı performans gösterebilmeleri için yüksek aerobik ve anaerobik kapasiteye sahip olmaları gerekir (Karakoç ve ark., 2012; Hazır ve ark., 2018). Bu nedenle antrenörler, oyuncuların performanslarını artırmak amacıyla çeşitli antrenman yöntemleri uygulamaktadır (Sarmiento ve ark., 2018). Bu yöntemlerden Dar alan oyunları (DAO) modern futbolda son zamanlarda sıklıkla kullanılmaktadır (Soylu ve ark., 2022; Yılmaz & Soylu, 2024).

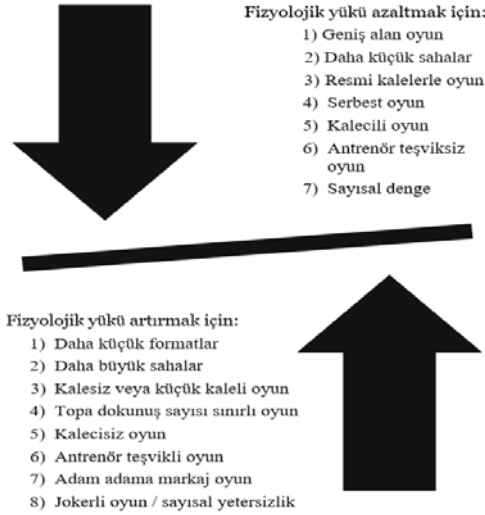
2. DAR ALAN OYUNU

Dar alan oyunlarının gerçek maçlarla benzer fizyolojik iş yükleri ve yoğunluklar sunabileceği, ayrıca teknik ve taktik yeterlilikleri geliştirebilen bir antrenman yöntemi olarak son zamanlarda kullanılmaktadır. Yapılan bazı çalışmalar, DAO'larının maça özgü talepleri karşılama, karar alma, teknik uygulama ve oyunla ilgili eylemler için artan fırsatlarla daha yoğun bir eğitim ortamı sunma yeteneğini desteklenmektedir (Hill-Haas ve ark., 2009; Owen 2004; Aguiar ve ark., 2012; Michailidis, 2013). Oyunlar sırasında görev koşullarını manipüle etmek ve seansın hedeflerine ulaşmak için antrenörlerin belirli bir bilgi ve deneyime sahip olmaları gerekmektedir. Çünkü saha boyutu, oynanan oyun sayısı, oyuncu sayısı, oyun süresi, kalecili ve kalecisiz oyun, koç teşviki, teknik kısıtlamalar ve zihinsel yorgunluk gibi çeşitli görev koşullarıyla manipüle etmenin DAO ile ilişkili talepleri ciddi şekilde değiştirmektedir (Rampinini ve ark., 2007; Costa ve ark., 2009; Hill-Haas ve ark., 2009; Soylu ve ark., 2022; Soylu ve ark., 2024; Yılmaz ve Soylu, 2024). Antrenörler bu manipülasyonları antrenmanlarda istenilen fizyolojik yük ve teknik performans taleplerine ulaşmak için kullanırlar. Clemente (2016), farklı görev koşullarının etkilerini

incelemiş ve antrenörlerin günlük çalışmalarında kullanabilecekleri koşulları belirlemiştir (Tablo 1, Şekil 2, Şekil 3).

Tablo 1. Oyunun farklı formatlarında dar, orta ve büyük olarak kabul edilen alan boyutları (Clemente, 2016)

Oyun Formatı	Dar Alan		Orta Alan		Büyük Alan	
	Saha Boyutları (m2)	Oyuncu başına düşen alan (m2)	Saha Boyutları (m2)	Oyuncu başına düşen alan (m2)	Saha Boyutları (m2)	Oyuncu başına düşen alan (m2)
1 vs 1	10 x 5	25	15 x 10	75	20 x 15	150
2 vs 2	15 x 10	38	20 x 15	75	25 x 20	125
3 vs 3	20 x 15	50	25 x 18	75	25 x 30	125
4 vs 4	20 x 25	63	30 x 20	75	30 x 35	131
5 vs 5	30 x 20	60	35 x 25	88	42 x 35	126
6 vs 6	32 x 24	64	40 x 30	100	48 x 36	144
7 vs 7	40 x 25	71	44 x 23	72	57 x 30	122



Şekil 1. Dar alan oyunlarında farklı görev koşulları kullanılarak akut fizyolojik tepkilerin artırılması ve azaltılması (Clemente, 2016)

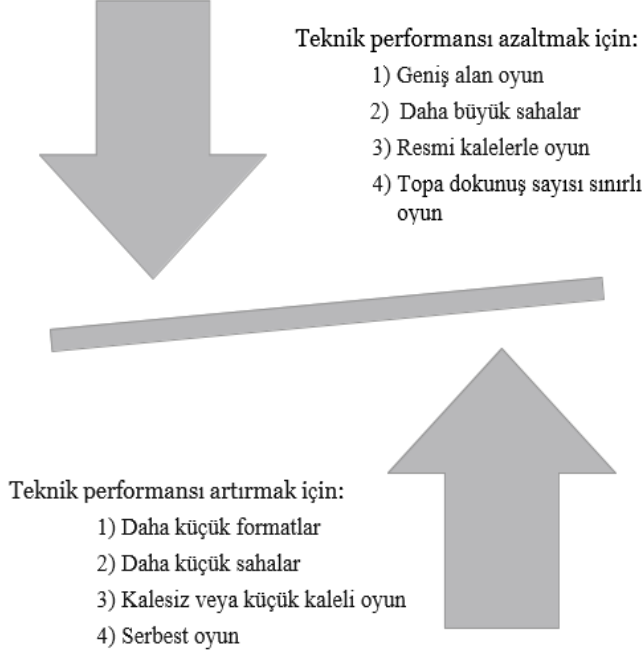
DAO'nun fizyolojik faydaları, oyuncuları hem kondisyon hem de beceri geliştirme aktivitelerine dahil etmek için teknik ve taktik talepleri ayarlayarak optimize edilebilir. Örneğin, fizyolojik olarak aerobik ve anaerobik kapasiteyi iyileştirmeye odaklanırken, motivasyon ve odaklanma gibi psikolojik faktörler oyuncuların karar verme ve genel performansını DAO sırasında etkileyebilir (Clemente, 2016). Araştırmalar, koçluk teşviklerini değiştirmenin ve takım çalışması veya baskı altında karar alma gibi oyunun belirli yönlerini vurgulamanın oyuncuların odağını değiştirebileceğini ve katılımlarını artırabileceğini göstermiştir (Soylu ve ark., 2024; Yılmaz ve Soylu, 2024).

Bu bağlamda, DAO'ların antrenmana entegrasyonu, belirli koşulları, oyuncuların seviyesini ve seansın arzu edilen sonucunu dikkate alan uyarlanabilir bir strateji ile ele alınmalıdır. Oyunun yoğunluğunu artırma veya azaltma yeteneği, DAO'ların hem fizyolojik hem de beceri gelişimine katkıda bulunurken, oyuncuların zihinsel ve taktiksel becerilerinin korumasında önemli bir unsurdur. Antrenörler bu faktörleri dikkate alarak DAO'ların sporcular için hem performans iyileştirmesini hem de oyuna özgü hazırlığı teşvik ederek optimum antrenman ortamını sağlamasını sağlayabilir (Soylu ve ark., 2022; Yılmaz ve Soylu, 2024).

3. KADIN FUTBOLUNDA DAR ALAN OYUNLARI

DAO kadın oyuncuların teknik, taktik, fiziksel ve fizyolojik kapasitelerini geliştirmek için etkili bir antrenman yöntemi olarak kullanılmaktadır (Köklü ve ark., 2023; Jastrzebski ve ark., 2016). Antrenörler, DAO değişkenlerini kontrollü bir şekilde manipüle ederek, futbolcuları rekabetçi ortama hazırlayan zorlu ve ilgi çekici bir antrenman sağlayabilirler (López-Fernández ve ark., 2018; Köklü ve ark., 2023; Yılmaz ve Soylu, 2024; Soylu ve ark., 2024). Kadın futbolcular üzerinde uygulanan

bir çalışmada DAO'ların kadın futbol maçlarının genel hareket kalıplarını simüle ettiği belirtilmiştir (Gabbet ve ark., 2008).



Şekil 2. Dar alan oyunlarında farklı görev koşulları kullanılarak teknik performansın artırılması ve azaltılması (Clemente, 2016)

Paprancová ve ark. (2024) 8 hafta/12 seans DAO (4 v 4) ve yüksek şiddetli interval antrenmanlarının etkilerini karşılaştırmıştır. Çalışma bulguları, DAO ve yüksek şiddetli interval antrenman uygulamasının kadın futbolcuların dayanıklılık, sürat ve yön değiştirme hızındaki performanslarını iyileştirdiğini göstermiştir (Paprancová ve ark., 2024). DAO çeviklik ve sürat performansında yüksek şiddetli interval antrenmana göre daha fazla gelişme sağlarken, dayanıklılık performansında yüksek şiddetli interval antrenman, DAO'na göre daha fazla gelişme sağlamıştır (Paprancová ve ark., 2024). Başka bir çalışmada, genç kadın futbolcularda 8 hafta/12 seans süresince uygulanan DAO ve yüksek şiddetli interval antrenmanlarının

etkileri karşılaştırılmış ve sıçrama, yön değiştirme ile aerobik dayanıklılık testleri gerçekleştirilmiştir (Nayiroğlu ve ark., 2022). Sonuçlar DAO ve yüksek şiddetli interval antrenmanların, dikey ve yatay sıçrama yeteneğini, yön değiştirme yeteneğini ve aerobik kapasiteyi iyileştirmede etkili olduğunu göstermiştir. Gruplararası karşılaştırmada ise DAO antrenmanları daha etkili sonuçlar üretmiştir (Nayiroğlu ve ark., 2022).

Jorge López-Fernández ve ark. (2018) farklı saha ölçülerinde (400 m², 600 m² and 800 m²) ve farklı zeminlerde (toprak, yapay çim ve doğal çim) gerçekleştirilen DAO'nın etkilerini araştırmıştır. 400 m² DAO, 600 m² ve 800 m² DAO'ya göre daha yüksek kalp atım hızı ortalaması ile sonuçlanmıştır. Doğal çim zeminde, toprak ve yapay çim zemine göre daha yüksek kalp atım hızı ortalaması görülmüştür (Jorge López-Fernández ve ark., 2018). Bu sonuçlar doğal çim zeminde uygulanan küçük DAO'nın kadın futbolcuların fizyolojik performansını artırmada etkili olduğunu göstermektedir. Köklü ve ark. (2024) genç kadın futbolcularda farklı DAO'nın (2 v 2, 3 v 3, 4 v 4) etkilerini araştırmışlardır. 2 v 2 oyununda maksimum kalp atım hızının 3 v 3 ve 4 v 4 oyuna göre daha düşük, laktik asit ve algılanan zorluk derecesinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. 4 v 4 oyununda ise yürüyüş, düşük, orta, yüksek şiddetli koşu ve toplam koşu mesafelerinde 2 v 2 ve 3 v 3 oyunlara kıyasla daha fazla mesafe kat edilmiştir (Köklü ve ark., 2024). Trombiero ve ark. (2023) elit kadın futbolcularda sayısal eşitlik (3 v 3) ve üstünlük (3 v 3 + 1) sağlanan DAO'da hücum fazında fiziksel, fizyolojik ve taktiksel tepkileri karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, sayısal üstünlükte 7,20–14,29 km/sa (m) hızlarda kat edilen mesafede bir artış ve maksimum kalp atım hızında ve taktiksel tepkilerde azalma göstermiştir (Trombiero ve ark., 2023).

Farklı sürelerde gerçekleştirilen DAO'larında, 1 x 12 dakikalık sürekli oyunun maksimum kalp atım hızı, algılanan zorluk derecesi, laktat seviyeleri ve top kaybında 2 x 6 ve 3 x 4

dakikalık oyunlara kıyasla daha yüksek değerler, başarılı pas, başarılı mücadele ve başarılı düelloda daha düşük değerler göstermiştir (Farhani ve ark., 2024). Mara ve ark. (2016), dar alan oyunlarını, orta ve geniş alan oyunları ile karşılaştırmıştır. Büyük sahada oynatılan oyunlarda orta ve dar alan oyunlarına kıyasla daha fazla sprint mesafesi elde edilmiştir. Maksimum kalp atım hızında ise dar alan oyunları orta ve geniş alan oyunlarına göre daha yüksek değerler göstermiştir (Mara ve ark., 2016).

Literatürde, kadın futbolcularda DAO'nın kronik ve akut etkilerinin incelendiği çalışmaların yanı sıra kadın ve erkek futbolcuların performansların karşılaştırıldığı çalışmalar görülmektedir. Yapılan çalışmalarda 4 v 4 dar alan oyunlarındaki maksimum kalp atım hızının erkek ve kadın futbolcularda benzer olduğu (Jastrzebski ve ark., 2016), laktat seviyesi ve maksimum koşu hızında (Jastrzebski ve Radzimiński 2017), kat edilen toplam koşu mesafesinde (Jastrzebski ve ark., 2016; Jastrzebski ve Radzimiński 2017) erkeklerin kadın futbolculardan daha yüksek değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir. 8 haftalık kronik etkilerin araştırıldığı başka bir çalışmada erkeklerin dikey sıçrama, sürat ve aerobik performans açısından kadınlara göre daha fazla gelişim gösterdiği tespit edilmiştir (He ve ark., 2024).

4. SONUÇ

Sonuç olarak DAO, kadın futbolunda performansın teknik, taktik ve fiziksel yönlerini aynı anda geliştirmek için tasarlanmış etkili ve yaygın olarak kullanılan bir antrenman yöntemidir. Bu değiştirilmiş oyun formatları, oyuncu sayılarını yoğunlaştırarak ve saha boyutlarını değiştirerek gerçek maçların dinamik ve beklenmedik doğal hareketlerini taklit eder ve böylece daha yoğun ve keyif veren bir antrenman ortamı yaratır. DAO'ları, futbolcuların maça özgü koşullar altında maç benzeri aktiviteler gerçekleştirmelerini sağlayarak, yalnızca pas, top

sürme ve şut gibi teknik uygulamalarını değil, aynı zamanda rekabet ve zaman baskısı altında bilişsel ve karar verme becerilerini de geliştirir.

Bu çalışmada kadın futbolunda çeşitli DAO formatların uygulandığı araştırmalar incelenmiştir. Bu formatlar genellikle farklı oyuncu sayılarını (örneğin; 2 v 2, 3 v 3, 4 v 4), kalecilerin dahil edilmesini veya hariç tutulmasını, minyatür kale kullanımını, topa sahip olma kurallarını ve jokerli oyunların (sayısal avantajlar yaratmak için tarafsız oyuncuların) entegrasyonunu içermektedir. Ayrıca, çalışmalarda farklı antrenman etkilerini gözlemlemek için çalışma-dinlenme oranları, saha boyutları ve oyun süreleri manipüle edilmiştir (Tablo 2). Yapılan çalışmaların sonuçları tutarlı bir şekilde hem akut hem de kronik DAO uygulamalarının kadın futbolcularda fizyolojik cevaplarda (kalp atım hızı ve VO₂max gibi), fiziksel performansta (sürat çeviklik, dayanıklılık, denge) ve teknik becerilerde (pas verme, top kontrolü, top sürme, top kapma, toplu dönüşler, şut gibi) önemli gelişmelere yol açtığını göstermektedir.

Bu çok yönlü gelişim göz önüne alındığında, kadın futbol takımlarının antrenörleri DAO'larını düzenli olarak antrenman programlarına dahil etmeye teşvik edilmektedir. Bu yöntem futbolcuların çok yönlü gelişimini destekleyerek ve hazır bulunuşlukları artırarak takım performansının iyileştirilmesine katkı sağlayabilir. Ayrıca, pratik uygulama açısından futbolun rekabetçi fiziksel taleplerine ve stratejik karmaşıklıklarına hazırlanmak için eğlenceli ve oyun formatında uygulanan bir antrenman yöntemi sunmaktadır.

Tablo 2. Kadın Futbolunda Uygulanan Dar Alan Oyunlarının Özellikleri

Çalışma	Oyun Formatı	Oyun Alanı		Oyuncu başına düşen m ²	Oyun Süresi (dakika)	Yoğunluk Dinlenme Süresi (dakika)	Oyun Sayısı
		Genişlik (m)	Uzunluk (m)				
Paprancová ve ark., 2024	4 v 4 Topa sahip olma	25	35	109	2	2	6
Jastrzębski ve Radzimiński, 2017	4 v 4 Kalecili	30	40	120	4	3	4
Jastrzębski ve ark., 2016	4 v 4 Kalecili	30	40	120	4	2	4
Trombiero ve ark., 2023	3 v 3 Kalecili ve jokerli	27	36	162	4	-	4
Farhani ve ark., 2024	4 v 4 Kalecili	25	32	100	12 6 4	0 2 2	1 2 3
	4 v 4 Topa sahip olma	20 24.5	20 24.5	50 75	4	10	3
	2 v 2 Topa sahip olma	28.3 20	28.3 20	100 100	2	2	4
Köklü ve ark., 2022	3 v 3 Topa sahip olma	20	30	100	3	2	4
	4 v 4 Topa sahip olma	20	40	100	4	2	4
	3 v 3 Topa sahip olma	22	30	110	3	4	4
He ve ark., 2024	6 v 6 Topa sahip olma	32	40	106	6	2	2
	7 v 7 Topa sahip olma	32	40	91	6	2	2
	4 v 4 Kalecili	40	40	200	5	2	2
Mara ve ark., 2016	5 v 5 Kalecili	40	50	200	5	2	2
	6 v 6 Kalecili	40	60	200	7	2	2
	7 v 7 Kalecili	40	70	200	7	2	2
	8 v 8 Kalecili	68	80	340	9	2	2
	9 v 9 Kalecili	68	90	340	9	2	2
	Kalecili	68	90	340	9	2	2

KAYNAKÇA

- Andersson, H. Å., Randers, M. B., Heiner-Møller, A., Krstrup, P., & Mohr, M. (2010). Elite female soccer players perform more high-intensity running when playing in international games compared with domestic league games. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(4), 912-919.
- Aguiar, M., Botelho, G., Lago, C., Maças, V., & Sampaio, J. (2012). A review on the effects of soccer small-sided games. *Journal of human kinetics*, 33, 103.
- Bradley, P. S., Dellal, A., Mohr, M., Castellano, J., & Wilkie, A. (2014). Gender differences in match performance characteristics of soccer players competing in the UEFA Champions League. *Human Movement Science*, 33, 159-171.
- Clemente FM (2016). *Small-Sided and Conditioned Games in Soccer Training The Science and Practical Applications* [1 ed] Springer Singapore
- Costa, I. T., Garganta, J. M., Greco, P. J., and Mesquita, I. (2009). Princípios táticos do jogo de futebol: conceitos e aplicação. *Motriz J. Phys.* 15, 657–668.
- Datson, N., Hulton, A., Andersson, H., Lewis, T., Weston, M., Drust, B., & Gregson, W. (2014). Applied physiology of female soccer: an update. *Sports Medicine*, 44, 1225-1240.
- Farhani, Z., Amara, S., Aissa, M. B., Guelmami, N., Bouassida, A., & Dergaa, I. (2024). The variability of physical enjoyment, physiological responses, and technical-tactical performance according to the bout duration of small-sided games: a comparative study between female and male

- soccer players. BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation, 16(1), 77
- Federation Internationale de Football Association (FIFA) (2019). Women's football member associations survey report.
- Gabbett, T. J., & Mulvey, M. J. (2008). Time-motion analysis of small-sided training games and competition in elite women soccer players. The Journal of Strength & Conditioning Research, 22(2), 543-552
- Hill-Haas, S, Rowsell, GJ, Dawson, BT, and Coutts, AJ. Acute physiological responses and time-motion characteristics of two small-sided training regimes in youth soccer players. The Journal of Strength & Conditioning Research, 23: 111–115, 2009
- He, J., Liu, D., Wang, T., Xu, Q., & Zhao, X. (2024). Sex Influences the Extent of Physical Performance Adaptations in Response to Small-Sided Games and Running-Based High-Intensity Interval Training: A Parallel Study Design Involving Men and Women Soccer Players. Journal of Sports Science & Medicine, 23(2), 265.
- Hewitt, A., Norton, K., & Lyons, K. (2014). Movement profiles of elite women soccer players during international matches and the effect of opposition's team ranking. Journal Of Sports Sciences, 32(20), 1874-1880.
- Hazir, T., Kose, M. G., & Kin-Isler, A. (2018). The validity of Running Anaerobic Sprint Test to assess anaerobic power in young soccer players. Isokinetics and Exercise Science, 26(3), 201-209.
- Jastrzebski, Z., Radziminski, L., & Stepień, P. (2016). Comparison of time-motion analysis and physiological responses during small-sided games in male and female

- soccer players. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 8(1), 5.
- Jastrzębski, Z., & Radzimiński, Ł. (2017). Default and individual comparison of physiological responses and time-motion analysis in male and female soccer players during small-sided games.
- Karakoç, B., Akalan, C., Alemdaroğlu, U., & Arslan, E. (2012). The relationship between the yo-yo tests, anaerobic performance and aerobic performance in young soccer players. *Journal Of Human Kinetics*, 35, 81.
- Köklü, Y., Türkdoğan, H., Bölükbaşı, T., & Alemdaroğlu, U. (2024). Comparison of internal and external loads during different small-sided games in young female soccer players. *Science & Sports*, 39(3), 260-266.
- López-Fernández, J., Sánchez-Sánchez, J., Rodríguez-Cañamero, S., Ubago-Guisado, E., Colino, E., & Gallardo, L. (2018). Physiological responses, fatigue and perception of female soccer players in small-sided games with different pitch size and sport surfaces. *Biology Of Sport*, 35(3), 291-299.
- Mara, J. K., Thompson, K. G., Pumpa, K. L., & Morgan, S. (2017). The acceleration and deceleration profiles of elite female soccer players during competitive matches. *Journal Of Science And Medicine In Sport*, 20(9), 867-872.
- Mohr, M., Krstrup, P., Andersson, H., Kirkendal, D., & Bangsbo, J. (2008). Match activities of elite women soccer players at different performance levels. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(2), 341-349.
- Martínez-Lagunas, V., Niessen, M., & Hartmann, U. (2014). Women's football: Player characteristics and demands of

- the game. *Journal of Sport and Health Science*, 3(4), 258-272.
- Mujika, I., Santisteban, J., Impellizzeri, F. M., & Castagna, C. (2009). Fitness determinants of success in men's and women's football. *Journal Of Sports Sciences*, 27(2), 107-114.
- Mara, J. K., Thompson, K. G., & Pumpa, K. L. (2016). Physical and physiological characteristics of various-sided games in elite women's soccer. *International Journal Of Sports Physiology And Performance*, 11(7), 953-958.
- Nayıroğlu, S., Yılmaz, A. K., Silva, A. F., Silva, R., Nobari, H., & Clemente, F. M. (2022). Effects of small-sided games and running-based high-intensity interval training on body composition and physical fitness in under-19 female soccer players. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 14(1), 119.
- Michailidis, Y. (2013). Small sided games in soccer training. *Journal of Physical Education and Sport*, 13, 392–399.
- Owen, A (2004). Physiological & technical analysis of small-sided conditioned training games within professional football. *Soccer J* 49: 5,
- Paprancová, A., Šimonek, J., Paška, L. U., & Krčmár, M. (2024). Impact of small-sided games and running-based high-intensity interval training on physical performance in female football players. *Journal of Physical Education and Sport*, 24(1), 113-122.
- Rampinini, E, Impellizzeri, FM, Castanga, C, Abt, G, Chamari, K, Sassi, A, and Marcora, SM. Factors influencing physiological responses to small-sided soccer games. *Journal of Sports Science* 25: 659–666, 2007.

- Soylu, Y., Ramazanoglu, F., Arslan, E., & Clemente, F. (2022). Effects of mental fatigue on the psychophysiological responses, kinematic profiles, and technical performance in different small-sided soccer games. *Biology of Sport*, 39(4), 965-972.
- Soylu, Y., Arslan, E., Kilit, B., & Lane, A. M. (2024). Effects of coach encouragement on psychophysiological responses and technical actions in different small-sided soccer games. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 22(9), 2169-2181
- Sausaman, R. W., Sams, M. L., Mizuguchi, S., DeWeese, B. H., & Stone, M. H. (2019). The physical demands of NCAA division I women's college soccer. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 4(4), 73.
- Sarmiento, H., Clemente, F. M., Harper, L. D., Costa, I. T. D., Owen, A., & Figueiredo, A. J. (2018). Small sided games in soccer—a systematic review. *International Journal Of Performance Analysis In Sport*, 18(5), 693-749.
- Trombiero, D. S., Praça, G. M., Borges, E. D. P. A., de Lira, C. A. B., Leonardi, T. J., Laporta, L., ... & Costa, G. D. C. T. (2023). Analysis of physiological, physical, and tactical responses in small-sided games in women's soccer: The Effect Of Numerical Superiority. *Applied Sciences*, 13(14), 8380.
- Trewin, J., Meylan, C., Varley, M. C., & Cronin, J. (2018). The match-to-match variation of match-running in elite female soccer. *Journal Of Science And Medicine In Sport*, 21(2), 196-201.
- Tønnessen, E., Sylta, Ø., Haugen, T. A., Hem, E., Svendsen, I. S., & Seiler, S. (2014). The road to gold: training and peaking

characteristics in the year prior to a gold medal endurance performance. Plos One, 9(7), e101796.

Union of European Football Association (UEFA) (2015). Women's football across the national associations.

Yılmaz, O., & Soylu, Y. (2024). A comparative study of the effects of small-sided game formats on internal load and technical responses in soccer. Pamukkale Journal of Sport Sciences, 15(2), 416-431.

KAFEİNİN DİRENÇ EGZERSİZ PERFORMANSI ÜZERİNDEKİ AKUT ETKİLERİ

Ali Kâmil GÜNGÖR¹

1. GİRİŞ

Kafein, dünya genelinde kahve, çay, kakao gibi bitkilerden doğal olarak elde edilen ve en yaygın tüketilen psikoaktif maddelerden bir tanesidir. Özellikle enerji içeceklerine eklenmesiyle birlikte, kafein tüketimi son yıllarda önemli ölçüde artış göstermiştir. Kafein en çok kahve, çay ve meşrubat şeklinde tüketilmektedir ve bu eğilim dünya genelinde yaygındır (Bailey vd., 2014). Batı toplumlarında, yetişkinlerin yaklaşık %90'ı düzenli olarak kafein tüketmektedir. Örneğin, 2009-2010 yılları arasında yapılan bir araştırmada, ABD'li yetişkinlerin günlük ortalama kafein tüketiminin yaklaşık 200 mg olduğu belirtilmiştir (Fulgoni vd., 2015; Rybak vd., 2015).

Bununla birlikte, kafein sporcular arasında uzun yıllardır performans artırıcı bir destek olarak kullanılmaktadır. Bunun en önemli nedenlerinden biri, doping sınıfında yer almaması ve doğal kaynaklardan alınabiliyor olmasıdır. 2004 yılında Dünya Anti-Doping Ajansı, kafeini yarışmalarda yasaklı maddeler listesinden çıkarmış, bu da kafeinin sporcular arasında daha yaygın bir şekilde kullanılmasına olanak sağlamıştır. Öyle ki, 2004 ve 2008 yılları arasında yapılan doping kontrollerinde analiz edilen idrar örneklerinin %74'ünde kafein tespit edilmiştir (Del Coso vd., 2011). Bu durum, kafeinin spor alanında ne kadar yaygın bir kullanıma sahip olduğunu göstermektedir. Yanı sıra

¹ Arş. Gör. Dr. Bursa Uludağ Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, alikamilgungor@uludag.edu.tr , ORCID: 0000-0001-5875-0742

kafein, atletik performans üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle yaygın olarak kullanılan bir ergojenik destek olarak bilinmektedir.

Kafeinin egzersiz performansını artırmasının birincil mekanizması, merkezi sinir sistemi üzerindeki etkisidir (Davis vd., 2003). Kafein, adenozin A1 ve A2A reseptörlerinin seçici olmayan bir antagonisti olarak hareket ederek, norepinefrin ve dopamin salınımını artırır, uyanıklığı, dikkati yoğunlaştırır, egzersiz sırasında algılanan eforu ve ağrıyı azaltır (Nehlig, 1999). Ergojenik potansiyeline rağmen, kafein alımına verilen performans tepkileri bireyler arasında önemli ölçüde farklılık göstermektedir (Pickering ve Grgic, 2019). Bu farklılıkların nedenleri arasında bireylerin genetik yapısı, düzenli kafein tüketim alışkanlıkları, alınan kafein miktarı, egzersizin türü ve bireyin performans hedefleri yer almaktadır. Araştırmalar kafein kullanımıyla egzersiz performansında artışlar olduğunu bildirilse de (Saunders vd., 2017), katılımcıların yaklaşık %33'ünün performansında gelişme olmamıştır (Southward vd., 2018). Bunun yanı sıra, kafeinin egzersiz performansı üzerindeki etkilerine dair yapılan çalışmalar tutarlı sonuçlar sunmamaktadır (Carvalho vd., 2022; Wu vd., 2024). Fakat kafeinin egzersiz performansına olan etkilerini değerlendiren birkaç meta-analiz çalışmasında genel olarak kafeinin egzersiz performansı üzerinde olumlu ergojenik etkileri olduğu bildirilmiştir (Raya-Gonzalez vd., 2020; Wu vd., 2024). Bununla birlikte, kafeinin etkileri yalnızca egzersiz performansı ile sınırlı kalmamış; metabolik bozukluklar, bilişsel işlevler, yağ metabolizması, hidrasyon durumu ve kafein tüketim alışkanlıkları gibi birçok farklı alanda da incelenmiştir (Wikoff vd., 2017; Yonekura vd., 2020; Lorenzo vd., 2021).

Kafein üzerine yapılan çalışmalarda elde edilen tutarsız sonuçlar, bu konunun hala net bir şekilde açıklığa kavuşturulması gerektiğini göstermektedir. Özellikle direnç egzersizlerinde

kafeinin kısa süreli etkileri, sporcular ve antrenörler için büyük bir ilgi odağı olmaktadır.

Bu bölümün amacı, kafeinin akut tüketiminin direnç egzersiz performansı üzerindeki etkilerini inceleyerek, bu konuda literatürdeki mevcut bilgileri kapsamlı bir şekilde ele almak ve sporcuların kafein kullanımına dair bilinçli kararlar vermelerine yardımcı olmaktır. Bu bölümde kafeinin kuvvet, dayanıklılık ve hız-güç performansı üzerindeki etkileri, kafein tüketim dozu, kafein tüketim türleri, kafein tüketim zamanlaması ve kafeinin plasebo etkisi göz önüne alınarak değerlendirilmiştir. Bu bağlamda, kafeinin direnç egzersiz performansına olan etkilerini anlamamanın, sporcular ve antrenörler için daha etkili ve güvenli kullanım stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlaması düşünülmektedir.

2. KAFEİNİN ERGOJENİK ETKİLERİNİN OLASI MEKANİZMALARI

Genel olarak, kafein alımının performansı adenosin reseptörleri üzerindeki etkileri (merkezi mekanizmalar) sayesinde artırdığı kabul edilmektedir (McLellan vd., 2016; Aguiar vd., 2020). Kafein, moleküler yapısı açısından adenosine benzerdir (Fredholm vd., 1999). Bu nedenle, alındıktan sonra kafein adenosin reseptörlerine bağlanarak yorgunluk hissini hafifletir ve sonuç olarak egzersiz performansını artırabilir (McLellan vd., 2016). Bununla birlikte, bazı veriler kafeinin performansı doğrudan iskelet kası üzerindeki etkileri (peripheral etkiler) nedeniyle de artırabileceğini göstermektedir (Tallis vd., 2015). Bu varsayımlar genellikle hayvan modelleri kullanılarak geliştirilmiştir (Allen ve Westerblad, 1995; Fryer ve Neering, 1989). İzole kas lifleri üzerinde yapılan in vitro çalışmalarda kafein tüketiminin iskelet kası kuvvet üretimini doğrudan artırdığı rapor edilmiştir (Allen ve Westerblad, 1995; Fryer ve

Neering, 1989). Kafeinin kuvvet üretimi üzerindeki doğrudan etkilerinin, kafeinin iskelet kasının ryanodin reseptör l'e bağlanması ve bunun sonucunda sarkoplazmik retikulumdan kalsiyum iyonu salınımının artması nedeniyle olduğu düşünülmektedir (Neyroud vd., 2019; des Georges vd., 2016).

Yakın zamanda yapılan bir çalışmada (Neyroud vd., 2019), 21 aktif erkek katılımcı yer almış ve kafein (6 mg/kg) veya plasebo alımından 1 saat önce ve sonra femoral sinirden uyarılan kas kuvvetleri değerlendirilmiştir. Ayrıca, bu çalışmada, farelerin fleksör digitorum brevis kas liflerinde çeşitli kafein dozları kullanılarak submaksimal tetanik kuvvet incelenmiştir. İnsan katılımcılarda, kafein alımı elektriksel uyarım kuvvetini artırmamıştır. Farelerde ise kafein, tetanik kuvveti artırmıştır; ancak bu etkiyi sağlamak için gereken dozlar, insanlarda görülen fizyolojik konsantrasyonların 15 ila 35 katı kadar yüksek olmuştur. Bu durum, araştırmacıları iki sonuca ulaştırmıştır: (a) iskelet kası kontraktilesini artırmak için aşırı (toksik) dozda kafein gerekmektedir; (b) kafeinin ergojenik etkilerini büyük olasılıkla kafeinin adenosin reseptörlerine bağlanarak merkezi sinir sistemi üzerindeki etkileri açıklamaktadır (Neyroud vd., 2019).

Bu sonuçlar, insanlar üzerinde yapılan iki çalışmayla da desteklenmektedir. Bu çalışmalarda (Bowtell vd., 2018; Kirk vd., 2019), katılımcılar kafein (3 veya 6 mg/kg) aldıktan sonra kas tükenme noktasına kadar leg extension egzersizi gerçekleştirmiştir. Birçok nörofizyolojik parametre değerlendirilmiş ve sonuçlar, kafein alımının sinirsel uyarıyı artırarak ortalama tork ve antrenman hacmini artırdığını, dolayısıyla kafeinin etkilerinin büyük ölçüde sinir sistemi üzerinde gerçekleştiğini doğrulamıştır (Bowtell vd., 2018; Kirk vd., 2019).

3. KAFEİNİN DİRENÇ EGZERSİZ PERFORMANSINA ETKİLERİ

3.1. Kas Kuvveti

Yakın zamanda yapılan çalışmalarda (Cesareo vd., 2019; Wilk vd., 2019; Grgic vd., 2019; Norum vd., 2020; Filip-Stachnik vd., 2021) kafenin 1 maksimum tekrar (MT) kuvveti üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Bir çalışmada kafeine'in bench press ve squat'ta 1MT kuvvet üzerindeki etkilerini incelenmiştir (Grgic vd., 2019). Etkiler küçük olsa da (Cohen's d: 0,07-0,15) her iki egzersizde de kafeinin ergojenik bir etkisi bulunmuştur. Bu bulgular, kafeinin squat (Cohen's d: 0.27) ve bench press (Cohen's d: 0.11-0.45) 1MT kuvvet üzerinde ergojenik bir etkisi olduğunu bildiren diğer üç çalışma (Wilk vd., 2019; Norum vd., 2020; Filip-Stachnik vd., 2021) tarafından da doğrulanmıştır. Kafeinin 1MT üzerindeki etkilerini araştıran yakın tarihli çalışmalardan sadece bir tanesi kafein ve plasebo arasında anlamlı bir fark bulamamıştır (Cesareo vd., 2019). Yine de, bu çalışmada bile etkilerin kafein lehine olduğu (Cohen's d: 0.14-0.19) ve anlamlı farklılığın olmamasının küçük örneklem büyüklüğünden (n=12) kaynaklanabileceği öne sürülmektedir. Ek olarak, bu çalışmada kafein 300 mg'lık bir absolut dozda verilmiştir, bu da muhtemelen katılımcılar arasında fizyolojik yanıtlarda bir çeşitlilik ortaya çıkarmıştır çünkü relatif dozlar 3,3 ila 4,5 mg/kg arasında değişmektedir.

Yakın zamanda yayınlanan çalışmaların tümü direnç antrenmanı yapan katılımcıları içermektedir; bu da antrenmanlı bireyler arasında kafeinin 1MT kuvvet üzerindeki etkilerini antrenmansız katılımcıları kapsayan önceki çalışmalarla karşılaştırma fırsatı sunmaktadır. Veriler analiz edildiğinde, kafeinin 1MT kuvvet üzerindeki etkilerinin direnç antrenmanı yapmış (Cohen's d: 0.07-0.45) (Cesareo vd., 2019; Wilk vd., 2019; Grgic vd., 2019; Norum vd., 2020; Filip-Stachnik vd.,

2021) ve yapmamış katılımcılar (Cohen's d: 0.06-0.49) arasında benzer olduğu görülmektedir (Arazi vd., 2016a; Arazi vd., 2016b; Farney vd., 2017). Bununla birlikte, çalışmaların hiçbirisi hem antrenmanlı hem de antrenmansız katılımcıları içermemektedir ve bu popülasyonlar arasında kafeinin ergojenik etkilerini doğrudan karşılaştırmamıştır; gelecekteki çalışmalar bunu gerçekleştirmeyi değerlendirebilirler.

Çalışmalar ayrıca kafeinin izometrik ve izokinetik güç üzerindeki ergojenik etkileri hakkındaki bilgilerimizi derinleştiren yeni veriler sağlamıştır (Warren vd., 2010; Grgic ve Pickering, 2019a; Peterson vd., 2019; Chen vd., 2019; Harty vd., 2020; Muñoz vd., 2020a; Muñoz vd., 2020b; Norum vd., 2020; Spineli vd., 2020; Waller vd., 2020). Bu çalışmalar, kafein alımının izometrik ve izokinetik güç üzerinde önemli bir ergojenik etkiye sahip olduğunu ve etki boyutlarının 0,15 ila 0,65 arasında değiştiğini göstermiştir (Chen vd., 2019; Harty vd., 2020; Muñoz vd., 2020b; Waller vd., 2020). Maksimum kuvveti etkilemenin yanı sıra, kafein alımının tork üretim hızı üzerinde de orta düzeyde bir etkisi (Cohen's d: 0.56) görülmektedir (Peterson vd., 2019). Üç çalışmada (Peterson vd., 2019; Muñoz vd., 2020a; Spineli vd., 2020) kafeinin izometrik veya izokinetik kuvvet üzerinde performans artırıcı etkisi bulunmamıştır, ancak bu çalışmaların tümündeki etkilerin kafein koşulunu büyük oranda desteklediği düşünülmelidir (p değerleri 0,054 ila 0,067 arasında değişmektedir). Özetle, mevcut veriler kafein alımının izometrik ve izokinetik gücü artırdığını doğrulamaktadır. İzometrik ve izokinetik kuvvet değerlendirmesinin daha çok test amacıyla ve daha az olasılıkla bir egzersiz aracı olarak kullanılacağı göz önüne alındığında (Wilson ve Murphy, 1996), izometrik veya izokinetik kuvveti değerlendirmeden önce kafein alımının standartlaştırılması veya kısıtlanması önerilir.

3.2. Kas Dayanıklılığı

Yakın zamanlarda gerçekleştirilen 20'den fazla çalışma kafeinin farklı kas dayanıklılığı sonuçları üzerindeki etkilerini araştırmıştır (Bowtell vd., 2018; Cesareo vd., 2019; Chen vd., 2019; de Salles Painelli vd., 2021; Franco-Alvarenga vd., 2019; Grgic vd., 2020b; Grgic vd., 2019b; Karayigit vd., 2020; Lattari vd., 2019; Lopes-Silva vd., 2022; Norum vd., 2020; Pereira vd., 2021; Polito vd., 2019; Salatto vd., 2020; Souza vd., 2019; Spineli vd., 2020; Waer vd., 2021; Waller vd., 2020; Filip-Stachnik vd., 2021; Wilk vd., 2019a; Wilk vd., 2019b) Bu çalışmaların çoğunda kafeinin kas dayanıklılığı üzerinde ergojenik bir etkisi gözlenmiştir ve etki boyutları küçükten büyüğe doğru değişmektedir (Cohen's d: 0.18-2.21). Ortalamalardaki farklılıklar incelendiğinde, kafein alımını takiben set başına tekrar sayısındaki artış genellikle bir ila dört tekrar arasında değişmektedir (Grgic vd., 2020b; Grgic vd., 2019b; Lopes-Silva vd., 2022; Norum vd., 2020; Pereira vd., 2021; Polito vd., 2019; Salatto vd., 2020; Souza vd., 2019; Spineli vd., 2020; Waer vd., 2021). Kafeinin kas dayanıklılığı üzerindeki olumlu etkileri tek ve çoklu set protokolleri görülmüştür (de Salles Painelli vd., 2021; Lopes-Silva vd., 2022; Pereira vd., 2021; Polito vd., 2019; Souza vd., 2019). Ek olarak, kafeinin kas dayanıklılığı üzerindeki ergojenik etkileri, 1MT'nin %30, %60, %70 ve %85'inin kullanıldığı çalışmalarda gözlemlendiği gibi yüke bağlı gözükmemektedir (Grgic vd., 2020b; Norum vd., 2020; Polito vd., 2019; Souza vd., 2019).

Yakın zamanda yapılan bir meta-analiz kafeinin bench press ve leg press'te kas dayanıklılığı üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Bench press için kafein alımının performansı fazladan bir tekrarla artırdığını, leg press için ise kafein ve plasebo arasında anlamlı bir fark olmadığını bildirmiştir (Ferreira vd., 2021). Yine de bu sonuçlar, verilerin standartlaştırılmış ortalama farklılık yerine ortalamalardaki farklılıklar kullanılarak

analiz edildiği göz önüne alındığında temkinli bir şekilde değerlendirilmelmektedir. Dahil edilen çalışmalar arasında kas dayanıklılık testi için kullanılan yüklerde büyük heterojenlik olduğu göz önüne alındığında, bu durum dikkate değerdir. Örneğin, bazı çalışmalar 1MT'nin %30'u ile gerçekleştirilirken, diğerleri 1MT'nin %80'ine kadar gerçekleştirmiştir (Williams vd., 2008; Souza vd., 2019). Bu bağlamda, 1MT'nin %80'i ile yapılan bir sete kıyasla 1MT'nin %30'u ile kas tükenme noktasına kadar bir set yapıldığında bir tekrarlık bir gelişmenin pratikte çok daha az önemi olduğu düşünülmelidir.

Sadece gerçekleştirilen tekrar sayısının değerlendirilmesinin, kas dayanıklılığının genel bir ölçüsü olarak kabul edilebileceği göz önünde bulundurulabilir. Bu nedenle, son zamanlarda yapılan çalışmalarda egzersiz hacmi gerim altında geçen süre (örn. konsantrik ve eksantrik fazlarda geçirilen sürenin toplamı) kullanılarak da ölçülmüştür (Filip-Stachnik vd., 2021). Çoklu performans değişkenlerinin kullanılması önemli olabilir çünkü yakın zamanda yapılan bir çalışmada (Filip-Stachnik vd., 2021) toplam tekrar sayısı açısından kafein ve plasebo arasında anlamlı bir fark olmadığını belirtmiştir; ancak kafein alımı gerim altında geçen süreyi artırmıştır (Cohen's d : 0,61). Genel olarak, mevcut kanıtlar kafein alımının kas dayanıklılığı için ergojenik olduğunu ve bu etkilerin farklı direnç egzersizleri, yükler ve set protokolleri (örn. tekli veya çoklu setler) arasında tutarlı olduğunu göstermektedir.

Araştırmacılar, gerçekleştirilen tekrarların sayısını değerlendirmenin yanı sıra, kafeinin tekrarların kalitesi üzerindeki etkisini de araştırmaya yönelmiştir. Yapılan bir çalışmada (Grgic vd., 2020b), katılımcıların kafein (3 mg/kg) veya plasebo alımını takiben 1MT'nin %85'i ile bench press'te kas tükenme noktasına kadar tek bir set gerçekleştirmeleri istenmiştir. Test sırasında, her tekrarın hızını ve gücünü ölçen doğrusal bir pozisyon dönüştürücü haltere takılmıştır. Kafein alan grupta,

katılımcılar kafein alımını takiben fazladan bir tekrar gerçekleştirdiğinden, gerçekleştirilen tekrar sayısını artırmıştır. Tekrar sayısına ek olarak, plasebo ve kafein koşulları arasında tekrar sayısı eşleştirilerek tekrarların hız ve güç çıktısı araştırılmıştır. Örneğin, bir katılımcı kafein alımından sonra 8 tekrar ve plasebo alımından sonra 7 tekrar yaptıysa, ilk 7 tekrardan elde edilen veriler analiz edilmiştir. Kafein alımının, daha yüksek ortalama ve zirve güç ve hız (Cohen's d: 0,27-0,85) ile kanıtlandığı gibi, tekrarların kalitesi üzerinde önemli bir olumlu etkisi olduğu tespit edilmiştir.

Benzer bir yaklaşım, kafein ve plasebo alımını takiben bench press'te 1MT'nin %70'inde 8 tekrardan oluşan 4 set içeren bir protokol kullanan başka bir çalışmada da uygulanmıştır (Giráldez-Costas vd., 2020). Grgic ve ark., (2020b) bulgularına benzer şekilde, bu çalışma da kafeinin hız ve güç çıktıları üzerinde ergojenik bir etkisi olduğunu bildirmiştir (Cohen's d: 0.26-0.62). Bu araştırma alanı, bazı antrenman adaptasyonları için gerçekleştirilen tekrarların kalitesinin muhtemelen miktarından daha önemli olduğu göz önüne alındığında, uygulamalı bir perspektiften oldukça önemlidir. Bu görüş esasen hıza dayalı antrenman uygulayan çalışmalar tarafından desteklenmektedir (Pareja-Blanco vd., 2020; Galiano vd., 2022). Örneğin bir çalışmada (Pareja-Blanco vd., 2020), %20 hız kaybıyla yapılan antrenmanın, %40 hız kaybıyla yapılan antrenmana kıyasla, %20 hız kaybı grubunun %40 daha az tekrar yapmasına rağmen, squat kuvvetinde benzer bulgulara ulaşırken, countermovement sıçrama yüksekliğinde daha fazla atış sağlamıştır.

3.3. Hız ve Güç Çıktıları

Kafeinin direnç egzersizlerinde hız ve güç çıktıları üzerindeki etkilerini araştıran çalışmaların sayısı son yıllarda doğrusal olarak bir artış göstermektedir (Castillo vd., 2019;

Cesareo vd., 2019; Degrange vd., 2019; Grgic vd., 2020b; Lane vd., 2019; Romero-Moraledavd., 2019; Venier vd., 2019a; Venier vd., 2019b; Wilk vd., 2020; Wilk vd., 2019b). Yapılan bir çalışmada (Grgic vd., 2020b), 1MT'nin %25, %50, %75 ve %90'ı uygulanarak kafeinin (3 mg/kg) hız ve güç üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Daha önce yüksek yükler kullanıldığında hız ve gücü artırmak için çok yüksek dozlarda kafein (yani 9 mg/kg) gerektiği öne sürülmüş olsa da (Pallares vd., 2013), Grgic vd., (2020b) çalışmasında 1MT'nin %50, %75 ve %90'ına kadar olan yüklerde etki boyutlarının sırasıyla 0,20 ila 0,29, 0,36 ila 0,50 ve 0,57 ila 0,61 arasında değiştiği göz önüne alındığında, kafeinin etkisinin yükteki karşılık gelen artışla arttığı belirtilmiştir. Buda tüm yüklerde kafeinin ergojenik bir etkisi olduğu göstermektedir.

Kafenin hız ve güç üzerindeki olumlu etkileri, farklı yüklerin (örn. 1MT'nin %30, %50, %75, %80 ve %90'ı) ve bench press ve squat gibi egzersizlerin kullanıldığı diğer çalışmalarda da rapor edilmiştir (Degrange vd., 2019; Venier vd., 2019a; Venier vd., 2019b; Wilk vd., 2020). Bir meta-analiz de(Raya-Gonzalez vd., 2020) kafenin direnç egzersizinde hız üzerindeki etkileri araştırmıştır. Bu meta-analiz 12 çalışmayı kapsamış ve kafeinin ortalama ve pik hız üzerindeki etkilerini analiz etmiştir. Alt grup analizleri, alt vücut ve üst vücut egzersizlerinde ve düşük yükler (1MT'nin <%30'u), orta yükler (1MT'nin %30 ila %70'i) ve yüksek yükler (1MT'nin %70 ila %100'ü) kullanıldığında kafeinin hız üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Kafein alımının tüm antrenman yüklerinde ve üst ve alt vücut egzersizlerinde ortalama ve pik hız üzerinde önemli bir ergojenik etkisi tespit edilmiştir. Etki boyutları orta ile büyük arasında değişmiştir (Cohen's d: 0.41-0.82).

Genel olarak, kafeinin direnç egzersizinde hız ve güç üzerinde önemli bir ergojenik etkiye sahip olduğu görülmektedir. Bazı durumlarda, bu etkiler kas gücü ve kas dayanıklılığı

üzerinde gözlemlenen etkilerden daha büyük görünmektedir (Raya-Gonzalez vd., 2020; Grgic vd., 2018; Polito vd., 2016).

4. KAFEİN TÜKETİM DOZUNUN PERFORMANSA ETKİSİ

Kafein dozu ile ilgili olarak, genellikle 3 ila 6 mg/kg tüketildiğinde optimal etkilerin elde edildiği öne sürülmektedir (Grgic 2020a;). 2, 4 veya 6 mg/kg kafein tüketiminin squat ve bench press'te kas dayanıklılığı ve gücü üzerindeki etkilerini inceleyen bir doz-yanıt çalışması gerçekleştirilmiştir (Grgic vd., 2019b). Her üç kafein dozu da alt vücut kas dayanıklılığında ergojenik etkileri bulunmuştur (Cohen's d: 0.46-0.68). Squat'ta 1MT kuvvet için sadece 2 mg/kg kafein dozu ergojenik etki göstermiştir. Buna karşılık, üst vücut kuvvetini artırmak için 4 ve 6 mg/kg'lık dozlar gerekmiş ve farklı kafein dozlarının etkililiği için anlamlı bir doğrusal eğilim görülmüştür. Yine de, kafeinin kuvvet üzerindeki etki boyutunun küçük olduğu göz önünde bulundurulmalıdır (Cohen's d: 0.07-0.15). Diğer dört çalışma 3 veya 6 mg/kg kafein tüketiminin etkilerini karşılaştırmış ve hepsi de her iki dozun da ergojenik etkilerinin olduğunu ve aralarında önemli bir fark olmadığını bildirmiştir (Karayigit vd., 2020; Polito vd., 2019; Wilk vd., 2020; Filip-Stachnik vd., 2021).

Başka bir çalışmada 9 ve 11 mg/kg karşılaştırılmış ve dozlar arasında fark olmaksızın kafeinin ergojenik etkisi rapor edilmiştir (Wilk vd., 2019a) Bununla birlikte, bu kadar yüksek dozlar gereksiz görünmektedir ve yüksek yan etki insidansı ile ilişkilendirilmektedir (Pallares vd., 2013). Minimum etkili dozlar tartışılırken, yeni bir çalışmada 100 mg'lık (ortalama 1,5 mg/kg) bir dozun kas kuvveti için ergojenik etkisi olduğu belirtilmiştir (Waller vd., 2020). Bir önceki raporda (Del Coso vd., 2012) 1 mg/kg kafein dozunun direnç egzersizi performansını artırmadığı göz önüne alındığında, direnç egzersizi performansı için

minimum ergojenik kafein dozunun 1,5 mg/kg civarında olduğu ortaya çıkmaktadır (Waller vd., 2020). Genel olarak, daha düşük dozlarda kafein tüketmek, daha az yan etkiyle birlikte yüksek dozlarda kafein tüketmekle karşılaştırılabilir derecede ergojenik görünmektedir.

5. KAFEİN TÜKETİM TÜRÜNÜN PERFORMANSA ETKİSİ

Kafeinin en yaygın tüketim türü kapsül formdaki kullanımıdır ve kafeinin direnç egzersizi üzerindeki etkinliği çoğunlukla bu formda alım ile belirlenmiştir. Bununla birlikte, birkaç çalışma kafeinin diğer türlerinin (sakız, jel, kahve) direnç egzersizi üzerindeki ergojenik etkilerini değerlendirmiştir (Dittrich vd., 2021; Karayigit vd., 2020; Venier vd., 2019a; Venier vd., 2019b). Yapılan bir çalışmada (Venier vd., 2019a), egzersizden 10 dakika önce 300 mg kafeinli sakız tüketmenin ortalama hız, izokinetik zirve torku ve güç üzerindeki etkisi incelenmiştir. Kafeinli sakızın zirve torku ve ortalama gücü (Cohen's d: 0.21-0.31) ve 1MT'nin %50, %75 ve %90'ında ortalama hızı (Cohen's d: 0.30-0.44) artırdığı gözlemlenmiştir. Bir başka çalışmada (Dittrich vd., 2021), tükenene kadar koşma testini tamamlamadan 5 dakika önce verilen sakızda 300 mg kafein kullanılmıştır. Koşu testinden önce ve sonra maksimum istemli kuvvet değerlendirilmiştir. Kas kuvveti plasebo (-%18) ve kafein koşullarında (-%14) benzer şekilde azalmıştır. Bu durum, kafein alımının kuvvetteki düşüşü azaltmadığı sonucuna yol açsa da, kafeinli sakız tüketiminin koşu süresini 33 dakikadan (plasebo) 41 dakikaya çıkardığı göz önüne alındığında bu tür çıkarımlar yanıltıcı olabilir. Bu nedenle, toplam yorgunluk koşullar arasında eşleştirilmemiştir ve bu çalışmanın ana bulgusu, plasebo koşuluyla aynı nöromüsküler bozulmaya sahipken

kafeinli sakızların koşu performansını artırması olmuştur (Dittrich vd., 2021).

Bununla birlikte, kafeinli jel tüketiminin bench press egzersizinde 1MT'nin %50, %75 ve %90'ında izokinetik tork, güç ve ortalama hız üzerindeki etkisi de araştırılmıştır (Venier vd., 2019b). Söz konusu çalışmada, egzersizden 10 dakika önce jel olarak tüketilen 300 mg kafein, izokinetik zirve torku ve gücü (Cohen's d: 0,21-0,37) ve ortalama hızı (Cohen's d: 0,33-0,59) artırmıştır. Bir çalışmada (Karayigit vd., 2020) ayrıca 3 ve 6 mg/kg kafein dozlarında kahve alımının bench press ve squat egzersizlerinin (3 set kas tükenme noktasına kadar tekrar) kas dayanıklılığı üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Her iki kafein dozu da ilk squat setinde performansı artırarak önceki bulguları desteklemiştir (Richardson vd., 2016). Ancak, ikinci ve üçüncü sette ve ayrıca bench press'in üç setinde de önemli bir fark bulunmadığından bu etkiler kısa sürmüştür. En son bulgulara dayanarak, kafeinli sakız ve jellerin, bu kafein kaynaklarının daha hızlı emilmesi nedeniyle, egzersizden 10 dakika önce tüketildiğinde bile direnç egzersizi performansını artırabileceği görülmektedir (Kamimori vd., 2002). Kahvenin ergojenik etkisini destekleyen bazı başka kanıtlar da vardır (Karayigit vd., 2020), ancak direnç egzersizi üzerine tüm alternatif kafein kaynakları ile daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğu açıktır.

6. KAFEİN TÜKETİMİNİN ZAMANLAMASI

Kafein tüketiminin zamanlamasının direnç egzersizi performansı üzerindeki etkileri bildiğimiz kadarıyla sadece bir çalışmada araştırılmıştır (Harty vd., 2020). Bu çalışmada, katılımcılar egzersizden 120 dakika, 60 dakika veya 30 dakika önce kapsüllerde 6 mg/kg kafein tüketmiştir. Kas gücü, izometrik/izokinetik diz ekstansör testi kullanılarak değerlendirilmiştir. Genel olarak, en büyük performans faydaları,

muhtemelen plazma kafein konsantrasyonunun da bu zaman noktasında en yüksek olması nedeniyle, egzersizden 60 dakika önce kafein tüketildiğinde gözlemlenmiştir. Yine de bazı izokinetik test sonuçları için, egzersizden 30 dakika önce kafein kullanıldığında ergojenik bir etki gözlemlenmiştir. Özetle, kafeini kapsüllerde tüketirken, alım için optimum zamanlama egzersizden yaklaşık 30-60 dakika önce gibi görünmektedir. Yine de daha önce de belirtildiği gibi, kafein sakızı veya jelleri ile, tüketimden egzersize başlamaya kadar geçen bekleme süresinin daha kısa olması (örn. 10 dakika) da direnç egzersizi performansı üzerinde ergojenik bir etki ortaya çıkarabilmektedir (Venier vd., 2019a; Venier vd., 2019b).

7. KAFEİNİN PLASEBO ETKİLERİ

Yakın zamanda yapılan bir meta-analiz, plasebo alımının hiçbir maddenin alınmadığı bir kontrol durumu ile karşılaştırıldığı çalışmaların sonuçlarını incelemiştir (Marticorena vd., 2021). Bu analiz, plasebo alımının anlamlı bir ergojenik etki sağladığını rapor etmiştir. Ayrıca bu incelemeden elde edilen ek analizler, kafeinin performans artırıcı faydalarının yaklaşık %50'sinin plasebo etkisine atfedilebileceğini ortaya koymuştur. Ancak, dahil edilen on çalışmanın çoğu aerobik dayanıklılık ölçümlerine odaklanmış olup, hiçbir direnç egzersizi protokolleri ile gerçekleştirilmemiştir. Direnç egzersizi ile ilgili olarak, araştırmacılar plasebo etkisini araştırmak için çeşitli farklı tasarımlar kullanmışlardır (Costa vd., 2019; Filip-Stachnik vd., 2020; Grgic vd., 2019b; Grgic vd., 2020c; Norum vd., 2020; Polito vd., 2019; Souza vd., 2019).

Örneğin, iki çalışma, katılımcılara kafein aldıklarının söylendiği bir plasebo durumu ve bir kontrol durumu içeren bir tasarım kullanmıştır (Costa vd., 2019; Filip-Stachnik vd., 2020). Çalışmalardan birinde (Filip-Stachnik vd., 2020), plasebo alımı

(kafein olduğu söylene bile) 1MT kuvveti, kas dayanıklılığını veya ortalama gücü artırmamıştır. Aynı tasarımı kullanan başka bir çalışmada ise (Costa vd., 2019), plasebo alımı %50 1MT'de ortalama hızı artırmış, ancak %60, %70 veya %80 1MT'de herhangi bir etki görülmemiştir. Bu çalışma plasebo etkisine bir miktar destek sağlasa da bu etkinin neden sadece %50 1MT'de gözlemlendiği net değildir. Ancak bu çalışmaların bir sınırlılığı, kafeinin gerçekten alındığı ve performansın plasebo ve kontrol durumuyla doğrudan karşılaştırıldığı bir durumun olmamasıdır.

Yapılan iki çalışma (Grgic vd., 2019b; Grgic vd., 2020c), kafein, plasebo ve kontrol durumlarını içeren bir tasarım kullanarak kafeinin kas kuvveti, dayanıklılığı ve ortalama hız üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Bu iki çalışmada da kafein alımı, plasebo ve kontrole kıyasla performansı artırmıştır. Ayrıca, plasebo ve kontrol arasında anlamlı bir fark bulunmamış, bu iki durumda performans değerleri neredeyse aynı olmuştur. Polito ve arkadaşları (2019) tarafından yapılan bir çalışmada katılımcılar, kontrol durumunda ve 3 mg/kg veya 6 mg/kg kafein alımından sonra farklı direnç egzersizlerini 3 set halinde tükenene kadar yapmışlardır. Katılımcılar iki kez kafein almış olmalarına rağmen, kafein dozlarından birinin plasebo olacağı bilgisi verilmiştir. Bu bilgiye rağmen, her iki kafein dozu da kas dayanıklılığını benzer şekilde artırmıştır. Dahil edilen 14 katılımcıdan 8'i 3 mg/kg denemesinde, 6'sı ise 6 mg/kg denemesinde kafein aldıklarına inanmıştır. Ancak, katılımcıların kafein aldıklarına inandıkları seanslar ile plasebo aldıklarına inandıkları seanslar (her iki durumda da kafein alınmış olmasına rağmen) arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir.

Son olarak, iki çalışma çift kör tasarım kullanmış ve körleme etkinliğini değerlendirirken, kafeini doğru tespit edenler ile edemeyenler arasında kafein etkilerini karşılaştırmıştır (Norum vd., 2020; Souza vd., 2019). Bir çalışmada, bu iki grup arasında kafeinin ergojenik etkileri açısından anlamlı bir fark

bulunmamıştır (Norum vd., 2020). Diğer bir çalışmada ise, hem kafeini doğru tespit edenler hem de tespit edemeyenler, kafein alımından sonra kas dayanıklılığında iyileşme göstermiştir; ancak bu etki, kafeini doğru tespit edenler arasında daha büyük olmuştur (3 set boyunca %30 1MT ile tükenene kadar yapılan egzersizlerde 13 tekrar vs. 7 tekrar) (Souza vd., 2019).

Genel olarak, kafein alımının direnç egzersizinde performansı artırmasının esas nedeni fizyolojik etkiler gibi görünmektedir. Bununla birlikte, kafeinin ergojenik etkisinin küçük bir kısmı plasebo etkisi ile de ilişkili olabilir.

8. SONUÇ

Son yıllarda, kafeinin direnç egzersizi üzerindeki etkilerini inceleyen birçok yeni araştırma yapılmış ve bu alandaki çalışmalar hızla artmıştır. Bu bölümde, en güncel bulgular özetlenmeye çalışılmıştır. Kafein alımının (i) maksimum kuvvet, izometrik ve izokinetik güç; (ii) kas dayanıklılığı, hız ve güç üzerinde performans artırıcı (ergojenik) etkileri olduğuna dair güçlü kanıtlar bulunmaktadır. Egzersiz türüne bağlı olarak, kafeinin hız ve güç üzerindeki etkileri, kas kuvveti ve dayanıklılığına olan etkilerinden daha belirgin olabilir. Ayrıca, kafein takviyesi direnç egzersizine olan adaptasyonu da destekleyebilir. Düşük doz kafein tüketimi (2-3 mg/kg), yüksek doz kafein tüketimi (6 mg/kg) ile benzer performans artırıcı etkilere sahip olabilir. En düşük etkili kafein dozunun ise yaklaşık 1,5 mg/kg olduğu düşünülmektedir. Kafeinli sakız, jel veya kahve gibi alternatif kaynaklar da direnç egzersizlerinde performans artırıcı etki gösterebilir. Kapsül formundaki kafein, egzersizden 30-60 dakika önce alındığında en iyi sonuçları verirken, kafeinli sakız ve jellerin egzersizden sadece 10 dakika önce tüketilmesi bile performansı artırabilir. Genel olarak, kafeinin direnç egzersizinde performansı artırmasındaki temel sebep, fizyolojik

etkiler gibi görünmektedir. Bununla birlikte, kafeinin etkisinin küçük bir kısmının plasebo etkisinden kaynaklanabileceği de göz ardı edilmemelidir.

KAYNAKÇA

- Aguiar, S., Speck, A. E., Canas, P. M., & Cunha, R. A. (2020). Neuronal adenosine A2A receptors signal ergogenic effects of caffeine. *Scientific Reports*, 10(1), 13414.
- Allen, D. G., & Westerblad, H. (1995). The effects of caffeine on intracellular calcium, force and the rate of relaxation of mouse skeletal muscle. *The Journal of Physiology*, 487(2), 331-342.
- Arazi, H., Dehlavinejad, N., & Gholizadeh, R. (2016a). The acute effect of caffeine supplementation on strength, repetition sustainability and work volume of novice bodybuilders. *Turkish Journal of Kinesiology*, 2(3), 43-48.
- Arazi, H., Hoseinihaji, M., & Eghbali, E. (2016b). The effects of different doses of caffeine on performance, rating of perceived exertion and pain perception in teenagers female karate athletes. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 52, 685-692.
- Bailey, R. L., Saldanha, L. G., Gahche, J. J., & Dwyer, J. T. (2014). Estimating caffeine intake from energy drinks and dietary supplements in the United States. *Nutrition Reviews*, 72(1), 9-13.
- Bowtell, J. L., Mohr, M., Fulford, J., Jackman, S. R., Ermidis, G., Krstrup, P., & Mileva, K. N. (2018). Improved exercise tolerance with caffeine is associated with modulation of both peripheral and central neural processes in human participants. *Frontiers in Nutrition*, 5(6) 125-139.
- Carvalho, A., Marticorena, F. M., Grecco, B. H., Barreto, G., & Saunders, B. (2022). Can I have my coffee and drink it? A systematic review and meta-analysis to determine whether habitual caffeine consumption affects the

ergogenic effect of caffeine. *Sports Medicine*, 52(9), 2209-2220.

Castillo, D., Domínguez, R., Rodríguez-Fernández, A., & Raya-González, J. (2019). Effects of caffeine supplementation on power performance in a flywheel device: A randomised, double-blind cross-over study. *Nutrients*, 11(2), 255-265.

Cesareo, K. R., Mason, J. R., Saracino, P. G., Morrissey, M. C., & Ormsbee, M. J. (2019). The effects of a caffeine-like supplement, TeaCrine®, on muscular strength, endurance and power performance in resistance-trained men. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 16, 1-11.

Chen, H. Y., Chen, Y. C., Tung, K., Chao, H. H., & Wang, H. S. (2019). Effects of caffeine and sex on muscle performance and delayed-onset muscle soreness after exercise-induced muscle damage: A double-blind randomized trial. *Journal of Applied Physiology*, 127(3), 798-805.

Costa, G. D. C. T., Galvão, L., Bottaro, M., Mota, J. F., Pimentel, G. D., & Gentil, P. (2019). Effects of placebo on bench throw performance of Paralympic weightlifting athletes: A pilot study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 16, 1-6.

Davis, J. M., Zhao, Z., Stock, H. S., Mehl, K. A., Buggy, J., & Hand, G. A. (2003). Central nervous system effects of caffeine and adenosine on fatigue. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*.

de Salles Painelli, V., Teixeira, E. L., Tardone, B., Moreno, M., Morandini, J., Larrain, V. H., & Pires, F. O. (2021). Habitual caffeine consumption does not interfere with the

acute caffeine supplementation effects on strength endurance and jumping performance in trained individuals. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 31(4), 321-328.

Degrange, T., Jackson, W., Williams, T., Rogers, R. R., Marshall, M., & Ballmann, C. (2019). Acute caffeine ingestion increases velocity and power in upper and lower body free-weight resistance exercises. *International Journal of Exercise Science*, 12(2), 1280-1289.

Del Coso, J., Muñoz, G., & Muñoz-Guerra, J. (2011). Prevalence of caffeine use in elite athletes following its removal from the World Anti-Doping Agency list of banned substances. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 36(4), 555-561.

Del Coso, J., Salinero, J. J., González-Millán, C., Abián-Vicén, J., & Pérez-González, B. (2012). Dose response effects of a caffeine-containing energy drink on muscle performance: a repeated measures design. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 9, 1-10.

des Georges, A., Clarke, O. B., Zalk, R., Yuan, Q., Condon, K. J., Grassucci, R. A., ... & Frank, J. (2016). Structural basis for gating and activation of RyR1. *Cell*, 167(1), 145-157.

Dittrich, N., Serpa, M. C., Lemos, E. C., De Lucas, R. D., & Guglielmo, L. G. A. (2021). Effects of caffeine chewing gum on exercise tolerance and neuromuscular responses in well-trained runners. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(6), 1671-1676.

Farney, T. M., Nelson, A. G., & Kokkonen, J. (2017). Caffeine, acute static stretching and maximum knee flexion strength. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(2), 223-229.

- Ferreira, T. T., da Silva, J. V. F., & Bueno, N. B. (2021). Effects of caffeine supplementation on muscle endurance, maximum strength, and perceived exertion in adults submitted to strength training: a systematic review and meta-analyses. *Critical Reviews in Food Science And Nutrition*, 61(15), 2587-2600.
- Filip-Stachnik, A., Krzysztofik, M., Kaszuba, M., Leońska-Duniec, A., Czarny, W., Del Coso, J., & Wilk, M. (2020). Placebo effect of caffeine on maximal strength and strength endurance in healthy recreationally trained women habituated to caffeine. *Nutrients*, 12(12), 3813-3824.
- Filip-Stachnik, A., Wilk, M., Krzysztofik, M., Lulińska, E., Tufano, J. J., Zajac, A., ... & Del Coso, J. (2021). The effects of different doses of caffeine on maximal strength and strength-endurance in women habituated to caffeine. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 18(1), 25-36.
- Franco-Alvarenga, P. E., Brietzke, C., Canestri, R., Goethel, M. F., Viana, B. F., & Pires, F. O. (2019). Caffeine increased muscle endurance performance despite reduced cortical activation and unchanged neuromuscular efficiency and corticomuscular coherence. *Nutrients*, 11(10), 2471-2483.
- Fredholm, B. B., Bättig, K., Holmén, J., Nehlig, A., & Zvartau, E. E. (1999). Actions of caffeine in the brain with special reference to factors that contribute to its widespread use. *Pharmacological Reviews*, 51(1), 83-133.
- Fryer, M. W., & Neering, I. R. (1989). Actions of caffeine on fast- and slow-twitch muscles of the rat. *The Journal of Physiology*, 416(1), 435-454.

- Fulgoni III, V. L., Keast, D. R., & Lieberman, H. R. (2015). Trends in intake and sources of caffeine in the diets of US adults: 2001–2010. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 101(5), 1081-1087.
- Galiano, C., Pareja-Blanco, F., de Mora, J. H., & de Villarreal, E. S. (2022). Low-velocity loss induces similar strength gains to moderate-velocity loss during resistance training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 36(2), 340-345.
- Giráldez-Costas, V., González-García, J., Lara, B., Del Coso, J., Wilk, M., & Salinero, J. J. (2020). Caffeine increases muscle performance during a bench press training session. *Journal of Human Kinetics*, 74(1), 185-193.
- Grgic, J., & Pickering, C. (2019a). The effects of caffeine ingestion on isokinetic muscular strength: A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22(3), 353-360.
- Grgic, J., Grgic, I., Pickering, C., Schoenfeld, B. J., Bishop, D. J., & Pedisic, Z. (2020a). Wake up and smell the coffee: caffeine supplementation and exercise performance—an umbrella review of 21 published meta-analyses. *British Journal of Sports Medicine*, 54(11), 681-688.
- Grgic, J., Pickering, C., Bishop, D. J., Schoenfeld, B. J., Mikulic, P., & Pedisic, Z. (2020b). CYP1A2 genotype and acute effects of caffeine on resistance exercise, jumping, and sprinting performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 17(1), 21.
- Grgic, J., Sabol, F., Venier, S., Mikulic, I., Bratkovic, N., Schoenfeld, B. J., ... & Mikulic, P. (2019b). What dose of caffeine to use: acute effects of 3 doses of caffeine on

muscle endurance and strength. *International Journal Of Sports Physiology And Performance*, 15(4), 470-477.

- Grgic, J., Trexler, E. T., Lazinica, B., & Pedisic, Z. (2018). Effects of caffeine intake on muscle strength and power: a systematic review and meta-analysis. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15(1), 11.
- Grgic, J., Venier, S., Schoenfeld, B. J., & Mikulic, P. (2020c). Caffeine ingestion enhances repetition velocity in resistance exercise: a randomized, crossover, double-blind study involving control and placebo conditions. *Journal of Human Kinetics*, 74(1), 177-183.
- Harty, P. S., Zabriskie, H. A., Stecker, R. A., Currier, B. S., Tinsley, G. M., Surowiec, K., ... & Kerksick, C. M. (2020). Caffeine timing improves lower-body muscular performance: a randomized trial. *Frontiers in Nutrition*, 7, 585900.
- Kamimori, G. H., Karyekar, C. S., Otterstetter, R., Cox, D. S., Balkin, T. J., Belenky, G. L., & Eddington, N. D. (2002). The rate of absorption and relative bioavailability of caffeine administered in chewing gum versus capsules to normal healthy volunteers. *International Journal of Pharmaceutics*, 234(1-2), 159-167.
- Karayigit, R., Naderi, A., Akca, F., Cruz, C. J. G. D., Sarshin, A., Yasli, B. C., ... & Kaviani, M. (2020). Effects of different doses of caffeinated coffee on muscular endurance, cognitive performance, and cardiac autonomic modulation in caffeine naive female athletes. *Nutrients*, 13(1), 2.
- Kirk, B. J., Trajano, G. S., Pulverenti, T. S., Rowe, G., & Blazeovich, A. J. (2019). Neuromuscular factors contributing to reductions in muscle force after repeated,

high-intensity muscular efforts. *Frontiers in Physiology*, 10, 783.

- Lane, M. T., Byrd, M. T., Bell, Z., & Hurley, T. (2019). Effects of supplementation of a pre-workout on power maintenance in lower body and upper body tasks in women. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 4(2), 18.
- Lattari, E., Vieira, L. A., Oliveira, B. R., Unal, G., Bikson, M., de Mello Pedreiro, R. C., ... & Maranhão-Neto, G. A. (2019). Effects of transcranial direct current stimulation with caffeine intake on muscular strength and perceived exertion. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(5), 1237-1243.
- Lopes-Silva, J. P., Rocha, D., Rocha, C., Silva, S., & Correia-Oliveira, C. R. (2022). Caffeine ingestion increases the upper-body intermittent dynamic strength endurance performance of combat sports athletes. *European Journal Of Sport Science*, 22(2), 227-236.
- Lorenzo Calvo, J., Fei, X., Domínguez, R., & Pareja-Galeano, H. (2021). Caffeine and cognitive functions in sports: a systematic review and meta-analysis. *Nutrients*, 13(3), 868.
- Marticorena, F. M., Carvalho, A., De Oliveira, L. F., Dolan, E., Gualano, B., Swinton, P., & Saunders, B. (2021). Nonplacebo controls to determine the magnitude of ergogenic interventions: a systematic review and meta-analysis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 53(8).12-21
- McLellan, T. M., Caldwell, J. A., & Lieberman, H. R. (2016). A review of caffeine's effects on cognitive, physical and

- occupational performance. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 71, 294-312.
- Muñoz, A., López-Samanes, Á., Aguilar-Navarro, M., Varillas-Delgado, D., Rivilla-García, J., Moreno-Pérez, V., & Del Coso, J. (2020a). Effects of CYP1A2 and ADORA2A genotypes on the ergogenic response to caffeine in professional handball players. *Genes*, 11(8), 933.
- Muñoz, A., López-Samanes, Á., Pérez-López, A., Aguilar-Navarro, M., Moreno-Herederó, B., Rivilla-García, J., ... & Del Coso, J. (2020b). Effects of caffeine ingestion on physical performance in elite women handball players: a randomized, controlled study. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(10), 1406-1413.
- Nehlig, A. (1999). Are we dependent upon coffee and caffeine? A review on human and animal data. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 23(4), 563-576.
- Neyroud, D., Cheng, A. J., Donnelly, C., Bourdillon, N., Gassner, A. L., Geiser, L., ... & Place, N. (2019). Toxic doses of caffeine are needed to increase skeletal muscle contractility. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 316(2), C246-C251.
- Norum, M., Risvang, L. C., Bjørnsen, T., Dimitriou, L., Rønning, P. O., Bjørgen, M., & Raastad, T. (2020). Caffeine increases strength and power performance in resistance-trained females during early follicular phase. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 30(11), 2116-2129.
- Pallares, J. G., Fernandez-Elias, V. E., Ortega, J. F., Munoz, G., Munoz-Guerra, J., & Mora-Rodriguez, R. (2013). Neuromuscular responses to incremental caffeine doses:

performance and side effects. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 45(11), 2184-2192.

- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Sanchis-Moysi, J., Dorado, C., Mora-Custodio, R., ... & González-Badillo, J. J. (2017). Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(7), 724-735.
- Pereira, P. E. A., Azevedo, P., Azevedo, K., Azevedo, W., & Machado, M. (2021). Caffeine supplementation or carbohydrate mouth rinse improves performance. *International Journal of Sports Medicine*, 42(02), 147-152.
- Peterson, B. M., Brown, L. E., Judelson, D. A., Gallo-Rebert, S., & Coburn, J. W. (2019). Caffeine increases rate of torque development without affecting maximal torque. *Journal of Science in Sport and Exercise*, 1, 248-256.
- Pickering, C., & Grgic, J. (2019). Caffeine and exercise: what next?. *Sports Medicine*, 49, 1007-1030.
- Polito, M. D., Grandolfi, K., & De Souza, D. B. (2019). Caffeine and resistance exercise: the effects of two caffeine doses and the influence of individual perception of caffeine. *European Journal of Sport Science*, 19(10), 1342-1348.
- Polito, M. D., Souza, D. B., Casonatto, J., & Farinatti, P. (2016). Acute effect of caffeine consumption on isotonic muscular strength and endurance: a systematic review and meta-analysis. *Science & Sports*, 31(3), 119-128.
- Rahimi, R. (2019). The effect of CYP1A2 genotype on the ergogenic properties of caffeine during resistance exercise: a randomized, double-blind, placebo-controlled,

crossover study. *Irish Journal of Medical Science* 18(1), 337-345.

Raya-Gonzalez, J., Rendo-Urteaga, T., Domínguez, R., Castillo, D., Rodriguez-Fernandez, A., & Grgic, J. (2020). Acute effects of caffeine supplementation on movement velocity in resistance exercise: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 50, 717-729.

Richardson, D. L., & Clarke, N. D. (2016). Effect of coffee and caffeine ingestion on resistance exercise performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(10), 2892-2900.

Romero-Moraleda, B., Del Coso, J., Gutiérrez-Hellín, J., & Lara, B. (2019). The effect of caffeine on the velocity of half-squat exercise during the menstrual cycle: A randomized controlled trial. *Nutrients*, 11(11), 2662.

Rybak, M. E., Sternberg, M. R., Pao, C. I., Ahluwalia, N., & Pfeiffer, C. M. (2015). Urine excretion of caffeine and select caffeine metabolites is common in the US population and associated with caffeine intake. *The Journal of Nutrition*, 145(4), 766-774.

Salatto, R. W., Arevalo, J. A., Brown, L. E., Wiersma, L. D., & Coburn, J. W. (2020). Caffeine's effects on an upper-body resistance exercise workout. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 34(6), 1643-1648.

Saunders, B., de Oliveira, L. F., da Silva, R. P., de Salles Painelli, V., Gonçalves, L. S., Yamaguchi, G., ... & Gualano, B. (2017). Placebo in sports nutrition: a proof-of-principle study involving caffeine supplementation. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(11), 1240-1247.

- Southward, K., Rutherford-Markwick, K., Badenhorst, C., & Ali, A. (2018). The role of genetics in moderating the inter-individual differences in the ergogenicity of caffeine. *Nutrients*, 10(10), 1352.
- Souza, D. B., Duncan, M., & Polito, M. D. (2019). Improvement of lower-body resistance-exercise performance with blood-flow restriction following acute caffeine intake. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(2), 216-221.
- Spineli, H., Pinto, M. P., Dos Santos, B. P., Lima-Silva, A. E., Bertuzzi, R., Gitaí, D. L., & de Araujo, G. G. (2020). Caffeine improves various aspects of athletic performance in adolescents independent of their 163 C> A CYP1A2 genotypes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 30(10), 1869-1877.
- Tallis, J., Duncan, M. J., & James, R. S. (2015). What can isolated skeletal muscle experiments tell us about the effects of caffeine on exercise performance?. *British Journal of Pharmacology*, 172(15), 3703-3713.
- Venier, S., Grgic, J., & Mikulic, P. (2019a). Acute enhancement of jump performance, muscle strength, and power in resistance-trained men after consumption of caffeinated chewing gum. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(10), 1415-1421.
- Venier, S., Grgic, J., & Mikulic, P. (2019b). Caffeinated gel ingestion enhances jump performance, muscle strength, and power in trained men. *Nutrients*, 11(4), 937.
- Waer, F. B., Laatar, R., Jouira, G., Srihi, S., Rebai, H., & Sahli, S. (2021). Functional and cognitive responses to caffeine intake in middle-aged women are dose depending. *Behavioural Brain Research*, 397, 112956.

- Waller, G., Dolby, M., Steele, J., & Fisher, J. P. (2020). A low caffeine dose improves maximal strength, but not relative muscular endurance in either heavier-or lighter-loads, or perceptions of effort or discomfort at task failure in females. *PeerJ*, 8, e9144.
- Warren, G. L., Park, N. D., Maresca, R. D., McKibans, K. I., & Millard-Stafford, M. L. (2010). Effect of caffeine ingestion on muscular strength and endurance: a meta-analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(7), 1375-1387.
- Wikoff, D., Welsh, B. T., Henderson, R., Brorby, G. P., Britt, J., Myers, E., ... & Doecker, C. (2017). Systematic review of the potential adverse effects of caffeine consumption in healthy adults, pregnant women, adolescents, and children. *Food and Chemical Toxicology*, 109, 585-648.
- Wilk, M., Filip, A., Krzysztofik, M., Gepfert, M., Zajac, A., & Del Coso, J. (2020). Acute caffeine intake enhances mean power output and bar velocity during the bench press throw in athletes habituated to caffeine. *Nutrients*, 12(2), 406.
- Wilk, M., Krzysztofik, M., Filip, A., Zajac, A., & Del Coso, J. (2019a). The effects of high doses of caffeine on maximal strength and muscular endurance in athletes habituated to caffeine. *Nutrients*, 11(8), 1912.
- Wilk, M., Krzysztofik, M., Maszczyk, A., Chycki, J., & Zajac, A. (2019b). The acute effects of caffeine intake on time under tension and power generated during the bench press movement. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 16, 1-7.
- Williams, A. D., Cribb, P. J., Cooke, M. B., & Hayes, A. (2008). The effect of ephedra and caffeine on maximal strength

and power in resistance-trained athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(2), 464-470.

Wilson, G. J., & Murphy, A. J. (1996). The use of isometric tests of muscular function in athletic assessment. *Sports Medicine*, 22, 19-37.

Wu, W., Chen, Z., Zhou, H., Wang, L., Li, X., Lv, Y., ... & Yu, L. (2024). Effects of Acute Ingestion of Caffeine Capsules on Muscle Strength and Muscle Endurance: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*, 16(8), 1146.

Yonekura, Y., Terauchi, M., Hirose, A., Odai, T., Kato, K., & Miyasaka, N. (2020). Daily coffee and green tea consumption is inversely associated with body mass index, body fat percentage, and cardio-ankle vascular index in middle-aged Japanese women: A cross-sectional study. *Nutrients*, 12(5), 1370.

AKADEMİK PERSPEKTİFTEN
HAREKET VE ANTRENMAN BİLİMLERİ

yaz
yayınları

YAZ Yayınları
M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar / AFYONKARAHİSAR
Tel : (0 531) 880 92 99
yazyayinlari@gmail.com • www.yazyayinlari.com