

ÖN KONDİSYONLANMA AKTİVİTESİ VE KAFEİN ALIMININ ATLETİK PERFORMANSA AKUT ETKİLERİ

Cengizhan SARI
Muhammed Fatih BİLİCİ



ÖN KONDİSYONLANMA AKTİVİTESİ VE KAFEİN ALIMININ ATLETİK PERFORMANSA AKUT ETKİLERİ¹

Arş. Gör. Dr. Cengizhan SARI²

Doç. Dr. Muhammed Fatih BİLİCİ³

¹ Bu kitap, Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı'nda hazırlanmış olan, Cengizhan SARI tarafından yürütülen ve danışmanlığını Doç. Dr. Muhammed Fatih BİLİCİ'nin yaptığı "Futbolcularda Ön Kondisyonlanma Aktivitesi ve Kafein Alımının Sprint, Anaerobik Kapasite ve Yorgunluk İndeksi Üzerine Akut Etkisi: Cinsiyet Karşılaştırması ve Bireysel Yanıtlar" başlıklı doktora tezinden üretilmiştir.

² ORCID:0000-0002-8601-6374

³ ORCID:0000-0003-1028-0504



***Ön Kondisyonlanma Aktivitesi ve Kafein Alımının
Atletik Performansa Akut Etkileri
Arş. Gör. Dr. Cengizhan SARI,
Doç. Dr. Muhammed Fatih BİLİCİ***

Genel Yayın Yönetmeni: Berkan Balpetek
Kapak ve Sayfa Tasarımı: Duvar Design
Baskı: Temmuz 2025
Yayıncı Sertifika No: 49837
ISBN: 978-625-5885-93-7

© Duvar Yayınları
853 Sokak No:13 P.10 Kemeraltı-Konak/İzmir
Tel: 0 232 484 88 68

www.duvar yayinlari.com
duvarkitabevi@gmail.com

ÖNSÖZ

Bu kitap, spor bilimleri literatüründe giderek artan öneme sahip olan ön kondisyonlanma aktivitesi ve kafein takviyesinin atletik performans üzerindeki etkilerini bilimsel temellerle ele almak amacıyla hazırlanmıştır. Özellikle patlayıcı güç, sprint, çeviklik ve anaerobik kapasite gibi yüksek düzey fiziksel performans bileşenlerinin optimizasyonunda, farklı ergogenik stratejilerin sinerjik etkileri dikkat çekmektedir. Bu bağlamda, çalışmada hem ön kondisyonlanmanın akut performans artırıcı potansiyeli hem de kafeinin fizyolojik ve nöromüsküler sistemler üzerindeki etkisi derinlemesine incelenmektedir.

Kitapta sunulan bilgiler, mevcut bilimsel kanıtlar ışığında sistematik olarak derlenmiş ve sporcuların, antrenörlerin ve araştırmacıların uygulamada kullanabileceği önerilerle zenginleştirilmiştir. Literatürde yer alan güncel çalışmalar doğrultusunda, farklı branşlardaki sporcular üzerinde yapılan uygulamalı araştırmalar analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, hem erkek hem de kadın sporcularda, bireysel farklılıklar ve uygulama protokollerine bağlı olarak değişken sonuçlar ortaya koymakla birlikte, bazı ortak fizyolojik mekanizmalar çerçevesinde değerlendirilmektedir.

Bu eser, lisansüstü öğrencileri, akademisyenler ve antrenörler için bir başvuru kaynağı olmayı hedeflemektedir. Bilimsel araştırmalarla desteklenen bu çalışmanın, literatüre katkı sunmasının yanı sıra, sahadaki uygulamalara yön vermesi amaçlanmaktadır.

Bilimin ışığında, sporun gelişimine katkı sunmak dileğiyle...

Arş. Gör. Dr. Cengizhan Sarı

Doç. Dr. Muhammed Fatih Bilici

Muş-2025

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	3
GİRİŞ.....	6
BİRİNCİ BÖLÜM	8
SPORDA ISINMA	8
1.1. ISINMANIN TANIMI VE ÖNEMİ.....	8
1.2. ISINMA TÜRLERİ	8
1.2.1. Genel Isınma.....	9
1.2.2. Özel Isınma.....	9
1.3. ISINMANIN SPOR TİF PERFORMANSA ETKİSİ	9
İKİNCİ BÖLÜM.....	11
AKTİVASYON SONRASI PERFORMANS ARTIŞI (ASPA).....	11
2.1. ASPA KAVRAMI VE TEMEL ÖZELLİKLERİ	11
2.2. ASPA'NIN FİZYOLOJİK ETKİ MEKANİZMALARI.....	13
2.3. ASPA'YI ETKİLEYEN FAKTÖRLER	16
2.3.1. Antrenman Düzeyi.....	16
2.3.2. Toparlanma Süresi	17
2.3.3. Kas Lif Tipi ve Genetik Özellikler	17
2.3.4. ÖKA'nın Şiddeti	18
2.4. ASPA VE ATLETİK PERFORMANS	18
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM.....	23
KAFEİN VE SPOR TİF PERFORMANS	23
3.1. KAFEİN.....	23
3.2. SPORDA KAFEİNİN KISA TARİHÇESİ	24
3.3. KAFEİNİN YAPISI, EMİLİMİ VE METABOLİZMASI	25
3.4. KAFEİNİN FİZYOLOJİK ETKİ MEKANİZMALARI	26
3.5. PLASEBO ETKİSİ.....	28
3.6. KAFEİN TÜKETİMİNDE ÖNEMLİ FAKTÖRLER.....	29
3.6.1. Doz.....	29
3.6.2. Cinsiyet.....	30
3.6.3. Zaman	30

3.6.4. Form	31
3.6.5. Tüketim sıklığı.....	31
3.6.6. Genotip	32
3.7. KAFEİNİN YAN ETKİLERİ VE OLASI RİSKLER.....	32
3.8. KAFEİN VE ATLETİK PERFORMANS	34
3.9. ASPA VE KAFEİN SİNERJİSİ	37
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM.....	40
SONUÇ VE ÖNERİLER	40
4.1. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	40
KAYNAKÇA	42

GİRİŞ

Spor, çok uzun yıllardır tüm dünyada yakından takip edilmekte ve toplumlar takımlara veya sporculara karşı oldukça ilgi göstermektedir. Sporsever insanlar tuttukları takımlara veya sporculara hayranlık duymakta, hatta onları kendilerini temsil eden bir sembol olarak görmektedirler. Özellikle ülkeleri temsil eden takımların veya sporcuların uluslararası turnuvalarda birbirlerine üstünlük sağlaması bazen siyasi bir güç gösterisi olarak düşünülebilmektedir. Bu nedenle spora ve sporcuya yapılan finansal yatırımlar sporu zamanla milyarlarca dolarlık dev bir sektöre dönüştürmüştür. Bu durum sporcuların, kulüplerin ve ülke takımlarının başarılar kazanmasını çok önemli bir hale getirmiştir. Başarılar kazanmak için ise sporcuların en yüksek seviyede performansa ulaşması ve bunu sahaya yansıtması gerekmektedir. Bu nedenle uzun yıllardır sporcuların performansını en üst düzeye çıkarmak için çok sayıda bilimsel araştırma yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir.

Performans “yapılması gereken bir atletik görevin yerine getirilmesi sırasında başarı için ortaya konulan çabaların bütünü” olarak tanımlanmaktadır (Bayraktar ve Kurtoğlu, 2004). Bu nedenle performans, müsabaka veya yarışma sonuçlarına etki eden en önemli faktörler arasında yer almaktadır. Performans kavramı karışık ve değişken bir yapıya sahiptir. Çünkü yarışma veya müsabaka sonuçlarına etki eden birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörler performansa olumlu veya olumsuz olarak yansıyabilmektedir. Sportif performans birçok dışsal ve içsel faktörden etkilenmektedir. Dışsal faktörleri beslenme, uyku, antrenman, hava sıcaklığı, nem, irtifa, ısınma, soğuma, saha ve malzeme gibi faktörler oluştururken, içsel faktörleri yaş, cinsiyet, fiziksel ve fizyolojik yapı, metabolizma, psikolojik durum, genetik ve oyun zekâsı gibi faktörler oluşturmaktadır. Dışsal faktörler performansı dolaylı yoldan etkilemektedir. İçsel faktörler ise bireyin kısmen doğuştan sahip olduğu özellikler olduğu için dışardan etkilenmesi zordur. Bu nedenle içsel faktörlere kıyasla dışsal faktörleri manipüle etmek uygulaması daha kolay bir yoldur. Antrenörlerin, sporcuların ve spor

bilimcilerin en fazla manipüle ettiği ve performansı direkt olarak etkileyen dışsal faktörlerin başında da ısınma ve beslenme uygulamaları gelmektedir. Rekabetin ve mücadelenin üst seviyelerde olduğu müsabaka ve yarışma dönemlerinde uygulanacak ısınma ve beslenme stratejileri küçük de olsa performans artışına neden olabilir. Bu da müsabaka veya yarışma sonuçlarını doğrudan etkileyebilir.

Son yıllarda spor bilimciler ve antrenörler, egzersiz öncesinde uygulanan fiziksel hazırlık ve beslenme temelli stratejiler aracılığıyla sporcuların performansını akut olarak iyileştirmek amacıyla yeni ve etkili yöntemler aramaktadır. Yapılan çalışmalar, farklı yüklenme düzeyleri ve çeşitli hareket kalıplarını içeren ön kondisyonlanma aktivitelerinin (ÖKA), kısa süreli ve yüksek şiddetli egzersiz performansını artırabildiğini ortaya koymaktadır. Diğer yandan, egzersizden önce uygulanan kafein alımı, sporcu beslenmesi alanında en yaygın şekilde araştırılan konular arasında yer almaktadır. Farklı formlarda ve dozlarda kullanılan kafeinin özellikle aerobik dayanıklılığı olumlu etkilediği birçok çalışmada gösterilmiştir. Ayrıca, kafeinin kısa süreli ve yüksek yoğunluklu egzersizler üzerinde de performans artırıcı etki sağladığı bildirilmektedir.

Bununla birlikte, ÖKA protokolleri ile kafein alımının birlikte uygulandığı kombine stratejileri inceleyen araştırmaların sayısı oldukça sınırlı kalmaktadır. Her iki yöntemin de bağımsız olarak atletik performansı artırdığı dikkate alındığında, bu stratejilerin birlikte uygulanmasının performansa ek katkı sağlayıp sağlamayacağı önemli bir konu olarak öne çıkmaktadır. Bu bağlamda, hazırlanan bu kitap çalışmasının, ÖKA ve kafeinin hem ayrı ayrı hem de bir arada kullanımına yönelik güncel bilimsel bulguları bir araya getirerek alana katkı sağlaması ve uygulayıcılar açısından yol gösterici nitelikte olması beklenmektedir.

BİRİNCİ BÖLÜM

SPORDA ISINMA

1.1. ISINMANIN TANIMI VE ÖNEMİ

Isınma, bireylerin antrenman ya da müsabaka öncesinde fiziksel ve zihinsel olarak hazırlanmasını amaçlayan sistematik egzersizler bütünüdür. Bu süreçte uygulanan aktiviteler hem fiziksel performansın artırılması hem de sportif yaralanmaların önlenmesi açısından kritik rol oynamaktadır. İnsan organizması, antrenman ya da yarışma öncesinde dinlenik durumdayken temel düzeyde bir fizyolojik işleyişe sahiptir. Ancak bu sistemler (örneğin dolaşım, solunum, sinir sistemi) egzersiz sırasında yoğun ve yüksek düzeyde uyarana maruz kalmaktadır. Bu nedenle organizmanın bu ani geçişe hazır hale getirilmesi gerekmektedir. Isınma, bu geçiş sürecini kolaylaştırarak performansı desteklerken, olası kas-iskelet sistemi yaralanmalarının riskini azaltmaktadır (Bishop, 2003).

Fizyolojik açıdan bakıldığında ısınma; kas ve dokulardaki kan akışını artırmakta, merkezi sinir sistemini aktive etmekte, nöral iletim hızını yükseltmekte ve böylece motor kontrol ile kas performansını olumlu yönde etkilemektedir. Aynı zamanda kas içi ve kaslar arası koordinasyon gelişimini destekleyerek güç üretme kapasitesini de artırmaktadır (Bompa & Buzzichelli, 2015).

1.2. ISINMA TÜRLERİ

Isınma uygulamaları genel olarak aktif ve pasif olmak üzere ikiye ayrılmaktadır:

- **Pasif Isınma:** Sıcak duş, masaj, kızılötesi ışık, ısıtıcı kremler gibi dışsal uygulamalarla vücut sıcaklığının artırılması hedeflenir. Ancak bu yöntemlerin sportif performansa doğrudan etkisi sınırlı kalmaktadır.
- **Aktif Isınma:** Egzersiz, oyun, koşu gibi fiziksel aktiviteler yoluyla organizmanın içsel olarak uyarılmasıdır. Aktif ısınma, pasif ısınmaya

kıyasla metabolik ve kardiyovasküler sistem üzerinde daha belirgin ve faydalı etkiler sağlamaktadır (Hazar vd., 2018).

Aktif ısınma, genel ısınma ve özel ısınma olmak üzere iki aşamada uygulanmaktadır.

1.2.1. Genel Isınma

Genel ısınma evresi, büyük kas gruplarını hedef alan, şiddeti kademeli olarak artırılan egzersizlerden oluşmaktadır. Bu aşamada amaç, organizmanın temel fizyolojik süreçlerini aktive ederek egzersize hazırlamaktır. Kalp atım hızının yükseltilmesi, kas ısının artırılması, kan dolaşımının hızlandırılması, solunumun etkinleştirilmesi ve terlemenin başlaması, genel ısınmanın temel hedefleri arasında yer almaktadır (Church vd., 2001). Ancak, bu egzersizlerin yorgunluk oluşturmaması için yüksek şiddette uygulanmaması gerektiği unutulmamalıdır.

1.2.2. Özel Isınma

Özel ısınma, genel ısınmanın hemen ardından gelen ve daha spesifik hareket kalıplarını içeren evredir. Bu aşamada yapılan egzersizler, bireyin katılacağı antrenman veya müsabakadaki hareketleri taklit edecek şekilde planlanmalıdır. Böylece sporcu hem fizyolojik hem de psikolojik olarak antrenman yoğunluğuna tam anlamıyla hazır hale getirilmiş olur (Church vd., 2001).

1.3. ISINMANIN SPORTİF PERFORMANSA ETKİSİ

Isınma, üst düzey fiziksel performansın ortaya çıkması açısından son derece kritik bir süreçtir. Antrenman biliminde yapılan çok sayıda araştırma, ısınmanın türü, şiddeti, süresi ve ısınma ile aktivite arasında bırakılan dinlenme süresinin performans üzerindeki etkileri konusunda farklı sonuçlar bildirmiştir (Bishop & Middleton, 2013). Bu farklılıklara rağmen, ısınmanın doğru bir şekilde uygulanmasının performans artışına katkı sağladığı yönünde genel bir fikir birliği bulunmaktadır.

Isınma üzerine yapılan çalışmaları inceleyen Fradkin ve arkadaşları (2010), yayınladıkları bir meta-analizde, ısınma protokollerinin yaklaşık %79'unun sportif performansı olumlu yönde etkilediğini rapor etmiştir. Bu bulgu, ısınmanın yalnızca yaralanma riskini azaltmakla kalmayıp aynı zamanda sporcunun fiziksel kapasitesini artırıcı bir etkiye sahip olduğunu da göstermektedir.

Isınma evresinde birçok farklı metot uygulansa da, özellikle yüksek şiddetli ÖKA içeren ısınma protokollerinin, performans üzerinde belirgin bir artış sağladığı ve spor yaralanmalarının önlenmesinde etkili olduğu öne sürülmektedir (Chiu vd., 2003). Bu bağlamda, son yıllarda artan sayıda alışmalar, ‘‘Aktivasyon Sonrası Performans Artışı’’ (ASPA) kavramına odaklanmakta ve bu yaklaşımın sportif verimlilik açısından önemini vurgulamaktadır.

İKİNCİ BÖLÜM

AKTİVASYON SONRASI PERFORMANS ARTIŞI (ASP)

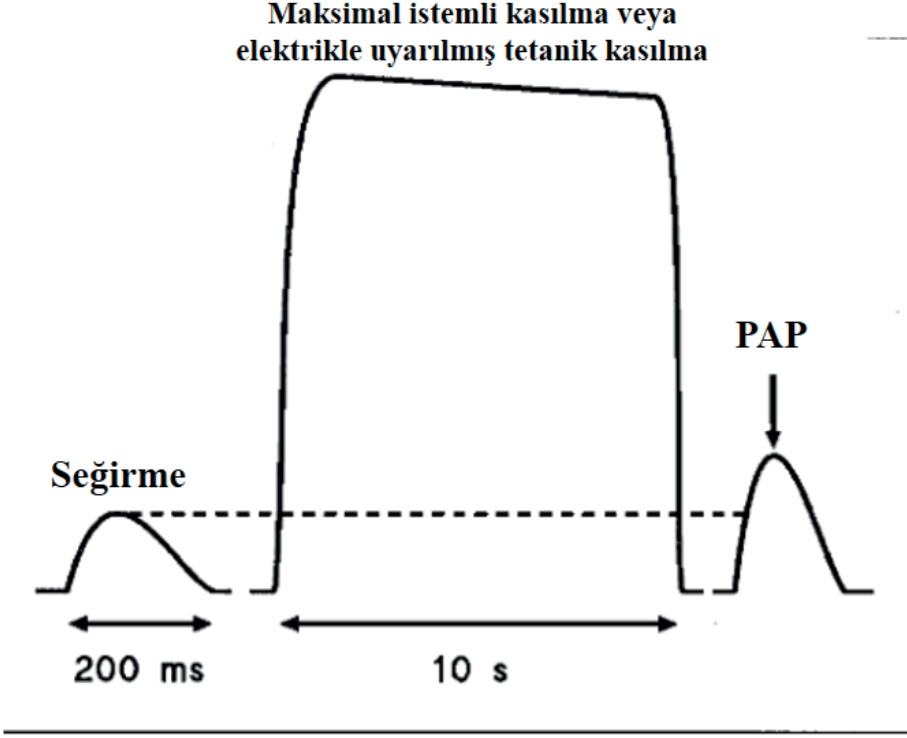
2.1. ASPA KAVRAMI VE TEMEL ÖZELLİKLERİ

ASP, kısa süreli ve yüksek şiddetli bir ÖKA'nın ardından, sporcunun fiziksel performansında ortaya çıkan ani ve geçici iyileşmeyi ifade eden fizyolojik bir durumdur. ASP, güç, kuvvet ve sürat gibi performans bileşenlerinde görülen akut gelişmelere fayda sağlamaktadır.

Uzun süredir spor bilimleri alanında Post-Aktivasyon Potansiyeli (PAP) kavramıyla ilişkili olarak anılan bu durum, literatürde zaman zaman karıştırılmaktadır. Her ne kadar iki kavram birbiriyle bağlantılı görünse de aralarında belirgin farklar olduğu son çalışmalarla ortaya konmuştur (Blazevich & Babault, 2019; Prieske vd., 2020).

- PAP, kasların kısa süreli bir yüksek şiddetli uyarım (istemli veya elektriksel) sonrası kas seğirme kuvvetinde gözlemlenen artışı tanımlamaktadır (Tillin & Bishop, 2009). Bu etkinin süresi genellikle çok kısadır ve doğrudan kasın fizyolojik yanıtıyla ilgilidir (Şekil 1).
- ASP ise, aynı uyarımın ardından sporcu tarafından gönüllü olarak gerçekleştirilen performanslarda (sprint, sıçrama, ağırlık kaldırma gibi) görülen gelişmeleri ifade etmektedir. ASP, PAP'tan farklı olarak, sadece kas cevabına değil, aynı zamanda sinir sistemi ve motor kontrol mekanizmalarına da bağlıdır.

Bu nedenle, her iki kavramın birbirinin yerine kullanılması uygun değildir. ASP, antrenman planlamasında stratejik olarak kullanılabilecek bir araç olarak, özellikle yüksek düzey sporcularda kısa süreli performans artışını hedefleyen uygulamalarda dikkatle değerlendirilmektedir.



Şekil 1. Post-Aktivasyon Potansiyeli (Sale, 2002).

PAP kavramına yönelik yapılan bilimsel çalışmaların sayısı son yıllarda kayda değer şekilde artış göstermektedir. Ancak bu artış, beraberinde bazı kavramsal karışıklıkları da getirmiştir. Literatürde PAP'ın neyi ifade ettiği konusunda farklı yaklaşımlar görülmekte; bu durum da kavramın tutarlı bir biçimde kullanılmasını zorlaştırmaktadır. Bazı araştırmacılar, PAP'ı kasların elektriksel uyarım sonrası seğirme özelliklerindeki kısa süreli artış üzerinden tanımlayarak daha mekanik ve fizyolojik bir bakış açısıyla ele almaktadır. Bu tür tanımlar genellikle yüksek donanımlı laboratuvar ortamlarında yürütülen deneysel çalışmalara dayanmaktadır. Diğer yandan, bazı çalışmalar ise PAP terimini daha geniş kapsamlı bir biçimde ele almakta; bu kavramı performansa dayalı test sonuçları (örneğin sıçrama, sprint, yön değiştirme gibi) ile ilişkilendirmektedir.

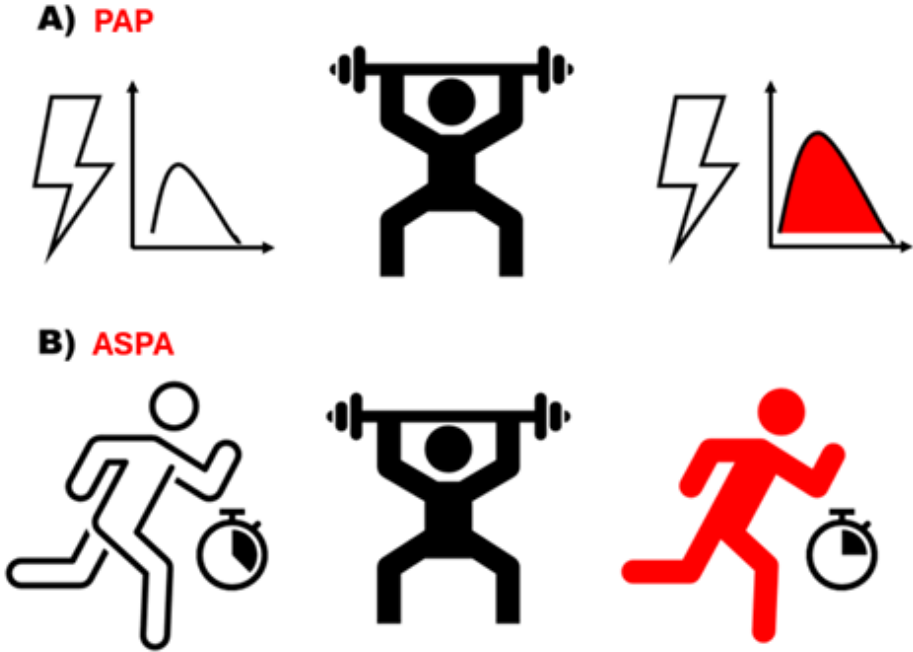
Kasların seçirme karakteristiklerini güvenilir şekilde ölçmek, ileri düzey donanıma sahip laboratuvar ortamlarını ve belirli bir teknik uzmanlığı gerektirir (MacIntos, 2010). Bu nedenle, sadece laboratuvar testlerine dayalı olarak elde edilen veriler üzerinden genelleme yapmak, performans alanına aktarıldığında yanıltıcı olabilir. Öte yandan, sahada uygulanan fiziksel performans testleri hem daha pratik hem de doğrudan uygulanabilir niteliktedir. Bu bağlamda, Prieske ve arkadaşları (2020), PAP kavramına ilişkin yöntemsel karmaşaların, araştırma sonuçlarının yorumlanmasında hatalara yol açabileceğine dikkat çekmiştir. Özellikle farklı ölçüm yöntemlerinin birbiriyle karıştırılması ya da terminolojik farklılıkların göz ardı edilmesi, bu alandaki bilgi birikiminin sağlıklı ilerlemesini engelleyebilir.

2.2. ASPA'NIN FİZYOLOJİK ETKİ MEKANİZMALARI

PAP etkisinin fizyolojik temelleri literatürde büyük ölçüde açıklığa kavuşmuştur. PAP'ın en yaygın kabul gören mekanizması, miyozin düzenleyici hafif zincir fosforilasyonu teorisine dayanmaktadır. Bu teoriye göre, kısa süreli yüksek şiddetli kas uyarımı sonrası, miyozin başlıklarının fosforilasyonu sayesinde kas kasılma kuvveti artmaktadır (Sale, 2002; Tillin & Bishop, 2009). Ayrıca, büyük motor ünitelerin daha fazla devreye girmesi ve kasın pennasyon açısında meydana gelen azalma da PAP etkisini destekleyen diğer fizyolojik değişkenler arasında yer almaktadır. Ancak bu süreç oldukça kısa sürede gerçekleştiği için, fosforilasyon etkisinin performansa katkısı da kısa süreli olmaktadır. Dolayısıyla performans testlerinin, bu fizyolojik değişimin hemen ardından gerçekleştirilmesi gereklidir. Bu sınırlı süre, PAP etkisinin genellikle yalnızca birkaç dakika içinde kaybolmasına neden olur.

ASPA ise, benzer uyarıcı bir ön koşullandırma sonrası ortaya çıksa da etkisini daha uzun süre sürdürebilmektedir. ASPA'nın etki süresi birkaç dakikayı bulabilir. Bu durum, fosforilasyon teorisinin ASPA'nın temel fizyolojik mekanizması olma ihtimalini zayıflatmaktadır. Bu nedenle, ASPA'nın fizyolojik temellerini açıklamak için farklı akut egzersiz yanıtlarının değerlendirilmesi

gerekmektedir. Güncel kanıtlar, ASPA etkisinin esas olarak kas sıcaklığındaki artış ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Kas sıcaklığının artması, sinir iletim hızını ve enzimatik aktiviteleri artırarak performansa doğrudan katkı sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, hücre içi sıvı artışı, nöral aktivasyon düzeyleri ve psikolojik faktörler (örneğin motivasyon düzeyi) de ASPA'nın ortaya çıkışında rol oynayan diğer mekanizmalar arasında gösterilmektedir (Blazevich & Babault, 2019). Ancak bu konuda henüz yeterli düzeyde deneysel çalışma bulunmadığından dolayı, ASPA'nın fizyolojik altyapısının daha kapsamlı araştırmalarla desteklenmesi gerekmektedir.



Şekil 2. PAP ve ASPA arasındaki şematik farklar (Boullosa, 2021).

PAP ve ASPA her ne kadar farklı fizyolojik mekanizmalara dayanıyor olsa da bazı yönlerden benzer özellikler taşımaktadır. Her iki olgunun da amacı, kas performansını geçici olarak artırmak ve bu artışı sportif faaliyetler sırasında avantaja dönüştürmektir.

Benzerlikler

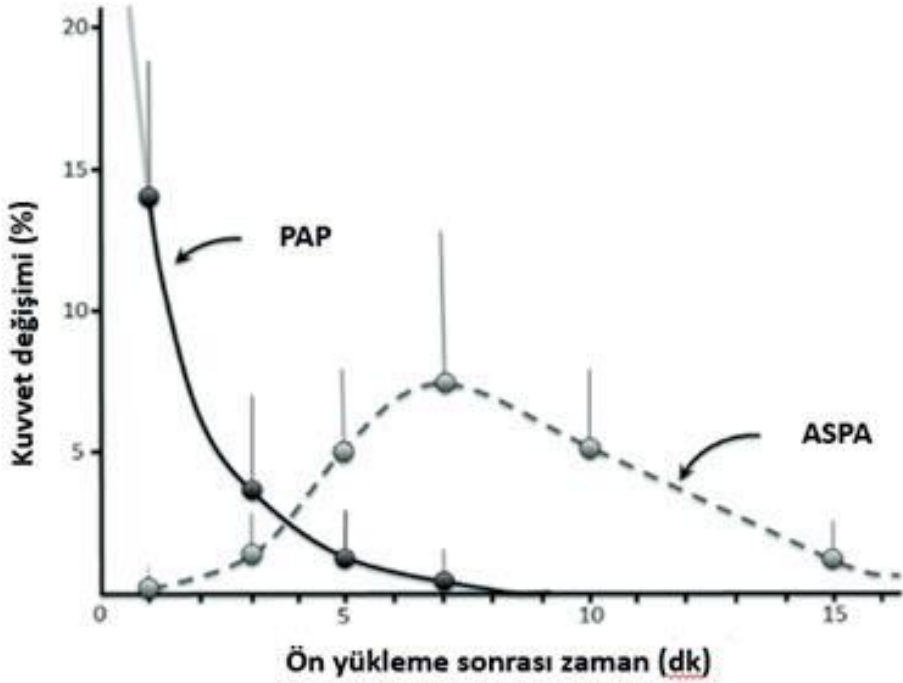
PAP ve ASPA arasında aşağıdaki ortak noktalar dikkat çekmektedir:

- Her ikisi de kasların kasılma kuvvetinde artış sağlamaktadır.
- Yorgunluk, her iki mekanizmanın da performans üzerindeki olumlu etkilerini azaltabilmektedir.
- Özellikle tip 2 kas liflerinde (hızlı kasılan lifler) daha belirgin etki göstermektedirler.
- Etkilerini gösterebilmek için, ön koşullandırma egzersizinden sonra belirli bir sürenin geçmesi gerekmektedir.

Farklılıklar

PAP ve ASPA, sahip oldukları etki mekanizmaları ve ortaya çıkış şekilleri bakımından birbirinden ayrılmaktadır:

- Kuvvet gelişiminin zamanlaması farklıdır; PAP etkisi çok daha kısa sürede ortaya çıkarken, ASPA etkisi birkaç dakikalık bir gecikmeyle daha uzun sürebilir.
- Fizyolojik etki mekanizmaları farklıdır. PAP, daha çok miyozin düzenleyici hafif zincir fosforilasyonu ve bunun sonucunda artan kas içi kalsiyum hassasiyeti ile ilişkilidir.
- ASPA'nın etkisi ise kas sıcaklığındaki artış, hücre içi sıvı birikimi ve olasılıkla nöral mekanizmalar üzerinden açıklanmaktadır.



Şekil 3. ASPA ve PAP'ın zaman süreci (Blazevich ve Babault, 2019).

2.3. ASPA'YI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

ASPA, sporcularda kısa süreli performans gelişimi sağlaması açısından önemli bir fizyolojik yanıt olarak değerlendirilmektedir. ASPA üzerine yapılan birçok çalışmada, uygun koşullar sağlandığında pozitif performans çıktılarının elde edildiği rapor edilmiştir. Ancak bu etkinin en üst düzeye çıkması için ÖKA ile ilgili bazı temel faktörlerin dikkate alınması gerekmektedir.

2.3.1. Antrenman Düzeyi

Bireyin antrenman geçmişi ve kondisyon seviyesi, ASPA yanıtının ortaya çıkmasında temel belirleyicilerden biridir. Araştırmalar, antrenman düzeyi yüksek olan bireylerin düşük antrenman seviyesine sahip kişilere kıyasla daha belirgin ASPA yanıtı verebildiğini göstermiştir (Chiu vd., 2003; Seitz & Haff, 2016). Bunun temel nedeni, iyi antrene sporcularda ÖKA sırasında motor ünite

aktivasyonunun daha yüksek seviyelerde gerçekleşmesi ve motor ateşleme hızlarının daha etkin olmasıdır (Xenofondos vd., 2010). Ayrıca, yüksek antrenman düzeyine sahip bireylerin, ÖKA sonrası oluşan yorgunluğu daha hızlı tolere edebildiği ve bu nedenle performans artışının daha çabuk gözlemlenebildiği belirtilmiştir (Chiu vd., 2003).

2.3.2. Toparlanma Süresi

ASPAY'ı etkileyen en kritik değişkenlerden biri de ÖKA ile performans testi arasında bırakılan toparlanma süresidir. ÖKA'nın şiddeti ve türüne bağlı olarak, bu toparlanma süresi farklılık gösterebilir (Lima vd., 2014). Orta ve yüksek şiddetli ÖKA'larda, hem yorgunluk hem de ASPA etkisi aynı anda ortaya çıkmaktadır. Eğer yorgunluk baskın hale gelirse performans düşebilir; bu nedenle, ASPA etkisinin ortaya çıkabilmesi için yorgunluğun önce ortadan kalkması gerekir. Bu amaçla, toparlanma süresi bireysel özelliklere ve uygulanan yüklenmeye göre ayarlanmalıdır.

Seitz ve Haff (2016) ile Wilson ve arkadaşlarının (2013) yayınladığı sistematik derleme ve meta-analiz bulgularına göre:

- Elit sporcular için: 3–7 dakika,
- Orta düzey sporcular için: 7–10 dakika,
- Antrenmansız bireyler için: 8 dakika ve üzeri toparlanma süreleri önerilmektedir.

2.3.3. Kas Lif Tipi ve Genetik Özellikler

Bireylerin genetik yapısı ve baskın kas lif tipleri de ASPA yanıtında farklılık yaratabilir. Tip 2 (hızlı kasılan) kas liflerine daha fazla sahip olan bireylerde hem PAP hem de ASPA etkisinin daha belirgin görüldüğü rapor edilmiştir. Bu durum, yüksek şiddetli yüklenmelerin miyozin düzenleyici hafif zincir fosforilasyonunu daha fazla artırması ve daha çok motor ünitenin devreye girmesiyle açıklanmaktadır (Hamada vd., 2000; Xenofondos vd., 2010; Smith vd., 2014). Bu bulgular, PAP'ın kas lif tipiyle ilişkili olduğu gibi, ASPA'nın da bu yapıdan

etkilenebileceğini göstermektedir. Bu nedenle, özellikle tip 2 kas lifleri baskın olan bireylerin ÖKA'ya daha olumlu yanıt verdiği düşünülmektedir.

2.3.4. ÖKA'nın Şiddeti

ASPANın ortaya çıkmasında bir diğer önemli unsur, uygulanan ÖKA'nın şiddet düzeyidir. Uygun bir nöromüsküler uyaran oluşturmak için, maksimal ya da maksimale yakın şiddette egzersizlerin tercih edilmesi önerilmektedir (Tillin & Bishop, 2009). Literatürde yaygın olarak kullanılan ÖKA türlerinden biri olan direnç egzersizlerinin genellikle 1 tekrar maksimalin (%1TM) %85'i ve üzerindeki şiddetlerde uygulandığı görülmektedir (Arias vd., 2016; Bauer vd., 2019; Bevan vd., 2010; Sygulla & Fountaine, 2014). ASPA yanıtının bireysel güç düzeyine göre değişkenlik göstermesi nedeniyle, yüklenme şiddeti de kişiselleştirilmelidir. Seitz ve Haff'in (2016) meta-analizinde, bireyler "güçlü" ve "zayıf" olarak sınıflandırılmıştır. Kadınlarda Kendi vücut ağırlığının 1,5 katını squat ile kaldıracaklar güçlü, kaldıracaklar zayıf, erkeklerde Kendi ağırlığının 1,75 katını kaldıracaklar güçlü, kaldıracaklar zayıf olarak değerlendirilmiştir. Araştırmanın sonucuna göre, güçlü bireyler, maksimale yakın şiddette tek setlik ÖKA'dan daha fazla yarar sağlamaktadır. Zayıf bireyler için ise orta şiddette, çoklu setlerle uygulanan ÖKA protokolleri önerilmektedir.

2.4. ASPA VE ATLETİK PERFORMANS

Literatürde ASPA'ya yönelik gerçekleştirilen çalışmalarda, çoğunlukla direnç egzersizleri içeren ÖKA'lar kullanılmıştır (Carbone vd., 2020; Lim & Kong, 2013; Seitz vd., 2014). Bununla birlikte, pliometrik sıçramalar, kızak itme-çekme, ağırlık yeleği kullanımı ve elektromyostimülasyon (EMS) gibi alternatif yöntemlerin de tercih edildiği araştırmalar mevcuttur (Kaçoğlu & Kirkaya, 2020; Sari vd., 2022; Sari vd., 2024; Yağcı & Pelvan, 2019). Bu çalışmaların büyük çoğunluğunda, ÖKA sonrası sprint, sıçrama, yön değiştirme ve kassal dayanıklılık gibi performans çıktıları değerlendirilmiştir.

Yapılan bir çalışmada, amatör düzeydeki on futbolcuya %90 1 tekrar maksimum (1TM) şiddetinde 10 setlik, birer tekrar squat egzersizi içeren ön kondisyonlama aktivitesi (ÖKA) uygulanmış ve beş dakikalık dinlenme süresinin ardından 10 m ve 30 m sprint performansında artış gözlemlenmiştir (Chatzopoulos vd., 2007). Benzer şekilde, elit düzeydeki on üç genç ragbi oyuncusuna %90 1TM şiddetinde üçer tekrar squat ve power clean egzersizleri uygulanmış, her iki egzersizin de 20 m sprint performansını artırdığı, ancak power clean uygulamasının daha fazla gelişim sağladığı bildirilmiştir (Seitz vd., 2014).

Dello ve Seitz (2018) tarafından yürütülen başka bir araştırmada, on sekiz amatör futbolcuya %85 1TM şiddetinde veya optimal güç üretimine yönelik belirlenen yükte hip thrust egzersiziyle ÖKA uygulanmıştır. Beş ve on metrelik sprint performansları, uygulamanın 15. saniyesinde olumsuz etkilenmiş olmakla birlikte, 4. ve 8. dakikalarda 5, 10 ve 20 m sprint performansında anlamlı gelişmeler kaydedilmiştir.

Pliometrik egzersizleri temel alan bir çalışmada ise, Tobin ve Delahunt (2014) tarafından 40 adet sıçrama (5 düşüş sıçrama, 3 x 5 engel sıçraması ve 2 x 10 ayak bileği sıçraması) içeren ÖKA'nın ardından, 1., 3. ve 5. dakikalarda dikey sıçrama ve zirve güç performansında artış rapor edilmiştir. Benzer şekilde, voleybolcularda 1 x 10 tekrar pliometrik sıçramadan oluşan ÖKA'nın, 15 saniyelik tekrarlı dikey sıçrama testinde zirve ve ortalama sıçrama yüksekliği ile birlikte güç çıktılarında artış sağladığı belirlenmiştir (Sari vd., 2024).

Turner ve arkadaşları (2015) tarafından yürütülen bir başka çalışmada, üç farklı grup oluşturularak (kontrol, vücut ağırlığıyla kanguru sıçraması ve vücut ağırlığının %10'u kadar ilave yükte kanguru sıçraması) pliometrik ÖKA uygulamaları incelenmiştir. Bu uygulamaların ardından 15. saniyeden başlayarak 2., 4., 6., 8., 12. ve 16. dakikalarda 20 m sürat performansı değerlendirilmiştir. Bulgular, ek ağırlıkla yapılan uygulamalarda 15. saniyede sprint performansının düştüğünü; ancak 4. ve 8. dakikalarda geliştiğini göstermektedir. Ek ağırlık

olmadan gerçekleştirilen sıçrama uygulaması ise 4. dakikada 10 m sprint performansında iyileşmeye neden olmuştur.

Başka bir araştırmada ise, Maloney ve arkadaşları (2014), 8 elit badminton oyuncusuna vücut ağırlıklarının % 5 ve %10'una denk gelen ağırlık yelekleri ile standart ısınma uygulatmıştır. Isınma sonrası yön değiştirme performansı artış göstermiştir. Kassal dayanıklılık performansını değerlendiren Alves ve arkadaşları (2019) ise, 3 tekrar %90 1TM ÖKA sonrası 3 set (setler arası 1.5 dk dinlenme) %75 1TM şiddetinde tükenene kadar bench press performansında artış tespit etmiştir.

Bu çalışmaların aksine, Crewther ve arkadaşlarının (2011) yürüttüğü bir çalışmada, ragbi oyuncularına 3 tekrar maksimum (3TM) squat egzersiziyle ÖKA uygulanmasına rağmen, 15. saniye ile 4., 8., 12. ve 16. dakikalarda 5 m ve 10 m sprint performansında herhangi bir değişiklik gözlenmemiştir. Benzer şekilde, Lim ve Kong (2013) tarafından yapılan bir çalışmada, on iki erkek atlete 3 x 3 sn izometrik squat, 3 x 3 sn izometrik diz ekstansiyonu ve 3 x %90 1TM dinamik squat egzersizlerinden oluşan 3 farklı ÖKA protokolü uygulanmış, dört dakikalık dinlenme sonrası 10, 20 ve 30 m sprint performansında herhangi bir farklılık saptanmamıştır. Ayrıca, Esformes ve arkadaşlarının (2010) yürüttüğü bir çalışmada, 3 tekrar maksimum yükte yarım squat ve 24 yer teması içeren bir dizi pliometrik egzersizin ardından dikey sıçrama performansında anlamlı bir değişim görülmemiştir.

Tablo 1. ÖKA sonrası atletik performans çıktılarını inceleyen bazı araştırmalar.

Referans	Katılımcılar	ÖKA Türü	Protokol	Toparlanma Süresi	Performans Sonucu
Chatzopoulos vd. (2007)	10 amatör futbolcu	Direnç egzersizi (Squat)	%90 1TM, 10 set 1 tekrar	5 dk	10 m ve 30 m sprintte artış
Seitz vd. (2014)	13 elit genç ragbi oyuncusu	Direnç egzersizi (Squat & Power Clean)	%90 1TM, 3 tekrar	7 dk	20 m sprintte artış; Power Clean daha etkili
Dello & Seitz (2018)	18 amatör futbolcu	Direnç egzersizi (Hip Thrust)	%85 1TM & optimal güç yükü	15 sn, 4-8 dk	İlk 15 sn'de azalma; 4. ve 8. dk'da sprintte gelişim
Tobin & Delahunt (2014)	Profesyonel ragbi oyuncusu	Pliometrik sıçrama	40 adet farklı sıçrama	1, 3, 5 dk	Dikey sıçrama ve güç performansında artış
Sari vd. (2024)	Voleybolcular	Pliometrik sıçrama	1 x 10 tekrar	5 dk	15 s tekrarlı sıçrama testinde zirve ve ortalama güç artışı
Turner vd. (2015)	Pliometrik antrenmanlı erkekler	Kanguru sıçraması (ağırlıklı/ağırlıksız)	3 x 10 tekrar (%10 vücut ağırlığı)	15 sn, 2-16 dk arası	Ağırlıklı: 4.-8. dk'da sprintte artış; Ağırlıksız: 4. dk'da 10 m sprint gelişimi
Maloney vd. (2014)	8 elit badminton oyuncusu	Ağırlık yeleği ile ısınma	Vücut ağırlığının %5 ve %10	15 sn, 2, 4 ve 6 dk	Yön değiştirme performansı artmıştır
Alves vd. (2019)	Direnç antrenmanlı 14 erkek	Direnç egzersizi (Bench press)	3 x %90 1TM	10 dk	3 set (setler arası 1.5 dk dinlenme) %75 1 TM şiddetinde tükenene kadar bench press performansı artmıştır

Referans	Katılımcılar	ÖKA Türü	Protokol	Toparlanma Süresi	Performans Sonucu
Crewther vd. (2011)	9 ragbi oyuncusu	Direnç egzersizi (3 TM Squat)	1 tekrar maksimum yük	15 sn – 16 dk arası	5 m ve 10 m sprintte değişim yok
Lim & Kong (2013)	12 erkek atlet	İzometrik diz ekstansiyonu, İzometrik ve dinamik squat	3 x 3 sn izo ve %90 1TM squat	4 dk	Sprint mesafelerinde değişim yok
Esformes vd. (2010)	Anaerobik antrenmanlı erkekler	Pliometrik sıçrama ve yarım squat	3 tekrar maks. squat ve 24 sıçrama	5 dk	Dikey sıçramada fark yok

Literatür genel olarak değerlendirildiğinde, birçok çalışma ÖKA'nın ardından sprint veya sıçrama gibi patlayıcı güç gerektiren performanslarda olumlu etkiler bildirmektedir. Ancak bazı çalışmalar, benzer protokollere rağmen performans artışının meydana gelmediğini ortaya koymaktadır (Esformes vd., 2010; Crewther vd., 2011; Lim ve Kong, 2013). Bu çelişkili bulguların, uygulanan ÖKA protokollerinin çeşitliliğinden ve katılımcıların antrenman düzeyleri ya da kuvvet kapasiteleri gibi bireysel özelliklerinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. ASPA'nın ortaya çıktığı çalışmalarda genellikle %85 1TM ve üzeri şiddette uygulanan direnç egzersizleri ve 3 ila 10 dakika arasında değişen dinlenme sürelerinin tercih edildiği görülmektedir. Aynı veya benzer protokollerle farklı sonuçların elde edilmesi, bireysel tepkilerin önemini ortaya koymaktadır (Sarı ve Bilici, 2022).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

KAFEİN VE SPORTİF PERFORMANS

3.1. KAFEİN

Kafein, uyarıcı etkileri nedeniyle yaygın biçimde tüketilen ve dünyada en iyi bilinen psikoaktif bileşiklerden biridir (Keisler ve Armsey, 2006). Altmıştan fazla bitki türünün tohum, meyve veya yapraklarında doğal olarak bulunan kafein; kahve başta olmak üzere, yeşil çay, kakao, çikolata ve yerba mate türevleri gibi pek çok yiyecek ve içeceklerle birlikte alınabilmektedir (Rocha vd., 2022). Acı bir tada sahip olan bu madde, hem suda hem de yağda çözünebilen bir yapıya sahiptir ve toz hâli beyaz renkte görünmektedir.

Toplumlar tarafından sosyokültürel açıdan yaygın biçimde kabul gören kafein, yaklaşık 200 yıl önce Alman bilim insanı Friedlieb Ferdinand Runge tarafından kahve çekirdeklerinden izole edilmiştir. Benzer dönemde Fransız araştırmacılar da bu alanda çalışmalar yaparak kafeinin izolasyonunu gerçekleştirmiştir. Bu gelişmeler, Avrupa’da kahve tüketiminin önemli ölçüde artmasına katkı sağlamıştır. Sosyal amaçlarla tüketilmesinin yanı sıra kafein, kas ağrıları, baş ağrısı ve uyuşukluk gibi çeşitli semptomları hafifletmek amacıyla da kullanılmıştır (Burke vd., 2013). Ayrıca her seviyedeki sporcu tarafından, fiziksel performansı artırmak amacıyla sıklıkla tercih edilmektedir. Egzersiz performansı üzerindeki etkilerini destekleyen güçlü bir bilimsel literatür bulunmaktadır.

Geçmişte kafein, yasaklı maddeler listesinde yer almış ve 15 mg/mL düzeyinde idrar konsantrasyonuna sahip örnekler pozitif kabul edilmiştir (1985’te bu sınır 12 mg/mL’ye düşürülmüştür) (Burke, 2008). Bu düzeye ulaşmak için genellikle 9 mg/kg’ın üzerinde bir doz gerekmektedir (Pasman vd., 1995). Güncel kafein takviyesi önerileri 3–6 mg/kg arasında olduğu için (Guest vd., 2021; Maughan vd., 2018), bu doz aralığında kalan bir kullanımın doping testlerinde pozitif sonuç vermesi olası değildir. Bununla birlikte, Dünya Doping Mücadele Ajansı (WADA) 2004 yılında kafeini yasaklı maddeler listesinden çıkarmıştır (Burke, 2008). Bu karar, sporcuların kafeini serbestçe kullanabileceği anlamına

gelse de, WADA hâlen bu maddenin kullanımını yakından izlemeye devam etmektedir. Uluslararası Olimpiyat Komitesi'nin 2018 yılında yayımladığı diyet takviyeleriyle ilgili uzlaşa bildirisine göre kafein, belirli spor dallarında performans artışı sağladığına dair güçlü bilimsel kanıtlar sunan beş takviyeden biri olarak tanımlanmıştır (Maughan vd., 2018).

3.2. SPORDA KAFEİNİN KISA TARİHÇESİ

Modern sporun ilk dönemlerinde, yani 1900'lü yılların başında, sporcular ve antrenörler, kafeini; kokain, striknin, eter, eroin ve nitrogliserin gibi bitkisel kökenli uyarıcılarla birlikte karıştırarak performans artırıcı karışımlar hazırlamışlardır. Bu karışımlar, rekabet avantajı elde etmek amacıyla geliştirilen ilk ergojenik desteklere örnek teşkil etmektedir (Asmussen ve Boje, 1948). Özellikle dayanıklılık sporcuları, çeşitli farmakolojik karışımları sıklıkla kullanmış ve bu uygulamalar, 1920'lere kadar reçeteli olarak temin edilebilen eroin ve kokainin kullanımına kadar sürmüştür. 1960'ların sonlarında Uluslararası Olimpiyat Komitesi'nin anti-doping uygulamalarını başlatmasıyla bu süreç daha kontrollü bir hal almıştır (Ljungqvist, 2017).

Kafein üzerine gerçekleştirilen ilk sistematik çalışmalar, Cambridge Üniversitesi'nden psikologlar William Rivers ve Harald Webber tarafından yapılmıştır. Bu araştırmacılar, kafeinin kas yorgunluğu üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla kendilerini denek olarak kullanmışlardır. 1906–1907 yılları arasında yürüttükleri çalışmalarda, çift kör plasebo kontrollü yöntemler ve diyet standardizasyonu kullanılmıştır. Araştırma bulguları, 1907 yılında *Journal of Physiology* dergisinde yayımlanmıştır (Rivers ve Webber, 1907).

Kafeinin egzersiz performansına etkilerini farklı spor dallarında, çeşitli antrenman düzeylerine sahip bireyler üzerinde inceleyen kapsamlı çalışmalar ise 1940'lı yıllarda başlamış ve zamanla artarak devam etmiştir (Asmussen ve Boje, 1948; Haldi ve Wynn, 1946). Bu alandaki önemli bir dönüm noktası ise 1970'lerin sonunda Ball State Üniversitesi İnsan Performansı Laboratuvarı'nda David Costill liderliğinde yürütülen araştırmalar olmuştur. Costill ve çalışma

arkadaşları, dayanıklılık sporlarında kafeinin faydalarını detaylı olarak ele almış ve bu çalışmalar, kafeinin egzersiz metabolizması ve fiziksel performans üzerindeki etkilerini araştıran yeni bir bilimsel sürecin önünü açmıştır (Costill vd., 1978; Ivy vd., 1979; Perkins ve Williams, 1975).

3.3. KAFEİNİN YAPISI, EMİLİMİ VE METABOLİZMASI

Kafein, kimyasal olarak 1,3,7-trimetilksantin yapısında olan bir bileşiktir ve yapısal benzerliği nedeniyle adenozinle ilişkilidir. Farmakolojik olarak ise başlıca adenozin reseptör antagonisti olarak görev yapmaktadır; bu mekanizma aracılığıyla psikotropik ve anti-enflamatuar etkiler göstermektedir. Ağız yoluyla alındıktan sonra, kafein ağız ve yemek borusu mukozası dahil olmak üzere tüm gastrointestinal sistem boyunca hızla emilmektedir ve genellikle 15–30 dakika içinde sistemik dolaşıma ulaşmaktadır (Kamimori vd., 2002). Emilim hızı, kafeinin alım şekline bağlı olarak değişebilir. Örneğin, kafein sakızı, ağız mukozasından doğrudan emilerek kapsül formuna kıyasla daha hızlı bir şekilde kana karışabilmektedir (Kamimori vd., 2002). Kafein, doza bağlı olarak alımdan yaklaşık 1–2 saat sonra plazma konsantrasyonunda zirveye ulaşmaktadır (Bruce vd., 1986). Dolaşımdaki yarı ömrü ise ortalama 3–6 saat arasında değişmektedir (Kamimori vd., 2002; Whitsett, Manion ve Christensen, 1984). Bununla birlikte, sigara kullanımı ve oral kontraseptifler gibi faktörler bu süreyi etkileyebilmektedir (Grzegorzewski vd., 2021). Kafein genellikle 16–29 saat içinde metabolize edilerek ve böbrekler aracılığıyla atılarak plazma düzeylerinde başlangıç seviyelerine dönmektedir (Arnaud, 2011).

Kafeinin metabolizması büyük oranda karaciğerde gerçekleşir ve bu süreçte temel rolü, Sitokrom P450 enzim ailesine ait olan CYP1A2 enzimi üstlenir. Bu enzim, kafeini başlıca üç metabolite dönüştürür: paraksantin (~%80), teobromin (~%10) ve teofilin (~%5) (Gu vd., 1992; Lelo vd., 1986; Rahimi, 2019). CYP1A2 ayrıca birçok ilacın metabolizmasında da görev alır. CYP1A2 aktivitesi bireyler arasında önemli ölçüde değişiklik gösterebilir. Bu farklılıklar; genetik varyasyonlar, diyet, sigara kullanımı ve hormonal faktörler gibi çevresel

etkenlere bağılıdır (Klein vd., 2010). Özellikle CYP1A2 geninde bulunan bir tek nükleotid polimorfizmi, enzimin aktivitesini etkiler. A ve C alellerine bağılı olarak üç genetik varyant tanımlanmıştır: hızlı metabolize ediciler (AA homozigot), orta düzeyde metabolize ediciler (AC heterozigot) ve yavaş metabolize ediciler (CC homozigot) (Sachse vd., 1999). Bu genetik farklılıkların, kafeine verilen akut ve kronik fizyolojik tepkileri etkilediğı düşünölmektedir (Saunders vd., 2023).

3.4. KAFEİNİN FİZYOLOJİK ETKİ MEKANİZMALARI

Kafeinin performans artırıcı etkileri uzun süredir araştırılmakta olup, merkezi sinir sistemi (MSS) üzerindeki etkileri bu etki mekanizmalarının merkezinde yer almaktadır. Bununla birlikte, kafeinin ergojenik etkilerini açıklamak için alternatif mekanizmalar da öne sürölmüştür. Bunlar arasında miyofibrillerde kalsiyum (Ca^{2+}) kullanılabilirliğinin artması (Rousseau vd., 1988; Tarnopolsky ve Cupido, 2000), enerji substratlarının kullanımının optimize edilmesi (Spriet vd., 1992) ve MSS uyarılması (Kalmar ve Cafarelli, 2004; Meeusen vd., 2013; Nehlig vd., 1992) yer almaktadır.

Başlangıçta, kafein alımının epinefrin salınımını artırarak serbest yağ asidi (SYA) oksidasyonunu hızlandırdığı ve böylece glikojen kullanımını azaltarak dayanıklılık performansını artırdığı ileri sürölmüştür (Chesley vd., 1998; Costill vd., 1978; Spriet vd., 1992). Ancak bu substrat hipotezi bazı çalışmalarla çürütölmüştür. Özellikle kısa süreli ve yüksek şiddetli egzersizlerde glikojenin sınırlayıcı bir faktör olmaması, bu mekanizmanın yeterli olmadığını göstermiştir (Graham vd., 2000; Meeusen vd., 2013). Ayrıca bazı araştırmalarda, serum SYA düzeylerinde veya solunum değişim oranında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir (Casal ve Leon, 1985; Glaister ve Gissane, 2018). Buna karşın, düşük doz kafein (1–3 mg/kg) alımının ölçülebilir performans artışlarına neden olduğı bildirilmiş ve bu etkinin esasen MSS üzerinden gerçekleştiğı öne sürölmüştür (Cureton vd., 2007; Talanian ve Spriet, 2016). Bu bağlamda, kafeinin MSS üzerindeki etkileri, özellikle algılanan zorluk derecesi (AZD) (Black vd., 2015;) ve kas ağrısı algısı üzerindeki değişikliklerle açıklanmaktadır (Gliotoni

vd., 2009). Kafein ayrıca kas kuvveti üretiminde artışa yol açabilecek şekilde motor ünite aktivasyonunu etkileyebilmektedir (Black vd., 2015). Bu etkiler, Ca^{2+} salınımının artırılması ve uyarma-kasılma eşleşmesini kolaylaştıran sodyum/potasyum pompası aktivitesinin artırılması yoluyla ortaya çıkabilmektedir (Lindinger vd., 1993). MSS üzerindeki bu etkiler, kafeinin adenosin reseptörlerine olan antagonizmasıyla ilişkilidir. Kafein, adenosine yapısal benzerliği sayesinde bu reseptörleri bloke etmekte ve böylece dopamin, serotonin, asetilkolin ve glutamat gibi nörotransmitterlerin salınımını artırmaktadır (Fredholm vd., 1994; 1999). Bu mekanizma, uyanıklık, dikkat ve ruh halinde iyileşmelere katkı sağlamaktadır (Meeusen vd., 2006; Nehlig, 2018).

Adenosin reseptörlerinin özellikle A1 ve A2A alt tipleri davranışsal etkilerle ilişkilidir (Fredholm vd., 2005). Adenosin A2A reseptörlerinin bilişsel işlevler ve motivasyon süreçlerinde önemli rol oynadığı, dopamin reseptörleriyle etkileşim içinde çalıştığı gösterilmiştir (Salamone vd., 2009;). Aynı zamanda serotonin 5-HT2A reseptörleri de dopamin salınımını düzenleyerek bu süreçlerde görev alabilmektedir (Di Giovanni vd., 2008).

Kafein alımıyla ilişkili dopamin salınımındaki artışın, yüksek yoğunluklu egzersiz sırasında kas ağrısının azaltılmasına katkıda bulunduğu düşünülmektedir (Martikainen vd., 2015; Duncan vd., 2013). Kas ağrısının motor ünite aktivitesini baskılayarak kuvvet üretimini azalttığı bilinmektedir (Farina vd., 2004). Bu nedenle, kafeinin ağrı algısını azaltıcı etkisi, performans artışı ile ilişkilendirilmektedir (Motl vd., 2006; Maridakis vd., 2007). Bununla birlikte, tüm çalışmalar bu etkileri doğrulamamış ve bazı araştırmalarda anlamlı bir fark bulunmamıştır (Astorino vd., 2012a, 2012b). Ağrı hissinin azalmasıyla birlikte AZD’de de düşüş gözlenmiştir. Bazı çalışmalar, performanstaki artışın hem ağrı algısında hem de AZD’deki düşüşle birlikte gerçekleştiğini bildirmiştir (Killen vd., 2013). Yapılan bir meta-analiz sonuçlarına göre, kafein alımı sonrasında AZD’de %5,6’lık bir azalma ve egzersiz performansında ortalama %11’lik bir iyileşme rapor edilmiştir. Bu analiz, AZD’deki düşüşün performanstaki varyansın %29’unu açıklayabildiğini göstermektedir (Doherty ve Smith, 2005).

3.5. PLASEBO ETKİSİ

Plasebo etkisi, doğrudan fizyolojik bir müdahaleye bağlı olmayan, ancak bireyin olumlu bir etki beklemesi sonucu ortaya çıkan faydalı sonuçlarla tanımlanmaktadır (Guest vd., 2021). Örneğin, bir birey sadece şeker ya da un içeren bir kapsül almasına rağmen, bunun kafein içerdiğine inanıyorsa, bu inanç performansında artışa yol açabilmektedir (Clark vd., 2000). Bu etkinin tersi ise nosebo etkisidir. Nosebo etkisinde, bir müdahalenin uygulanması ya da uygulanmaması bireyin olumsuz beklentileri nedeniyle zararlı sonuçlar doğurabilir (Pollo vd., 2012). Örneğin, kişi kafein içermeyen bir plasebo aldığını bildiğinde, bu inanç performansını olumsuz yönde etkileyebilir. Yani, kafein almadığına inanan bir birey, bu nedenle performans düşüklüğü yaşayabilmektedir (Guest vd., 2021).

Egzersiz bağlamında kafein ve diğer faydalı olduğu düşünülen müdahalelerin plasebo etkisine dair çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (Beedie vd., 2006; Foad vd., 2008; Saunders vd., 2017). Örneğin, Beedie ve arkadaşlarının (2006) yürüttüğü bir araştırmada, antrenmanlı bisikletçilere sırasıyla orta (4,5 mg/kg) ve yüksek (9 mg/kg) dozlarda kafein verildiği söylenmiş, ancak gerçekte tüm müdahaleler plasebo içermiştir. İlginç bir şekilde, katılımcılar, kendilerine daha yüksek doz kafein verildiğine inandıklarında performanslarında daha büyük artışlar göstermiştir.

Benzer şekilde, Saunders ve arkadaşlarının (2017) yürüttüğü bir başka çalışmada, kafeinin doğru tanımlanmasının, bizzat kafeinin kendisinden daha güçlü bir performans artışı sağladığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, plasebo aldığını doğru şekilde tanımlayan bireylerde, performansta belirgin bir düşüş olduğu rapor edilmiştir. Bu nedenle, kafeinle ilgili egzersiz araştırmalarının yorumlanmasında, çalışmalarda katılımcıların körlenip körlenmediği hususunun dikkate alınması büyük önem taşımaktadır.

3.6. KAFEİN TÜKETİMİNDE ÖNEMLİ FAKTÖRLER

Kafein üzerine gerçekleştirilen çok sayıda bilimsel araştırmanın sonucunda, kafeinin sportif ve bilişsel performansı artırıcı etkileri büyük oranda kanıtlanmış bulunmaktadır (Martins vd., 2020). Ancak, sporcuların kafein kullanımı esnasında dikkat etmesi gereken çeşitli önemli faktörler bulunmaktadır. Antrenörlerin ve sporcuların, kafein kullanımından fayda sağlarken olası olumsuz etkilerden korunmaları için yan etki, doz, genotip, zamanlama, tüketim sıklığı, form, cinsiyet ve plasebo etkisi gibi unsurların göz önünde bulundurulması gerekmektedir (Bayraktar ve Taşkıran, 2019).

3.6.1. Doz

Literatürde kafein dozları genellikle 3 mg/kg altı düşük, 3–6 mg/kg arası orta, 6 mg/kg üzeri ise yüksek olarak sınıflandırılmaktadır (Guest vd., 2021). Araştırmalar, düşük doz kafeinin dahi performans üzerinde olumlu etkiler oluşturabildiğini göstermektedir (Spriet, 2014). Orta düzeydeki 3–6 mg/kg dozların ise takım sporlarında, aerobik egzersizlerde ve yüksek glikolitik aktivite gerektiren uygulamalarda %1 ila %8 oranında performans artışı sağladığı bildirilmektedir (Maughan vd., 2018). Pallarés vd. (2013), 3, 6 ve 9 mg/kg kafein dozlarının kas kuvveti üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında, düşük dozların hafif yüklerde, yüksek dozların ise ağır yüklerde daha etkili olduğunu rapor etmiştir. Bununla birlikte, yüksek dozun performansa katkı sağlarken 24 saat boyunca bazı yan etkilere neden olduğu da belirtilmektedir.

Spriet (2014), düşük dozlarda alınan kafeinin etkilerini merkezi sinir sistemi aracılığıyla gösterdiğini ifade etmektedir. Zhang vd. (2020) tarafından gerçekleştirilen bir başka çalışmada ise düşük, orta ve yüksek doz kafeinin bilişsel işlevler ve beyin aktivasyonu üzerindeki etkileri karşılaştırılmış, düşük dozun bilişsel fonksiyonlar üzerinde daha etkin olduğu rapor edilmiştir. Bu bulgular, kafeinin düşük dozlarda merkezi sinir sistemini uyarabileceğini ortaya koymaktadır. Periferik sinir sisteminin uyarılabilmesi için daha yüksek dozlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Akut performans artışına ulaşmak için gerekli olan kafein dozu, bireyin alışkın olduğu düzenli tüketim miktarına göre değişiklik göstermektedir (Pickering ve Kiely, 2019). Yıl boyunca tüketilen kafein miktarından daha yüksek dozların kullanımı gerekebilmektedir. Ancak doz artışının çeşitli yan etkilere yol açabileceği unutulmamalıdır. Literatürdeki doz-yanıt çalışmaları çoğunlukla 3–6 mg/kg arası dozları değerlendirmekte olup, daha düşük dozlara ilişkin daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca, aynı dozlara verilen yanıtlar kadın ve erkek bireyler arasında farklılık gösterebilmektedir (Mielgo-Ayuso vd., 2019).

3.6.2. Cinsiyet

Cinsiyet, atletik performansın temel belirleyicilerinden biri olarak kabul edilmektedir. Kadın ve erkek bireyler arasındaki hormonal farklılıklar; aerobik kapasite, anaerobik eşik ve vücut kompozisyonu gibi fizyolojik parametrelerde çeşitliliğe yol açmaktadır (Thibault vd., 2010). Bu nedenle antrenman ve beslenme programları cinsiyete göre planlanmalıdır.

Kafein üzerine yapılan çok sayıda araştırma bulursa da cinsiyet karşılaştırmalarına yer veren çalışma sayısı oldukça sınırlı kalmaktadır (Grgic vd., 2018). Skinner vd. (2019), 3 mg/kg dozda kafein uygulamasının 16 erkek ve 11 kadın elit bisikletçi üzerindeki etkisini incelemiş ve her iki cinsiyette de zaman denemesi performansının arttığını ancak aralarında anlamlı bir fark bulunmadığını bildirmiştir. Sabblah vd. (2015) ise 5 mg/kg dozunda kafeinin bir tekrarda maksimum kuvvet (1TM) ve kassal dayanıklılık üzerindeki etkilerini araştırmış ve her iki cinsiyette de 1TM performansının arttığını, ancak kassal dayanıklılığın sadece erkeklerde gelişme gösterdiğini belirtmiştir.

3.6.3. Zaman

Kafeinin genellikle egzersizden 60 dakika önce alınması önerilmektedir. Çünkü plazma kafein seviyeleri, alımı takiben yaklaşık 60 dakika içinde maksimum düzeye ulaşmaktadır (Graham, 2001). Ancak bu süre, kafein formuna göre değişiklik göstermektedir. Örneğin, kafeinli kola ya da sakız formu,

anhidröz kafeine göre daha hızlı emilmektedir. Bu nedenle, bu formlar egzersizden 5–10 dakika önce alınmalıdır.

Ryan vd. (2013), kafeinli sakızın egzersizden hemen önce alındığında performansı artırdığını; ancak 1–2 saat öncesinde kullanımının anlamlı bir etki yaratmadığını bildirmektedir. Bu durum, sakız formundaki kafeinin ağız içi mukozadan daha hızlı emilmesinden kaynaklanabilmektedir. Ancak bu etki, kafeinli kahve ve anhidroz form için geçerli olmamaktadır. Trexler vd. (2015), 30 dakika önce alınan 3–5 mg/kg kafeinli kahve veya anhidroz kafeinin alt ve üst ekstremitelerde kas kuvveti üzerinde etkili olmadığını; ancak tekrarlı sprint performansını artırabileceğini belirtmektedir.

3.6.4. Form

Kafein çeşitli formlarda tüketilebilmektedir. En yaygın kullanılan formu, kapsül şeklinde veya suda seyreltilmiş anhidroz formudur. Sportif performans artışı için kahve ve anhidroz kafein sıklıkla tercih edilmektedir (Guest vd., 2021). Bunun dışında, kafeinli sakız, aerosol, enerji barları, jeller, enerji içecekleri ve nazal sprey gibi alternatif formlar da bulunmaktadır. Kafeinli sakız, hızlı emilimi sayesinde egzersiz öncesi kullanımda avantaj sağlayabilmektedir. Ayrıca kafeinin ağızda çalkalanarak kullanılması, performansı artırıcı alternatif bir yöntem olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle, farklı kafein formlarının performans üzerindeki etkilerinin kıyaslanması önem arz etmektedir (Saunders vd., 2023).

3.6.5. Tüketim sıklığı

Kafeinin performans üzerindeki temel etki mekanizması, adenozin reseptörlerine karşı antagonistik etkisinden kaynaklanmaktadır (Aguiar vd., 2020). Ancak uzun süreli kafein kullanımı, organizmada tolerans gelişimine yol açabilmektedir. Irwin vd. (2011), dört gün boyunca 3 mg/kg kafein tüketilmesinin ardından performansta anlamlı bir değişim gözlemlenmemiştir. Beaumont vd. (2017) ise dört hafta boyunca aynı dozda kafein kullanan bireylerde tolerans geliştiğini ve performans tepkisinin kaybolduğunu belirtmiştir. Lara vd. (2019)

ve Ruiz-Moreno vd. (2020) ise düzenli kafein tüketmeyen bireylerde 15–18 gün boyunca süren tüketimin performansı olumlu etkilediğini; ancak bu sürenin sonunda etkinin azaldığını bildirmiştir. Bununla birlikte, bazı araştırmalar ise düzenli kafein tüketiminin performans üzerinde olumsuz etkisinin olmadığını savunmaktadır (Gonçalves vd., 2017; Del Coso vd., 2019). Pickering ve Kiely (2019), bireylerin alışkın oldukları dozdan daha yüksek bir kafein miktarını akut olarak tüketmeleri durumunda, tolerans etkisinin ortadan kalkabileceğini öne sürmektedir.

3.6.6. Genotip

Besinlerin metabolizması, emilimi ve kullanımı genetik faktörlere bağlı olarak farklılık göstermektedir. Kafein, bu alanda en çok araştırılan bileşiklerden biri olmaktadır. Özellikle ADORA2A ve CYP1A2 genleri, kafeinin metabolizması ve etkilerinde önemli rol oynamaktadır. Guest vd. (2018), 101 erkek sporcu üzerinde yaptıkları çalışmada, CYP1A2 genotipine göre performans farklarını analiz etmiş ve AA genotipine sahip bireylerin 2 ve 4 mg/kg dozda kafeinden fayda sağladığını; AC genotiplilerde etkinin gözlenmediğini, CC genotiplilerde ise performansın olumsuz etkilendiğini bildirmiştir. Benzer şekilde Womack vd. (2012) de AA genotiplilerin kafeine olumlu yanıt verdiğini, CC genotiplilerde ise bu etkinin görülmediğini belirtmiştir. Ancak Algrain vd. (2016) ve Pataky vd. (2016) gibi bazı çalışmalar, genotipler arası fark gözlemlememiş veya yalnızca CC genotiplilerin kafeine duyarlı olduğunu ortaya koymuştur. Genetik farklılıkların kafein tepkileri üzerindeki etkileri henüz kesinlik kazanmamış olmakla birlikte, bireyselleştirilmiş kafein planlamalarında CYP1A2 genotipinin dikkate alınması önerilmektedir.

3.7. KAFEİNİN YAN ETKİLERİ VE OLASI RİSKLER

Kafein takviyesinin ergogenik faydaları iyi bilinmektedir. Ancak bu faydaların yanı sıra, merkezi sinir sistemi üzerindeki uyarıcı etkiler nedeniyle bazı olumsuzluklar da ortaya çıkabilmektedir. Kafein; baş ağrısı, ajitasyon, gerginlik,

anksiyete, sinirlilik, kan basıncında artış, taşikardi, çarpıntı, uykusuzluk ve uyku kalitesinde azalma gibi istenmeyen yan etkilere neden olabilmektedir (Childs vd., 2008; Guest vd., 2021; de Souza vd., 2022). Bu etkilerin egzersiz performansını hangi ölçüde etkilediği net olarak bilinmemekle birlikte, şiddetli semptomlar sporcu performansını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Özellikle anksiyete öyküsü olan bireylerde bu semptomlar daha da belirgin hale gelebilmektedir. Aynı şekilde, odaklanma ve ince motor becerilerin ön planda olduğu sporlarda artan sinirlilik ve ajitasyon performans üzerinde olumsuz etkiler yaratabilmektedir. Yan etkilerin sıklığı ve şiddeti büyük ölçüde alınan doza bağlı olarak değişmektedir. Önerilen güvenli doz aralığı genellikle <6 mg/kg olarak bildirilmekte, ancak bu dozlarda bile bazı bireylerde yan etkiler ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle sporcuların bireysel toleranslarını test ederek kendilerine en uygun dozu belirlemeleri gerekmektedir.

Kafein tüketiminin bir diğer olası olumsuz etkisi ise dehidrasyon riskidir. Adenozin reseptörleri böbrek fonksiyonlarında önemli rol oynamakta, adenozin ise böbreklerdeki lokal kan akışını düzenlemektedir (Vallon ve Osswald, 2009). Kafein bu reseptörleri antagonize ettiğinde böbrek kan akımı artmakta, bu durum da glomerüler filtrasyon hızının yükselmesine, idrar hacminin artmasına ve dolayısıyla sodyum ve potasyum atımının fazlaşmasına neden olabilmektedir (Marx vd., 2016). Bu durum özellikle sıcak ve nemli iklimlerde dayanıklılık egzersizi yapan sporcular için önemli bir sorun teşkil edebilmektedir. Ancak bu risk, alınan kafein miktarına göre değişiklik göstermektedir. Seal ve arkadaşları (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, 3 mg/kg kafein dozu sıvı kaybında anlamlı bir artışa yol açmazken, 6 mg/kg dozun diüretik etkiyi artırdığı bildirilmiştir. Buna rağmen, birçok çalışma orta düzeyde kafein alımının, örneğin kahve tüketiminin, kronik dehidrasyona neden olmadığını göstermektedir (Armstrong vd., 2005; Killer vd., 2014). Nitekim bazı araştırmalar, ölçülü kafein tüketiminin hidrasyon üzerinde suya benzer etkiler gösterdiğini ortaya koymaktadır (Maughan vd., 2016). Ayrıca, çoğu bilimsel kanıt, kafeinin genel hidrasyon durumunu olumsuz etkilediği yönündeki görüşleri desteklememektedir.

(Maughan ve Griffin, 2003). Kafein, sıvı ile birlikte tüketildiğinde diüretik etkisi azalmaktadır ve böylece dehidrasyon riski minimuma inmektedir.

3.8. KAFEİN VE ATLETİK PERFORMANS

Kafein, dayanıklılık (Southward vd., 2018), kuvvet (Grgic vd., 2018) ve güç (Grgic, 2018) gerektiren egzersizler dahil olmak üzere çok çeşitli fiziksel aktivitelerde etkili bir ergojenik destek olarak kabul edilmektedir. Sporcular, sürat, çeviklik, sıçrama ve aralıklı egzersiz performansı gibi takım sporlarına özgü becerilerde de kafeinden yarar sağlamaktadır (Salinero ve Del Coso, 2019). Benzer biçimde hem aerobik hem de anaerobik sistemlerin birlikte çalıştığı dövüş sporlarında da kafein takviyesinin performansı artırdığı bildirilmektedir (Diaz-Lara vd., 2022). Üst düzey bisiklet ya da koşu yarışlarında başarıyı belirleyen farkın milisaniye ya da milimetre düzeyinde olabildiği göz önüne alındığında, kafeinin sağladığı küçük faydalar bile kritik öneme sahip olabilmektedir.

Kafein takviyesinin 1 km (Wiles vd., 2006), 4 km (Felippe vd., 2018; Santos vd., 2013; Tomazini vd., 2020), 10 km (Astorino vd., 2012b, 2012c; Guest vd., 2018), 16 km (Saunders vd., 2017), 30 km (Paton ve Guglielmo, 2015) ve 40 km (Foad vd., 2008) bisiklet performansı üzerinde olumlu etkiler oluşturduğu gösterilmektedir. İlginç olarak, 4 km'lik bisiklet sürüşü esnasında gözlenen performans artışlarının, aerobik katkı oranında bir değişiklik olmaksızın, kritik güçteki artış (Felippe vd., 2018) ve anaerobik katkının yükselmesiyle (Santos vd., 2013) gerçekleştiği belirtilmektedir. Bu durum, dayanıklılık egzersizlerinde anaerobik enerji katkısının önemini vurgulamakta ve kafeinin bu katkıyı artırarak dayanıklılık performansını iyileştirebileceğini ortaya koymaktadır. Yapılan meta-analiz çalışmaları da kafeinin dayanıklılık performansı üzerinde küçük ile orta düzeyde etkiler sağladığını göstermektedir (etki büyüklüğü aralığı: 0,22–0,61) (Grgic vd., 2020).

Kısa mesafe koşuları (100, 200 ve 400 m) ile 100 m yüzme gibi aktiviteler anaerobik egzersiz kategorisine girmektedir. Bu tür egzersizlerde beslenme stratejilerinin etkisini değerlendirmek amacıyla uzun zamandır ve sıklıkla

Wingate testi kullanılmaktadır (Bar-Or, vd, 1977). Grgic (2018) tarafından gerçekleştirilen bir meta-analiz çalışmasında, kafein alımının 30 saniyelik Wingate testinde ortalama güç üretimi üzerinde çok küçük, zirve güç üretimi üzerinde ise küçük düzeyde iyileştirici etkiler sağladığı bildirilmiştir. Her ne kadar Wingate testi, sahadaki anaerobik performansı tam olarak yansıtmaya da mevcut bulgular kafeinin 100 m koşu (Matsumura vd., 2023) ve kısa mesafe yüzme performansı (Grgic, 2022) üzerinde olumlu etkiler oluşturduğunu ortaya koymaktadır.

Kafeinin kas gücü, kuvveti ve kassal dayanıklılık üzerindeki etkilerini inceleyen birçok özgün çalışma yapılmış ve bu veriler bir dizi meta-analizle özetlenmiştir. Elde edilen bulgular, kafein alımının direnç egzersizleri sırasında üretilen mutlak kuvvet ve gücü artırabildiğini, dolayısıyla bireylerin daha ağır yükleri kaldırebildiklerini göstermektedir. Ayrıca, kassal dayanıklılıktaki artış sayesinde, kafein tüketen bireylerin daha fazla tekrar yapabildikleri bildirilmektedir. Bu etkiler, uzun vadede direnç antrenman programlarında güç, kuvvet ve kas hipertrofisinde daha fazla kazanım sağlamaktadır (Schoenfeld vd., 2016; Lopez vd., 2021). Grgic ve Mikulic (2022) tarafından yapılan bir meta-analiz, kafein desteği ile direnç egzersizi esnasında daha hızlı kuvvet gelişimi sağlandığını ortaya koymaktadır. Ayrıca, önerilen dozun üzerinde alınan kafein miktarlarının (örneğin 6 mg/kg) performans üzerindeki olumlu etkilerinin daha belirgin olduğu ifade edilmektedir.

Kafeinin takım sporları üzerindeki etkilerini ele alan çalışmalar, futbol (Del Coso vd., 2012a), voleybol (Perez-Lopez vd., 2015) ve hentbol (Munoz vd., 2020) gibi branşlarda performansın farklı yönlerini geliştirdiğini göstermektedir. Özellikle tekrarlı sprint protokollerinde yapılan çalışmalar, kafein desteğiyle sprint performansının arttığını ortaya koymaktadır (Carr vd., 2008; Glaister vd., 2008; Schneiker vd., 2006). Salinero vd. (2019) tarafından yürütülen kapsamlı bir analizde, kafein alımının tekli ve tekrarlı sıçrama, sprint ve çeviklik testlerinde performansı geliştirdiği bildirilmektedir. Ayrıca, takım sporu müsabakaları sırasında kafein alımı, toplam koşu mesafesi, sprint sayısı ve sprint sırasında

katedilen mesafeyi artırmaktadır. Bu veriler doğrultusunda, takım sporu ile uğraşan sporcuların, kafeinin performans üzerindeki olumlu etkilerini göz önünde bulundurmaları ve antrenman ya da müsabaka öncesi kafein desteğini stratejik olarak değerlendirmeleri önerilmektedir.

Tablo 2. Kafein alımının egzersiz türleri üzerine etkilerini inceleyen bazı araştırmalar.

Referans	Egzersiz Türü	Kafein Etkisi	Bulgular/Sonuç
Southward vd. (2018), Grgic vd. (2020)	Dayanıklılık Egzersizi	Performans artışı	Kafein dayanıklılık performansını küçük ila orta düzeyde artırmaktadır (Etki büyüklüğü: 0,22–0,61).
Grgic (2018), Grgic vd. (2018)	Güç ve Kuvvet Egzersizi	Artış göstermektedir	Mutlak güç, kuvvet ve kassal dayanıklılığı artırmaktadır.
Salinero vd. (2019), Del Coso vd. (2012b), Munoz vd. (2020)	Aralıklı Egzersizler ve Takım Sporları	Sprint, çeviklik, sıçrama gelişmiştir	Tekrar eden sprintlerde ve spora özgü hareketlerde performans artışı gözlenmiştir.
Diaz-Lara vd. (2022)	Dövüş Sporları	Performans artışı	Aerobik ve anaerobik bileşenleri içeren sporlarda fayda sağlamaktadır.
Beedie vd. (2006), Paton ve Guglielmo (2015), Saunders vd. (2017)	Bisiklet Performansı	Performans artışı	1 km'den 40 km'ye kadar mesafelerde performans artışı sağlanmaktadır.
Grgic (2018, 2022), Matsumura vd. (2023)	Anaerobik Egzersizler	Güç ve hız artışı	Wingate testinde zirve ve ortalama güç artışı gözlenmiştir. Kısa

Referans	Egzersiz Türü	Kafein Etkisi	Bulgular/Sonuç
	(Wingate, 100–400 m koşu, yüzme)		mesafelerde faydalı etkiler bildirilmektedir.
Schoenfeld vd. (2016), Lopez vd. (2021), Grgic ve Mikulic (2022)	Direnç Antrenmanı	Güç, kuvvet, hipertrofi artışı	Daha ağır yük kaldırma ve daha fazla tekrar yapılmasına katkı sağlamaktadır.
Del Coso vd. (2012a), Perez-Lopez vd. (2015), Munoz vd. (2020)	Futbol, Voleybol, Hentbol	Maç içi performans artışı	Sprint sayısı, toplam mesafe ve çeviklik gibi değişkenler artış göstermektedir.

3.9. ASPA VE KAFEİN SİNERJİSİ

Son yıllarda spor bilimleri alanında, egzersiz performansını akut olarak artırmaya yönelik fiziksel ve beslenme temelli stratejilere yönelik ilgi artmaktadır (Finlay vd., 2022; Grgic vd., 2020; Guest vd., 2021). Bu stratejiler arasında, egzersiz öncesinde uygulanan kısa süreli ve yüksek yoğunluklu ÖKA protokolleri ile ASPA sağlamaya yönelik yaklaşımlar dikkat çekmektedir. ASPA uygulamaları, sporcuların anlık fiziksel performansını iyileştirmeye yönelik etkili bir yöntem olarak değerlendirilmektedir.

ASPA, özellikle antrenörler tarafından akut performans artışı sağlamak amacıyla tercih edilen fiziksel bir müdahale olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, bu protokollere beslenme destekleri eklenerek sinerjik etkilerin elde edilmesi hedeflenmektedir (Zhang vd., 2024). Bu kapsamda, ASPA ile birlikte uygulanabilecek takviyeler arasında kafein, uyarıcı etkisi nedeniyle en fazla dikkat çeken ergojenik desteklerden biri olarak öne çıkmaktadır (Guerra vd., 2018).

Kafein alımının egzersiz performansı üzerindeki etkisi, sporcu beslenmesi literatüründe en yoğun araştırılan konular arasında yer almaktadır. Yapılan çalışmalar, kafeinin fiziksel performansı olumlu yönde etkileyebildiğini

göstermektedir (Grgic vd., 2020; Guest vd., 2021; Karayigit vd., 2022). Örneğin, Wingate Anaerobik Güç Testi'ne ilişkin 16 çalışmayı kapsayan bir meta-analiz, kafein tüketiminin hem pik güç hem de ortalama güç düzeylerinde anlamlı artış sağladığını ortaya koymaktadır (Grgic, 2018).

ASPA ve kafein uygulamaları ayrı ayrı değerlendirildiğinde, her iki müdahalenin de egzersiz performansını artırabildiği görülmektedir. Ancak, bu iki yöntemin birlikte kullanımına yönelik bilimsel kanıtlar oldukça az sayıda olduğu için net bir sonuç ortaya koymak mümkün değildir (Guerra vd., 2018; Ouergui vd., 2022; Filip-Stachnik vd., 2022; Zhang vd., 2024; Heydari vd., 2025). Aşağıdaki tabloda ÖKA ve kafein kombinasyonunu inceleyen çalışmalar verilmiştir.

Tablo 3. ÖKA ve kafein kombinasyonunu inceleyen araştırmalar.

Referans	Katılımcılar	Kafein Dozu	ÖKA Protokolü	Performans Ölçütü	Bulgular
Filip-Stachnik vd. (2022)	Kadın voleybolcular	6 mg/kg	%80 1TM'de, ortalama hız %10 düşüncüye kadar tek set squat	Dikey sıçrama	Sıçrama artmış, ancak kafein ek fayda sağlamamıştır
Guerra vd. (2018)	Profesyonel erkek futbolcular	5 mg/kg	45 pliometrik sıçrama + 60 m kızak sprinti	Dikey sıçrama	Kafein ve ÖKA kombinasyonu performansı artırmıştır
Ouergui vd. (2022)	Kadın ve erkek taekwondocular	3 mg/kg	3 x 10 tekrar dikey sıçrama	Çeviklik ve tekme testleri	Kafein ve ÖKA kombinasyonu performansı artırmıştır
Zhang vd. (2024)	Erkek boksörler	3 mg/kg	10 sn bisiklet sprinti (%8.5 vücut ağırlığına karşı direnç)	Wingate zirve ve ortalama güç	Kafein ve ÖKA kombinasyonu güç değerlerini artırmıştır

Referans	Katılımcılar	Kafein Dozu	ÖKA Protokolü	Performans Ölçütü	Bulgular
Heydari vd. (2025)	Rekreasyonel aktif erkekler	6 mg/kg	Toplam 48 pliometrik sıçrama	Dikey sıçrama, sprint, anaerobik kapasite	Performansın tüm ölçütlerinde artış gözlenmiştir

Bu bulgular değerlendirildiğinde, ÖKA ve kafein kombinasyonunun, patlayıcı güç, çeviklik, sprint ve anaerobik kapasite gibi kısa süreli ve yüksek yoğunluklu egzersiz performansına katkı sağladığı bildirilmektedir. Bu iki farklı stratejinin sinerjik etkiler oluşturmalarının altında yatan fizyolojik mekanizmalar incelendiğinde, ortak bir açıklama ortaya çıkmaktadır. Kafein desteği ve ÖKA uygulaması sonrasında nöromüsküler sistemde meydana gelen aktivite artışı, yüksek eşikli motor birimlerin daha etkin şekilde devreye girmesine neden olmaktadır (Ng vd., 2020). Bu durum, kasların daha hızlı ve güçlü kasılmasını mümkün kılmakta, böylece patlayıcı güç gerektiren hareketlerde performans artışı sağlamaktadır. Ayrıca, bu kombinasyonun sinerjist kasların aktivasyon düzeyini artırdığı, dolayısıyla kas içi ve kaslar arası koordinasyonun da geliştiği bildirilmektedir (Yetter ve Moir, 2008; Tillin ve Bishop, 2009; Del Coso vd., 2012a). Bu gelişmeler, kasların daha organize, senkronize ve etkili bir şekilde çalışmasına katkıda bulunmakta, bu da hem teknik becerilerde hem de güç üretiminde olumlu yansımalar yaratmaktadır.

Tüm bu bulgular, ÖKA ve kafein kombinasyonunun, sporcuların antrenman ya da müsabaka öncesinde daha hazır ve yüksek performansa açık hale gelmelerine yardımcı olabileceğini göstermektedir. Ancak bu stratejilerin bireysel yanıtlar açısından farklılık gösterebileceği, cinsiyet, antrenman seviyesi ve genetik faktörlerin bu etkileşimlerde belirleyici olabileceği unutulmamalıdır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. SONUÇ VE ÖNERİLER

Egzersiz öncesi performansı artırmaya yönelik uygulamalar arasında yer alan ASPA ve kafein alımı, bağımsız olarak kısa süreli ve yüksek yoğunluklu egzersizlerde anlamlı performans gelişimleri sağlamaktadır. Yapılan çalışmalar, her iki yöntemin de farklı fizyolojik mekanizmalar üzerinden kas gücü, patlayıcı kuvvet ve anaerobik kapasite üzerinde olumlu etkiler oluşturduğunu göstermektedir. Ancak bu iki yöntemin birlikte uygulanmasına yönelik literatür oldukça sınırlı olup, elde edilen bulgular ile kesin sonuçlar ortaya koymak zordur.

Mevcut bulgular, ÖKA ve kafein kombinasyonunun bazı durumlarda sinerjik etki yaratarak performans çıktılarında daha belirgin gelişmeler sağladığını ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, bazı çalışmalarda bu kombine stratejinin plasebo uygulamalarından anlamlı düzeyde farklı olmadığı ya da kafeinin ek bir katkı sunmadığı bildirilmektedir. Bu farklılıkların, kullanılan ÖKA protokollerinin türü, kafein dozajı, sporcunun antrenman düzeyi, cinsiyeti ve bireysel yanıt farklılıkları gibi değişkenlerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Bu doğrultuda aşağıdaki öneriler sunulmaktadır:

1. ÖKA ve kafein kombinasyonunu değerlendiren çalışmaların daha fazla sayıda ve farklı protokollerle yapılması gerekmektedir.
2. Bireysel yanıt farklılıkları dikkate alınarak, sporcuların performans profiline uygun ÖKA protokolleri ve kafein dozajları belirlenmelidir.
3. Gelecek araştırmalarda farklı branşlardaki sporcular, farklı cinsiyetler ve farklı antrenman düzeyleri gibi değişkenler kontrollü biçimde ele alınmalıdır.
4. ASPA ve kafein uygulamalarının birlikte kullanımı öncesinde etik ve yasal boyutlar, özellikle sporcu sağlığı ve dopinge mücadele çerçevesinde göz önünde bulundurulmalıdır.

5. Uygulayıcılar, bu stratejileri performans hedeflerine ve müsabaka türlerine göre planlamalı, deneme-performans ilişkisini gözlemleyerek kişiselleştirilmiş protokoller geliştirmelidir.

Sonuç olarak, ÖKA ve kafein kombinasyonunun kısa süreli ve yüksek şiddetli egzersizlerde performansa katkı sunma potansiyeli bulunmakta; ancak bu etkiyi kesin biçimde ortaya koyabilmek için daha kapsamlı ve kontrollü çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda, literatür eksikliğini gidermeye yönelik olarak hazırlanan bu çalışma, antrenörler, spor bilimciler ve uygulayıcılar için önemli bir başvuru kaynağı olma niteliği taşımaktadır.

KAYNAKÇA

- Aguiar, A.S., A.E. Speck vd. (2020). "Neuronal adenosine A2A receptors signal ergogenic effects of caffeine". *Scientific Reports*, Vol. 10, 13414.
- Algrain, H. A., R.M. Thomas vd. (2016). "The effects of a polymorphism in the cytochrome P450 CYP1A2 gene on performance enhancement with caffeine in recreational cyclists". *Journal of Caffeine Research*, Vol. 6, 34-39.
- Alves, R., Viana, B., vd. (2021). "Postactivation Potentiation Improves Performance in a Resistance Training Session in Trained Men". *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(12), 3296–3299.
- Arias, J., W. Coburn vd. (2016). "The Acute Effects of Heavy Deadlifts on Vertical Jump Performance in Men". *Sports*, Vol. 4, No. 2, 22–30.
- Armstrong, L. E., A.C. Pumerantz vd. (2005). "Fluid, electrolyte, and renal indices of hydration during 11 days of controlled caffeine consumption". *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, Vol. 15, No. 3, 252–265.
- Arnaud, M. J. (2011). "Pharmacokinetics and metabolism of natural methylxanthines in animal and man". *Handbook of Experimental Pharmacology*, 33–91.
- Asmussen, E. ve Boje, O. (1948). "The effect of alcohol and some drugs on the capacity for work". *Acta Physiologica Scandinavica*, Vol. 15, No. 2, 109–113.
- Astorino, T.A., Roupoli, L.R. ve Valdivieso, B.R. (2012a). "Caffeine does not alter RPE or pain perception during intense exercise in active women". *Appetite*, Vol. 59, No. 2, 585–90.
- Astorino, T.A., T. Cottrell vd. (2012b). "Effect of caffeine on RPE and perceptions of pain, arousal, and pleasure/displeasure during a cycling time trial in endurance trained and active men". *Physiology ve Behavior*, Vol. 106, No. 2, 211–217.

- Astorino, T.A., T. Cottrell vd. (2012c). "Increases in cycling performance in response to caffeine ingestion are repeatable". *Nutrition Research (New York, N.Y.)*, Vol. 32, No. 2, 78–84.
- Bar-Or, O., Dotan, R., ve Inbar, O. (1977). "A 30-second all-out ergometric test – Its reliability and validity for anaerobic capacity". *Israel Journal of Medical Sciences*, Vol. 13, 326.
- Bauer, P., Sansone, P. vd. (2019). "Acute Effects of Back Squats on Countermovement Jump Performance Across Multiple Sets of a Contrast Training Protocol in Resistance-Trained Men". *Journal of Strength and Conditioning Research*, Vol. 33, No. 4, 995–1000.
- Bayraktar, F. ve Taşkıran, A. (2019). "Kafein tüketimi ve atletik performans". *Journal of Health and Sport Sciences*, Cilt 2, 24-33.
- Beaumont, R., Cordery, P. vd. (2017). "Chronic ingestion of a low dose of caffeine induces tolerance to the performance benefits of caffeine". *Journal of Sports Sciences*, Vol. 35, No. 19, 1920–1927.
- Beedie, C. J., Stuart, E. M. vd. (2006). "Placebo effects of caffeine on cycling performance". *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol. 38, No. 12, 2159–2164.
- Bevan, H., Cunningham, D. vd. (2010). "Influence of Post-Activation Potentiation on Sprinting Performance in Professional Rugby Players". *Journal of Strength and Conditioning Research*, Vol. 24, No. 3, 701–705.
- Bishop, D. (2003). "Warm up II: performance changes following active warm up and how to structure the warm up". *Sports Medicine*, Vol. 33, No. 7, 483–498.
- Bishop, D. ve Middleton, G. (2013). "Effects of static stretching following a dynamic warm-up on speed, agility and power". *Journal of Human Sport and Exercise*, Vol. 8, No. 2, 391–400.
- Black, C. D., Waddell, D. E. ve Gonglach, A. R. (2015). "Caffeine's ergogenic effects on cycling: neuromuscular and perceptual factors". *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol. 47, No. 6, 1145–1158.

- Blazevich, A. J. ve Babault, N. (2019). “Post-activation Potentiation Versus Post-activation Performance Enhancement in Humans: Historical Perspective, Underlying Mechanisms, and Current Issues”. *Frontiers in Physiology*, Vol. 10, 1359.
- Bompa, T. O. ve Buzzichelli, C. A. (2015). “*Periodization Training for Sports*”. ABD: Human Kinetics.
- Boullosa, D. (2021). “Post-activation performance enhancement strategies in sport: a brief review for practitioners”. *Human Movement*, Vol. 22, No. 3, 101–109.
- Bruce, M., Scott, N. vd. (1986). “The psychopharmacological and electrophysiological effects of single doses of caffeine in healthy human subjects”. *British Journal of Clinical Pharmacology*, Vol. 22, No. 1, 81–87.
- Burke, L. M. (2008). “Caffeine and sports performance”. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, Vol. 33, No. 6, 1319–1334.
- Burke, L., Desbrow, B. ve Spriet, L. (2013). “*Caffeine for Sports Performance*”. ABD: Human Kinetics.
- Carbone, L., Garzón, M. vd. (2020). “Effects of heavy barbell hip thrust vs back squat on subsequent sprint performance in rugby players”. *Biology of Sport*, Vol. 37, No. 4, 325–331.
- Carr, A., Dawson, B., Schneiker, K. vd. (2008). “Effect of caffeine supplementation on repeated sprint running performance”. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, Vol. 48, No. 4, 472–478.
- Casal, D. C. ve Leon, A. S. (1985). “Failure of caffeine to affect substrate utilization during prolonged running”. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol. 17, No. 1, 174–179.
- Chatzopoulos, D., Michailidis, C. vd. (2007). “Post-Activation Potentiation Effects After Heavy Resistance Exercise on Running Speed”. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Vol. 21, No. 4, 1278–1281.

- Chesley, A., Howlett, R. A. vd. (1998). "Regulation of muscle glycogenolytic flux during intense aerobic exercise after caffeine ingestion". *American Journal of Physiology*, Vol. 275, No. 2 Pt 2, R596–R603.
- Childs, E., Hohoff, C. vd. (2008). Association between ADORA2A and DRD2 polymorphisms and caffeine-induced anxiety. *Neuropsychopharmacology: Official Publication of the American College of Neuropsychopharmacology*, Vol. 33, No. 12, 2791–2800.
- Chiu, L. Z., Fry, A. C. vd. (2003). "Post-activation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals". *Journal of Strength and Conditioning Research*, Vol. 17, No. 4, 671–677.
- Church, J. B., Wiggins, M. S. vd. (2001). "Effect of warm-up and flexibility treatments on vertical jump performance". *Journal of Strength and Conditioning Research*, Vol. 15, No. 3, 332–336.
- Clark, V.R., Hopkins W.G, vd. (2000). "Placebo effect of carbohydrate feedings during a 40-km cycling time trial". *Med Sci Sports Exerc.* Vol. 32, No. 9, 1642–7.
- Costill, D. L., Dalsky, G. P. ve Fink, W. J. (1978). "Effects of caffeine ingestion on metabolism and exercise performance". *Medicine and Science in Sports*, Vol. 10, No. 3, 155–158.
- Crewther, B., Kilduff, L. vd. (2011). "The Acute Potentiating Effects of Back Squats on Athlete Performance". *Journal of Strength and Conditioning Research*, Vol. 25, No. 12, 3319–3325.
- Cureton, K. J., Warren, G. L. vd. (2007). "Caffeinated sports drink: ergogenic effects and possible mechanisms". *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, Vol. 17, No. 1, 35–55.
- de Souza, J. G. ve Del Coso, J. vd. (2022). "Risk or benefit? Side effects of caffeine supplementation in sport: A systematic review". *European Journal of Nutrition*, Vol. 61, No. 8, 3823–3834.

- Del Coso, J. ve Lara, B. vd. (2019). “Challenging the myth of non-response to the ergogenic effects of caffeine ingestion on exercise performance”. *Nutrients*, Vol. 11, No. 4, 732.
- Del Coso, J., Munoz-Fernandez, V.E. vd. (2012a). “Effects of a caffeine containing energy drink on simulated soccer performance”. *PLoS One*, Vol. 7, No. 2, e31380.
- Del Coso, J., Salinero, J. J. vd. (2012b). “Dose response effects of a caffeine-containing energy drink on muscle performance: a repeated measures design”. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, Vol. 9, No. 1, 21.
- Dello, I. ve Seitz, L. (2018). “Hip Thrust-Based PAP Effects on Sprint Performance of Soccer Players: Heavy-Loaded Versus Optimum-Power Development Protocols”. *Journal of Sports Sciences*, Vol. 36, No. 20, 2375–2382.
- Di Giovanni, G., Di Matteo, V. vd. (2008). “Serotonin-dopamine interaction: electrophysiological evidence”. *Progress in Brain Research*, Vol. 172, 45–71.
- Diaz-Lara, J., Grgic, J. vd. (2022). “Effects of acute caffeine intake on combat sports performance: A systematic review and meta-analysis”. 2022/04/28. Epub ahead of print *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1–16.
- Doherty, M. ve Smith, P. M. (2005). “Effects of caffeine ingestion on rating of perceived exertion during and after exercise: a meta-analysis”. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, Vol. 15, No. 2, 69–78.
- Duncan, M. J. Stanley, M. vd. (2013). “Acute caffeine ingestion enhances strength performance and reduces perceived exertion and muscle pain perception during resistance exercise”. *European Journal of Sport Science*, Vol. 13, No. 4, 392–399.

- Esformes, J. I., Cameron, N. ve Bampouras, T. M. (2010). "Postactivation potentiation following different modes of exercise". *Journal of Strength and Conditioning Research*, Vol. 24, No. 7, 1911–1916.
- Farina, D. ve Arendt-Nielsen, L. vd. (2004). "Effect of experimental muscle pain on motor unit firing rate and conduction velocity". *Journal of Neurophysiology*, Vol. 91, No. 3, 1250–1259.
- Felippe, L. C., Ferreira, G. A. vd. (2018). "Caffeine increases both total work performed above critical power and peripheral fatigue during a 4-km cycling time trial". *Journal of Applied Physiology*, Vol. 124, No. 6, 1491–1501.
- Filip-Stachnik, A., Spieszny, M. vd. (2022). "Does caffeine ingestion affect the lower-body post-activation performance enhancement in female volleyball players?" *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, Vol. 14, 93.
- Finlay, M. J., Bridge, C.A. vd. (2022). "Upper-body post-activation performance enhancement for athletic performance: a systematic review with meta-analysis and recommendations for future research". *Sports Medicine*, Vol. 52, 847–871.
- Foad, A. J., Beedie, C. J., ve Coleman, D. A. (2008). Pharmacological and psychological effects of caffeine ingestion in 40-km cycling performance. *Medicine ve Science in Sports ve Exercise*, Vol. 40, No. 1, 158–165.
- Fradkin, A. J., Zazryn, T. R. ve Smoliga, J. M. (2010). "Effects of warming-up on physical performance: a systematic review with meta-analysis". *Journal of Strength and Conditioning Research*, Vol. 24, No. 1, 140–148.
- Fredholm, B. B., Abbracchio, M. P. Vd. (1994). "Nomenclature and classification of purinoceptors". *Pharmacological Reviews*, Vol. 46, No. 2, 143–156.
- Fredholm, B. B., Battig, K. vd. (1999). "Actions of caffeine in the brain with special reference to factors that contribute to its widespread use". *Pharmacological Reviews*, Vol. 51, No. 1, 83–133.
- Fredholm, B. B., Chen, J. F. vd. (2005). "Adenosine and brain function". *International Review of Neurobiology*, Vol. 63, 191–270.

- Glaister, M. ve Gissane, C. (2018). "Caffeine and physiological responses to submaximal exercise: a meta-analysis". *International Journal of Sports Physiology and Performance*, Vol. 13, No. 4, 402–411.
- Glaister, M., Howatson, G. vd. (2008). "Caffeine supplementation and multiple sprint running performance". *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol. 40, No. 10, 1835–1840.
- Gliottoni, R. C., Meyers, J. R. vd. (2009). "Effect of caffeine on quadriceps muscle pain during acute cycling exercise in low versus high caffeine consumers". *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, Vol. 19, No. 2, 150–161.
- Gonçalves, L. S., Painelli, V. S. vd. (2017). "Dispelling the myth that habitual caffeine consumption influences the performance response to acute caffeine supplementation". *Journal of Applied Physiology*, Vol. 123, No. 1, 213–220.
- Graham, T. E., Helge, J. W. vd. (2000). "Caffeine ingestion does not alter carbohydrate or fat metabolism in human skeletal muscle during exercise". *Journal of Physiology*, Vol. 529, Pt. 3, 837–847.
- Graham, T.E. (2001). "Caffeine and exercise: metabolism, endurance and performance". *Sports Medicine*, Vol. 31, 785–807.
- Grgic, J., ve Mikulic, P. (2022). Effects of caffeine on rate of force development: A meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine ve Science in Sports*, Vol. 32, No. 4, 644–653.
- Grgic, J. (2022). A meta-analysis on the effects of caffeine ingestion on swimming performance. *Nutrition ve Food Science*, Vol. 52, No. 8, 1242–1253.
- Grgic, J., Grgic, I. vd. (2020). "Wake up and smell the coffee: caffeine supplementation and exercise performance-an umbrella review of 21 published meta-analyses". *British Journal of Sports Medicine*, Vol. 54, No. 11, 681–688.

- Grgic, J. (2018). Caffeine ingestion enhances Wingate performance: A meta-analysis. *European Journal of Sport Science*, Vol. 18, No. 2, 219–225.
- Grgic, J., Trexler, E. T. vd. (2018). “Effects of caffeine intake on muscle strength and power: a systematic review and meta-analysis”. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, Vol. 15, 11.
- Grzegorzewski, J., Bartsch, F. vd. (2021). “Pharmacokinetics of caffeine: A systematic analysis of reported data for application in metabolic phenotyping and liver function testing”. *Frontiers in Pharmacology*, Vol. 12, 752826.
- Gu, L., Gonzalez, F. J. vd. (1992). “Biotransformation of caffeine, paraxanthine, theobromine and theophylline by cDNA-expressed human CYP1A2 and CYP2E1”. *Pharmacogenetics*, Vol. 2, No. 2, 73–77.
- Guerra, M. A., Caldas, L. C. vd. (2018). “The acute effects of plyometric and sled towing stimuli with and without caffeine ingestion on vertical jump performance in professional soccer players”. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, Vol. 15, 51.
- Guest, N. S., VanDusseldorp, T. A. vd. (2021). “International society of sports nutrition position stand: Caffeine and exercise performance”. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, Vol. 18, No. 1, 1.
- Guest, N., Corey, P., Vescovi, J. ve El-Sohemy, A. (2018). “Caffeine, CYP1A2 Genotype, and Endurance Performance in Athletes”. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol. 50, No. 8, 1570–1578.
- Haldi, J. ve Wynn, W. (1946). “Action of drugs on efficiency of swimmers”. *Restorative Quarterly*, Vol. 17, 96–101.
- Hamada, T., Sale, D. G., MacDougall, J. D. ve Tarnopolsky, M. A. (2000). “Post-Activation Potentiation, Fiber Type, and Twitch Contraction Time in Human Knee Extensor Muscles”. *Journal of Applied Physiology*, Vol. 88, No. 6, 2131–2137.
- Hazar, S., Polat, M. vd. (2018). “Aktif ve pasif ısınmanın esneklik, anaerobik güç ve kuvvete etkisi”. *Ulusal Spor Bilimleri Dergisi*, Cilt 2, No 1, 20–30.

- Heydari, N., Shojae, M. vd. (2025). “Combined Effects of Postactivation Performance Enhancement and Caffeine Intake on Explosive and Anaerobic Power in Recreationally Active Males”. *Current Developments in Nutrition*, 9(5), 107437.
- Irwin, C., Desbrow, B. vd. (2011). “Caffeine withdrawal and high-intensity endurance cycling performance”. *Journal of Sports Sciences*. Vol. 29, 509-515.
- Ivy, J. L., Costill, D. L., Fink, W. J. ve Lower, R. W. (1979). “Influence of caffeine and carbohydrate feedings on endurance performance”. *Medicine and Science in Sports*, Vol. 11, No. 1, 6–11.
- Kaçoğlu, C. ve Kirkaya, İ. (2020). “The Acute Effects of Pre-Conditioning Activities With a Weighted Vest on Subsequent Linear Sprint and Change of Direction Performance in Physical Education Students”. *Asian Journal of Education and Training*, Vol. 6, No. 3, 341–346.
- Kalmar, J. M. ve Cafarelli, E. (2004). “Caffeine: a valuable tool to study central fatigue in humans?”. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, Vol. 32, No. 4, 143–147.
- Kamimori, G. H., Karyekar, C. S. vd. (2002). “The rate of absorption and relative bioavailability of caffeine administered in chewing gum versus capsules to normal healthy volunteers”. *International Journal of Pharmaceutics*, Vol. 234, No. 1–2, 159–167.
- Karayigit, R., Forbes, S. C. vd. (2022). “Low and moderate doses of caffeinated coffee improve repeated sprint performance in female team sport athletes”. *Biology*, Vol. 11, 1498.
- Keisler, B. D. ve Armsey, T. D. (2006). “Caffeine as an ergogenic aid”. *Current Sports Medicine Reports*, Vol. 5, No. 4, 215–219.
- Killen, L. G., Green, J. M. vd. (2013). “Effects of caffeine on session ratings of perceived exertion”. *European Journal of Applied Physiology*, Vol. 113, No. 3, 721–727.

- Killer, S. C., Blannin, A. K. vd. (2014). “No evidence of dehydration with moderate daily coffee intake: a counterbalanced cross-over study in a free-living population”. *PLoS One*, Vol. 9, No. 1, e84154.
- Klein, K., Winter, S. vd. (2010). “Pathway-targeted pharmacogenomics of CYP1A2 in human liver”. *Frontiers in Pharmacology*, Vol. 1, 129.
- Lelo, A., Miners, J. O. vd. (1986). “Quantitative assessment of caffeine partial clearances in man”. *British Journal of Clinical Pharmacology*, Vol. 22, No. 2, 183–186.
- Lim, J. J. ve Kong, P. W. (2013). “Effects of Isometric and Dynamic Post-Activation Potentiation Protocols on Maximal Sprint Performance”. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Vol. 27, No. 10, 2730–2736.
- Lima, L. C., Oliveira, F. B. vd. (2014). “Post-Activation Potentiation Biases Maximal Isometric Strength Assessment”. *Biomed Research International*, Vol. 2014, 126961.
- Lindinger, M. I., Graham, T. E. ve Spriet, L. L. (1993). “Caffeine attenuates the exercise-induced increase in plasma $[K^+]$ in humans”. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.:1985)*, Vol. 74, No. 3, 1149–1155.
- Ljungqvist, A. (2017). “Brief history of anti-doping”. *Medicine and Sport Science*, Vol. 62, 1–10.
- Lopez, P., Radaelli, R. vd. (2021). “Resistance training load effects on muscle hypertrophy and strength gain: Systematic review and network meta-analysis”. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol. 53, No. 6, 1206–1216.
- MacIntosh, B. R. (2010). *Cellular and Whole Muscle Studies of Activity Dependent Potentiation*. New York: Springer.
- Maloney, S.J., Turner, A. ve Miller, S. (2014). “Acute Effects of a Loaded Warm-Up Protocol on Change of Direction Speed in Professional Badminton Players”. *J Appl Biomech*, 30(5), 637-642.

- Maridakis, V., O'Connor, P. J. vd. (2007). "Caffeine attenuates delayed-onset muscle pain and force loss following eccentric exercise". *Journal of Pain*, Vol. 8, No. 3, 237–243.
- Martikainen, I. K., Nuechterlein, E. B. vd. (2015). "Chronic back pain is associated with alterations in dopamine neurotransmission in the ventral striatum". *Journal of Neuroscience*, Vol. 35, No. 27, 9957–9965.
- Martins, G.L., Guilherme, J.P.L.F. vd. (2020). "Caffeine and exercise performance: possible directions for definitive findings". *Frontiers in Sports and Active Living*, Vol. 11, 574854.
- Marx, B., Scuvee, E. vd. (2016). "Mechanisms of caffeine-induced diuresis". *Medecine Sciences: M/S*, Vol. 32, No. 5, 485–490.
- Matsumura, T., Tomoo, K. vd. (2023). "Acute Effect of Caffeine Supplementation on 100-m Sprint Running Performance: A Field Test". *Medicine and science in sports and exercise*, Vol. 55, No. 33, 525–533.
- Maughan, R. J. ve Griffin, J. (2003). "Caffeine ingestion and fluid balance: a review". *Journal of Human Nutrition and Dietetics: The Official Journal of the British Dietetic Association*, Vol. 16, No. 6, 411–420.
- Maughan, R. J., Burke, L. M. vd. (2018). "IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete". *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, Vol. 28, 104–125.
- Maughan, R. J., Watson, P. vd. (2016). "A randomized trial to assess the potential of different beverages to affect hydration status: development of a beverage hydration index". *The American Journal of Clinical Nutrition*, Vol. 103, No. 3, 717–723.
- Meeusen, R., Roelands, B. ve Spriet, L. L. (2013). "Caffeine, exercise and the brain". *Nestle Nutrition Institute Workshop Series*, Vol. 76, 1–12.
- Meeusen, R., Watson, P. vd. (2006). "Central fatigue: the serotonin hypothesis and beyond". *Sports Medicine*, Vol. 36, No. 10, 881–909.

- Mielgo-Ayuso, J., Marques-Jiménez, D., Refoyo, I., Del Coso, J., León-Guereño, P., ve Calleja-González, J. (2019). Effect of Caffeine Supplementation on Sports Performance Based on Differences Between Sexes: A Systematic Review. *Nutrients*, 11(10), 2313.
- Motl, R. W., O'Connor, P. J., Tubandt, L., Puetz, T. ve Ely, M. R. (2006). "Effect of caffeine on leg muscle pain during cycling exercise among females". *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol. 38, No. 3, 598–604.
- Munoz, A., Lopez-Samanes, A. vd. (2020). Effects of CYP1A2 and Adora2a genotypes on the ergogenic response to caffeine in professional handball players. *Genes*, Vol.11, No. 8, 933.
- Nehlig, A. (2018). "Interindividual differences in caffeine metabolism and factors driving caffeine consumption". *Pharmacological Reviews*, Vol. 70, No. 2, 384–411.
- Nehlig, A., Daval, J. L. ve Debry, G. (1992). "Caffeine and the central nervous system: mechanisms of action, biochemical, metabolic and psychostimulant effects". *Brain Research Reviews*, Vol. 17, No. 2, 139–170.
- Ng, C.Y., Chen, S.E., Lum, D. (2020). Inducing postactivation potentiation with different modes of exercise. *Strength and Conditioning Journal*. Vol. 42, 63–81.
- Ouergui, I., Mahdi, N. vd. (2022). "Acute effects of low dose of caffeine ingestion combined with conditioning activity on psychological and physical performances of male and female taekwondo athletes". *Nutrients*, Vol. 14, 571.
- Pallarés, J. G., Fernández-Elías vd. (2013). Neuromuscular responses to incremental caffeine doses: performance and side effects. *Medicine and science in sports and exercise*, 45(11), 2184–2192.
- Pasman, W. J., van Baak, M. A. vd. (1995). "The effect of different dosages of caffeine on endurance performance time". *International Journal of Sports Medicine*, Vol. 16, No. 4, 225–230.

- Pataky, M. W., Womack, C. J. vd. (2016). "Caffeine and 3-km cycling performance: Effects of mouth rinsing, genotype, and time of day". *Scandinavian journal of medicine ve science in sports*, 26(6), 613–619.
- Paton, C., Costa, V., ve Guglielmo, L. (2015). "Effects of caffeine chewing gum on race performance and physiology in male and female cyclists". *Journal of Sports Sciences*, 33(10), 1076–1083.
- Perez-Lopez, A., Salinero, J. J. vd. (2015). "Caffeinated energy drinks improve volleyball performance in elite female players". *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 47(4), 850–856.
- Perkins, R. ve Williams, M. H. (1975). "Effect of caffeine upon maximal muscular endurance of females". *Medicine and Science in Sports*, Vol. 7, No. 3, 221–224.
- Pickering C ve Kiely J (2019). What should we do about habitual caffeine use in athletes? *Sports Medicine*, 49: 833-842.
- Pollo, A., Carlino, E. vd. (2012). "Preventing motor training through nocebo suggestions". *European Journal of Applied Physiology*, Vol. 112, No. 11, 3893–3903.
- Prieske, O., Behrens, M., Chaabene, H., Granacher, U. ve Maffiuletti, N. A. (2020). "Time to Differentiate Postactivation 'Potentiation' from 'Performance Enhancement' in the Strength and Conditioning Community". *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, Vol. 50, No. 9, 1559–1565.
- 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*, Vol. 188, No. 1, 337–345.
- Rivers, W. H. ve Webber, H. N. (1907). "The action of caffeine on the capacity for muscular work". *Journal of Physiology*, Vol. 36, No. 1, 33–47.

- Rocha, P. L. A., Lima, A. L. C. vd. (2022). “Development of a caffeine content table for foods, drinks, medications and supplements typically consumed by the Brazilian population”. *Nutrients*, Vol. 14, 20.
- Rousseau, E., Ladine, J., Liu, Q. Y. ve Meissner, G. (1988). “Activation of the Ca^{2+} release channel of skeletal muscle sarcoplasmic reticulum by caffeine and related compounds”. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, Vol. 267, No. 1, 75–86.
- Ruiz-Moreno, C., Lara, B., Gutiérrez-Hellín, J., González-García, J., ve Del Coso, J. (2020). Time Course and Magnitude of Tolerance to the Ergogenic Effect of Caffeine on the Second Ventilatory Threshold. *Life (Basel, Switzerland)*, 10(12), 343.
- Ryan, E. J., Kim, C. vd. (2013). Caffeine gum and cycling performance: a timing study. *Journal of strength and conditioning research*, 27(1), 259–264.
- Sabblah S, Dizon D, Bottoms L (2015). Sex differences on the acute effects of caffeine on maximal strength and muscular endurance. *Comperative Exercise Physiology*, 11: 89-94.
- Sachse, C., Brockmoller, J. vd. (1999). “Functional significance of a C→A polymorphism in intron 1 of the cytochrome P450 CYP1A2 gene tested with caffeine”. *British Journal of Clinical Pharmacology*, Vol. 47, No. 4, 445–449.
- Salamone, J. D., Farrar, A. vd. (2009). “Differential actions of adenosine A1 and A2A antagonists on the effort-related effects of dopamine D2 antagonism”. *Behavioural Brain Research*, Vol. 201, No. 1, 216–222.
- Sale, D. G. (2002). “Post-Activation Potentiation: Role in Human Performance”. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, Vol. 30, No. 3, 138–143.
- Salinero, J. J., Lara, B., ve Del Coso, J. (2019). “Effects of acute ingestion of caffeine on team sports performance: A systematic review and meta-analysis”. *Research in Sports Medicine (Print)*, 27(2), 238–256.

- Santos, R. de A., Kiss, M. A. vd. (2013). "Caffeine alters anaerobic distribution and pacing during a 4000-m cycling time trial". *PLoS One*, Vol. 8, No. 9, e75399.
- Sarı, C. ve Bilici, F. (2022). "Aktivasyon Sonrası Performans Artışı İçin Uygulamalar". Birinci, Y. Z. (Ed.), *Spor Bilimleri Alanında Uluslararası Araştırmalar IV* (ss. 41–57). Konya: Eğitim Yayınevi.
- Sarı, C., Aytac, T. vd. (2024). "Post-Activation Performance Enhancement Effect of Two Tuck-Jump Protocols With Different Volumes on 15-s Vertical Jump Performance". *Kinesiologia Slovenica*, Vol. 30, No. 2, 105–120.
- Sarı, C., Koz, M. vd. (2022). "Effect of Post-Activation Potentiation on Sprint Performance after Combined Electromyostimulation and Back Squats". *Applied Sciences*, Vol. 12, No. 3, 1481.
- Saunders, B., da Costa, L. R. vd. (2023). "Caffeine and sport". *Advances in Food and Nutrition Research*, Vol. 106, 95–127.
- Saunders, B., de Oliveira, L. F. vd. (2017). "Placebo in sports nutrition: A proof of-principle study involving caffeine supplementation". *Scandinavian Journal of Medicine ve Science in Sports*, Vol. 27 No. 11, 1240–1247.
- Schneider, K. T., Bishop, D. vd. (2006). "Effects of caffeine on prolonged intermittent-sprint ability in team-sport athletes". *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol. 38, No. 3, 578–585.
- Schoenfeld, B. J., Wilson, J. M. vd. (2016). "Muscular adaptations in low versus high-load resistance training: a meta-analysis". *European Journal of Sport Science*, Vol. 16, No. 1, 1–10.
- Seal, A. D., Bardis, C. N. vd. (2017). "Coffee with high but not low caffeine content augments fluid and electrolyte excretion at rest". *Frontiers in Nutrition*, Vol. 4, 40.
- Seitz, L. B. ve Haff, G. G. (2016). "Factors Modulating Post-Activation Potentiation of Jump, Sprint, Throw and Upper-Body Ballistic Performances: A Systematic Review With Meta-Analysis". *Sports Medicine*, Vol. 46, No. 2, 231–240.

- Seitz, L. B., Trajano, G. S. ve Haff, G. G. (2014). “The Back Squat and the Power Clean: Elicitation of Different Degrees of Potentiation”. *Journal of Physical Activity and Health*, Vol. 9, 643–649.
- Skinner TL, Desbrow B, vd. (2019). “Women experience the same ergogenic response to caffeine as men”. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, Vol. 51, 1195-1202.
- Smith, C. E., Hannon, J. C. vd. (2014). “The Effects of a Post-Activation Potentiation Warm-Up on Subsequent Sprint Performance”. *Human Movement*, Vol. 15, 36–44.
- Southward, K., Rutherford-Markwick, K. J., ve Ali, A. (2018). “The effect of acute caffeine ingestion on endurance performance: A systematic review and meta-analysis”. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 48(8), 1913–1928.
- Spriet, L. L., MacLean, D. A. vd. (1992). “Caffeine ingestion and muscle metabolism during prolonged exercise in humans”. *The American Journal of Physiology*, Vol. 262, No. 6 Pt 1, E891–E898.
- Spriet, L.L. (2014). “Exercise and sport performance with low doses of caffeine”. *Sports Medicine*, Suppl 2: 175-184.
- Sygulla, K. S. ve Fountaine, C. J. (2014). “Acute Post-Activation Potentiation Effects in NCAA Division II Female Athletes”. *International Journal of Exercise Science*, Vol. 7, No. 3, 212–219.
- Talanian, J. L. ve Spriet, L. L. (2016). “Low and moderate doses of caffeine late in exercise improve performance in trained cyclists”. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, Vol. 41, No. 8, 850–855.
- Tarnopolsky, M. ve Cupido, C. (2000). “Caffeine potentiates low frequency skeletal muscle force in habitual and nonhabitual caffeine consumers”. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, Vol. 89, No. 5, 1719–1724.
- Thibault, V., Guillaume, M. vd. (2010). “Women and men in sport performance: The gender gap has not evolved since 1983”. *Journal of Sports Science and Medicine*, Vol. 9, No. 2, 214–223.

- Tillin, N. A. ve Bishop, D. (2009). "Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities". *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, Vol. 39, No. 2, 147–166.
- Tobin, D. P., & Delahunt, E. (2014). The acute effect of a plyometric stimulus on jump performance in professional rugby players. *Journal of strength and conditioning research*, 28(2), 367–372.
- Tomazini, F., Santos-Mariano, A. vd. (2020). "Caffeine but not acetaminophen increases 4-km cycling time-trial performance". *PharmaNutrition*, Vol. 12, 100181.
- Trexler, E. T., Smith-Ryan, A. E. vd. (2015). "Effects of coffee and caffeine anhydrous on strength and sprint performance". *European Journal of Sport Science*, Vol. 16, 702–710.
- Turner, A. P., Bellhouse, S., Kilduff, L. P. ve Russell, M. (2015). "Postactivation potentiation of sprint acceleration performance using plyometric exercise". *Journal of Strength and Conditioning Research*, Vol. 29, No. 2, 343–350.
- Vallon, V., ve Osswald, H. (2009). Adenosine receptors and the kidney. 2009/07/30. Epub ahead of print *Handbook of Experimental Pharmacology*, 443–470.
- Whitsett, T. L., Manion, C. V. ve Christensen, H. D. (1984). "Cardiovascular effects of coffee and caffeine". *The American Journal of Cardiology*, Vol. 53, No. 7, 918–922.
- Wiles, J. D., Coleman D. vd. (2006). "The effects of caffeine ingestion on performance time, speed and power during a laboratory-based 1 km cycling time-trial". *Journal of Sports Sciences*, Vol. 24, No. 11, 1165–1171.
- Wilson, J. M., Duncan, N. M., vd. (2013). "Meta-Analysis of Postactivation Potentiation and Power: Effects of Conditioning Activity, Volume, Gender, Rest Periods, and Training Status". *Journal of Strength and Conditioning Research*, Vol. 27, No. 3, 854–859.

- Womack, C. J., Saunders, M. J., vd. (2012). "The influence of a CYP1A2 polymorphism on the ergogenic effects of caffeine". *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, Vol. 9, No. 1, 7.
- Xenofondos, A., Laparidis, K. vd. (2010). "Post-Activation Potentiation: Factors Affecting It and the Effect on Performance". *Journal of Physical Education and Sport*, Vol. 28, No. 3, 32–38.
- Yağcı, S. ve Pelvan, S. (2019). "Farklı Kasılma Çeşitlerinin Postaktivasyon Potansiyeline Etkisinin İncelenmesi". *Türkiye Klinikleri Journal of Sports Science*, Vol. 11, No. 3, 138–145.
- Yetter, M., ve Moir, G. L. (2008). "The acute effects of heavy back and front squats on speed during forty-meter sprint trials". *Journal of strength and conditioning research*, Vol. 22, No. 1, 159–165.
- Zhang, B., Liu, Y., vd. (2020). "Cognition and brain activation in response to various doses of caffeine: a near-infrared spectroscopy study". *Frontiers in Psychology*, Vol.11, 1393.
- Zhang, Y., Diao, P., vd. (2024). "The Effect of Post-Activation Potentiation Enhancement Alone or in Combination with Caffeine on Anaerobic Performance in Boxers: A Double-Blind, Randomized Crossover Study". *Nutrients*, Vol. 16, No. 2, 235.