



**KAFEİN TAKVİYESİNİN YORGUNLUK VE
PERFORMANS ÜZERİNE ETKİSİ: META-ANALİZ
ÇALIŞMASI**

Ashhan TEKİN

Yüksek Lisans Tezi

Beden Eğitimi ve Spor Ana Bilim Dalı

2023

(Her hakkı saklıdır.)

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
KIŞ SPORLARI VE SPOR BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANA BİLİM DALI
BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR BİLİM DALI

**KAFEİN TAKVİYESİNİN YORGUNLUK VE PERFORMANS ÜZERİNE ETKİSİ:
META-ANALİZ ÇALIŞMASI**

(Effect of Caffeine Supplement on Fatigue and Performance: A Meta-Analysis Study)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Aslıhan TEKİN

Danışman: Prof. Dr. Erdinç ŞIKTAR
İkinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Yusuf BUZDAĞLI

Erzurum
Ocak, 2023

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Aslıhan TEKİN tarafından hazırlanan “Kafein Takviyesinin Yorgunluk ve Performans Üzerine Etkisi: Meta-Analiz Çalışması” başlıklı çalışması 06 / 01 / 2023 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Beden Eğitimi ve Spor Ana Bilim Dalı, Beden Eğitimi ve Spor Bilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı (Danışman):	Prof. Dr. Erdiñ ŞİKTAR <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Jüri Üyesi:	Dr. Öğr. Üyesi Murat OZAN <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Jüri Üyesi:	Dr. Öğr. Üyesi Buket SEVİNDİK AKTAŞ <i>Erzurum Teknik Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
İkinci Tez Danışmanı	Dr. Öğr. Üyesi Yusuf BUZDAĞLI <i>Erzurum Teknik Üniversitesi</i>	Enstitü Yönetim Kurulunun 15/06/2022 tarih ve 2022/15 sayılı kararı.

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği’nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

.... / / 2023

Prof. Dr. Fatih KIYICI

Enstitü Müdürü

ETİK VE BİLDİRİM SAYFASI

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Kafein Takviyesinin Yorgunluk ve Performans Üzerine Etkisi: Meta-Analiz Çalışması” başlıklı çalışmanın tarafımdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını ve yararlandığım eserleri kaynakçada gösterdiğimi beyan ederim.

09/01/2023

Aslı ıslak imzalıdır

Aslıhan TEKİN

☐ Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun/.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

☐ Enstitü Yönetim Kurulunun/.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimimin bir ürünü olarak sunduğum bu tezimin her aşamasında desteklerini benden esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Erdiñ ŞIKTAR'a ve ikinci danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Yusuf BUZDAĞLI'ya; akademik hayatımda bilgi ve tecrübesini benimle paylaşan ve her zaman yanımda olan kıymetli hocam Doç. Dr. İzzet UÇAN'a ve tez yazma aşamasında beni destekleyen kıymetli meslektaşım Dyt. Şeymanur SÖNMEZ'e saygı ve şükranlarımı sunarım.

Ayrıca hayatımın her aşamasında yanımda olan ve beni her koşulda destekleyen aileme ve kısa zamanda hayatımda ve bilime katkı sunmak uğruna girdiğim bu yolda her daim yanımda olan kıymetli ablam Dr. Fatma Necmiye KACI'ya sonsuz teşekkür ederim.

Aslıhan TEKİN

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ KAFEİN TAKVİYESİNİN YORGUNLUK VE PERFORMANS ÜZERİNE ETKİSİ: META-ANALİZ ÇALIŞMASI

Aslıhan TEKİN

Ocak 2023, 81 sayfa

Amaç: Çalışmanın amacı, kafein takviyesinin laktik asit ve Wingate Anaerobik Güç Testi'ndeki peak power verisi üzerine etkisinin değerlendirildiği çalışmaların meta analitik yöntemle incelenmesidir.

Yöntem: Bu araştırmada nitel araştırma yöntemi yaklaşımında meta analiz modeli tercih edilmiştir. İlgili çalışmalara ulaşabilmek için Google Scholar, Pubmed, Web of Science ve ScienceDirect veri tabanlarında son 5 yıl içerisinde (2018-2022) yapılmış kafein takviyesi ile yorgunluğu değerlendiren 1160 çalışmaya ve kafein takviyesi ile anaerobik performansı değerlendiren 1114 çalışmaya ait veriler, anahtar kelime taraması ile elde edilmiştir. Kafein takviyesi ile yorgunluğu değerlendiren 13 çalışma ve kafein takviyesi ile anaerobik performansı değerlendiren 20 çalışma analize dahil edilmiştir. Raporlama neticesinde ulaşılan veriler, Review Manager 5.4 (Cochrane's Software) kullanılarak analiz edilmiştir. Meta analiz çalışması yapılırken karşılaştırma yapmak amacıyla ulaşılan değerler ortak bir değer olan etki büyüklüğüne dönüştürülmüştür. Etki büyüklüğü seviyesi değerlendirilirken takip eden değerler referans alınmıştır: önemsiz etki ($<0,20$), küçük etki ($0,21-0,60$), orta seviyeli etki ($0,61-1,20$), büyük etki ($1,21-2,00$), çok büyük etki ($2,01-4,00$).

Bulgular: Kafeinin laktik asit üzerine olan etki büyüklüğünü belirlemek amacıyla araştırmaya dahil edilen 13 çalışmadan elde edilen verilere göre etki büyüklüğü plasebo grubu lehine $EB=0.33$ [$0.21,0.46$], $Z=5.51$ [$p<0.00001$] olarak bulunmuştur. Ayrıca kafeinin peak power üzerine olan etki büyüklüğünü belirlemek amacıyla araştırmaya dahil edilen 20 çalışmadan elde edilen verilere göre etki büyüklüğü kafein grubu lehine $EB=0.35$ [$0.20,0.50$], $Z=4.65$ [$p<0.00001$] olarak bulunmuştur.

Sonuç: Araştırma analizi neticesinde kafein takviyesinin laktik asit birikimini artırdığı ve peak power performansını geliştirdiği görülmüştür. Kafein tüketiminin yorgunluk belirteci olan laktik asidin daha az birikimine katkı sunmasa da özellikle kısa süreli performansı iyileştirdiği söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Kafein, Laktik asit, Wingate, Peak power, Meta analiz

ABSTRACT

MASTER THESIS

EFFECT OF CAFFEINE SUPPLEMENT ON FATIGUE AND PERFORMANCE: A META-ANALYSIS STUDY

Ashhan TEKİN

January 2023, 81 pages

Purpose: The aim of the study is to examine the effects of caffeine supplementation on lactic acid and the peak power data in Wingate Anaerobic Power Test by meta-analytical method.

Method: In this study, the meta-analysis model was preferred in the qualitative research method approach. To reach related studies, data from 1160 studies evaluating fatigue with caffeine supplementation and 1114 studies evaluating anaerobic performance with caffeine supplementation in the last 5 years (2018-2022) were obtained by keyword search in Google Scholar, Pubmed, Web of Science and ScienceDirect databases. The analysis included 13 studies assessing fatigue with caffeine supplementation and 20 studies assessing anaerobic performance with caffeine supplementation. The data obtained as a result of the reporting were analyzed using Review Manager 5.4 (Cochrane's Software). While conducting the meta-analysis, the values reached for comparison were converted into an effect size, which is a common value. The following values were taken as reference when evaluating the effect size level: insignificant effect (<0.20), minor effect ($0.21-0.60$), moderate effect ($0.61-1.20$), large effect ($1.21-2.00$), very large impact ($2.01-4.00$).

Findings: According to the data obtained from 13 studies included in the study to determine the effect size of caffeine on lactic acid, the effect size was found to be $EB=0.33$ [$0.21,0.46$], $Z=5.51$ [$p<0.00001$] in favor of the placebo group. In addition, according to the data obtained from 20 studies included in the study to determine the effect size of caffeine on peak power, the effect size was found to be $EB=0.35$ [$0.20,0.50$], $Z=4.65$ [$p<0.00001$] in favor of the caffeine group.

Result: As a result of the analysis of the studies included in the research, it was seen that caffeine supplementation increased lactic acid accumulation and improved peak power performance. In this case, although caffeine consumption does not contribute to less accumulation of lactic acid, which is a fatigue indicator, it can be said that it improves short-term performance in particular.

Keywords: Caffeine, Lactic acid, Wingate, Peak power, Meta analysis

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK VE BİLDİRİM SAYFASI.....	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZ.....	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ.....	xi
BİRİNCİ BÖLÜM.....	1
Giriş	1
Araştırmanın Amacı	1
Araştırmanın Önemi ve Gerekçesi	1
Araştırmanın Sınırlılıkları	2
Varsayımlar	2
Terim ve Tanımlar.....	2
İKİNCİ BÖLÜM	4
Kuramsal Çerçeve ve İlgili Araştırmalar	4
Sporcularda Beslenme.....	4
Ergojenik yardımcıları.....	4
Kafeinin Moleküler Yapısı ve Kaynakları	7
Kafein Kullanım Alanları.....	8
Kafeinin Sporculardaki Kullanımı	8
Kafein Alışkanlığı	9
Kafein Etki Mekanizmaları	10
Kafein Alım Formları.....	13
Kafeinli sakız.	13
Kafein ile ağız çalkalama.	14
Kafeinli burun spreyleri.	14
Kafeinli enerji jelleri.	15
Kafeinli barlar.	15

Kafein Alım Zamanı	16
Kafeinin Yan Etkileri	17
Kafein ve Doping	18
Yorgunluk	19
Sporda yorgunluk.	19
Laktat.....	20
Anaerobik Performans	21
Wingate Anaerobik (WAnT) Güç Testi	22
Wingate anaerobik güç testi protokolü.	22
Meta Analiz	23
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM.....	25
Yöntem	25
Araştırma Veri Kaynakları.....	26
Araştırmaya Dahil Etme ve Araştırmadan Hariç Tutma Kriterleri.....	26
Veri Toplama Araçları	27
Süreç.....	27
Veri Analizi	28
Geçerlik ve Güvenirlik.....	28
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM.....	29
Bulgular	29
Kafein Takviyesinin Laktat Üzerine Etkisi.....	29
Araştırmaya dahil edilen çalışmaların belirlenmesi.	29
Araştırmaya dahil edilen çalışmaların özellikleri.	31
Araştırmaya dahil edilen çalışmaların analizi.	34
Kafein Takviyesinin WAnT Üzerine Etkisi.....	36
Araştırmaya dahil edilen çalışmaların belirlenmesi.	36
Araştırmaya dahil edilen çalışmaların özellikleri.	37
Araştırmaya dahil edilen çalışmaların analizi.	41
BEŞİNCİ BÖLÜM	45
Tartışma ve Sonuç	45
Öneriler	50
Sınırlılıklar	51
KAYNAKÇA	52
EKLER	66

EK 1: PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis)	66
EK 2: Etik Kurul Onayı.....	67
ÖZGEÇMİŞ.....	68



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. <i>Mevcut Literatüre Göre Diyet Takviyelerinin Sınıflandırmasının Özeti</i>	6
Tablo 2. <i>Bazı Yiyeceklerdeki ve İçeceklerdeki Kafein Miktarları</i>	7
Tablo 3. <i>Karşılaştırmalı Çalışmaların Meta Analizinde Etki Ölçütü Seçimi</i>	24
Tablo 4. <i>Analize Dahil Edilen Çalışmaların Özellikleri</i>	32
Tablo 5. <i>Analize Dahil Edilen Çalışmaların Özellikleri</i>	39



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Kafeinin Moleküler Yapısı	7
Şekil 2. Kafein Metabolizmasındaki Ana Yolaklar	11
Şekil 3. Kafein tüketiminin Sempatik Sinir Sistemi Üzerinden Güç, Kuvvet Hız ve Dayanıklılık Performansa Etki Mekanizmaları	13
Şekil 4. SistematiK Arama ve Tarama Sürecini Detaylandıran PRISMA Diyagramı)	30
Şekil 5. Kafein Takviyesinin Laktat Üzerine Etkisinin İncelendiği Çalışmaların Etki Büyüklüğü Analizi.....	35
Şekil 6. SistematiK Arama ve Tarama Sürecini Detaylandıran PRISMA Diyagramı)	37
Şekil 7. Kafein Takviyesinin WAnT Üzerine Etkisinin İncelendiği Çalışmaların Etki Büyüklüğü Analizi.....	42
Şekil 8. Kafein Takviyesinin WAnT Üzerine Etkisinin İncelendiği Çalışmaların Alt Grup (Doz) Analizi.....	44

KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

1 RM	: Maksimum 1 Tekrar
ADP	: Adenozin Difosfat
AK	: Anaerobik Kapasite
AMP	: Adenozin Monofosfat
ATP	: Adenozin Trifosfat
BCAA	: Dallı Zincirli Amino Asitler
CLA	: Konjuge Linoleik Asit
EAA	: Temel Amino Asitler
EB	: Etki Büyüklüğü
HMB	: Hidroksi Metil Bütirat
KG	: Kilogram
L	: Litre
M	: Metre
MCG	: Mikrogram
MCT	: Orta Zincirli Trigliseritler
MG	: Miligram
MG	: Minimum Güç
MSS	: Merkezi Sinir Sistemi
OG	: Ortalama Güç
PCr	: Fosfokreatin
PG	: Pik Güç
PRISMA	: Meta-Analizler İçin Tercih Edilen Raporlama Ögeleri
QUORUM	: Meta-Analizlerin Raporlama Kalitesi
RAST	: Anaerobik Sprint Testi
RKÇ	: Randomize Kontrollü Çalışmalar
SYA	: Serbest Yağ Asidi
W	: Watt
WADA	: Dünya Anti-Doping Ajansı
WANT	: Wingate Anaerobik Performans Testi
Yİ	: Yorgunluk İndeksi
MMOL	: Mikromol

BİRİNCİ BÖLÜM

Giriş

Araştırmanın Amacı

Bu tez çalışmasının amacı, güncel veriler ışığında kafein takviyesinin yorgunluk belirteci olan laktat ve anaerobik performans belirteci olan Wingate Anaerobik Performans Testi (WAnT) üzerine etkisini meta analiz yaklaşımıyla incelemektir. İnceleme neticesinde sporcular tarafından sıkça kullanıldığı bilinen kafeinin aslında düşünüldüğü etkilere sahip olup olmadığı konusunda genel bir sonuç sunmak amaçlanmıştır.

Araştırmanın Önemi ve Gerekçesi

Literatürde kafein ile ilgili çok sayıda çalışma yer almaktadır (Duncan, Dobell, *et al.* 2019; Goldstein *et al.* 2010; Graham, 2001; Grgic, 2018; Guest *et al.* 2021; Spiller, 1998; Spriet, 1995). Bu çalışmalardan birçoğu da kafeinin sporcular için kullanımını dikkate almaktadır (Buzdağlı *et al.* 2021; Grgic, Pickering, Bishop, Schoenfeld, *et al.* 2020; Lara *et al.* 2019; Ozan *et al.* 2022; Potgieter *et al.* 2018; Ryan *et al.* 2012; Sun *et al.* 2022; Syed *et al.* 2005). Kafeinin sporcular tarafından kullanıldığında özellikle uzun süreli egzersizlerde performansı iyileştirici bir etkisi olduğu bilinmektedir (Ganio *et al.* 2009; Shen *et al.* 2019; Southward *et al.* 2018). Bununla birlikte kafeinin yorgunluk üzerinde de etkili olduğunu savunan çalışmalar da vardır (Muljadi *et al.* 2021; Tomazini *et al.* 2022; van Duinen *et al.* 2005; Williams *et al.* 1993). Sporcularda yorgunluk belirteci olarak yaygın bir şekilde laktat verisi kullanılmaktadır (Sahlin, 1986; Westerblad *et al.* 2002). Kafeinin yorgunluk üzerine etkisinin olması, bu etkinin laktat aracılığı ile olup olamayacağı sorusunu akıllara getirmektedir. Literatürde kafeinin laktat üzerine etkisini güncel çalışmalar ışığında inceleyen ve meta analitik bir yaklaşımla hazırlanmış bir çalışmanın olmayışı mevcut tez çalışmasının yapılması için fikir sağlamıştır. Aynı zamanda kısa süreli egzersizlerde kafeinin etkisi net olarak bilinmemektedir. Kısa süreli egzersizlerin performans ölçütü olarak yaygın bir şekilde kullanılan Wingate Anaerobik Performans Testi kısa süreli egzersiz başarısı hakkında fikir vermektedir. Buradan yola çıkılarak kafeinin kısa süreli egzersizlerdeki etkisinin güncel çalışmalar ışığında ve meta analitik bir yaklaşımla incelenmesine karar verilmiştir. Özellikle kısa süreli egzersizlerde baskın olarak kullanılan oksijensiz enerji sistemi kullanıldıktan sonra laktat birikimine neden olmaktadır. Laktat kavramı bu yönüyle kısa süreli egzersizler açısından önemli bir kavramdır. Mevcut tez

alışmasında kafeinin etkisinin daha az incelendiği bir alan olan kısa süreli egzersizler üzerindeki etkisinin incelenmiş olması dikkat çekmektedir.

Kafein sık kullanılan ergojenik yardımcılarından biri olduğu için birçok bilimsel çalışmada yer almaktadır. Ancak kafeinin WAnT üzerindeki etkisini inceleyen bir meta analiz alışması (Grgic, 2018) bu konu hakkında yapılmış ilk meta analizdir. Bu çalışmaya 2018 ve sonrasındaki çalışmalar dahil edilmediğinden mevcut tez çalışması 2018 ve sonrasındaki çalışmaları dahil eden önemli bir meta analiz çalışması olma özelliğini taşımaktadır. Kafeinin laktat birikimine sebep olabileceği literatürde yer alan bir bilgidir (Bayraktar & Taşkıran, 2019). Bu tez çalışması kafeinin laktat üzerine etkisini inceleyen önemli bir meta analiz çalışması olma niteliğini de taşımaktadır.

Araştırmanın Sınırlılıkları

Bu araştırmada yapılan analiz için incelenen çalışmaların katılımcı gruplarındaki demografik özellikler incelendiğinde heterojen bir dağılım söz konusudur. Katılımcıların yaş, cinsiyet, spor yapma durumu, spor yaşı gibi özellikleri laktik asit birikimini ve WAnT performansını etkileyebileceğinden bu özelliklerin heterojen dağılımı mevcut çalışmanın sınırlılıklarındandır. Aynı zamanda mevcut araştırmaya sadece İngilizce olarak yazılmış ve bilimsel araştırma çalışması niteliği taşıyan çalışmalar dahil edilmiştir. Farklı dillerde yazılmış ve tez, bildiri, özet bildiri şeklinde yapılmış olan çalışmaların hariç tutulmuş olması mevcut çalışmanın sınırlılıklarındandır.

Varsayımlar

Konu ile ilgili literatür taraması yapılarak dahil etme kriterlerini taşıyan çalışmalar analize dahil edilmiştir. Meta-analiz çalışması yapılarak ilgili konunun genel olarak yorumlaması yapılmıştır.

Terim ve Tanımlar

Beslenme kavramının sporcular için önemi uzun bir geçmişe sahiptir. Sporcular için beslenme ilk olarak Antik dönemdeki olimpiyatlarda görölmüş olup Yunanlı ve Romalı sporcular olimpiyatlardaki performanslarının artması için kendilerine özel beslenme programları uygulamıştır (Chaudhary, 2014). Sporcu beslenmesi açısından en önemli kavramlardan biri ergojenik yardımcılarıdır. Ergojenik yardımcıları sporcu beslenmesi içerisinde değerlendirilen; enerji üretimini, kullanımını veya geri kazanımını artıran ve sporculara rekabet avantajı sağlayan maddeler veya araçlarıdır. Ergojenik yardımcıları; fizyolojik, mekanik,

psikolojik, farmakolojik ve besinsel olarak beş grupta toplanmaktadır (Dirikli & Sakaryalı, 2016).

Kafein dünyada farmakolojik açıdan bakıldığında aktif olarak en sık tüketilen maddedir (Nawrot *et al.* 2003). Aynı zamanda kafein besinsel ergojenik destek sınıfında yer alan bir ergojenik destek ürünüdür. Sporcular ve sedanter bireyler tarafından çeşitli amaçlarla sıkça kullanılır. Kafeinin enerjiyi ve atletik performansı arttırdığı, yorgunluk başlangıcını ertelediği ve yağ yakma mekanizmasını desteklediği bilinmektedir. Ayrıca kafein, doğal kaynaklardan alınabildiği ve doping olmadığı için en sık kullanılan ergojenik yardımcılardan biridir (Bayraktar & Taşkiran, 2019).

Periferik kas yorgunluğu, çeşitli mekanizmalar ile ilişkilendirilmiş olsa da literatürde geleneksel olarak kan laktat konsantrasyonunun yükselmesi en önemli yorgunluk belirteçlerinden biri olarak görülmektedir (Deutsch *et al.* 1998; Mohr *et al.* 2003, 2004). Sporcularda yorgunluğun, performansı sınırlayan bir faktör olduğu bilinmektedir. Bu durum spor performansını olumsuz etkileyebildiği için yorgunluğun giderilmesine veya azaltılmasına yönelik uygulamalar geliştirilmeye çalışılmaktadır. Kafeinin de sporcularda oluşan bu yorgunluk üzerine pozitif etkileri olduğu düşünülmektedir (Rousseau *et al.* 1988).

Bununla birlikte anaerobik performans pek çok spor dalında önemli bir parametredir. Bu parametrenin geliştirilmesi sporcu performansını desteklemek açısından önemlidir. Kafeinin özellikle aerobik egzersizlerdeki ergojenik etkisi net olarak belirlenmişken anaerobik egzersizlerdeki etkisine yönelik güncel, net ve genelleyici bir önerinin eksikliği söz konusudur. Bu önerinin sunulabilmesine olanak sağlamak amacıyla Wingate Anaerobik Güç Testi'nin kullanımı önemli bir parametredir. Wingate Anaerobik Güç Testi sonucuna göre sporcunun anaerobik performans başarısı hakkında yorum yapılabilir (Özkan *et al.* 2010).

İKİNCİ BÖLÜM

Kuramsal Çerçeve ve İlgili Araştırmalar

Sporcularda Beslenme

Beslenme insan gereksinimlerinin başında gelen bir kavramdır. Beslenme gereksiniminin karşılanabilmesi her insan için önemlidir. Sporcular için beslenme ilk olarak Antik dönemdeki olimpiyatlarda görülmüş olup Yunanlı ve Romalı sporcular olimpiyatlardaki performanslarının artması için kendilerine özel beslenme programları uygulamıştır (Chaudhary, 2014).

Bir sporcunun beslenmesi; sağlığını, vücut ağırlığını, vücut bileşimini, toparlanma süresini ve egzersiz performansını etkiler. Sporcular açısından oluşturulabilecek mükemmel bir beslenme programını garanti etmek için tek başına yiyecek, içecek veya mucizevi bir besin destek ürünü yoktur. Sporcular için en iyi beslenme yaklaşımı, iyi dengelenmiş bir beslenme programı izlemek ve yeterli sıvı tüketmektir (Pekcan *et al.* 2015). Sporcu beslenmesinde hedef; sporcunun yaşına, cinsiyetine, günlük fiziksel aktivitesine ve yaptığı spor türüne göre antrenman ve müsabaka dönemlerine yönelik düzenlemeler yapılarak besinlerin yeterli ve dengeli biçimde alınmasıdır (Şirinoğlu, 2008).

Egzersize adaptif yanıt; egzersizin süresi, yoğunluğu, türü, sıklığı ve ayrıca egzersiz öncesi ve sonrası beslenmenin kalitesi ve miktarı gibi faktörlerin bir kombinasyonu sayesinde belirlenir (Jeukendrup, 2017). Egzersizle başlatılan adaptasyonların beslenmeyle güçlendirilebileceği veya azaltılabileceği giderek daha açık hale gelen bir gerçektir.

Sporcularda beslenme kavramı; sıvı tüketimi, enerji ve karbonhidrat, protein, yağ, vitaminler ve mineral gereksinmesi, antrenman ve müsabaka öncesi, sırası, sonrası beslenme ve ergojenik yardımcıları başlıkları altında incelenmektedir (Pekcan *et al.* 2015).

Ergojenik yardımcıları.

Ergojenik yardım, performans artışını sağlayan, antrenmana adaptasyonu ve başarıyı hedefleyen her türlü besin destekleri, farmakolojik destekler ve teknik ekipman desteği olarak ifade edilir. Ergojenik yardımcıları; fizyolojik, mekanik, psikolojik, farmakolojik ve besinsel olarak beş grupta toplanmaktadır (Dirikli & Sakaryalı, 2016).

Vücutun kardiyovasküler, iskelet ve kas gibi sistemlerinin fonksiyonunu artırarak spor performansını artıran uygulama ve yöntemler fizyolojik ergojenik yardım olarak tanımlanır. Fizyolojik ergojenik yardımcıları normalde bedende artan performansın daha da artmasını sağlar (Drews, 2000) .

Amatör veya profesyonel sporcuların kullandıkları ayakkabı, giysi, saha gibi materyallerin performansı azaltmadığı ya da performansın artırılmasında katkı sağlayacak şekilde tasarlanması mekanik ergojenik yardımcıları olarak tanımlanmaktadır (Zorba, 1995).

Zihinsel performansı etkileyerek performansı artıran çeşitli uygulamalar psikolojik ergojenik yardım olarak tanımlanmaktadır. Örneğin; zihinde canlandırma, spor psikoloğu ile konuşma, hipnoz, enerji ve moral verici konuşmalar gevşeme teknikleri psikolojik yardım arasındadır (Duman, 2019).

Çalışma verimini ve performansı artırmak için kullanılan ilaçlar farmakolojik ergojenik yardım olarak tanımlanmaktadır. Hormonlar, anabolik androjenik steroidler, amfetaminler, beta blokerler bu sınıfta kullanılan ergojenik destek ürünlerine örnek gösterilebilir (Ergen *et al.* 2002).

Spor performansını ve verimi artıran ürünler, yiyecek-içecek ve özel diyetler besinsel ergojenik yardım olarak tanımlanır. Karbonhidrat yüklemesi, kreatin fosfat alımı, aminoasit, spor içecekleri, vitamin hapları, enerji jelleri besinsel yardıma örnek verilebilir (Gürsoy *et al.* 2001).

Besinsel ergojenik yardımcıları.

Besinsel ergojenik yardımcıları grubu, ergojenik desteklerin büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Besinsel destek ürünleri genel anlamda kas geliştirme takviyeleri ve performans geliştirme takviyeleri olarak ikiye ayrılabilir. Mevcut literatüre göre diyet takviyelerinin sınıflandırmasının özeti Tablo 1’de verilmiştir (Kerksick *et al.* 2018).

Tablo 1*Mevcut Literatüre Göre Diyet Takviyelerinin Sınıflandırmasının Özeti*

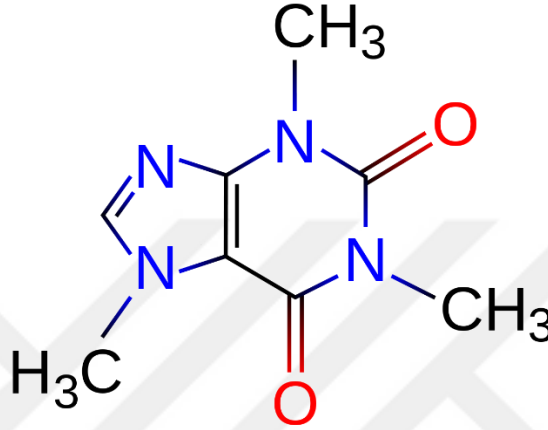
Kategori	Kas geliştirme takviyeleri	Performans geliştirme
I. Etkililiği ve Görünüşe Göre Güvenliğini Destekleyen Güçlü Kanıt	• HMB • Kreatin monohidrat • Temel amino asitler (EAA) • Protein	• β-alanin • Kafein • Karbonhidrat • Kreatin Monohidrat • Sodyum bikarbonat • Sodyum Fosfat • Su ve Spor İçecekleri
II. Etkinliği Desteklemeye Yönelik Sınırlı veya Karışık Kanıt	• Adenosin-5'-Trifosfat (ATP) • Dallı zincirli amino asitler (BCAA) • Fosfatidik asit	• L-Alanil-L-Glutamat • Araşidonik asit • Dallı zincirli amino asitler (BCAA) • Citrulline • Temel amino asitler (EAA) • Gliserol • HMB • Nitratlar • Egzersiz sonrası karbonhidrat ve protein • Quercetin • Taurin
III. Etkililiği ve / veya Güvenliği Desteklemek İçin Çok Az Kanıt	• Agmatin sülfat • Alfa-ketoglutarat • Arginin • Bor • Krom • Konjuge linoleik asitler (CLA) • D-Aspartik asit • Ecdysterones • Çemen otu özü • Gama oryzanol (Ferulik asit) • Glutamin • Büyüme hormonu salgılayan peptidler ve Sekretogollar • İzoflavonlar • Ornitin-alfa-ketoglutarat • Prohomonlar • Sülfopolisakkaritler • Tribulus terrestris • Vanadil sülfat • Çinko-magnezyum aspartat	• Arginin • Karnitin • Glutamin • İnosin • Orta zincirli trigliseritler (MCT) • Riboz

Kafeinin Moleküler Yapısı ve Kaynakları

Kafein, trimetilksantin olarak da adlandırılan 1,3,7 konumunda metil grubunu içeren bir pürin alkaloididir ve merkezi sinir sistemi (MSS) üzerinde uyarıcı etkiye sahiptir. Kafein (1,3,7-trimetilksantin) ilaç gruplarından biri olan metilksantinlerin en iyi bilinen üyesidir (Keleş, 2011). Kafeinin moleküler yapısı Şekil 1’de gösterilmiştir.

Şekil 1

Kafeinin Moleküler Yapısı (Keleş, 2011)



Kafein, her seviyedeki sporcular tarafından yaygın olarak kullanılan popüler bir ergojenik yardımcıdır (Del Coso *et al.* 2011; Van Thuyne & Delbeke, 2006). Kafein dünyada muhtemelen en sık alınan farmakolojik olarak aktif maddedir. Aynı zamanda kafein besinsel ergojenik destek sınıfında yer alan bir ergojenik destek ürünüdür. Yaygın olarak tüketilen içeceklerde (kahve, çay, alkolsüz içecekler), kakao veya çikolata içeren ürünlerde ve ilaçlarda bulunur (Nawrot *et al.* 2003). Kafein kaynakları ve miktarları Tablo 2.’de gösterilmiştir. Kahve ve çay yüzlerce yıldır tüketilerek kültürel geleneklerin ve sosyal hayatın önemli bir parçası haline gelmiştir. Ayrıca, insanlar uyanıklığı sağlamak ve iş verimliliğini artırmak için kahve içeceklerini kullanırlar (van Dam *et al.* 2020).

Tablo 2

Bazı Yiyeceklerdeki ve İçeceklerdeki Kafein Miktarları

Yiyecek/İçecek	Miktar	Kafein (mg)
Cafe Latte /Cappuccino	200 ml	126
Filtre Kahve	200 ml	130
Espresso	200 ml	388
Nescafe	200 ml	62
Türk Kahvesi	100 ml	58
Siyah Çay	100 ml	21
Yeşil Çay	100 ml	15

Tablo 2. (Devamı)

Bitter Çikolata	50 g	50
Fındıklı Çikolata	50 g	3
Çikolata / Nuga	50 g	3
Çikolata Sosu	20 g	6
Bitki Çayı	240 ml	0
Redbull	250 ml	80
Enerji İçecekleri	330 ml	100
Sütlü Kahve	250 ml	158

Tablo 2’de de görüldüğü üzere birçok yiyecekte ve kakao içeren yiyeceklerde kafein bulunmaktadır. Kafein kaynaklarında yer alan kafeinin miktarı şartlara göre önemli düzeyde değişiklik gösterebilmektedir (Roberts & Barone, 1983). İçecekler arasında en fazla kafein içerenler sırasıyla espresso, filtre kahve ve cafe latte /cappuccino içecekleridir. Kakaolu yiyeceklerden ise en çok kafein içeren yiyecek, kakao oranı ek yüksek olan bitter çikolatadır.

Kafein Kullanım Alanları

Kafein kolalı içeceklerin yapımında ve eczacılıkta merkezi sinir sistemini stimüle edici ilaçların yapımında kullanılır. 1820’de ilk kimyasal izolasyonundan itibaren kafein terapötik maksatla bronş ve kalp stimülantı olarak bebek solunum güçlüklerinin geçirtilmesinde, sivilce ve diğer cilt hastalıklarının, migren ve baş ağrısının tedavisinde kullanılmaktadır. ABD’de kafeinin 2000 kadar reçetesiz, 1000 kadar da reçeteli ilaçta analjezik, diüretik (idrar söktürücü), ağrı kontrol edici, alerji giderici ve uyanıklık ile dikkat artırıcı unsur olarak yer aldığı bilinmektedir (Keleş, 2011). Kafein çeşitli analjezikler, diyet/besin yardımcıları ve soğuk algınlığı/grip ilaçları da dahil olmak üzere bir dizi farmakolojik preparat ve reçetesiz ilacın bileşiminde de bulunmaktadır (Baktir & Güler, 2018). Aynı zamanda kafein besinsel ergojenik destek sınıfında yer alan bir ergojenik destek ürünüdür. Kafeinin ergojenik potansiyeli, 1907’ye kadar uzanan spor ve egzersiz bilimi literatüründe kapsamlı bir şekilde incelenmiştir (Rivers & Webber, 1907). Kafein doğal kaynaklardan alınabildiği ve doping olmadığı için ergojenik yardımcıları arasında en sık kullanılanlardandır (Del Coso *et al.* 2011).

Kafeinin Sporculardaki Kullanımı

Kafeinin sporculardaki etkisine yönelik çalışmaların uzun bir tarihe sahip olduğu söylenebilir (Rivers & Webber, 1907). Kafeinin enerjiyi ve atletik performansı arttırdığı, yorgunluk başlangıcını ertelediği ve yağ yakma mekanizmasını desteklediği bilinmektedir. Kafein doğrudan maksimal oksijen kapasitesini artırmasa da sporcuların daha fazla güç sarf etmesini ve/veya daha uzun süre egzersiz yapmasını sağlayabilmektedir (Graham, 2001).

Kafein 2004 yılına kadar idrarda 12 mcg/ml'nin üzerinde saptandığı zaman doping sayılan ve uyarıcılar listesinde yer alan bir madde iken 2004 yılı itibarıyla Dünya Anti-Doping Ajansı (World Anti-Doping Agent, WADA) tarafından yasaklı maddeler listesinden çıkarılmıştır. Bununla birlikte sporcular arasında kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır (Grgic, Grgic, *et al.* 2020). Günümüzde ise kafein WADA'nın takip listesinde yer almaktadır.

Kafeinin egzersiz performansı üzerine etkileri yapılan birkaç derleme çalışmasında farklı performans çıktıları açısından incelenmiştir. Bu performans çıktılarına 1 tekrar maksimum (1 RM) kuvvet (Grgic, 2018; Polito *et al.* 2016), izokinetik tepe tork (Grgic & Pickering, 2019), dikey sıçrama yüksekliği (Grgic, 2018), farklı egzersiz türlerinde güç çıkışı (Grgic, 2018; Ribeiro *et al.* 2017; Southward *et al.* 2018), aerobik dayanıklılık performansı (Christensen *et al.* 2017; Conger *et al.* 2011; Doherty & Smith, 2004, 2005; Ribeiro *et al.* 2017; Shen *et al.* 2019) ve kas dayanıklılığı (Bass & Inge, 2006; Ribeiro *et al.* 2017) örnek verilebilir. Ayrıca kafein tüketimi egzersiz sonrası oluşan yorgunluk ile de ilişkilendirilmiştir (Allen *et al.* 2008; Tarnopolsky & Cupido, 2000). Uzun süreli egzersizden önce kafein tüketiminin yorgunluğu geciktirdiği düşünülmektedir (Graham *et al.* 1994). Kafein bu yönü ile de sporcular açısından tercih edilen bir ergojenik yardımcıdır.

Kafein Alışkanlığı

Kafein Tablo 2'de gösterildiği üzere birçok yiyecek ve içecekte yer alan kimyasal bir bileşiktir. Bu açıdan kişilerin günlük kafein alımını ve kafein alışkanlık düzeyini belirlemek oldukça zordur. Ancak bir çalışmaya katılan kişilerin günlük kafein alımını hesaplamak bir araştırma protokolü için uygulanması gereken bir prosedürdür. Bu tür diyet bilgilerinin belirlenmesindeki amaç, kafein tüketiminin performans üzerine etkisinin olup olmadığını ve bu sonucun düzenli olarak kafein tüketen veya tüketmeyen kişiler arasında farklılık gösterip göstermediğini belirlemektir. Graham ve ark. (1994)'ın yapmış olduğu bir çalışmada kafein kullananlar ve kullanmayanlar arasında, egzersiz sırasında plazma epinefrin artışı dışında anlamlı bir fark olmadığı bildirilmiştir. Başka bir çalışmada orta dozda kafeinin, kafein kullanıcısı olan (300 mg/gün) ve olmayan (50 mg/gün) olarak tanımlanan katılımcılar üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Sonuçlar her iki grup için performansta bir artış göstermiş; bununla birlikte, takviyenin etkisi, kullanmayan olarak tanımlanan katılımcılarda yaklaşık üç saat daha uzun sürmüştür (Bell & McLellan, 2002). Benzer şekilde, katılımcılar arasında kafein alışkanlıklarını açıklayan bir çalışmada gruplar arasında VO_{2max} için istatistiksel bir fark bulunmazken (katılımcılar bir takviye egzersiz protokolüne katıldı), istirahatte kafein alışkanlığı olmayan kişiler için ventilasyon ve kalp atış hızında anlamlı bir fark olduğu görülmüştür (Dodd *et al.* 1991).

Kafein Etki Mekanizmaları

Kafein birçok gıdada yer alan ve alkaloid sınıfında bulunan kimyasal bir maddedir. Bir gıda katkı maddesi olarak, sentetik kafeinin endojen veya bitki kaynaklı kafein ile aynı olduğu diyet takviyelerinde ve farmasötik alanında kullanım için sentetik olarak üretilir (Pray *et al.* 2014). Kafein, kahve ve kapsül şeklinde tüketildiği zaman vücut tarafından hızlıca emilir ve 5-15 dakika içinde kanda görülmeye başlar. Sonra 40-80 dakika arasında plazma kafein değeri pik yapar. Plazma kafein seviyeleri, düşük bir kafein dozu (3 mg/kg vücut ağırlığı) ile yaklaşık 15-20 µmol/L'ye yükselir, orta dozda (6 mg/kg VA) yaklaşık 40 µmol/L ve yüksek dozda (9 mg/kg VA) yaklaşık 60-70 µmol/L'ye ulaşır (Graham & Spriet, 1995).

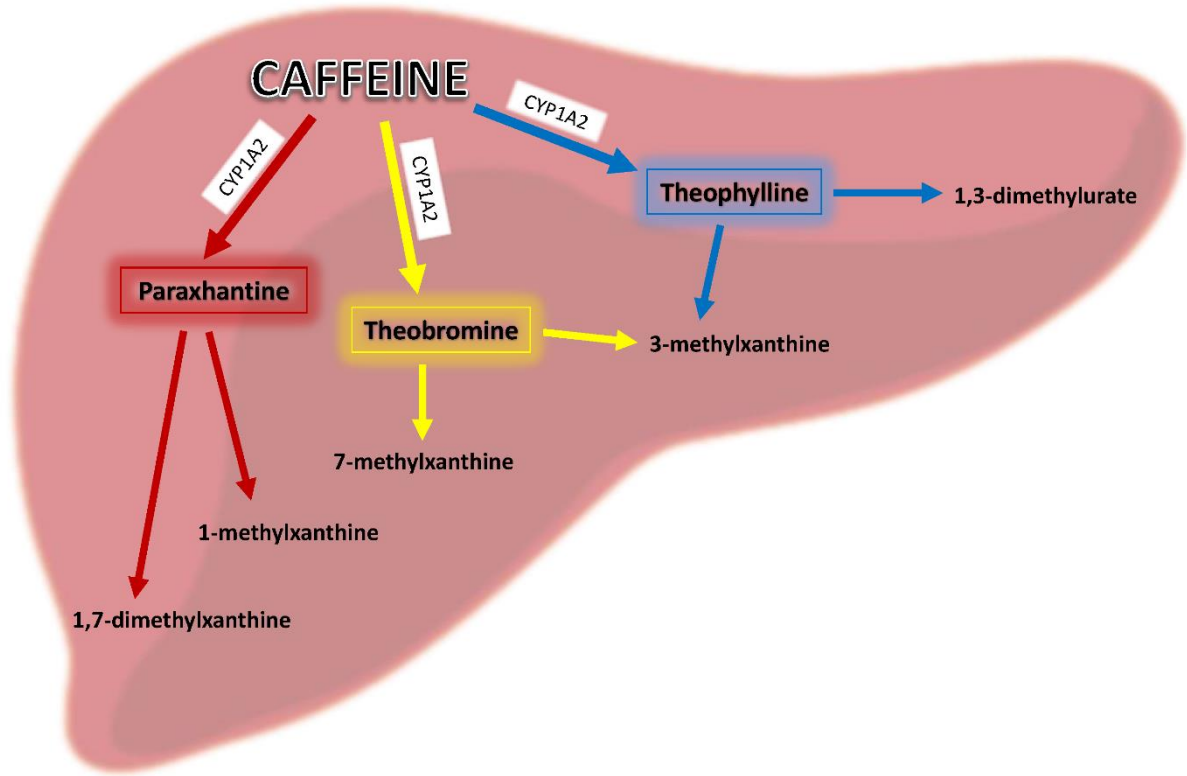
Kafein, gıda yoluyla veya sentetik olarak alınır ve emilir. Bir kez emildiğinde, tüm vücut hücrelerine ulaşır. Daha sonra kan-beyin bariyerini hızla geçer ve karaciğerin P450 1A2 (CYP1A2) enzimi tarafından metabolize edilir. CYP1A2 genindeki polimorfizm nedeniyle bireylerin kafein tepkileri farklıdır (Kamimori *et al.* 2002). Kafein metabolizmasındaki ana yollar Şekil 2'de gösterilmiştir.

Kafeinin normal tüketim sırasında ulaştığı seviyelerdeki biyolojik etkilerinin çoğu, adenosin reseptörlerini, özellikle A₁ ve A_{2A} reseptörlerini ve daha az ölçüde A_{2B} ve A₃ reseptörlerini antagonize etmesinden kaynaklanmaktadır. A₁ ve A_{2A} adenosin reseptörleri, beynin geniş alanlarında bulunan ve uyku, uyarılma ve bilişin düzenlenmesinde yer alan çeşitli mekanizmaları etkiler. Bu nedenle, bir adenosin reseptör antagonisti olarak kafeinin fizyolojik ve zihinsel durumları değiştirebilmesi şaşırtıcı değildir. Merkezi adenosin reseptörleri tipik kafein maruziyetinden etkilenir (Sebastião *et al.* 2018).

Adenosin sayısız süreç ve yolda yer alır ve sinir sisteminde homeostatik düzenleyici ve nöromodülatör olarak çok önemli bir rol oynar (Fredholm *et al.* 2005). Adenosinin bilinen başlıca etkileri, serotonin, dopamin, asetilkolin, norepinefrin ve glutamat dahil olmak üzere birçok MSS nörotransmitterinin konsantrasyonunu azaltmaktır. Adenozine benzer bir moleküler yapıya sahip olan kafein, alımdan sonra adenosin reseptörlerine bağlanır ve bu nedenle bu nörotransmitterlerin konsantrasyonunu artırır (Fredholm, 1995; Fredholm *et al.* 1999, 2005). Bu, bireylerin hepsinde olmasa da çoğunda ruh hali, uyanıklık ve odaklanma üzerinde olumlu etkilerle sonuçlanır (Meeusen *et al.* 2006; Nehlig, 2018). Kafein molekülünün kimyasal yapısı adenosin molekülünün kimyasal yapısına benzediği için adenosin reseptörlerine bağlanır. Adenosin reseptörleri uyku ile bağlantılı olan bir reseptör grubu olduğu için reseptörlere adenosin yerine kafein bağlandığında kişi uykusunun geldiğini bir süre daha hissetmez. Kafeinin uykuyu giderici etkisi bu antagonist mekanizmadan kaynaklanmaktadır.

Şekil 2

Kafein Metabolizmasındaki Ana Yolaklar (Hopkins et al. 2009)



Kafeinin sporcu performansı üzerine etkisi çeşitli mekanizmalarla açıklanmaktadır. Kafeinin MSS üzerindeki etkisi, kafeinin performansı etkileyen birincil mekanizması olarak kabul edilmesine rağmen, kafeinin ergojenik etkilerini açıklamak için artan miyofibriler kalsiyum mevcudiyeti (Rousseau *et al.* 1988; Tarnopolsky & Cupido, 2000), optimize edilmiş egzersiz metabolizması ve substrat mevcudiyeti (Dodd *et al.* 1991) ve MSS'nin stimülasyonu (Kalmar & Cafarelli, 2004; Meeusen *et al.* 2006; Nehlig, 2018) dahil olmak üzere çeşitli mekanizmalar bulunmaktadır. Kafeinin ergojenik etkileri ile ilişkili keşfedilen mekanizmalardan biri de kafein alımından sonra gözlenen adrenalin (epinefrin) ile indüklenen gelişmiş serbest yağ asidi (SYA) oksidasyonu sonucunda glikojen tasarrufu sağlanması ve bunun da dayanıklılık performansını artırması şeklindedir (Chesley *et al.* 1998; Costill *et al.* 1978; Graham & Spriet, 1991). Ancak substrattaki bu artışın egzersiz performansı üzerindeki etkisi çeşitli çalışmalar aracılığıyla incelediğinde artışın yağ oksidasyonu yoluyla artan yakıt talebinin bekleneceği egzersizde daha erken geliştiği belirlendiği için bu hipotez reddedilmiştir (Graham *et al.* 2000, 2008; Meeusen *et al.* 2013). Ayrıca bu mekanizma, glikojen seviyelerinin sınırlayıcı bir faktör olmadığı; kısa süreli ve yüksek yoğunluklu egzersizde kafeinin ergojenik etkilerini açıklayamamıştır.

Önemli fizyolojik tepkiler (solunum değişim oranı, kan laktat ve glukoz değişiklikleri) ile sonuçlanmayan daha düşük dozlarda kafein (1-3 mg/kg vücut kütlesi) alımının da bildirilen iyileştirmelerin kaynağı olan MSS üzerinden ölçülebilir ergojenik etkiler sağladığı görülmektedir (Cureton *et al.* 2007; Graham & Spriet, 1995; Talanian & Spriet, 2016). Bu nedenle odak, algılanan efor oranını (Black *et al.* 2015; Demura *et al.* 2007; Hadjicharalambous *et al.* 2006; Killen *et al.* 2013), kas ağrısını (Black *et al.* 2015; Gliottoni *et al.* 2009; Motl *et al.* 2003, 2006) ve muhtemelen iskelet kasının kuvvet üretme yeteneğini değiştirebilen merkezi ve periferik sinir sistemlerinde egzersiz sırasında kafeinin etkisine kaymıştır (Black *et al.* 2015).

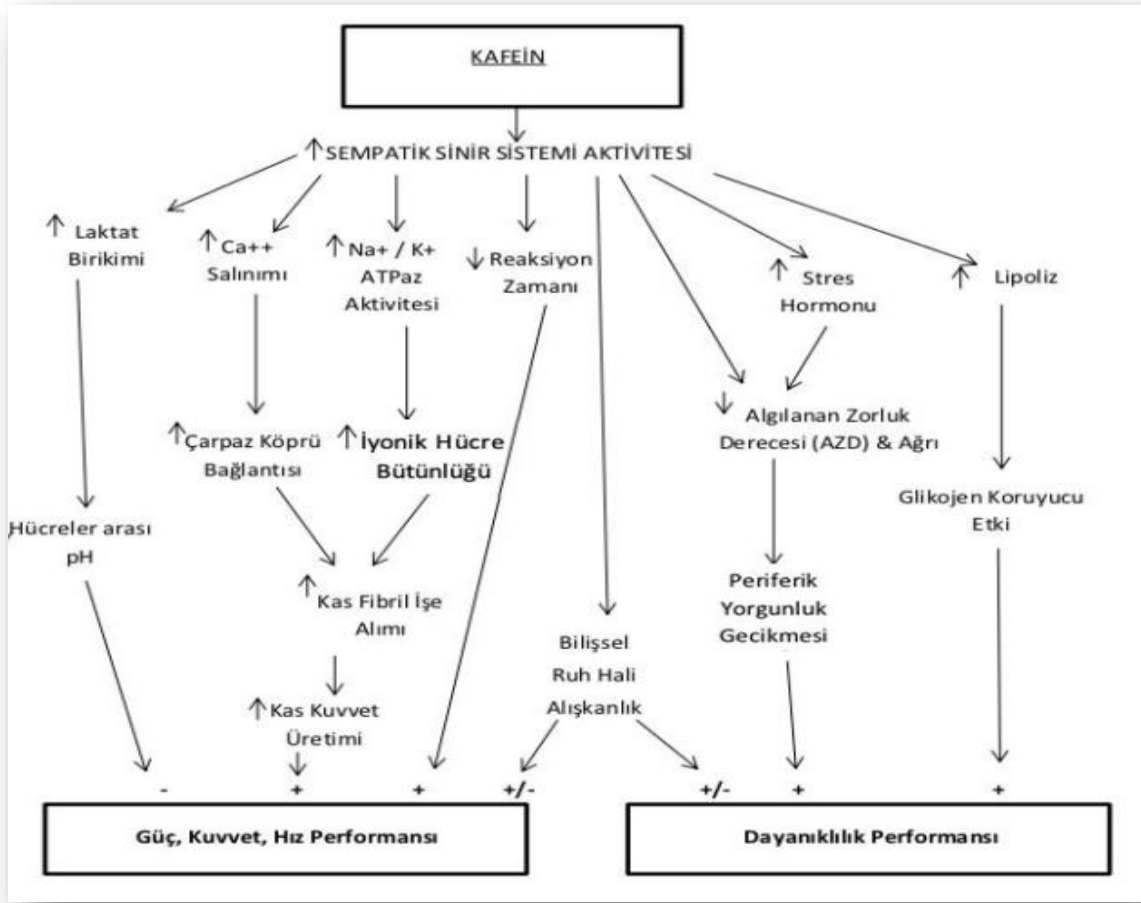
Kafeinin ergojenik etkisini açıklayan yollardan bir tanesi de kas kasılma üzerine etki edecek olan ve her motor ünite tarafından kuvvet üretimini kolaylaştıran kalsiyum iyonu (Ca^{2+}) mobilizasyonudur. Ca^{2+} salınımı kademeli olarak azalmaya başladığında sporcu yorgunluk hissetmeye başlar. Kafein alımı ise bu yorgunluğun hafifletilmesine katkı sağlar (Allen *et al.* 2008; Cureton *et al.* 2007; Rousseau *et al.* 1988; Tarnopolsky & Cupido, 2000; Warren *et al.* 2010). Benzer şekilde kafein kas kasılması için gerekli olan uyarma-kasılma eşleşmesini potansiyel olarak arttırmak için artan sodyum/potasyum (Na^+ /K^+) pompa aktivitesi yoluyla periferde çalışabilir (Lindinger *et al.* 1993).

Aynı zamanda, HTR2A geni tarafından kodlanan (Zhang & Stackman Jr, 2015) ve serotonin reseptörü olarak bilinen 2A (5-HTR2A) reseptörü dopamin salınımını modüle eder (Lucas *et al.* 2000; Porras *et al.* 2002). Kafein takviyesinin bu reseptörü etkileyerek dopaminin yukarı regülasyonunu (Di Giovanni *et al.* 2008; Volkow *et al.* 2015) sağladığı ve bunun da sporcularda ağrı hissini azaltarak ergojenik etki gösterdiği düşünülmektedir.

Kafein, ayrıca sempatik sinir sistemi aktivitesi ile çeşitli etkiler oluşturmaktadır. Özellikle bu etkilerden bazıları lipolizin artması, stres hormonlarının artması, reaksiyon zamanının azalması, Na^+ /K^+ ATPaz aktivitesinin artışı ve laktat birikiminin artışı olarak sıralanabilir. Kafein tüketiminin sempatik sinir sistemi üzerinden güç, kuvvet hız ve dayanıklılık performansına etki mekanizmaları Şekil 3'te özetlenmiştir.

Şekil 3

Kafein Tüketiminin Sempatik Sinir Sistemi Üzerinden Güç, Kuvvet Hız ve Dayanıklılık Performansa Etki Mekanizmaları (Bayraktar & Taşkıran, 2019)



Kafein Alım Formları

Kafein yaygın olarak kahve ve kafein tabletleri şeklinde alınsa da kafeinin farklı formları da mevcuttur. Diğer kafein formları kafeinli sakızlar, kafeinli ağız çalkalama suları, kafeinli burun spreyleri, kafeinli enerji jelleri ve kafein barları şeklinde açıklanmaktadır (Guest *et al.* 2021).

Kafeinli sakız.

Kafeinli sakızın ağızdaki bukkal boşluktan veya kafein içeren tükürüğün bağırsaklardan emilerek etki ettiği düşünülmektedir (Kamimori *et al.* 2002; Sadek *et al.* 2017; Syed *et al.* 2005). Kafeinli sakız kullanımı ile diğer kafein formlarının karşılaştırıldığı çalışmalar mevcut literatürde yer almasa da (Guest *et al.* 2021) kafeinli sakızın egzersiz performansı üzerine etki edip etmediği çeşitli çalışmalarda plaseboya karşı araştırılmıştır. Kafeinli sakızların kapsül formuna göre daha hızlı emildiği bilinmektedir (Kamimori *et al.* 2002). Elit düzey sporcularda yapılan çalışmalarda yaklaşık 200-300 mg dozlarda egzersizden hemen önce veya uzun süreli

egzersiz öncesi verilen sakız formdaki kafeinin spor performansını artırdığı görülmüştür (Lane *et al.* 2014; Oberlin-Brown *et al.* 2016; C. Paton *et al.* 2015; Ryan *et al.* 2012, 2013). Kafeinli sakızın anaerobik egzersiz üzerindeki etkilerini araştıran çalışmalarda (Bellar *et al.* 2011; C. D. Paton *et al.* 2010; Ranchordas *et al.* 2019; Venier *et al.* 2019b) aerobik egzersizde olduğu gibi performansta artış olduğu görülmüştür. Yapılan çalışmaların katılımcıları elit düzey sporcular olduğu için fiziksel olarak aktif veya rekreasyonel olarak egzersiz yapan kişilerde sakız formdaki kafeinin etkisi bilinmemektedir.

Kafein ile ağız çalkalama.

Kafein ile ağız çalkalama işlemi, ağzın kafein içeren bir içecek 5-20 saniye arasında çalkalanmasıyla gerçekleşen bir işlemdir. Bu işlem sensorimotor beyin kortekslerinin aktivasyonu nedeniyle egzersiz performansını artırma potansiyeline sahip olabilir (De Pauw, Roelands, Van Cutsem, Marusic, *et al.* 2017). Spesifik olarak ağız, kafeine duyarlı olan acı tat reseptörlerini içerir (Poole & Tordoff, 2017). Bu acı tat reseptörlerinin aktivasyonunun, beyindeki bilgi işleme ve ödül ile ilişkili sinir yollarını aktive edebileceği öne sürülmüştür (Matsumoto, 2013; Poole & Tordoff, 2017; Sugita *et al.* 2013). Fizyolojik olarak, kafeinli ağız çalkalama, kafein kaynaklarını tüketirken ortaya çıkabilen gastrointestinal sıkıntı potansiyelini de azaltabilir (J. Boekema GP van Berge Henegouwen, AJPM Smout, P, 1999; Wilson, 2016). Ağız çalkalama yönteminin aerobik (Bottoms *et al.* 2014; Sinclair & Bottoms, 2014) ve anaerobik (Beaven *et al.* 2013; Kizzi *et al.* 2016) egzersiz üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmalarda performans artışları olduğu görülmüştür. Ancak rekreasyonel olarak egzersiz yapan katılımcıların dahil olduğu bir çalışmada (Clarke *et al.* 2015) ağız çalkalama yönteminin ergojenik etkisi saptanamamıştır. Kafein ile ağız çalkalama yönteminde kafeinin plazmadaki konsantrasyonlarında artış görülmez (Seepika *et al.* 2022). Bu durum ağız çalkalama yönteminin ergojenik etkisi hakkında soru işaretleri oluşturmaktadır.

Kafeinli burun spreyleri.

Kafeinli burun spreyleri için olası 3 mekanizmadan bahsedilmektedir. İlki, nazal mukozanın geçirgen olması sebebiyle, nazal kaviteyi lokal ve sistemik madde alımı için özellikle kafein gibi küçük moleküler bir bileşik için potansiyel bir yol haline getirmesidir (Arria *et al.* 2017; De Sanctis *et al.* 2017; Doherty & Smith, 2005; Higgins *et al.* 2016). İkincisi, ağız çalkalamaya benzer şekilde burun boşluğunda yer alan acı tat reseptörleri üzerinden ödül ve bilgi işleme ile ilişkili beyin aktivitesinin düzenlenmesidir (Finger *et al.* 2003). Üçüncüsü, kafeinin doğrudan burun boşluğundan MSS'ye, özellikle beyin omurilik sıvısına ve beyne, koku alma ve trigeminal olmak üzere iki spesifik sinir yolağı sayesinde, hücre içi aksonal taşıma

yoluyla taşınabilmesidir (Pardeshi & Belgamwar, 2013; Phukan *et al.* 2016). Kafeinin beyin üzerindeki etkisi sayesinde bilişsel performansı iyileştirebileceği ve bilişsel performansın ön plana çıktığı spor dallarında etkili olabileceği düşünülmektedir. Yapılan iki çalışmada (De Pauw, Roelands, Van Cutsem, Decroix, *et al.* 2017; De Pauw, Roelands, Van Cutsem, Marusic, *et al.* 2017) kafeinli burun spreynin aerobik ve anaerobik performans üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Ayrıca, spreylere, kafeini doğrudan kana emilmesinin beklendiği akciğerlere iletebilir ve böylece kafeini doğrudan kalbe iletebilir. Bununla birlikte, kesin mekanizma(lar) henüz netleştirilememiştir (Wickham & Spriet, 2018).

Kafeinli burun spreynin egzersiz performansı üzerindeki etkinliğinin incelendiği bir çalışmada egzersiz performansının artmadığı bulunmuştur. Sprey yoluyla alınan kafeinin 20 saniye sonra alınan kan örneğinde plazma kafeininde herhangi bir artış sağlamadığı görülmüştür. Sprey içerisindeki kafeinin egzersiz performansını artırmaya yetmeyecek kadar az olduğu düşünülmektedir (De Pauw, Roelands, Van Cutsem, Decroix, *et al.* 2017). Kafeinli burun spreylерinin etkinliğine dair çok az araştırma vardır ve bu alandaki literatürü genişletmek için daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir. Tekrarlanan nazal sprej dozlarını takiben plazma kafein düzeylerinin daha ayrıntılı ölçümleri, bu prosedürün etkinliğini belirleyebilir. Olumlu sonuçlar bulunursa, kafeinli burun spreylерinin birçok spor dalında, özellikle bilgi işleme ve bilişsel bileşen içeren spor dallarında uygulanabileceği düşünülebilir.

Kafeinli enerji jelleri.

Kafeinli jeller koşucular, bisikletçiler ve triatletler tarafından sıklıkla tüketilirken, plazma kafein konsantrasyonu çalışmaları henüz yapılmamıştır (Guest *et al.* 2021). Kafeinli jelin kullanıldığı iki ayrı deney çalışmasında (Cooper *et al.* 2014; Scott *et al.* 2015) katılımcılara egzersizden 60 dakika önce karbonhidrat ve kafein içeren jel verildi. Her iki çalışmada da kafeinli jellerin tüketimi aralıklı sprint performansını artırmadığı görüldü. Egzersizden 10 dakika önce kafeinli jel tüketilen bir çalışmada ise jel tüketiminden sonra egzersiz performansında önemli iyileşmeler görülmüştür (Venier *et al.* 2019a). Bu çalışmalardan yola çıkarak kafein jellerinin tüketim zamanlamasının iyi yapılması gerektiği görülmektedir. Aynı grup üzerinde farklı zamanlarda kafein jelleri tüketimi neticesinde egzersiz performansı değerlendirilmeli ve kafein jelleri için optimal zamanlama belirlenmelidir.

Kafeinli barlar.

Kafeinli jellere benzer şekilde, hiçbir çalışmanın kafeinli çubuk tüketimini takiben plazma kafein konsantrasyonunu ölçmediği görülmüştür. Kafeinli bar tüketimi sonrası emilim ve vücutta kullanımın muhtemelen kahve veya kapsül formun tüketimini taklit ettiği

düşünülmektedir (Guest *et al.* 2021). Bu alanda yapılan bir deney çalışmasında kafeinli bar tüketiminin tükenmeye kadar geçen süreyi iyileştirdiği görülmüştür (Hogervorst *et al.* 2008). Yapılan çalışma çok az olduğundan bu alanda gelecekte daha fazla çalışma yapılmaya ihtiyaç olduğu düşünülmektedir.

Kafein Alım Zamanı

Kafein tüketimindeki en önemli faktörlerden bir diğeri de “kafein alım zamanıdır”. Plazma kafein seviyeleri tipik olarak kafein tüketiminin 60. dakikasında zirve yaptığından (Karayigit *et al.* 2020; Stuart *et al.* 2005), egzersize göre kafein tüketiminin zamanlaması dikkate alınmalıdır. Kafein alımının optimal zamanlamasını belirlemek için yapılan bir çalışmada, katılımcılara egzersizden 30 dakika, 60 dakika ve 120 dakika önce 6 mg/kg kafein verilmiştir. Egzersiz öncesi kafein tüketimin egzersizden 60 dakika öncesinde olması durumunda özellikle 120 dakika önce alımla kıyaslandığında, en tutarlı ergojenik faydaları sağladığı görülmüştür (Khcharem *et al.* 2022). Egzersizden 60 dakika, 180 dakika ve 360 dakika önce 5 mg/kg kafein verilen bir çalışmada, performans artışının sadece 60 ve 180 dakika önce kafein alındığında görüldüğü sonucuna varılmıştır (Bell & McLellan, 2002). Katılımcılara egzersizden 60 dakika önce ve egzersizden hemen önce 6 mg/kg’lık kafeinin verildiği bir çalışmada ise kafenin egzersizden 60 dakika önce verilmesinin performansta önemli iyileşmeler sağladığı görülmüştür (Skinner *et al.* 2013). Egzersiz öncesinde ve egzersiz sırasında verilen kafeinin etkisini karşılaştırmak amacıyla yapılan bir çalışmada egzersizden 1 saat önce kapsül şeklinde 6 mg/kg kafein ve egzersiz sırasında her 20 dakikada bir altı doz 1 mg/kg kafein verilmiş ve iki grup arasında bir değerlendirme yapıldığında anlamlı farklılığın egzersizden önce alınan kafein ile elde edildiği görülmüştür (Cox *et al.* 2002). Ayrıca kafeinin günün hangi zamanda daha etkili olduğunu yanıtlamak amacıyla yapılan bir çalışmada da kafeinin saat 10.00’den önce yapılan egzersizde saat 10.00’den sonra yapılan egzersize göre daha etkili olduğu gözlemlenmiştir. Sabah kafeinin daha etkili olması, CYP1A2 enziminin sabahları akşama göre daha yüksek aktivite göstermesine bağlanmıştır (Pataky *et al.* 2016).

Bir başka çalışmada ise katılımcılara sakız formundaki kafein, egzersizden hemen önce, 60 dakika önce ve 120 dakika önce verilerek 30 dakikadan fazla bisiklet sürme egzersizi yaptırılmıştır. Egzersizden hemen önce verilen kafeinin bisiklet sürme performansını artırdığı görülmüştür. Bu sonucun diğer sonuçlardan farklı olma sebeplerinden ilki kafeinin sakız formunda verilmesidir. Çünkü sakız formundaki kafein kapsül formundaki kafeinden farklı olarak hemen emilir. Diğer sebep ise uygulanan egzersizin 30 dakikadan fazla sürmesidir. Egzersizden hemen önce alınan sakız formundaki kafein hemen emilerek, devam eden

egzersizde sporcuların yorulma zamanında ergojenik etki gösterip sporcuların performansını artırmış olduğu düşünülmektedir (Ryan *et al.* 2013).

Kafein tüketiminin ergojenik faydalarından bir diğeri de yorgunluk üzerine yaptığı etkidir. Özellikle uzun süreli egzersizlerde yorgunluğun sınırlayıcı bir faktör olduğu söylenebilir. Kafeinden en iyi şekilde faydalanmak için uzun süreli egzersizlerde sporcunun yorgunluğunun ortaya çıktığı süreç iyi bilinmeli ve kafein zamanlaması genel kanı olan egzersizden 60 dakika önce tüketilmelidir önerisi iyi değerlendirilmelidir. Çünkü uzun süreli egzersizlerde kafeinin egzersizden hemen önce alınması yorgunluğun ortaya çıktığı dönemde etki ederek kafeinden en iyi şekilde faydalanmayı sağlayabilir. Bu konunun incelendiği bir çalışmada egzersizin artan süresi ile kafeinin faydalarının arttığı sonucuna ulaşılmıştır (Shen *et al.* 2019). Zamanlama ile ilgili olarak sporcuların kendi stratejilerini deneme ihtiyacını vurgulayan önemli bireyler arası değişkenlik söz konusudur. Kafein alımının optimal zamanlaması kafeinin kaynağına bağlı olabilir. Daha önce belirtildiği gibi, kafein sakızları gibi bazı alternatif kafein kaynakları, kafein içeren kapsüllerden alınan kafeinden daha hızlı emilebilir. Bu nedenle, kafein takviyesi yapmak isteyen kişiler, kafein alımının zamanlamasının muhtemelen kafein kaynağından ve yapılan egzersizden etkileneceğini göz önünde bulundurmalıdır.

Kafeinin Yan Etkileri

Kafeinin tüm dünyada yaygın olarak kullanılan bir farmakolojik madde olduğu bilinmektedir. Kafeinin ergojenik etkileri dolayısıyla sporcuların kafein-tüketiminin sporcu olmayanlara göre daha fazla olduğu düşünülmektedir (Chester & Wojek, 2008; Kendall *et al.* 2014). Herhangi bir takviye alımında olduğu gibi, kafein alımı da bazı yan etkilerle ilişkilidir. Literatürde en sık bildirilen yan etkilerden bazıları taşikardi ve kalp çarpıntısı, anksiyete (Childs *et al.* 2008; Rétey *et al.* 2007), baş ağrılarının yanı sıra uykusuzluk ve uyku kalitesinin bozulması (Pallarés *et al.* 2013; Ramos-Campo *et al.* 2019) ile kas ağrısı, artan idrar çıkışı ve gastrointestinal problemlerdir. Kafein alımıyla ilişkili yan etkilerin insidansı ve şiddetindeki birincil belirleyici, kullanılan dozdur. Bu yan etkilerin bazıları düşük dozlarda (<3 mg/kg) kafein alındığında bile görülebilir (Salinero *et al.* 2014; Spriet, 2014). Ancak genel olarak, düşük dozlarda kafein alımı, çok az yan etki ile ilişkilendirilmiştir (Spriet, 2014). Yüksek kafein dozları (~9 mg/kg), daha düşük dozlarda kafein (≤3 mg/kg) ile karşılaştırıldığında uyku bozukluğu, sinirlilik, ajitasyon ve gastrointestinal problemler gibi yan etkilerde, özellikle de kafein alımına alışkın olmayan bireylerde (Pallarés *et al.* 2013), önemli bir artış ile ilişkilendirilmiştir. Kafein dozu orta düzeydeyken (3.1–6.0 mg/kg vücut kütlesi), yüksek doz

kafeine kıyasla yan etkilerle ilgili rahatsızlık azalmakta, ancak yine de devam etmektedir (Pallarés *et al.* 2013).

Konu ile ilgili yapılan bir derleme çalışmasında (de Souza *et al.* 2022) kafeinin yan etki prevalansının artan dozla birlikte arttığı ancak kas ağrısı semptomlarının düşük doz kafein ile daha fazla görüldüğü sonucuna ulaşılmıştır. Bu durum kafeinin ağrıyı azaltıcı etkisinden kaynaklanıyor olabilir. Çünkü yüksek dozda kafein alımı kas ağrısını engellerken düşük dozda kafein alımı kas ağrısını engellemeye yetmeyebilir. Ancak kafeinin ağrı azaltıcı etkisi 6 mg/kg'ın dozlarda oluşan diğer yan etkileri telafi etmemektedir (de Souza *et al.* 2022)6. Yine aynı derleme çalışmasında uykusuzluk semptomunun da kas ağrısı semptomuna benzer şekilde sonuçlandığı görülmüştür. Bunun sebebi olarak ise öğleden sonra/akşam yapılan çalışmalarda düşük doz, sabah yapılan çalışmalarda yüksek doz kafein kullanılması gösterilmiştir. Öğleden sonra/akşam yapılan çalışmalar uyku saatine daha yakın olduğu için bu çalışmalarda uygulanan düşük doz protokolü, uykusuzluğu tetiklemiş görünmektedir.

Kafeinin ergojenik etkisinin büyüklüğü 3-9 mg/kg aralığında benzer olduğundan, mevcut veriler ergojenik faydaları korurken istenmeyen yan etkilerin varlığını azaltmak için ~3 mg/kg dozda kafein takviye protokollerinin kullanılmasının uygunluğunu göstermektedir.

Ayrıca, kafein metabolizması ile ilgili genlerdeki polimorfizmler ve merkezi sinir sisteminde kafein kaynaklı stimülasyon ile ilişkili yola katılanlar, kafein alımındaki yan etkiler ile ilişkili olabilir. Bununla birlikte kafein alışkanlığı da kafeinin yan etkilerinin görülme riskini değiştirebilir. Bu yüzden kafein takviyesi söz konusu olduğunda, duruma göre bireysel bir yaklaşım sergilenmelidir, çünkü performansı artırma potansiyeli (yarar) yan etkilerle (zarar) dengelenmelidir.

Kafein ve Doping

Dünya Doping Mücadele Kanunu'na göre, bir maddenin spor müsabakaları öncesinde veya sırasında kullanımı; spor performansındaki artıştan faydalanmak, sağlığını tehlikeye atmak veya sporun ruhunu ihlal etmek olarak belirtilen 3 kriterden 2'sini karşıladığında yasaklanmalıdır (Kono, 1998).

Kafein, birçok yiyecek ve içecekte (örneğin çikolata, kahve, çay) doğal olarak oluşan bir bileşiktir veya birçok içeceğe, diyet takviyesine ve reçetesiz ilaçlara eklenebilir. Bu nedenle sporcular kafeini alışılmış diyetlerinin (sosyal kullanım) bir parçası olarak alabilecekleri gibi, yarışma sırasında fiziksel bir avantaj elde etmek amacıyla (doping denemeleri) de tüketebilirler, bu da sporun ruhunun ihlali anlamına gelebilir. Sosyal kullanımının yaygın olması sebebiyle kafein, spor organizasyonları ve doping mücadele otoriteleri tarafından değerlendirilmesi

gereken en tartışmalı maddelerden biridir. Spor müsabakalarında kafeinin suistimaline bağlı olarak (Delbeke & Debackere, 1984), bu madde 1984 yılında bir doping ajanı olarak listelenmiştir. Doping suçu, idrarda kafein konsantrasyonunun 15 µg/ml'yi aşması olarak tanımlanmıştır. 1985'te ise eşik 12 µg/ml'ye düşürülmüştür (Van Thuyne & Delbeke, 2006).

Sporda kafeinin sosyal kullanımı ile kötüye kullanımı arasında ayırım yapmak için idrar eşığının yetersizliği, Dünya Anti-Doping Ajansı'nı (WADA) Ocak 2004'te kafeini yasaklar listesinden çıkarmaya zorlamıştır. WADA, 2004 yılında kafeinin “kontrollü” bir madde olarak sınıflandırmasını kaldırarak, sporcular tarafından kafein kullanımına olan ilginin yeniden artmasına yol açmıştır. Bununla birlikte, kafein hala WADA tarafından izlenmektedir ve sporcular, birkaç saat içinde performansı arttırdığı bildirilen alımın üç katından fazla bir miktara denk gelen (Spriet, 1995, 2014) ve ağızdan alınan 10 mg/kg'a tekabül eden 12 µg/ml idrar sınırının altında bir idrar kafein konsantrasyonunu sürdürmeye teşvik edilmektedir.

Yorgunluk

Yorgunluk terimi, mental performansın veya fiziksel performansın düşmesi olarak ifade edilen, bir kasın ürettiği kuvvet ve/veya güç miktarındaki azalmayla bağlantılı performans düzeyindeki düşüş olarak tanımlanmaktadır (Billat, 2001). Aynı zamanda yorgunluk “*çalışma ya da değişik nedenlerle bireyin ruhsal ve bedensel etkinlikler açısından verimlilik düzeyinin azalması*” şeklinde açıklanmaktadır (Ergen, 2002). Yorgunluk, merkezi sinir sistemi yorgunluğu ve periferik yorgunluk (Bircan, 2016) olarak ikiye ayrılabilceği gibi patolojik, fizyolojik ve psikolojik (Öztaşyonar, 2008) olarak da sınıflandırılabilir.

Sporda yorgunluk.

Sporcularda yorgunluk, sporcunun spor branşına özgü istemli kas hareketini yapan kas lifinin iç ortamındaki elektrolit durumu, dolaşım-solunum sistemi ve merkezi sinir sistemindeki değişiklikler ve sporcunun psikolojik durumuna kadar birçok faktörün rol aldığı multifaktöriyel bir olaydır. Bu olay sporcunun performansında düşüşe sebep olabilmektedir. Yoğun aktivite ile kas performansındaki düşüş, kasın en yaygın olarak tanınan özelliklerinden biridir (Allen *et al.* 2008). Laktik asit; yüksek enerji talebi, enerji ihtiyacının hızlı dalgalanmaları ve yetersiz O₂ arzı koşulları altında kasta oluşur ve birikir. Yorgunluğa kadar sürdürülen yoğun egzersiz sırasında biriken laktik aside bağlı olarak, kas pH'ı yaklaşık 6.4-6.6'ya düşer. Bu durumda kas içi yüksek H⁺ iyon konsantrasyonuna sahiptir. Kuvvet üretimindeki azalma doğrudan buna bağlı olmamakla birlikte kasta depo edilen fosfokreatin (PCr) seviyesi ile ilgilidir. PCr'nin kullanılmasını sağlayan fosfofrüktokinaz enzimi yüksek H⁺ konsantrasyonu ile inhibe edilebilir ancak AMP ve ADP aktivatörlerindeki artışlarla bu inhibisyonun yeterince üstesinden gelinir.

Yüksek bir H^+ konsantrasyonu, kreatin kinaz dengesi üzerindeki doğrudan bir etkiyle ve dolaylı olarak ADP'deki bir artışla PCr'yi azaltacaktır. Asidozun, glikoliz ve PCr seviyesi üzerindeki etkisi, ADP yeniden fosforilasyon hızının azalmasına neden olacaktır ve ADP'nin kasılan kas lifinde sabit durum seviyesinin üzerinde geçici olarak arttığı ileri sürülmektedir. Ayrıca Na-K-ATPaz fonksiyonunun, kas hücre zarı üzerinde değişen bir iyonik denge ile sonuçlanan ADP artışı ile bozulduğu ileri sürülmektedir. Bu nedenle, kas yorgunluğunun, aktivasyon sürecinde veya uyarma/kasılma eşleşmesinde bir blokla sonuçlanan yetersiz ADP yeniden fosforilasyon hızından kaynaklandığı düşünülmektedir (Sahlin, 1986). Aynı zamanda yorgunluk, kas liflerinin aerobik kapasitesini aşan bir ATP üretim hızı gerektiren fiziksel aktiviteler sırasında hızla gelişir. Bu nedenle, bu tür yorgunluk, anaerobik metabolizma tarafından üretilen ATP ihtiyacı ile yakından ilişkilidir. Tek kas lifleri üzerinde yapılan deneyler, bu tip akut yorgunluk sırasında kuvvet azalmasının altında yatan üç bileşenden birinin sarkoplazmik retikulumdan Ca^{2+} salınımının azalması olduğunu belirtmiştir (Allen *et al.* 2008; Tarnopolsky & Cupido, 2000). İskelet kası liflerindeki kasılma mekanizması, sarkoplazmik retikulumdan salınan Ca^{2+} iyonları tarafından aktive edilir. Bu yüzden Ca^{2+} salınımının azalması yorgunluğa sebep gösterilebilmektedir.

Laktat

Laktatın, laktik asit ile aynı anlamda kullanılabilecek bir tabir olduğu söylene de (Şahin, 2005) bu kelimeler birinden farklı anlamlar taşımaktadır. Laktik asit ve laktat kelimelerinin birbiri yerine kullanılabileceği bilgisinden yola çıkılarak bu çalışmada iki ifade zaman zaman birbiri yerine kullanılmıştır. Laktik asit kimyasal formülü $C_3H_6O_8$ olan bir asittir. Laktat ise laktik asidin tuzu olarak bilinmektedir. Laktik asit H^+ saldıgı zaman geri kalan kısım Na^+ ve K^+ ile tuz formunda birleşir (Günay, 2008). Aynı zamanda laktat, aktivite neticesinde vücutta oluşan organik bir bileşiktir. Laktat, 1780 yılında İsviçre'de yaşayan bir bilim insanı olan Carl Wilhelm Scheele tarafından fark edilmiş olup $CH_3CHOH-COOH$ şeklinde kimyasal gösterime sahiptir (Şahin, 2005).

Plazma laktat düzeyinin normal aralığı 0,5 ile 1,5 mmol/L arasındadır. Plazma laktat konsantrasyonunun 4 mmol/L'den daha yüksek olması durumu ise laktik asidoz olarak adlandırılmaktadır. Laktik asit üretimi laktik asit atılımını aştığında laktik asidoz ortaya çıkar. Bu durum temel olarak artmış bir laktat üretimi veya azalmış bir laktat kullanımı sonucu ortaya çıkar (Bakanli *et al.* 2022).

Periferik kas yorgunluğu, çeşitli mekanizmalar ile ilişkilendirilmiş olsa da literatürde geleneksel olarak kan laktat konsantrasyonunun ve hidrojen iyonu (H^+) birikiminin rolünden bahsedilmiştir (Deutsch *et al.* 1998; Mohr *et al.* 2003, 2004). Ancak yorgunluğun

mekanizmasının, büyüklüğü ve zamansal modelinin, yapılan iş ile ilgili olduğu unutulmamalıdır (Hampson *et al.* 2001; Millet & Lepers, 2004).

Kan laktat düzeylerinin yükselmesiyle ortaya çıkan laktik asidoz, sporcuda yorgunluk hissinin oluşmasına sebep olmaktadır. Yorgunluk, sporcunun performansını kısıtlayan bir faktör olduğundan sporcuların yorgunluklarını en aza indirmek ve oluşan yorgunluğun en hızlı şekilde giderilmesini sağlamak spor performansı açısından önemlidir.

Anaerobik Performans

Enerji üretimi aerobik ve anaerobik olmak üzere iki farklı şekilde gerçekleştirilebilir. Anaerobik güç ve kapasiteye ihtiyaç duyulduğunda, enerji üretimi anaerobik enerji sisteminden üzerinden üretilir. Anaerobik enerji sisteminde oksijen olmaksızın enerji üretimi gerçekleştirilir (Günay *et al.* 2006).

Anaerobik performans tabiri, kısa süreli ve yüksek şiddetteki kas aktivitelerini ifade etmek amacıyla kullanılmaktadır (MacDougall & Wenger, 1991). Aynı zamanda literatürde; “mekanik güç, anlık güç, anaerobik güç, ortalama güç, kısa süreli güç, laktasit güç, alaktasit güç, maksimal güç, lokal kas dayanıklılığı, anaerobik kapasite ve anaerobik çalışma kapasitesi” gibi terimler anaerobik performansı ifade etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Güzel, 2022).

Anaerobik performans özellikle kısa süreli ve patlayıcı güç gerektiren spor branşları için büyük önem arz etmektedir. Bugüne kadar nerdeyse bilinen tüm spor branşlarında; hentbol, futbol, basketbol, buz hokeyi ve Amerikan futbolu vb. takım sporlarının baskılı savunma ve ani atak geliştirme durumlarında, güreş, kayak, tenis, jimnastik, kısa mesafe koşuları (100 m, 200 m) ve kısa mesafe yüzme branşı (50 m, 100 m) ile orta mesafe koşularının bitişe yakın ataklarında, atma ve atlama sporları gibi daha birçok spor dalında ani ve yüksek şiddetli güç oluşumu gerektiği için anaerobik performansın büyük önem arz ettiği ifade edilmektedir (Özkan *et al.* 2011).

Anaerobik performans, anaerobik güç ve anaerobik kapasite olmak üzere iki bileşenden oluşmaktadır (Sutton *et al.* 2000). Kısa süren ve yüksek şiddetteki kas aktivitelerinde fosfojen kullanma yeteneği ve bir sporcunun patlayıcı şeklinde olan yüklenmelerde enerjisini bir birim zamanda güce çevirebilme yeteneği anaerobik güç olarak tanımlanmaktadır (Bencke *et al.* 2002; Fox *et al.* 1989; Inbar *et al.* 1996; Rogers, 1990). Anaerobik glikoliz ve fosfojen sisteminin bileşiminden elde edilen toplam enerji miktarı ve üretilen gücün belirli bir zaman diliminde korunabilmesi ise anaerobik kapasite olarak tanımlanmaktadır (Bencke *et al.* 2002; Inbar *et al.* 1996; Rogers, 1990).

Wingate Anaerobik (WAnT) Güç Testi

Anaerobik performans, kısa sürede bitirilen ve patlayıcı kuvvete ihtiyaç duyulan spor branşları için büyük önem ifade etmektedir. Sporcuların sahip olduğu anaerobik gücün doğru olarak değerlendirilmesi çok önemlidir. Çünkü antrenör ve spor uzmanları, sporcuları çalıştırırken bu değerlendirme neticesinde sporcunun sahip olduğu güç ve kapasiteye yönelik antrenman programları hazırlayarak sporcuların anaerobik performansını artırabilmektedir (Özkan *et al.* 2010).

Mevcut literatüre göre; anaerobik performansı değerlendirebilen yaklaşık yirmi geçerli ve güvenilir test vardır (Bulbulian *et al.* 1996). WAnT da anaerobik performansı değerlendirebilen testlerden biridir. WAnT, 1970'li yılların başında Wingate Enstitüsü tarafından geliştirilmiş olup 1974 yılından sonra bütün dünyada kullanılmaya başlanan bir test olarak tarihteki yerini almıştır (Inbar *et al.* 1996). Yapılan araştırmalarda anaerobik güç ve kapasiteyi değerlendirmek amacıyla yaygın olarak kullanıldığı bilinen WAnT'ta anaerobik enerji sistemlerinin, kullanılan enerjinin %70-80'ini oluşturduğu tahmin edilmektedir.

WAnT'ın avantajları (Özkan *et al.* 2010) arasında;

- Her yerde bulunabilecek pahalı olmayan araç ve gereçle yapılabilmesi,
- Basit, emniyetli ve objektif olması,
- Özel bir beceri gerektirmemesi,
- Her yaş, cinsiyet, farklı spor branşlarında ve fiziksel uygunluk düzeyine sahip kişilere bunun yanı sıra alt ekstremitelere olduğu kadar üst ekstremitelere uygulanabilir olması,
- Kas gücünü biyokimyasal, histokimyasal ve fizyolojik ölçütlerden bağımsız olarak indirekt olarak belirlenmesi,
- Kasın maksimal gücü, dayanıklılığı ve yorgunluğu hakkında bilgi vermesi gibi faktörler yer almaktadır.

Wingate anaerobik güç testi protokolü.

WAnT, anaerobik performansın hem laktasit (ortalama güç) hem de alaktasit (zirve güç) bileşeni hakkında bilgi verebildiği bilinen ve anaerobik özelliği belirlemeye yönelik olan testlerden bir tanesidir. WAnT, 30 saniye sürmektedir. Sabit bir yüke karşı, maksimal hızda pedal çevirmeye dayanmaktadır. Uygulanacak sabit yük ise en yüksek mekanik gücü sağlayacak şekilde kişinin vücut ağırlığına göre önceden belirlenmektedir. 30 saniye boyunca her beş saniyede bir pedal dönüş sayıları tespit edilmektedir.

“Bu testin sonunda anaerobik performansı ifade eden veriler tanımlanır (Ural Demirci, 2013):

- a) *Pik güç (PG): Herhangi bir beş saniyede erişilebilen en yüksek mekanik güçtür. Bu da genellikle ilk 5 saniyedeki güç olmaktadır.*
- b) *Minimum güç (MG): Herhangi bir beş saniyede erişilebilen en düşük mekanik güçtür. Bu da genellikle son beş saniyedeki güç olmaktadır.*
- c) *Ortalama güç (OG): 30 saniye boyunca meydana getirilen ortalama güçtür.*
- d) *Yorgunluk indeksi (Yİ): Test sırasındaki güç azalmasını yüzde olarak gösterir. Herhangi bir beş saniyede meydana getirilen en yüksek güç (PG) ile en düşük güç arasındaki farkın pik güce bölünmesiyle bulunur.*
- e) *Anaerobik kapasite (AK): 30 sn süresinde meydana getirilen toplam iştir” (Ural Demirci, 2013, ss. 11-12).*

Meta Analiz

Meta analiz, farklı sonuçları analiz etmenin ve birleştirmenin geçerli, nesnel ve bilimsel bir yöntemidir. Genellikle, daha güvenilir sonuçlar elde etmek için, çoğunlukla yüksek düzeyde kanıta sahip olan randomize kontrollü çalışmalar (RKÇ) üzerinde bir meta analiz yapılır (Uetani *et al.* 2009). 1999'dan beri, çeşitli makaleler, RKÇ'lerin meta analizlerini raporlamak için kılavuzlar sunmuştur. Meta analizlerin Raporlama Kalitesi (QUORUM) ifadesinin (Moher *et al.* 1999) ve Cochrane Library'nin Metodoloji Kaydı gibi kayıtların ortaya çıkmasının ardından, çok sayıda sistematik literatür taraması kaydedilmiştir. 2009'da Sistematik İncelemeler ve Meta Analizler için Tercih Edilen Raporlama Öğeleri (PRISMA) bildirisi (Liberati *et al.* 2009) yayınlanmış ve bu, sistematik incelemelerin ve meta analizlerin (Willis & Quigley, 2011) standartlaştırılmasına ve kalitesinin iyileştirilmesine büyük ölçüde yardımcı olmuştur. Meta analiz, ayrı çalışmaların bulgularının birleştirilmesi ve eleştirilerin yeniden gözden geçirilmesi yöntemi olduğu için tek başına yargıya güvenmekten ziyade nicel yöntemleri kullanmayı sağlar. Bu, onu literatürlerin klasik gözden geçiriminden ayırır. Yapılan bir çalışmada, RKÇ'nin meta analizi incelenmiş ve genel olarak meta analizinin 4 amacı olduğuna karar verilmiştir (Akgöz *et al.* 2004; Dawson-Saunders, 1994): 1) Örnek büyüklüğünü arttırmak suretiyle istatistiki anlamlılığı artırmak, 2) Belirli bir konuda yapılmış, birbirinden bağımsız birden çok çalışmanın sonuçları birbirine uygun düşmediği zaman belirsizlik hakkında karar vermek, 3) Etki büyüklüğünün (“effect size”) tahminlerini geliştirmek, 4) Çalışmanın başında düşünülmeyen sorulara yanıt bulmak.

Meta analiz çalışması yapılırken dahil edilen çalışmaların sonuçlarına ilişkin istatistiksel değerler birbirinden bağımsız olarak kabul edilir. Bu durumda karşılaştırma

yapmak amacıyla bu değerler ortak bir değere dönüştürülmektedir. Ortak değer etki büyüklüğü olarak adlandırılır. Etki büyüklüğü değişkenler arasındaki ilişkinin gücünü gösteren ölçüt olarak tanımlanmaktadır (Özkaya, 2021).

Etki büyüklüğünün hesaplanabilmesi için üç farklı ölçütten faydalanılmaktadır. Bu ölçütler standartlaştırılmış ortalama farkı, korelasyon katsayısı ve olasılık oranı olarak ayrılır (Pigott, 2012). Yapılan bu araştırmada deney ve kontrol grubundan oluşan çalışmalar dahil edilecektir. Deney ve kontrol grubundan oluşan çalışmaların etki büyüklüğünü hesaplamak için standartlaştırılmış ortalama farkı kullanılmaktadır. Bununla birlikte meta analiz için etki büyüklükleri farklı veri setleri ile farklı amaçlar için kullanılabilir. Farklı durumlarda kullanılabilecek etki büyüklüğü ölçümlerine ilişkin detaylı bilgiye Tablo 3.'te yer verilmiştir.

Tablo 3

Karşılaştırmalı Çalışmaların Meta Analizinde Etki Ölçütü Seçimi (White et al. 2020, akt. Uysal, 2021)

Veri Tipi	Etki Büyüklüğü Ölçütü	Açıklama
Nicel	Ortalama farkı	Tüm çalışma çıktıları aynı olduğunda uygundur.
	Ortalama oranı	Çalışmalar aynı veya farklı çıktıları rapor ettiğinde ve çıktılardaki oransal değişiklikler benzer olduğunda uygundur.
	Standartlaştırılmış ortalama farkı	Farklı çalışmalar farklı çıktıları rapor ettiğinde uygundur.
İkili	Risk farkı	Çalışmalardaki genel risk seviyesi tarafından etkilenme eğilimi varsa uygun değildir.
	Risk oranı	Genel riske göre etkilenme oranı düşük olduğunda uygundur.
	Olasılık oranı	Genel riske göre etkilenme oranı düşük olduğunda uygundur.
Kategorik	İkili sonuçlar arası ikili ölçümler	Verileri eksik kullanılır.
	Ortalama farkı	Sonucu nicel olarak ele alır. Kategoriler sıralanırsa uygun olabilir.
	Sıralı sonuçlar için olasılık oranı	Kategoriler sıralanırsa orantısal olasılık oranından tahmin edilir.
	Çok terimli çıktılar için olasılık oranı	Çok terimli logit modelinden tahmin edilen; çoklu parametreler
Sayı	Oran farkı	Genel orandan etkilenmeye eğilim varsa uygun değildir.
	Oran oranı	Genel orandan etkilenmeye daha az eğilim varsa uygundur.
Zaman Etkinliği	Sabit bir zamandan önceki olay için ikili ölçümler	Uygundur, ancak sabit süreden sonra verileri yok sayar.
	Herhangi bir zamanda meydana gelen olay için ikili ölçümler	Uygunsuz bir şekilde takip süresini göz ardı eder. Bu yüzden yaklaşıklık ve risk alma önyargısı içerir.
	Tehlike oranı	Varsayım zaman içinde sabittir. Sansür ve takip süresi sağlar.
	Diğer ölçümlerin karşılaştırılması (hayatta kalma medyanı vd.)	Meta analiz için uygundur ancak daha az kullanılır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

Yöntem

Bu araştırmada nitel araştırma yöntemi yaklaşımında meta analiz modeli tercih edilmiştir. Çalışmada herhangi bir anket/ölçek vb. kullanılmamıştır.

Meta analiz terimi, Gene Glass tarafından 1976 başkanlık konuşmasında Amerikan Eğitim Araştırmaları Derneği'ne "genel sonuçlara varmak amacıyla istatistiksel analizlerin sonuçlarının analizi" olarak tanıtılmıştır (Gene, 1976). Meta analitik çalışma iki geleneğe ayrılmaktadır: birleştirilmiş sonuçların istatistiksel öneminin testleri ve çalışmalar arasında tahminleri birleştirmek (Hedges, 1992). Kafein takviyesinin sporcuların yorgunluğu ve anaerobik performansı üzerine olan etkisinin yapılan çalışmalar neticesinde ortak bir sonucuna varılmak istenmiştir. Bu yüzden meta analizi yönteminin “çalışmalar arasında tahminleri birleştirmek” özelliğinden faydalanılmış ve çalışma yöntemi olarak meta analizi yöntemi tercih edilmiştir.

Meta analizi, farklı sonuçları analiz etmenin ve birleştirmenin geçerli, nesnel ve bilimsel bir yöntemidir (Uetani *et al.* 2009). Bu amaç doğrultusunda, Google Scholar, Pubmed, Web of Science ve ScienceDirect veri tabanlarında son 5 yıl içerisinde (2018-2022) yapılmış kafein takviyesi ile yorgunluğu değerlendiren 1160 çalışmaya ve kafein takviyesi ile anaerobik performansı değerlendiren 1114 çalışmaya ait veriler, anahtar kelime taraması ile elde edilmiştir. Anahtar kelime olarak “caffeine” “lactic acid” “sport” ve “caffeine” “wingate” “sport” kelimeleri kullanılmıştır. Kafein takviyesi ile yorgunluğu değerlendiren 13 çalışma ve kafein takviyesi ile anaerobik performansı değerlendiren 20 çalışma analize dahil edilmiştir. İncelemeler PRISMA (Sistemik İncelemeler ve Meta Analizler için Tercih Edilen Raporlama Ögeleri) tekniğine göre önerilen basamaklara göre raporlanmıştır.

Veriler, I^2 istatistiği ile ölçülen heterojenlik derecesine bağlı olarak sabit etkiler veya rastgele etkiler modelleri kullanılarak analiz edildiğinden bu kavramların da açıklanmasında fayda vardır. Sabit etkiler yaklaşımı, sabit fakat bilinmeyen sabitleri içeren bir modelin sonucu olarak tahmin edilecek etki büyüklüğü parametrelerini ele alır. Rastgele etkiler yaklaşımları, etki büyüklüğü parametrelerini bir etkiler evreninden örneklenmiş gibi ele alır ve etkilerin aşırı popülasyonunun ortalamasını ve varyansını tahmin etmeye çalışır (Hedges, 1992).

Araştırma Veri Kaynakları

Bu araştırmanın veri kaynaklarını Google Scholar, Pubmed, Web of Science ve ScienceDirect veri tabanlarında “caffeine” “lactic acid” “sport” ve “caffeine” “wingate” “sport” arama kelimeleri kullanılarak yapılan araştırma sonucunda, 2018-2022 yıllarında yayınlanmış ve araştırmanın dahil etme kriterlerini taşıyan çalışmalar oluşturmaktadır.

Araştırmaya Dahil Etme ve Araştırmadan Hariç Tutma Kriterleri

Verilerin değerlendirilmesi aşamasında kullanılan dahil etme kriterleri aşağıdaki belirtildiği şekilde düzenlenmiştir.

- İngilizce yayınlanmış çalışmalar dahil edilmiştir.
- Deneyisel araştırma makaleleri dahil edilmiştir.
- Randomize plasebo kontrollü çalışmalar dahil edilmiştir.
- Deneyin katılımcılarını insanların oluşturduğu çalışmalar dahil edilmiştir.
- Katılımcıların sağlıklı bireylerden olduğu makaleler dahil edilmiştir.
- Deneyde kafein ve plasebo gruplarının yer aldığı çalışmalar dahil edilmiştir.
- Kafein ve plasebo gruplarının müdahale sonrasında kan laktat miktarlarının açıkça belirtilmiş olduğu çalışmalar dahil edilmiştir (yorgunluk kısmı).
- Kafein ve plasebo gruplarının WAnT’ı uygulamış olması ve test sonuçlarının açıkça belirtilmiş olduğu çalışmalar dahil edilmiştir (anaerobik performans kısmı).

Verilerin değerlendirilmesi aşamasında kullanılan hariç tutma kriterleri aşağıdaki belirtildiği şekilde düzenlenmiştir.

- İngilizce olmayan çalışmalar hariç tutulmuştur.
- Deneyisel olmayan (araştırma makalesi olmayan) çalışmalar hariç tutulmuştur.
- Yorgunluk belirteci olarak laktat dışındaki bir parametreyi kullanan çalışmalar hariç tutulmuştur.
- Anaerobik performans belirteci olarak WAnT dışında bir parametre kullanan çalışmalar hariç tutulmuştur.
- Herhangi bir kronik rahatsızlığa sahip katılımcıların yer aldığı çalışmalar hariç tutulmuştur.
- Kombine takviye kullanımının olduğu çalışmalar hariç tutulmuştur.
- Çalışmada laktat ve/veya WAnT sonuçları tartışılmasına rağmen bu sonuçların açıkça belirtilmediği veya grafik olarak belirtildiği çalışmalar sonuçlardaki doğruluğun azalmaması için hariç tutulmuştur.

Veri Toplama Araçları

Bu araştırma kafein takviyesinin, sporcularda yorgunluk belirteci olan laktat ve anaerobik performans testlerinden biri olan WAnT üzerindeki etkisini görmek amacıyla yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda güncel verilere ulaşmak istendiğinden son 5 yılda yapılan çalışmalar dikkate alınmıştır. Bununla birlikte yaygın olarak tercih edilen ve bilimsel çalışmalara ulaşmak amacıyla kullanılan veri tabanları olan Google Scholar, Pubmed, Web of Science ve ScienceDirect veri toplama aracı olarak kullanılmıştır. Bu araçlar üzerinden 25.05.2022-05.12.2022 tarihleri arasında meta analizi yönteminde kullanmak amacıyla uygun çalışmaları belirlemek için incelemeler gerçekleştirilmiştir. Araştırma için Atatürk Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi'nden, 18.05.2022 tarihli oturumda E-70400699- 050.02.04-2200151951 sayılı, 2022/5 Fakülte Etik Kurulu Kararları belgesi ile 'Etik Kurul Onayı' (Ek 2) alınmıştır.

Kaynak türü olarak, akademik dergilerde yayınlanmış orijinal çalışmalar taranmıştır. Bu çalışmaya 05 Aralık 2022 tarihinden sonraki çalışmalar dahil edilmemiştir. Ulaşılan çalışmalarda yorgunluk belirteci olan laktat için birimin mmol/L cinsinden olmasına dikkat edilmiştir. Analiz yapılan diğer bir parametre olan WAnT sonuçlarının ise W veya W/kg cinsinden olmasına dikkat edilmiştir.

Süreç

Araştırmada PRISMA (Sistematik İncelemeler ve Meta Analizler için Tercih Edilen Raporlama Ögeleri) tekniğine uygun olarak literatürde yer alan çalışmaların incelenmesi ve bu verilerin analizinin yapılması süreçleri izlenmiştir. Meta analize dahil etmek amacıyla literatürde yer alan çalışmaların incelemesi belirlenen veri tabanları üzerinden ilgili arama kelimeleriyle yapılmıştır. Ulaşılan çalışmalar önce başlıklarına göre değerlendirilmiş ve başlık aracılığıyla hariç tutma kriterlerini taşıyan çalışmalar araştırmaya dahil edilmemiştir. Bunun haricindeki çalışmaların özetleri okunarak yine hariç tutma kriterleri doğrultusunda eleme yapılmıştır. Başlık ve özet okuma neticesinde uygun bulunan çalışmalar tam metin okunarak dahil etme kriterleri doğrultusunda değerlendirilmiştir. Bu inceleme neticesinde dahil etme kriterlerini karşılayan çalışmalar, bu araştırmaya dahil edilmiştir. Dahil edilen çalışmalar yorgunluk belirteci olan laktat verisini sunan ve anaerobik performans belirteci olan WAnT verisini sunan çalışmalar olarak tasniflenmiştir. Sonrasında bu veriler analiz edilmek üzere raporlanmıştır. Mevcut nicel bilgiler analiz edilerek çalışmanın analiz sonuçlarına ulaşılmıştır. Bu analiz sonuçları araştırmada kullanılmış ve bu veriler doğrultusunda tartışma ve sonuç bölümü geliştirilmiştir.

Veri Analizi

Yapılan meta analizinde yorgunluk belirtici olarak laktat miktarı (mmol/L) ve anaerobik performans çıktısı olarak WAnT (W ve W/kg) verileri kullanılmıştır. Meta analizde kafein ve plasebo grupları için ortalama, standart sapma ve katılımcı sayısı şeklindeki ham veriler çıkarılmıştır. WAnT verileri iki farklı birim (W ve W/kg) olarak sunulduğundan analiz yapılırken standartlaştırılmış ortalama fark değeri kullanılmıştır. Yorgunluk ve anaerobik performans çıktılarının meta analizi, Review Manager 5.4 (Cochrane's Software) kullanılarak yapılmıştır. Meta analizin gerçekleştirilebileceği Comprehensive Meta Analysis (CMA) gibi farklı analiz programları da mevcuttur (Şen & Yıldırım, 2020). Veriler, I^2 istatistiği ile ölçülen heterojenlik derecesine bağlı olarak sabit etkiler veya rastgele etkiler modelleri kullanılarak analiz edilmiştir. Kafein ve plasebo grupları arasındaki ortalama farklılıklar Hedges'in g 'si ve %95 güven aralıkları kullanılarak ifade edilmiştir. Etki büyüklüğü seviyesi değerlendirilirken takip eden değerler referans alınmıştır: önemsiz etki ($<0,20$), küçük etki ($0,21-0,60$), orta seviyeli etki ($0,61-1,20$), büyük etki ($1,21-2,00$), çok büyük etki ($2,01-4,00$) (Cohen, 2013). Analiz neticesinde elde edilen Forest Plot grafiklerine yönelik testleri, alt grup analizini ve kalite değerlendirmesini değerlendirmek için Review Manager sürüm 5.4 kullanılmıştır. Tüm analizler için istatistiksel anlamlılık düzeyi $p<0,05$ olarak belirlenmiştir.

Geçerlik ve Güvenirlik

Çalışma sonuçlarını birleştirmenin nicel yöntemleri ilk kez 1930'ların başlarında tanımlanmış, 1970'lerde ilgi büyümüş ve özellikle sağlık alanında ilk uygulamaları görülmüştür. Glass (1976) bu çeşit araştırmalara ilk olarak "Meta analiz" adını vermiştir. 1980'lerde Oxford'da Peto ve arkadaşlarının yoğun çalışmaları sayesinde gelişmeye başlamıştır. Hedges ve Olkin (1985) ile Petitti (1994), meta analizin istatistiksel yöntemlerini, Greenland (1987) deneysel olmayan çalışmaların meta analiz için istatistiksel yöntemleri detaylı olarak tanımlamışlardır (Akgöz *et al.* 2004). Meta analiz istatistiksel bir değerlendirme olup, belirli bir konuda yapılmış, birbirinden bağımsız, birden çok çalışmanın sonuçlarının uygun şekilde birleştirme ve elde edilen araştırma bulgularından yeniden istatistiksel analizini yapma yöntemidir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

Bulgular

Bu bölümde araştırma konusu olan kafeinin, yorgunluk belirtici olan laktat ve anaerobik performans belirtici olan WAnT üzerine etkisi ele alınmaktadır. Bu kapsamda araştırmaya dahil edilen çalışmaların bireysel etki büyüklükleri, bu etki büyüklüklerinden oluşan genel etki seviyesi ve çalışmalar arasındaki heterojenlik seviyelerine ilişkin sonuçlar bölüm içerisinde değerlendirilmektedir. Bulgular bölümünde öncelikle kafeinin kontrol grubuna karşı laktat açısından genel etki düzeyi incelenirken, sonrasında kafeinin kontrol grubuna karşı WAnT açısından genel etki düzeyi ele alınmaktadır.

Kafein Takviyesinin Laktat Üzerine Etkisi

Kafeinin laktat üzerine etkisini incelemek amacıyla yapılan araştırma süreci, bu süreç neticesinde araştırmaya dahil edilen çalışmalarla ilgili bilgiler ve yapılan analizin verileri bu başlık altında sunulmuştur.

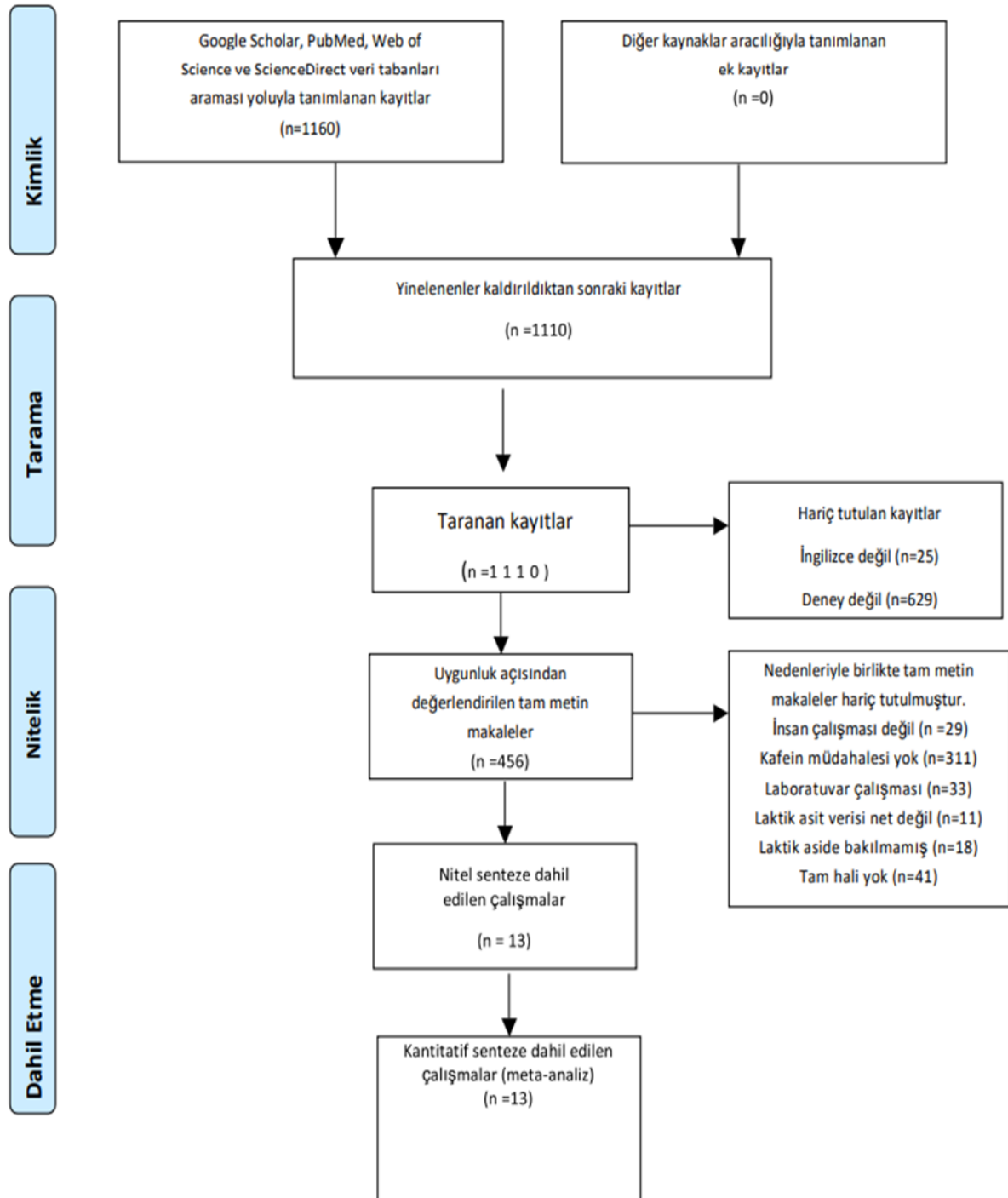
Araştırmaya dahil edilen çalışmaların belirlenmesi.

Google Scholar, Pubmed, Web of Science ve ScienceDirect veri tabanlarında son 5 yıl içerisinde (2018-2022) yapılmış kafein takviyesi ile yorgunluk belirtici olan laktik asidi değerlendiren çalışmalara ait veriler, anahtar kelime taraması ile elde edilmiştir. Anahtar kelime olarak “caffeine” “lactic acid” “sport” kelimeleri kullanılmıştır. Bu tarama neticesinde 1160 çalışma görüntülenmiştir. Yinelenen (duplike) çalışmalar çıkarıldıktan sonra 1110 çalışma kalmıştır. Bu kalan çalışmalar başlık ve özetleri okunarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda İngilizce olmayan ve deney çalışması olmayan çalışmalar hariç tutulmuştur. Şekil 3.’te “Deney değil” başlığı altında verilen sayı; derleme, kitap, kitap bölümü tarzındaki çalışmaları ve deney şeklinde yapılsa da tez, bildiri, özet bildiri şeklinde sunulduğu için araştırma makalesi olmayan çalışmaları içermektedir. Geriye kalan 456 çalışma tam metin olarak incelenmiştir. Bu çalışmalardan insan çalışması olmayan (n=29), kafein müdahalesi yapılmayan (n=311), laboratuvar ortamında gerçekleştirilen (n=33), laktik asit verisini net olarak sunmayan (n=11), laktik aside bakılmayan (n=18) ve tam haline ulaşılamayan (n=41) çalışmalar da hariç tutulmuştur. Bunların dışında kalan ve dahil etme kriterlerini karşılayan çalışmalar (n=13) araştırmaya dahil edilmiştir. PRISMA akış modeli sistematik gözden geçirme süreci için Şekil 3’te verilmiştir.

Deney çalışması olarak tasarlanan ancak müdahale olarak kafeini kullanmayan çalışmalar “kafein müdahalesi yok” başlığı altında, bitki özütü çıkarma gibi tamamen laboratuvar ortamında gerçekleştirilen çalışmalar “laboratuvar çalışması” başlığı altında, laktik asit verisine bakılmasına rağmen bu verinin analiz için gerekli olan ortalama ve standart sapma değerlerini grafik olarak sunan ve sayısal veri olarak sunmayan çalışmalar “ laktik asit verisi net değil” başlığı altında, deney olarak tasarlanmış olmasına rağmen laktik asit verisinin alınıp değerlendirilmediği çalışmalar “laktik aside bakılmamış” başlığı altında değerlendirilmiştir.

Şekil 4

Sistemik Arama ve Tarama Sürecini Detaylandıran PRISMA Diyagramı (Ek 1)



Araştırmaya dahil edilen çalışmaların özellikleri.

Yapılan tarama neticesinde dahil etme kriterlerini karşılayan 13 çalışma araştırmaya dahil edilmiştir. Bu çalışmalardan 10 tanesi (Clarke & Richardson, 2020; Diaz-Manzano *et al.* 2018; Duncan, Dobell, *et al.* 2019; Duncan, Eyre, *et al.* 2019; Filip-Stachnik *et al.* 2021; Hulton *et al.* 2020; Mor *et al.* 2020; Potgieter *et al.* 2018; Silveira *et al.* 2018; Stadheim *et al.* 2021) çalışma 2 gruplu (deney ve kontrol) dizayn edilirken 3 tanesi (Karayigit *et al.* 2020; Sarshin *et al.* 2020; Seepika *et al.* 2022) gruplu (deney 1, deney 2 ve kontrol) olarak dizayn edilmiştir. 3 gruplu olarak dizayn edilen çalışmalarda farklı dozlarda kafein takviyesi plaseboya karşı denenmiştir. Çalışmalara toplamda 228 katılımcı dahil edilmiştir. Çalışmalardan 1 tanesi (Diaz-Manzano *et al.* 2018) hariç çalışma dizaynı cross-over olarak gerçekleştirildiğinden aynı katılımcılar hem deney hem de kontrol grubu olarak çalışmada yer almıştır. Diaz-Manzano ve ark. (2018)'nın çalışmasında ise çalışma dizaynı paralel olarak belirlenmiştir. Çalışmalardan 6 tanesinde (Filip-Stachnik *et al.* 2021; Karayigit *et al.* 2020; Mor *et al.* 2020; Potgieter *et al.* 2018; Seepika *et al.* 2022; Stadheim *et al.* 2021) katılımcılar farklı branşlarda aktif olarak yer alan sporculardan, 3 tanesinde (Clarke & Richardson, 2020; Hulton *et al.* 2020; Sarshin *et al.* 2020) rekreasyonel olarak aktif olan bireylerden, 1 tanesinde (Silveira *et al.* 2018) sağlıklı erkek bireylerden, 2 tanesinde (Duncan, Dobell, *et al.* 2019; Duncan, Eyre, *et al.* 2019) antrenmanlı erkek bireylerden ve 1 tanesinde (Diaz-Manzano *et al.* 2018) askeri personelden oluşmaktadır. Çalışmalarda en yüksek kafein dozu 6 mg/kg (Karayigit *et al.* 2020; Potgieter *et al.* 2018; Sarshin *et al.* 2020; Seepika *et al.* 2022) olarak, en düşük kafein dozu ise 25 g kakao+200 mg (Mor *et al.* 2020) kafein olarak uygulanmıştır. Çalışmalarda en sık kullanılan kafein dozu ise 5 mg/kg (Duncan, Dobell, *et al.* 2019; Duncan, Eyre, *et al.* 2019; Hulton *et al.* 2020; Silveira *et al.* 2018) ve 6 mg/kg (Karayigit *et al.* 2020; Potgieter *et al.* 2018; Sarshin *et al.* 2020; Seepika *et al.* 2022) olarak bulunmuştur. Çalışmalarda 3 tanesinde (Mor *et al.* 2020; Seepika *et al.* 2022; Stadheim *et al.* 2021) kafein sıvı içerisinde, 3 tanesinde (Duncan, Dobell, *et al.* 2019; Duncan, Eyre, *et al.* 2019; Sarshin *et al.* 2020) jelatin kapsül formunda, 2 tanesinde (Clarke & Richardson, 2020; Karayigit *et al.* 2020) kahve formunda, 1 tanesinde (Potgieter *et al.* 2018) mikrokapsül formunda, 1 tanesinde (Hulton *et al.* 2020) kafeinli solüsyon şeklinde, 1 tanesinde (Filip-Stachnik *et al.* 2021) sakız formunda, 1 tanesinde (Diaz-Manzano *et al.* 2018) hap formunda uygulanmıştır ve 1 çalışmada (Silveira *et al.* 2018) ise kafein formuna dair veri bulunmamaktadır. Çalışmalarda kafein takviyesinin yapılan egzersiz neticesinde laktik asit üzerine etkisini incelemek amacıyla farklı egzersiz protokolleri uygulanmıştır. Araştırmaya dahil edilen çalışmaların özellikleri Tablo 4'te özetlenmiştir.

Tablo 4*Analize Dahil Edilen Çalışmaların Özellikleri*

(Diaz- Manzano <i>et al.</i> 2018)	Deney (n=10) Kontrol (n=10)	İspanyol Ordusu'nun yirmi erkek askeri	400 mg	Hap	7 m mesafedeki tek hedefe 5 kez ateş	Deney grubunda kontrol grubuna göre laktat daha yüksek bulunmuştur.
(Potgieter <i>et al.</i> 2018)	Deney (n=26) Kontrol (n=26)	Kadın ve erkek triathlon sporcuları	6 mg/kg	Mikrokapsül	Triatlon (1,5 km yüzme, 40 km bisiklet, 10 km koşu)	Deney grubunda kontrol grubuna göre laktat daha yüksek bulunmuştur.
(Silveira <i>et al.</i> 2018)	Deney (n=9) Kontrol (n=9)	Sağlıklı erkek birey	5 mg/kg	Veri yok	Farklı yoğunluklarda tükenmeye kadar bisiklet sürme	Deney grubunda kontrol grubuna göre laktat daha yüksek bulunmuştur.
(Duncan, Dobell, <i>et al.</i> 2019)	Deney (n=12) Kontrol (n=12)	Antrenmanlı erkek bireyler	5 mg/kg	Jelatin kapsül	Wingate anaerobik güç testi	Deney grubunda kontrol grubuna göre laktat daha düşük bulunmuştur.
(Duncan, Eyre, <i>et al.</i> 2019)	Deney (n=22) Kontrol (n=22)	Antrenmanlı erkek bireyler	5 mg/kg	Jelatin kapsül	Wingate anaerobik güç testi	Deney grubunda kontrol grubuna göre upper body ölçümlerinde laktat daha düşük, lower body ölçümlerinde daha yüksek bulunmuştur.
(Clarke & Richardson, 2020)	Deney (n=46) Kontrol (n=46)	Rekreasyonel olarak aktif kadın ve erkekler	3 mg/kg	Kahve	60 m'lik bir bisiklet ergometresinde 5 km'lik bisiklet süresi denemesi	Deney grubunda kontrol grubuna göre laktat daha yüksek bulunmuştur.
(Hulton <i>et al.</i> 2020)	Deney (n=8) Kontrol (n=8)	Rekreasyonel olarak futbol oynayan erkek bireyler	5 mg/kg	Kafeinli solüsyon	85 dakikalık bir futbol simülasyonu ve Yo-yo aralıklı dayanıklılık testi	Deney grubunda kontrol grubuna göre laktat daha yüksek bulunmuştur.
(Karayigit <i>et al.</i> 2020)	Deney 1 (n=17) Deney 2 (n=17) Kontrol (n=17)	Ragbi (n= 10), hentbol (n=4) ve futbol (n= 3) oyuncuları	3 mg/kg 6 mg/kg	Kahve	Back squat, barbell bench ve squat	Her iki deney grubunda da kontrol grubuna göre laktat daha yüksek bulunmuştur.

Tablo 4 (devamı)

(Mor et al. 2020)	Deney (n=8) Kontrol (n=8)	Antrenmanlı erkek sporcular	25 g kakao + 200 mg kafein	500 ml su içerisinde	Anaerobik sprint koşu testi	Deney grubunda kontrol grubuna göre laktat daha düşük bulunmuştur.
(Sarshin et al. 2020)	Deney 1 (n=20) Deney 2 (n=20) Kontrol (n=20)	Rekreasyonel olarak aktif erkek bireyler	3 mg/kg 6 mg/kg	Jelatin kapsül içerisinde toz	Wingate anaerobik güç testi	Her iki deney grubunda da kontrol grubuna göre laktat daha yüksek bulunmuştur.
(Stadheim et al. 2021)	Deney (n=23) Kontrol (n=23)	Elit erkek dayanıklılık sporcuları	4.5 mg/kg	Sıvı içerisinde	VO _{2max} performans testi	Deney grubunda kontrol grubuna göre laktat daha yüksek bulunmuştur.
(Filip-Stachnik et al. 2021)	Deney (n=9) Kontrol (n=9)	Erkek elit judo sporcuları	5.4 mg/kg	Sakız	4 dakikalık dövüş aktivitesi ile ayrılan iki Judo fitness testi	Deney grubunda kontrol grubuna göre laktat daha yüksek bulunmuştur.
(Seepika et al. 2022)	Deney 1 (n=8) Deney 2 (n=8) Kontrol (n=8)	İyi antrenmanlı yarı-maraton koşucuları	3 mg/kg 6 mg/kg	Sıvı içerisinde	60 dakikalık koşu	En yüksek laktat seviyesi 6 mg/kg kafein tüketen grupta sonra 3 mg/kg kafein tüketen grupta en az da kontrol grubunda bulunmuştur.

(n: birey sayısı, mg: miligram, kg: kilogram)

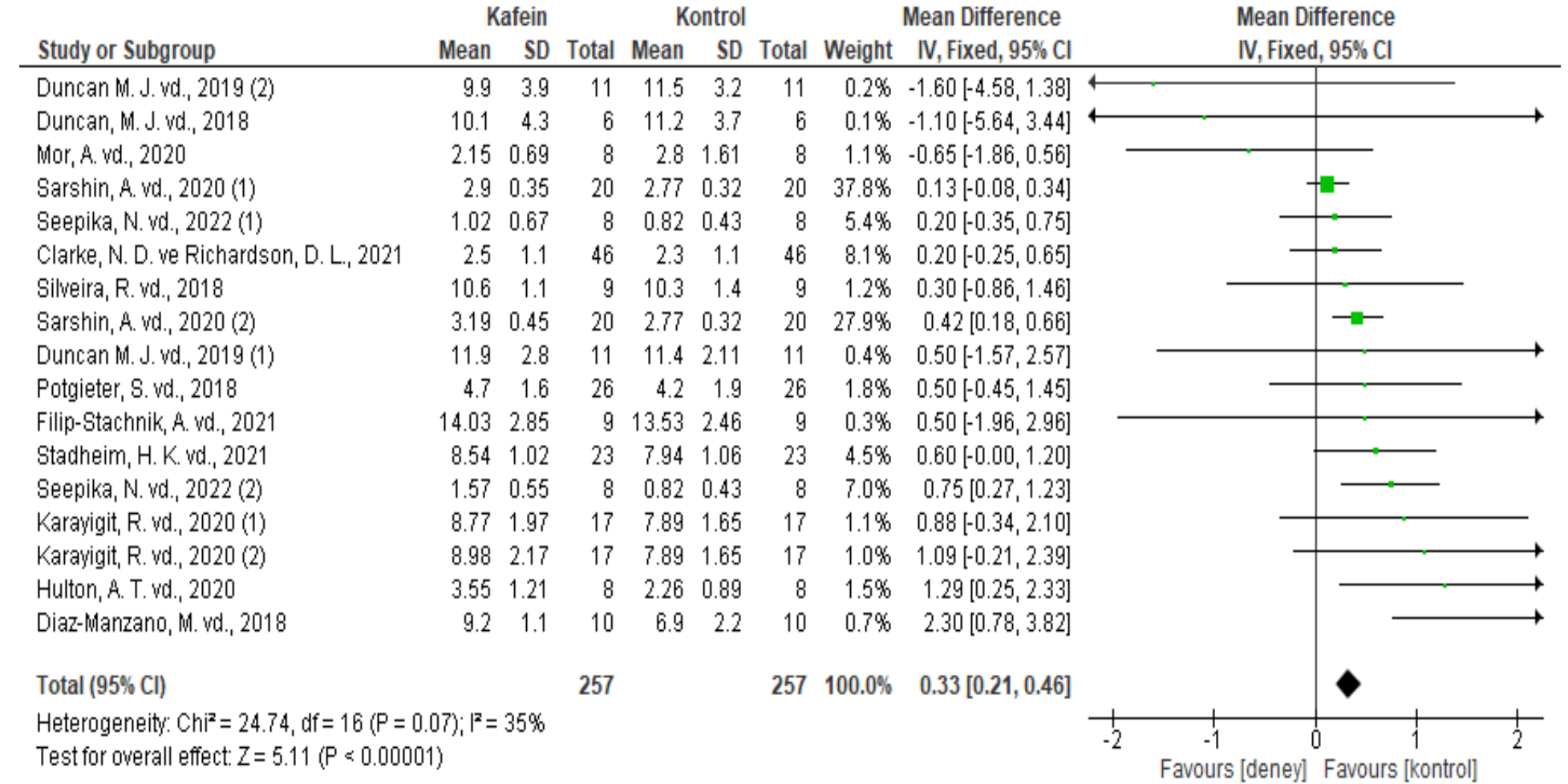
Araştırmaya dahil edilen çalışmaların analizi.

Yapılan tarama neticesinde dahil edilme kriterlerini karşılayan 13 çalışmanın etki büyüklüğü analizi yapılmıştır. Analizde kafein ve plasebo grupları için ortalama, standart sapma ve katılımcı sayısı şeklindeki ham veriler kullanılmıştır. Analiz, Review Manager 5.4 (Cochrane's Software) aracılığıyla yapılmıştır. Analize dahil edilen çalışmalardan 3 gruplu olanların deney grupları ayrı ayrı kontrol grubuyla kıyaslanmıştır. 3 gruplu çalışmaların analizinde kontrol grubu verileri her 2 deney grubunda da aynıdır. Kafeinin laktat üzerine genel etki büyüklüğü kontrol grubu açısından değerlendirildiğinde kontrol grubu lehine küçük bir etki büyüklüğü (EB=0.33 [0.21,0.46], Z=5.51 [p<0.00001]) saptanmıştır. Bu durumda laktat verisinin kontrol grubunda deney grubuna göre daha düşük olduğu söylenebilir. Çalışmalardaki en küçük etki büyüklüğü -1.60 ve en yüksek etki büyüklüğü 2.30 olarak saptanmıştır. Bu durumda kafeinin deney grubunda kontrol grubuna kıyasla laktatın daha düşük olmasını sağladığı çalışmalar var olmasına rağmen genel etki büyüklüğü açısından incelendiğinde kafeinin böyle bir etki sağlamadığı söylenebilir.

Kafeinin laktat üzerine etkisinin incelendiği 13 çalışmanın heterojenlik düzeyleri incelendiğinde ise I^2 istatistiğine göre çalışmalar arasında heterojenlik düzeyi %35 olarak bulunmuştur. Heterojenlik düzeyinin düşük olması sebebiyle “Fixed” modeli kullanılarak analiz yapılmıştır. Heterojenlik düzeyinin düşük olması sebebiyle heterojenlik kaynağını tespit etmek için modaretör analizlerine gerek kalmamıştır.

Şekil 5

Kafein Takviyesinin Laktat Üzerine Etkisinin İncelendiği Çalışmaların Etki Büyüklüğü Analizi



[Mean: ortalama, SD: standart sapma, Total: birey sayısı, I²: gerçek varyansın toplam varyansa karşılık gelen heterojeniteyi belirlemek için kullanılan istatistik,, (1): 3 gruplu çalışmaların ilk deney grubu, (2): 3 gruplu çalışmaların ikinci deney grubu]

Kafein Takviyesinin WAnT Üzerine Etkisi

Kafeinin WAnT üzerine etkisini incelemek amacıyla yapılan araştırma süreci, bu süreç neticesinde araştırmaya dahil edilen çalışmalarla ilgili bilgiler ve yapılan analizin verileri bu başlık altında sunulmuştur.

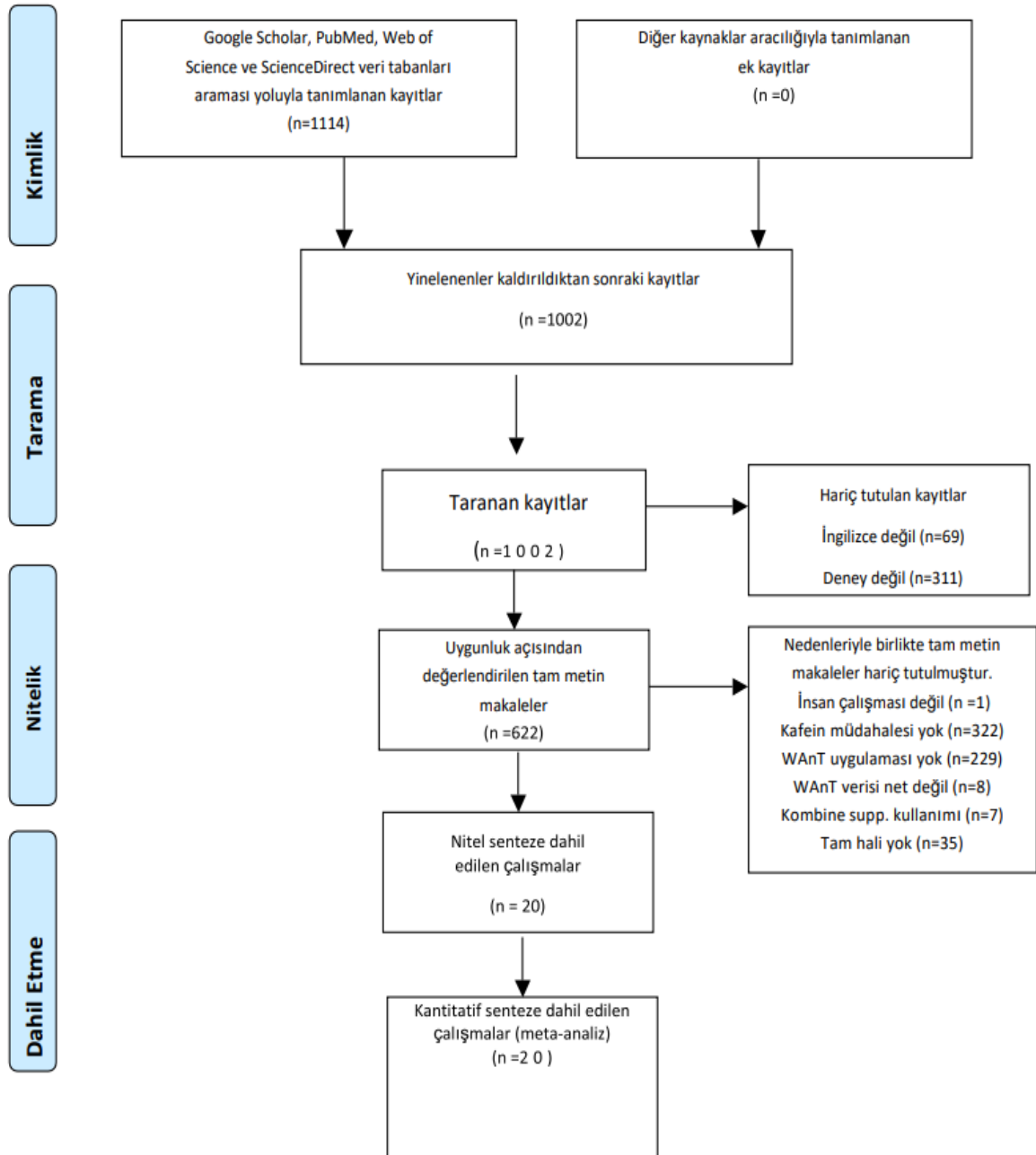
Araştırmaya dahil edilen çalışmaların belirlenmesi.

Google Scholar, Pubmed, Web of Science ve ScienceDirect veri tabanlarında son 5 yıl içerisinde (2018-2022) yapılmış kafein takviyesi ile anaerobik performansı değerlendiren çalışmalara ait veriler, anahtar kelime taraması ile elde edilmiştir. Anahtar kelime olarak “caffeine” “wingate” “sport” kelimeleri kullanılmıştır. Bu tarama neticesinde 1114 çalışma görüntülenmiştir. Yinelenen (duplike) çalışmalar çıkarıldıktan sonra 1002 çalışma kalmıştır. Bu kalan çalışmalar başlık ve özetleri okunarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda İngilizce olmayan ve deney çalışması olmayan çalışmalar hariç tutulmuştur. Şekil 5.'te “Deney değil” başlığı altında verilen sayı; derleme, kitap, kitap bölümü tarzındaki çalışmaları ve deney şeklinde yapılsa da tez, bildiri, özet bildiri şeklinde sunulduğu için araştırma makalesi olmayan çalışmaları içermektedir. Geriye kalan 622 çalışma tam metin olarak incelenmiştir. Bu çalışmalardan insan çalışması olmayan (n=1), kafein müdahalesi yapılmayan (n=322), WAnT uygulaması olmayan (n=229), WAnT verisini net olarak sunmayan (n=8), kombine supplement kullanan (n=7) ve tam haline ulaşılamayan (n=35) çalışmalar da hariç tutulmuştur. Bunların dışında kalan ve dahil etme kriterlerini karşılayan çalışmalar (n=20) araştırmaya dahil edilmiştir. PRISMA akış modeli sistematik gözden geçirme süreci için Şekil 5.'te verilmiştir.

Deney çalışması olarak tasarlanan ancak müdahale olarak kafeini kullanmayan çalışmalar “kafein müdahalesi yok” başlığı altında, WAnT uygulaması yapılmamış olan çalışmalar “WAnT uygulaması yok” başlığı altında, WAnT verisine bakılmasına rağmen bu verinin analiz için gerekli olan ortalama ve standart sapma değerlerini grafik olarak sunan ve sayısal veri olarak sunmayan çalışmalar “WAnT verisi net değil” başlığı altında, deney olarak tasarlanmış olmasına rağmen supplement olarak tek başına kafeinin kullanılmadığı çalışmalar “kombine supp. kullanımı” başlığı altında değerlendirilmiştir.

Şekil 6

Sistematik Arama ve Tarama Sürecini Detaylandıran PRISMA Diyagramı (Ek 1)



Araştırmaya dahil edilen çalışmaların özellikleri.

Yapılan tarama neticesinde dahil etme kriterlerini karşılayan 20 çalışma araştırmaya dahil edilmiştir. Bu çalışmalardan 14 tanesi (Anderson *et al.* 2018, 2020; Campos *et al.* 2022; Domínguez *et al.* 2021; Duncan, Dobell, *et al.* 2019; Grgic, Pickering, Bishop, Del Coso, *et al.* 2020; Lara *et al.* 2019, 2020, 2021; Ozan *et al.* 2022; Peterson *et al.* 2019; Ruiz-Moreno *et al.* 2022; Souissi *et al.* 2021; Sun *et al.* 2022) 2 gruplu (deney ve kontrol) olarak, 2 tanesi (Morales *et al.* 2019; Sarshin *et al.* 2020) 3 gruplu (deney1, deney2 ve kontrol) olarak ve 4 tanesi (Duncan, Eyre, *et al.* 2019; Grgic, Pickering, Bishop, Schoenfeld, *et al.* 2020; Grgic & Mikulic,

2021; Jodra *et al.* 2020) ise 4 gruplu olarak (deney 1, deney 2, kontrol 1, kontrol 2) dizayn edilmiştir. 2’den fazla olan gruplara sahip olan çalışmalarda gruplar verilen kafeinin dozuna veya katılımcıların özelliklerine göre ayrı ayrı sınıflandırılarak değerlendirilmiştir. Çalışmalara toplamda 312 katılımcı dahil edilmiştir. Araştırmaya dahil edilen çalışmaların tamamı cross-over olarak gerçekleştirildiğinden aynı katılımcı grubu hem deney hem de kontrol grubu olarak çalışmalarda yer almaktadır. Çalışmalardan 8 tanesinde (Anderson *et al.* 2018, 2020; Jodra *et al.* 2020; Lara *et al.* 2020, 2021; Morales *et al.* 2019; Ozan *et al.* 2022; Sun *et al.* 2022) katılımcılar farklı branşlarda yer alan sporculardan, 3 tanesinde (Grgic, Pickering, Bishop, Del Coso, *et al.* 2020; Grgic & Mikulic, 2021) direnç antrenmanı yapan erkek bireylerden, 3 tanesinde (Campos *et al.* 2022; Peterson *et al.* 2019; Souissi *et al.* 2021) üniversite öğrencilerinden, 2 tanesinde (Duncan, Dobell, *et al.* 2019; Duncan, Eyre, *et al.* 2019) antrenmanlı erkek bireylerden, 2 tanesinde (Lara *et al.* 2019; Sarshin *et al.* 2020) aktif bireylerden, 1 tanesinde (Ruiz-Moreno *et al.* 2022) orta derecede antrenmanlı bireylerden ve 1 tanesinde (Domínguez *et al.* 2021) gönüllü erkek bireylerden oluşmaktadır. Çalışmalarda en yüksek kafein dozu 6 mg/kg (Campos *et al.* 2022; Domínguez *et al.* 2021; Jodra *et al.* 2020; Morales *et al.* 2019; Ozan *et al.* 2022; Peterson *et al.* 2019) olarak, en düşük kafein dozu ise 200 mg (Sun *et al.* 2022) olarak uygulanmıştır. Çalışmalarda en sık kullanılan kafein dozu ise 3 mg/kg (Grgic, Pickering, Bishop, Del Coso, *et al.* 2020; Grgic, Pickering, Bishop, Schoenfeld, *et al.* 2020; Grgic & Mikulic, 2021; Lara *et al.* 2019, 2020, 2021; Ruiz-Moreno *et al.* 2022) olarak bulunmuştur. Çalışmalardan 1 tanesinde (Sarshin *et al.* 2020) 3 mg/kg ve 6 mg/kg kafein ayrı ayrı uygulanmıştır. Çalışmalardan 2 tanesinde (Peterson *et al.* 2019; Sun *et al.* 2022) kafein formu kafeinli içecek olarak, 3 tanesinde (Grgic, Pickering, Bishop, Del Coso, *et al.* 2020; Grgic & Mikulic, 2021; Ozan *et al.* 2022) toz olarak, 8 tanesinde (Campos *et al.* 2022; Domínguez *et al.* 2021; Grgic, Pickering, Bishop, Schoenfeld, *et al.* 2020; Lara *et al.* 2019, 2020, 2021; Morales *et al.* 2019; Ruiz-Moreno *et al.* 2022) kapsül olarak, 2 tanesinde (Anderson *et al.* 2018, 2020) kahve olarak, 3 tanesinde (Duncan, Dobell, *et al.* 2019; Duncan, Eyre, *et al.* 2019; Sarshin *et al.* 2020) jelatin kapsül olarak uygulanmıştır. Çalışmalardan 2 tanesinde (Jodra *et al.* 2020; Souissi *et al.* 2021) kafein formuna dair veri bulunmamaktadır. Çalışmalardan kafein takviyesinin WAnT verileri üzerine etkisi çeşitli kafein dozları ve formları ile incelenmiştir. Araştırmaya dahil edilen çalışmaların özellikleri Tablo 5’te özetlenmiştir.

Tablo 5*Analize Dahil Edilen Çalışmaların Özellikleri*

Kaynak	Katılımcılar	Katılımcıların Özelliği	Kafein Dozu	Kafein Formu	Sonuç
(Anderson <i>et al.</i> 2018)	Deney (n=9) Kontrol (n=9)	Tecrübeli bisiklet sporcuları	280 mg	Kahve	Peak power sonucu deney grubunda daha yüksek bulunmuştur.
(Duncan, Dobell, <i>et al.</i> 2019)	Deney (n=12) Kontrol (n=12)	Antrenmanlı erkek bireyler	5 mg/kg	Jelatin kapsül	Peak power sonucu deney grubunda daha yüksek bulunmuştur.
(Duncan, Eyre, <i>et al.</i> 2019)	Deney 1 (n=22) Kontrol 1 (n=22) Deney 2 (n=22) Kontrol 2 (n=22)	Antrenmanlı erkek bireyler	5 mg/kg	Jelatin kapsül	Peak power sonucu her iki deney grubunda da plaseboya kıyasla daha yüksek bulunmuştur.
(Lara <i>et al.</i> 2019)	Deney (n=11) Kontrol (n=11)	Sağlıklı aktif bireyler	3 mg/kg	Kapsül	Peak power sonucu plasebo grubunda daha yüksek bulunmuştur.
(Morales <i>et al.</i> 2019)	Deney 1 (n=5) Deney 2 (n=5) Kontrol (n=5)	Erkek triatlet	6 mg/kg	Kapsül	Peak power sonucu deney grubunda daha yüksek bulunmuştur.
(Peterson <i>et al.</i> 2019)	Deney (n=15) Kontrol (n=15)	Görünüşe göre sağlıklı üniversite çağındaki erkek bireyler	6 mg/kg	Kafeinli içecek	Peak power sonucu plasebo grubunda daha yüksek bulunmuştur.
(Anderson <i>et al.</i> 2020)	Deney (n=10) Kontrol (n=10)	Müsabık, antrenmanlı bisiklet sporcuları	280 mg	Kahve	Peak power sonucu deney grubunda daha yüksek bulunmuştur.
(Grgic, Pickering, Bishop, Del Coso, <i>et al.</i> 2020)	Deney (n=22) Kontrol (n=22)	Direnç antrenmanı yapan erkekler	3 mg/kg	Toz	Peak power sonucu deney grubunda daha yüksek bulunmuştur.
(Grgic, Pickering, Bishop, Schoenfeld, <i>et al.</i> 2020)	Deney 1 (n=13) Kontrol 1 (n=13) Deney 2 (n=9) Kontrol 2 (n=9)	Direnç antrenmanı yapan erkekler	3 mg/kg	Kapsül	Peak power sonucu her iki deney grubunda da plaseboya kıyasla daha yüksek bulunmuştur.

Tablo 5 (devamı)

(Jodra <i>et al.</i> 2020)	Deney 1 (n=8) Kontrol 1 (n=8) Deney 2 (n=10) Kontrol 2 (n=10)	Elit boks sporcuları ve rekreasyonel olarak aktif sporcular	6 mg/kg	Veri yok	Peak power sonucu her iki deney grubunda da plaseboya kıyasla daha yüksek bulunmuştur.
(Lara <i>et al.</i> 2020)	Deney (n=13) Kontrol (n=13)	İyi antrenmanlı kadın triatlet	3 mg/kg	Kapsül	Peak power sonucu deney grubunda daha yüksek bulunmuştur.
(Sarshin <i>et al.</i> 2020)	Deney 1 (n=20) Deney 2 (n=20) Kontrol (n=20)	Rekreasyonel olarak aktif erkek bireyler	3 mg/kg 6 mg/kg	Jelatin kapsül içerisinde toz	Peak power sonucu her iki deney grubunda da ortak plaseboya kıyasla daha yüksek bulunmuştur.
(Domínguez <i>et al.</i> 2021)	Deney (n=15) Kontrol (n=15)	Gönüllü erkek bireyler	6 mg/kg	Kapsül	Peak power sonucu deney grubunda daha yüksek bulunmuştur.
(Grgic & Mikulic, 2021)	Deney 1 (n=13) Kontrol 1 (n=13) Deney 2 (n=11) Kontrol 2 (n=11)	Direnç antrenmanı yapan erkekler	3 mg/kg	Toz	Peak power sonucu her iki deney grubunda da plaseboya kıyasla daha yüksek bulunmuştur.
(Lara <i>et al.</i> 2021)	Deney (n=20) Kontrol (n=20)	Kadın ve erkek sporcular	3 mg/kg	Kapsül	Peak power sonucu deney grubunda daha yüksek bulunmuştur.
(Souissi <i>et al.</i> 2021)	Deney (n=13) Kontrol (n=13)	Sağlıklı erkek beden eğitimi öğrencisi	5 mg/kg	Veri yok	Peak power sonucu deney grubunda daha yüksek bulunmuştur.
(Campos <i>et al.</i> 2022)	Deney (n=16) Kontrol (n=16)	Derece yapmış, erkek, spor bilimleri öğrencileri	6 mg/kg	Kapsül	Peak power sonucu deney grubunda daha yüksek bulunmuştur.
(Ozan <i>et al.</i> 2022)	Deney (n=20) Kontrol (n=20)	Elit boks sporcuları	6 mg/kg	Toz	Peak power sonucu deney grubunda daha yüksek bulunmuştur.
(Ruiz-Moreno <i>et al.</i> 2022)	Deney (n=15) Kontrol (=15)	Orta derecede antrenmanlı bireyler	3 mg/kg	Kapsül	Peak power sonucu deney grubunda daha yüksek bulunmuştur.
(Sun <i>et al.</i> 2022)	Deney (n=10) Kontrol (n=10)	Elit tekvando sporcuları	200 mg	Kafeinli içecek	Peak power sonucu deney grubunda daha yüksek bulunmuştur.

(n: birey sayısı, mg: miligram, kg: kilogram)

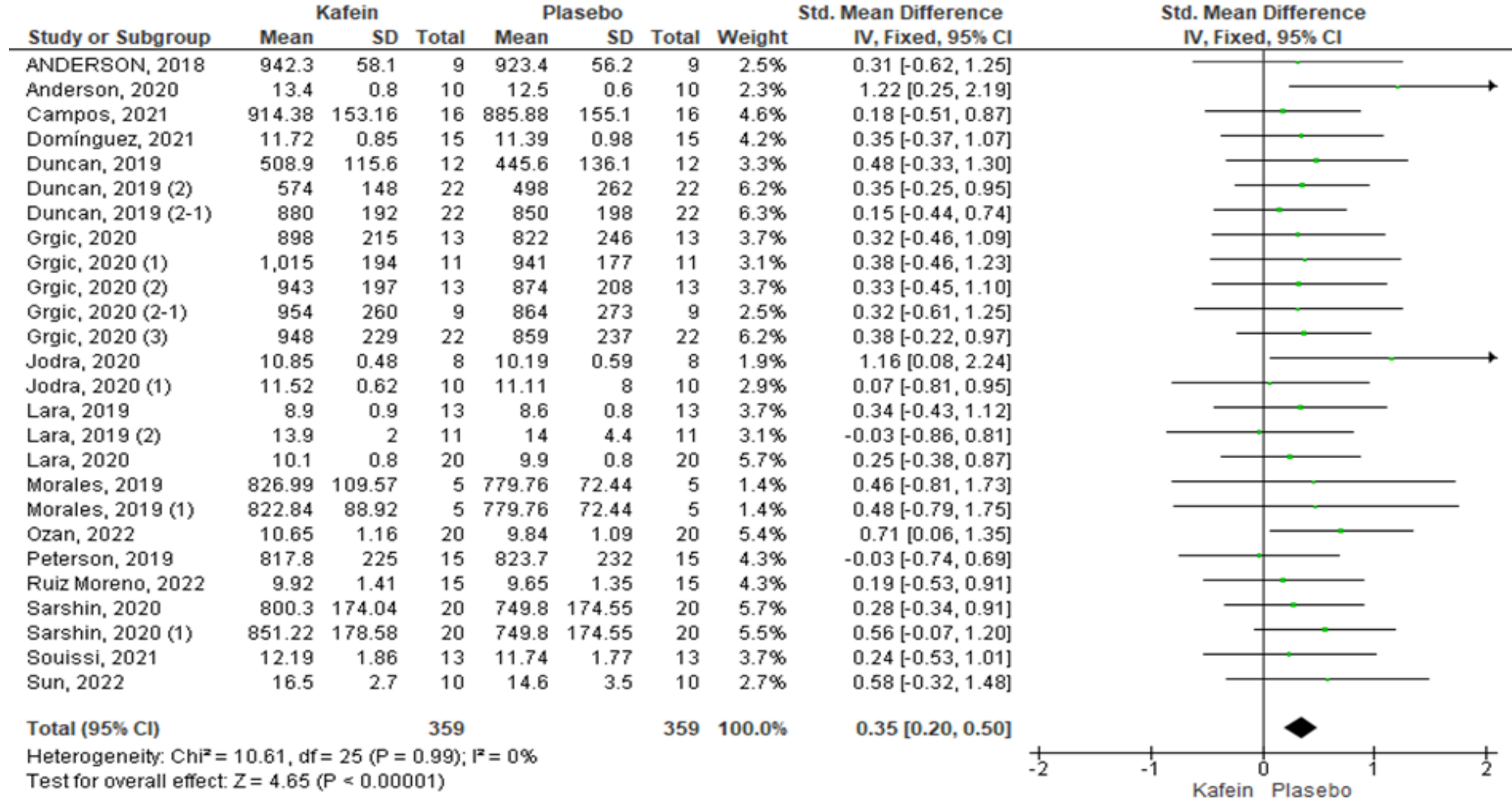
Araştırmaya dahil edilen çalışmaların analizi.

Yapılan tarama neticesinde dahil edilme kriterlerini karşılayan 20 çalışmanın etki büyüklüğü analizi yapılmıştır. Analize dahil edilen çalışmaların bazılarında peak power verisi “W” olarak verilirken bazılarında “W/kg” verilmiştir. Meta analiz yapılırken kullanılan parametrenin biriminin farklı olduğu çalışmalar bir arada analiz edileceği zaman standartlaştırılmış ortalama fark kullanıldığından analizde ortalama yerine standartlaştırılmış ortalama fark kullanılmıştır. Bu veri dışında standart sapma ve katılımcı sayısı gibi ham veriler kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir. Analiz, Review Manager 5.4 (Cochrane's Software) aracılığıyla yapılmıştır. Analize dahil edilen çalışmalardan 3 gruplu olanların deney grupları ayrı ayrı kontrol grubuyla kıyaslanmıştır. 3 gruplu çalışmaların analizinde kontrol grubu verileri her 2 deney grubunda da aynıdır. Analize dahil edilen çalışmalardan 4 gruplu olanlar kendi içerisinde Deney 1-Kontrol 1 ve Deney 2-Kontrol 2 gruplarına sahip olduğundan analizde bu iki grup ayrı ayrı girilerek değerlendirilmiştir. Kafeinin WAnT performansı üzerine genel etki büyüklüğü deney grubu lehine küçük bir etki (EB=0.35 [0.20,0.50], Z=4.65 [p<0.00001]) olacak şekilde bulunmuştur. Bu durumda WAnT-peak power verisinin deney grubunda kontrol grubuna kıyasla daha yüksek olduğu söylenebilir. Çalışmalardaki en küçük etki büyüklüğü -0.03 ve en yüksek etki büyüklüğü 1.22 olarak saptanmıştır. Bu durumda negatif etki büyüklüğünün varlığı Wingate-peak power verisinin kontrol grubunda daha yüksek olduğu çalışmaların var olduğunu gösterse de genel etki büyüklüğü açısından tam tersi bir durum söz konusudur.

Kafeinin WAnT üzerine etkisinin incelendiği 20 çalışmanın heterojenlik düzeyleri incelendiğinde ise I^2 istatistiğine göre çalışmalar arasında heterojenlik düzeyi %0 olarak bulunmuştur. Heterojenlik düzeyinin düşük olması sebebiyle “Fixed” modeli kullanılarak analiz yapılmıştır. Heterojenlik düzeyinin düşük olması sebebiyle heterojenlik kaynağını tespit etmek için modaretör analizlerine gerek kalmamıştır.

Şekil 7

Kafein Takviyesinin WAnT Üzerine Etkisinin İncelendiği Çalışmaların Etki Büyüklüğü Analizi



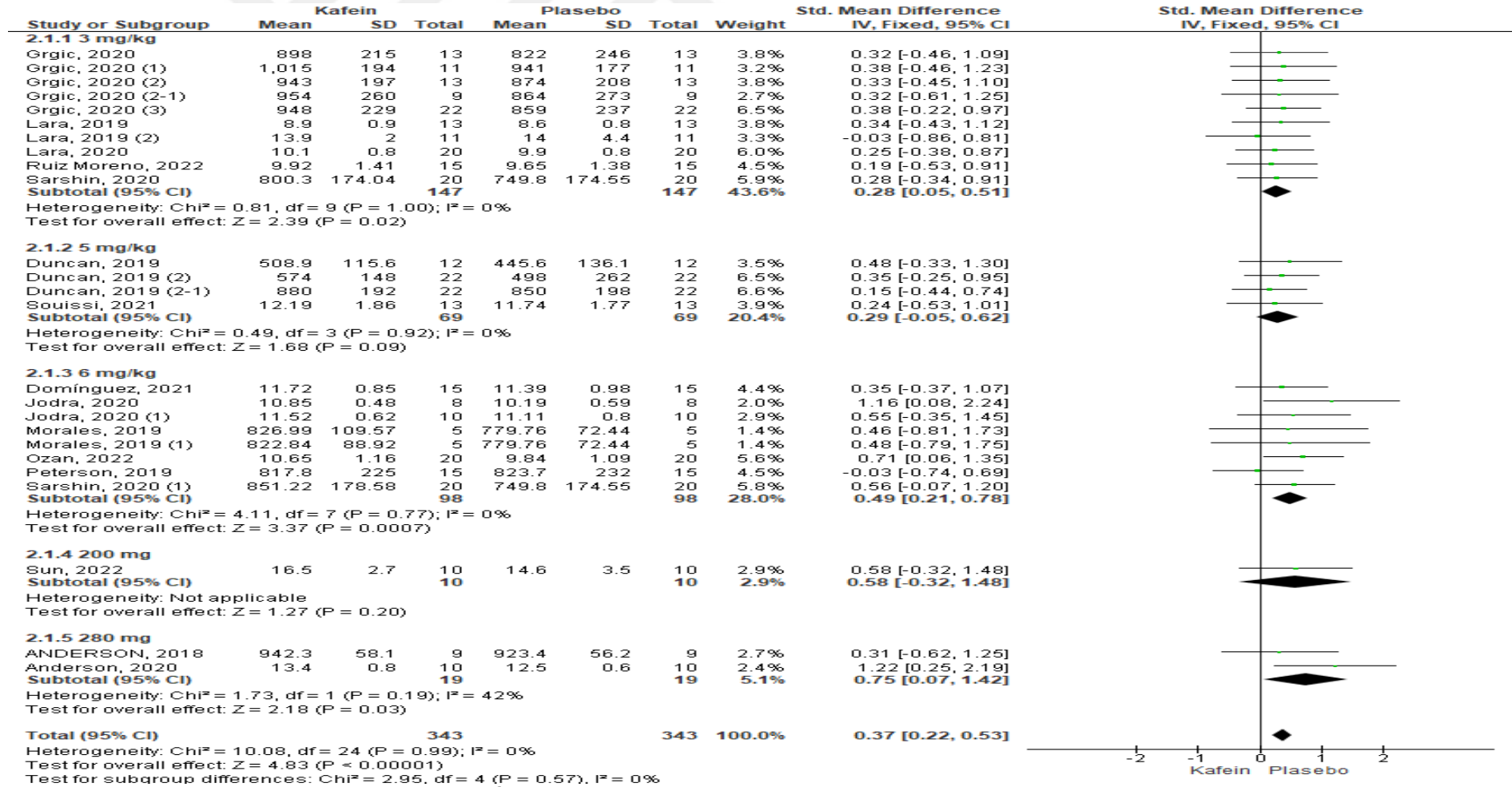
[Mean: ortalama, SD: standart sapma, Total: birey sayısı, I^2 : gerçek varyansın toplam varyansa karşılık gelen heterojeniteyi belirlemek için kullanılan istatistik, (1): 3 ve 4 gruplu çalışmaların ilk deney grubu, (2): 3 ve 4 gruplu çalışmaların ikinci deney grubu, (3): 4 gruplu çalışmaların üçüncü deney grubu]

Araştırmaya dahil edilen çalışmaların alt grup (doz) analizi.

Genel etki büyüklüğünün incelendiği analiz neticesinde kafeinin Wingate-peak power verisini iyileştirdiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuçtan yola çıkarak ve analize dahil edilen çalışmalarda kullanılan kafein dozlarının farklı olması gözetilerek en etkili dozu bulmak amacıyla alt grup analizi yapılmıştır. Analize dahil edilen çalışmalar kullanılan kafein dozuna göre sınıflanmıştır. Bu sınıflama sonucunda 3 mg/kg, 6 mg/kg, 5 mg/kg, 200 mg ve 280 mg şeklinde 5 alt grup oluşmuştur. Alt grup analizi sonrası etki büyüklüğü en yüksek çıkan doz 280 mg olmuştur. 280 mg dozda kafein kullanan 2 çalışmanın etki büyüklüğü $EB=0.75 [0.07,1.42]$, $Z=2.18 [p=0.03]$ olarak bulunmuştur. Bu dozu takiben en büyük etki büyüklüğü 1 çalışmanın dahil edilebildiği 200 mg doz uygulanması neticesinde elde edilmiştir. 200 mg dozda kafein kullanan 1 çalışmanın etki büyüklüğü $EB=0.58 [-0.32,1.48]$, $Z=1.27 [p=0.20]$ olarak bulunmuştur. Sonrasında bulunan en büyük etki büyüklüğü 8 çalışmanın dahil edildiği 6 mg/kg doz olmuştur. 6 mg/kg dozdaki çalışmaların etki büyüklüğü $EB=0.49 [0.21,0.78]$, $Z=3.37 [p=0.0007]$ olarak bulunmuştur. Heterojenite 200 mg dozun incelendiği alt grup analizinde tek çalışma olduğu için uygulanamamıştır. 280 mg dozun incelendiği alt grup analizinde heterojenite $I^2=\%42$, 6 mg/kg dozun incelendiği alt grup analizinde $I^2=\%0$ olarak bulunmuştur.

Şekil 8

Kafein Takviyesinin WAnT Üzerine Etkisinin İncelendiği Çalışmaların Alt Grup (Doz) Analizi



[Mean: ortalama, SD: standart sapma, Total: birey sayısı, I²: gerçek varyansın toplam varyansa karşılık gelen heterojeniteyi belirlemek için kullanılan istatistik, (1): 3 ve 4 gruplu çalışmaların ilk deney grubu, (2): 3 ve 4 gruplu çalışmaların ikinci deney grubu, (3): 4 gruplu çalışmaların üçüncü deney grubu]

BEŞİNCİ BÖLÜM

Tartışma ve Sonuç

Kafein, özellikle doping sınıfından çıkarıldıktan sonra sporcular açısından en çok tercih edilen ergojenik yardımcılardan biri olmuştur. Sporcular tarafından sıkça tercih edilmesi dolayısıyla etkinliğinin bilimsel açıdan ispatlanmasına gerek duyulmuştur. Kafeinin özellikle aerobik egzersizlerdeki ergojenik etkisi net olarak belirlenmişken anaerobik egzersizlerdeki etkisine yönelik güncel, net ve genelleyici bir önerinin eksikliği söz konusudur. Aynı zamanda kafeinin yorgunluk üzerinde de iyileştirici bir etkisinin olduğu düşünülmektedir. Bu etkiyi çeşitli mekanizmalarla yaptığı iddia edilmektedir. Sporcularda uzun zamandır yorgunluk belirteci olarak laktik asit kullanılmaktadır. Kafeinin laktik asit miktarı üzerindeki etkisi aracılığıyla yorgunluğa ne şekilde etki ettiği yine belirsiz olan bir konudur. Bu bölümde belirsiz olan bu iki konuya yönelik yapılan araştırma sonucunda elde edilen bulgular tartışılacaktır.

Bu araştırma için incelenmiş olan literatür, meta analitik yöntemlere ters etki gösterecek potansiyel engellerden arındırılmıştır. Çalışmada heterojenlik ile ilgili istatistiksel indekslerin tamamı yapılan analizler için elverişlidir. Araştırmaya dahil edilen çalışmalar deney ve kontrol grubundan oluşan çalışmalar olduğu için etki büyüklüğü hesaplaması yapmak amacıyla ortalama fark ve standart sapma değerleri kullanılmıştır.

Kafeinin yorgunluk üzerine olan etkisini belirlemek amacıyla laktik asit belirteci kullanılmıştır. Araştırma neticesinde kafeinin plasebo kontrollü olarak verildiği ve laktik asit miktarına bakılan 13 çalışma bu araştırmaya dahil edilmiştir. Yapılan analiz neticesinde kafein ve plasebo gruplarının yer aldığı çalışmaların etki büyüklüğü $EB=0.33$ $[0.21,0.46]$, $Z=5.51$ $[p<0.00001]$ olarak bulunmuştur. Analiz sonucunda elde edilen grafik ve matematiksel değerler yorumlandığında plasebo grubunda kafein grubuna kıyasla laktik asit değerlerinin daha düşük olduğu sonucuna varılmaktadır. Grafiğin bize sunmuş olduğu etki büyüklüğü değerinin pozitif olması sol sütunda yer alan verilerin sağ sütunda yer alan verilere göre matematiksel açıdan daha büyük olduğunu göstermektedir. Analiz yapılırken Şekil 4.'te görüldüğü üzere sol sütunda kafein grubunun sağ sütunda ise plasebo grubunun laktik asit değerleri yer almaktadır. Bu durumda istisnaları olsa da genel anlamda kafein alan grubun laktik asit değeri daha düşük çıkmamıştır.

Literatürde dahil edilme kriterlerini sağlayan bir çalışmada (Mor *et al.* 2020) 8 kişilik antrenmanlı erkek sporcular, katılımcı grubunu oluşturmaktadır. Katılımcılara ayrı ayrı zamanlarda 25 g kakao + 200 mg kafein veya plasebo verilmiştir. Takviye sonrası katılımcılar Anaerobik Sprint Testi'ni uygulamış ve test sonrasındaki kan laktat değerleri ölçülmüştür. Egzersizden 60 dakika sonra ölçülen laktat değerleri kafein alımı sonrası 2.15 ± 0.69 olarak bulunurken plasebo sonrası 2.8 ± 1.61 olarak bulunmuştur. Her iki durum arasındaki fark istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olmasa da kafein alımının egzersizden sonraki süreçte kan laktat değerlerinin daha düşük olmasını sağladığı söylenebilir. Yapılan meta analizde bu çalışmanın etki büyüklüğü $EB = -0.65 [-1.89, 0.56]$ olarak belirlenmiştir. Analiz yorumlaması için yapılan açıklamada etki büyüklüğünün pozitif olması sol sütunda yer alan verilerin sağ sütunda yer alan verilere göre matematiksel açıdan daha büyük olduğu şeklinde açıklanmıştır. Sol sütunda yer alan kafein grubunun laktik asit verileri sağ sütunda yer alan plasebo grubunun laktik asit verisinden matematiksel olarak daha düşük olduğunda etki büyüklüğü değerinin negatif çıkması bahsedilen çalışma açısından da doğrulanmıştır.

Yine dahil edilme kriterlerini karşılayan bir başka çalışmada (Duncan, Dobell, *et al.* 2019) antrenmanlı sağlıklı erkek bireylerden oluşan katılımcı grubu ayrı ayrı zamanlarda 5 mg/kg kafein veya plasebo olarak Wingate Anaerobik Performans Testi'ni gerçekleştirmiştir. Test sonrasında kan laktat değerleri ölçülerek yorgunluk durumları hakkında yorum yapılmaya çalışılmıştır. Test sonrası ölçülen kan laktat değerleri kafein alımı sonrası 10.1 ± 4.3 olarak bulunurken plasebo sonrası 11.2 ± 3.7 olarak bulunmuştur. İki grup arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı olmasa da kafein tüketiminin egzersiz sonrası kan laktat değerlerinin daha az yükselmesini sağladığı söylenebilir.

Literatürde dahil edilme kriterlerini karşılayan çalışmalar arasında kafein alımını takiben laktat değerlerinin daha düşük olduğunu gösteren çalışmalar olsa da ağırlıklı olarak tam tersi çalışmalar olduğu ve genel etki büyüklüğü sonucunun da buna bağlı olarak plasebo grubunda laktat değerlerinin daha düşük olduğu şeklinde yorumlandığı söylenebilmektedir. Dahil edilme kriterlerini karşılayan çalışmalardan birinde (Diaz-Manzano *et al.* 2018) 20 erkek asker deney ve kontrol grubu olmak üzere onar kişilik 2 gruba ayrılmıştır. Deney grubuna 400 mg kafein verilirken kontrol grubuna ise plasebo verilmiştir. Katılımcıların asker olması sebebiyle atış talimi protokolü uygulanmış ve protokol sonrasında her iki grubun da kan laktat değerleri ölçülmüştür. Kafein verilen grubun kan laktat değerleri 9.2 ± 1.1 olarak bulunurken plasebo verilen grubun kan laktat değeri 6.9 ± 2.2 olarak bulunmuştur. Deney ve kontrol grubu arasındaki bu fark kafeinin kan laktat değerlerinin egzersiz sonrası daha düşük olmasını sağlamadığı şeklinde yorumlanabilmektedir.

Araştırmaya dahil edilen bir başka çalışmada (Silveira *et al.* 2018) 9 sağlıklı erkek birey ayrı ayrı zamanlarda plasebo veya kafein takviyesi olarak farklı yoğunluklarda tükenmeye kadar bisiklet sürme egzersizi gerçekleştirmiştir. Kafein takviyesi 5 mg/kg dozda uygulanmıştır. Farklı yoğunluklardaki egzersiz sırasında katılımcıların kan laktat değerleri ölçülmüştür. Kafein alımı sonrası katılımcıların kan laktat değerleri 10.6 ± 1.1 olarak bulunurken plasebo sonrası katılımcıların kan laktat değerleri 10.3 ± 1.4 olarak bulunmuştur. Yine iki durum değerlendirildiğinde kan laktat değerleri arasındaki farklılık istatistiksel açıdan anlamlı değildir.

Araştırmaya dahil edilen başka bir çalışmada ise (Karayigit *et al.* 2020) ragbi, hentbol ve futbol oyuncularından oluşan 17 kişilik katılımcı grubunun ayrı ayrı zamanlarda farklı dozlarda kafein takviyesi veya plasebo tüketerek kan laktat değerleri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Farklı zamanlarda 3mg/kg veya 6 mg/kg dozda olacak şekilde kahve tüketen katılımcılar Back squat, barbell bench ve squat egzersizlerini gerçekleştirmiştir. Katılımcıların kan laktat değerleri egzersizden hemen sonra ölçülmüştür. Plasebo sonrası kan laktat değerleri 7.89 ± 1.65 olarak bulunurken 3 mg/kg kafein tüketimi sonrası 8.77 ± 1.97 ve 6 mg/kg kafein tüketimi sonrası 8.98 ± 2.17 olarak bulunmuştur. Kan laktat değerleri arasında anlamlı bir farklılık olmasa da farklı dozlardaki kafein tüketiminin de plaseboya kıyasla kan laktat değerlerinin yükselmesini azalttığını söylemek mümkün değildir.

Kafeinin sporcular için sağladığı çeşitli ergojenik etkiler vardır. Bu ergojenik etkilerden en belirgin olanlarından biri aerobik egzersizde yapmış olduğu iyileştirmedir (Buzdağlı *et al.* 2021). Kafeinin ergojenik etkileri çeşitli metabolik yollarla sağlanmaktadır (Rousseau *et al.* 1988; Tarnopolsky & Cupido, 2000). Yapılan bir çalışmada (Rousseau *et al.* 1988) kafein takviyesinin sarkoplazmik retikulumda yüksek iletkenlikli bir Ca^{2+} salınım kanalını aktive ettiğini göstermektedir. Tek kanallı kayıtlarda kafein, birim iletkenlikte bir değişiklik olmaksızın Ca^{2+} salınım kanalının açık kalma süresini artırmıştır. Kafein, sitoplazmik Ca^{2+} 'nın etkilerini taklit ederek, Ca^{2+} ve kafeinin neden olduğu Ca^{2+} salınım kanalı aktivitelerini, adenin nükleotitleri tarafından benzer ölçüde güçlendirmiştir. Bu çalışmadan anlaşılabileceği üzere kafein alımı Ca^{2+} salınımını hem artırmakta hem de salınım yollarının daha uzun süre açık kalmasını sağlamaktadır. Egzersiz esnasında Ca^{2+} salınımı kas kontraksiyonu için elzemdir (Lieberman *et al.* 1994). Sarkomer kas hücresinde kasılma işini yapan en küçük birimdir. Yapısını, ince ve kalın filament olarak tanımlanan, protein yapısındaki miyoflamentler oluşturur. Miyoflamentlerin yerleşim düzeni, iskelet kas hücrelerine mikroskop altında çizgili görünüm kazandırmaktadır. İnce ve kalın filamentler kayma hareketiyle kasın kasılmasını sağlar. Kayma hareketini gerçekleştirebilmek için kasın önce uyarılması gerekmektedir. Uyarılma ve kasılma

arasında bir eşleşme olmaksızın kas kasılması gerçekleşmez. Bu eşlemeyi sağlayan madde Ca^{2+} 'dır. Egzersiz esnasında Ca^{2+} salınımindaki azalma kas kasılmasını azaltır. Bu durum sporcunun yorulduğu şeklinde değerlendirilir. Kafein kalsiyum salınımı artırarak sporcunun yorulmasını geciktirir. Bu sayede sporcu daha uzun süre egzersiz performansını devam ettirebilir.

Yorgunluğun bir diğer belirtici ise kan laktat değerleridir (Sahlin, 1986). Kafeinin Ca^{2+} üzerine olan etkisi neticesinde sağladığı fayda ile sporcuların yorgunluk durumu azaltılabilmektedir. Bu durum kafeinin farklı yollar ile de bu ergojenik etkiyi sağlayıp sağlamayacağı yönündeki soruyu akıllara getirmektedir. Bu etkiyi laktat üzerinden sağlaması da mevcut literatür incelendiğinde olası bir durum olarak görülmüştür. Bu amaçla meta analitik bir yaklaşımla güncel çalışmalar incelenmiştir. Bu inceleme sonrası kafeinin kan laktat değerleri üzerine plaseboya göre azaltıcı bir etkisi olmadığı görülmüştür. Mevcut çalışma neticesinde kafeinin yorgunluk üzerine olan etkisini Ca^{2+} metabolizması yoluyla, algılanan zorluk derecesi ve ağrı hissinde azalmaya sebep olmasıyla ve periferik yorgunluğu geciktirmesiyle (Sökmen *et al.* 2008) sağladığı görülmektedir.

Kafeinin anaerobik performans üzerine olan etkisi anaerobik performansı ölçmede sıkça kullanılan bir test olan WaNT aracılığıyla belirlenmeye çalışılmıştır. Araştırma neticesinde kafeinin plasebo kontrollü olarak verildiği ve WaNT'ın uygulandığı 20 çalışma bu araştırmaya dahil edilmiştir. Yapılan analiz neticesinde kafein ve plasebo gruplarının yer aldığı çalışmaların etki büyüklüğü $EB=0.35$ $[0.20,0.50]$, $Z=4.65$ $[p<0.00001]$ olarak bulunmuştur. Analiz sonucunda elde edilen grafik ve matematiksel değerler yorumlandığında deney grubunun Wingate-peak power değerinin plasebo grubuna kıyasla daha yüksek olduğu sonucuna varılmaktadır. Grafiğin bize sunmuş olduğu etki büyüklüğü değerinin pozitif olması sol sütunda yer alan verilerin sağ sütunda yer alan verilere göre matematiksel açıdan daha büyük olduğunu göstermektedir. Analiz yapılırken Şekil 6.'da görüldüğü üzere sol sütunda kafein grubunun sağ sütunda ise plasebo grubunun peak power değerleri yer almaktadır. Bu durumda istisnaları olsa da genel anlamda kafein alan grubun plaseboya kıyasla daha iyi peak power performansı sergilediği söylenebilmektedir.

Literatürde dahil edilme kriterlerini karşılayan bir çalışmada (Ozan *et al.* 2022) katılımcı olarak elit boks sporcuları seçilmiştir. Sporcuların kafein, taurin ve kafein+taurin alımlarının WaNT sonuçlarına etkisini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada tek başına kafein verilen grubun sonuçları ve kontrol grubunun sonuçları mevcut tez çalışmasında analize dahil edilmiştir. Katılımcıların sayısı 20 olarak belirlenmiştir. Kafein veya plasebo katılımcılara WaNT yapılmadan 60 dakika önce toz formunda verilmiştir. 6 mg/kg doz kafein alımı sonrası

WAnT sonuçları incelenmiştir. Deney grubunun peak power verisi 10.65 ± 1.16 W/kg olarak bulunurken kontrol grubunun peak power verisi 9.84 ± 1.09 W/kg olarak bulunmuştur. Deney grubunun bu sonucu kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlıdır.

Dahil edilme kriterlerini sağlayan bir başka çalışmada (Ruiz-Moreno *et al.* 2022) ise orta derece antrenmanlı 15 katılımcıya 3 mg/kg kafein takviyesi verilmiştir. Kafein takviyesi veya plasebo katılımcılara WAnT uygulamasından 60 dakika önce verilerek kafeinin WAnT üzerindeki etkisi incelenmiştir. Deney grubunun peak power sonucu 9.92 ± 1.41 W/kg olarak bulunurken kontrol grubunun peak power sonucu 9.65 ± 1.35 W/kg olarak bulunmuştur. Bu 2 grup arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır. Çalışmanın yazarları bazı katılımcılarda kafeinin ergojenik etki göstermeme sebebi olarak kullanılan kafein dozu, katılımcılar arasındaki bireysel farklılıklar ve katılımcıların genetik profillerindeki farklılık olabileceğini savunmuştur.

Yine dahil edilme kriterlerini karşılayan bir çalışma (Duncan, Dobell, *et al.* 2019) incelendiğinde çalışmaya 12 kişilik antrenmanlı bireylerin dahil edildiği görülmektedir. Katılımcılara WAnT öncesi 5 mg/kg kafein veya plasebo verilerek katılımcıların performansının bu durumdan nasıl etkilendiği tespit edilmeye çalışılmıştır. Katılımcılara takviye veya plasebo egzersiz protokolü uygulanmadan 60 dakika önce verilmiştir. Katılımcıların WAnT verileri incelendiğinde deney grubunun peak power değeri 508.9 ± 115.6 W olarak bulunurken kontrol grubunun peak power sonucu 445.6 ± 136.1 W olarak bulunmuştur. Katılımcıların peak power değerleri arasındaki bu farklılık istatistiksel açıdan anlamlı olmasa da deney grubunun peak power değerinin kontrol grubundan daha yüksek olduğu söylenebilmektedir.

Kafeinin multifaktöriyel yönden etkisi incelendiğinde merkezi sinir sistemi, metabolik, hormonal, kassal, kardiyovasküler, böbrek ve akciğer üzerine etkileri olduğu görülmektedir (Sökmen *et al.* 2008). Özellikle kassal açıdan gösterdiği hız artışı WAnT performansındaki farklılığı açıklayabilecek mekanizmalardan bir tanesidir. Bununla birlikte literatürde kafeinin kısa süreli egzersizlerdeki performans artırıcı etkisini sağlayan mekanizmalar olarak artan hücre içi Ca^{2+} konsantrasyonu ve gelişmiş Na^+-K^+ ATPaz pompa aktivitesinden kaynaklanan gelişmiş kas gücü üretimi olduğu yer almaktadır (Clausen, 2003; Evans & Griffiths, 1992). Hücre içerisindeki artan Ca^{2+} konsantrasyonu özellikle kas kontraksiyonu için gerekli olan aksiyon potansiyelini sağlamada sporcuyu destekleyerek oluşan ergojenik etkiyi açıklamaktadır. Güçlü bir kas kasılma çıkışı meydana geleceği zaman, Na^+ ve K^+ 'nın elektrokimyasal gradyanını korumak önemlidir. Bu nedenle, artan Na^+/K^+ ATPaz aktivitesi ile plazma K^+ 'daki artışın önlenmesi faydalı olacaktır. Egzersiz sırasındaki plazma K^+ konsantrasyonlarının egzersiz yoğunluğuyla paralel bir artış gösterdiği göz önüne alındığında

(Lindinger, 1995), kafeinin bu etkisini yüksek yoğunluklu egzersiz sırasında daha fazla ortaya çıkarması makul görünmektedir (Davis & Green, 2009). Aynı zamanda kafeinin reaksiyon süresini kısalttığı bilinmektedir (Anselme *et al.* 1992; Jacobson & Edgley, 1987; Schneiker *et al.* 2006). Reaksiyon süresinin kısalması WAnT performansı gerçekleştirilirken sporcuya verilen direktifin daha hızlı algılanmasını ve bu uygulamadaki performans artışını destekliyor gibi görünmektedir.

Kafeinin ergojenik etkilerini aerobik ve anaerobik egzersizlere özgü olacak şekilde değerlendirmek mümkündür. Kafeinin özellikle aerobik egzersiz üzerinde ergojenik etki sağladığını gösteren çok sayıda deneysel çalışma ve meta analiz çalışması mevcuttur (Desbrow *et al.* 2012; N. Guest *et al.* 2018; Shen *et al.* 2019; Southward *et al.* 2018). Bununla birlikte kafeinin anaerobik performans üzerine etkisinin incelendiği deneysel çalışmalar (Duncan, Dobell, *et al.* 2019; Ozan *et al.* 2022; Salinero *et al.* 2019; Souissi *et al.* 2021; Sun *et al.* 2022) olsa da bu etkiyi özellikle güncel veriler ışığında ve meta analitik yaklaşımla inceleyen çalışmalar oldukça yetersizdir. Mevcut tez çalışmasında bu konudaki eksiklik yine anaerobik performansla ilişkili olan laktik asit verileriyle bir arada ve meta analitik bir yaklaşımla incelenmiştir. Yapılan araştırma neticesinde kafeinin yorgunluk üzerine sağladığı etkinin laktik asitle bir bağlantısı olmadığı görülmüştür. Anaerobik performansla ilgili olarak kullanılan WAnT uygulamasında özellikle patlayıcı güç hakkında fikir sahibi olunmasını sağlayan peak power verisi üzerine kafeinin iyileştirici bir etkisi olduğu söylenebilmektedir. Her iki veri de birleştirilerek bu tez çalışmasının sonunda kafeinin yorgunluk belirteci olan laktik asidi azaltmadan WAnT uygulamasındaki özellikle peak power sonucunu iyileştirdiği ve dolayısıyla anaerobik performans üzerine de tıpkı aerobik performansla olduğu gibi iyileştirici bir etki sağladığı söylenebilmektedir. Bu etkinin özellikle patlayıcı güç gerektiren 100 m koşu, 100 m yüzme, gülle atma, halter, masa tenisi gibi spor branşlarında sporcunun performansını artıracığı öngörülmektedir.

Öneriler

- ✓ Bu araştırma neticesinde incelenen çalışmaların etki büyüklüğü yorumlaması, kafeinin laktik asit birikimini artırdığı yönündedir. Bu durumda kafein kullanan sporcuların laktik asit artışını gözeterek bunun performanslarına olumsuz etki etmesini önlemek amacıyla laktik asit düzeylerini azaltan bir takviye ile kombine kullanım gerçekleştirmeleri önerilebilmektedir.
- ✓ Laktik asit verisini sunan çalışmaların incelenmesi neticesinde egzersiz müdahalesinin farklı egzersiz türlerine göre gruplandırılmaması nedeniyle tüm çalışmalar bir arada analiz edilmiş olup gelecekteki çalışmalarda bu

gruplandırmanın yapılarak kafein takviyesinin farklı egzersiz uygulamaları neticesinde laktik asit üzerine olan etkisinin incelenebileceği önerilebilmektedir.

- ✓ WAnT verisini sunan çalışmaların analizinde genel etki büyüklüğü aracılığıyla performansın artış gösterdiği sonucuna ulaşıldığı için özellikle WAnT performansının önemli bir belirteç olabileceği kısa süreli egzersizlerde sporculara kafein takviyesi önerilebilmektedir.
- ✓ WAnT performansında kafein dozunun önemini incelemek için yapılan alt grup analizinde en iyi etkinin sırasıyla 280 mg ve 200 mg dozda uygulamalarla sağlandığı görülse de bu dozların kullanıldığı çalışmaların nicel olarak azlığı dikkate alınmalı ve gelecekteki çalışmalarda optimal kafein dozunu tespit etmek amacıyla 280 mg ve 200 mg dozdaki uygulamalara daha sık yer verilmesi gerektiği önerilebilmektedir.

Sınırlılıklar

Bu araştırmada yapılan analiz için incelenen çalışmaların katılımcı gruplarındaki demografik özellikler incelendiğinde heterojen bir dağılım söz konusudur. Katılımcıların yaş, cinsiyet, spor yapma durumu, spor yaşı gibi özellikleri laktik asit birikimini ve WAnT performansını etkileyebileceğinden bu özelliklerin heterojen dağılımı mevcut çalışmanın sınırlılıklarındandır. Aynı zamanda mevcut araştırmaya sadece İngilizce olarak yazılmış ve bilimsel araştırma çalışması niteliği taşıyan çalışmalar dahil edilmiştir. Farklı dillerde yazılmış ve tez, bildiri, özet bildiri şeklinde yapılmış olan çalışmaların hariç tutulmuş olması mevcut çalışmanın sınırlılıklarındandır.

KAYNAKÇA

- Akgöz, S., Ercan, İ., & İsmet, K. A. N. (2004). Meta-analizi. *Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 30(2), 107–112.
- Allen, D. G., Lamb, G. D., & Westerblad, H. (2008). Impaired calcium release during fatigue. *Journal of Applied Physiology*, 104(1), 296–305.
- Anderson, D. E., German, R. E., Harrison, M. E., Bourassa, K. N., & Taylor, C. E. (2020). Real and perceived effects of caffeine on sprint cycling in experienced cyclists. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 34(4), 929–933.
- Anderson, D. E., LeGrand, S. E., & McCart, R. D. (2018). Effect of caffeine on sprint cycling in experienced cyclists. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(8), 2221–2226.
- Anselme, F., Collomp, K., Mercier, B., Ahmaidi, S., & Prefaut, C. (1992). Caffeine increases maximal anaerobic power and blood lactate concentration. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 65(2), 188–191.
- Arria, A. M., Caldeira, K. M., Bugbee, B. A., Vincent, K. B., & O’Grady, K. E. (2017). Trajectories of energy drink consumption and subsequent drug use during young adulthood. *Drug and Alcohol Dependence*, 179, 424–432.
- Bakanlı, L. I. K., Hastanes, T., Kl, H., & Korkmaz, F. (2022). Akut pankreatitli hastalarda laktat klirensinin prognostik değeri ve diğer prognostik değerlerle karşılaştırılması.
- Baktir, G., & Güler, E. C. (2018). Interactions Between Drugs And Theophilin, Theob- Romine, Caffeine Containing Foods. *Journal of Health and Natural Sciences*, 2(2), 82–96.
- Bass, S., & Inge, K. (2006). Nutrition for special populations: Children and young athletes. *Clinical Sports Nutrition; Burke, LM, Deakin, V., Eds*, 589–632.
- Bayraktar, F., & Taşkiran, A. (2019). Kafein Tüketimi ve Atletik Performans. *Journal of Health and Sport Sciences*, 2(2), 24–33. <https://dergipark.org.tr/en/pub/jhss/issue/50709/660412>
- Beaven, C. M., Maulder, P., Pooley, A., Kilduff, L., & Cook, C. (2013). Effects of caffeine and carbohydrate mouth rinses on repeated sprint performance. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 38(6), 633–637.
- Bell, D. G., & McLellan, T. M. (2002). Exercise endurance 1, 3, and 6 h after caffeine ingestion in caffeine users and nonusers. *Journal of Applied Physiology*, 93(4), 1227–1234.
- Bellar, D., Kamimori, G. H., & Glickman, E. L. (2011). The effects of low-dose caffeine on perceived pain during a grip to exhaustion task. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(5), 1225–1228.
- Bencke, J., Damsgaard, R., Saekmose, A., Jørgensen, P., Jørgensen, K., & Klausen, K. (2002). Anaerobic power and muscle strength characteristics of 11 years old elite and non-elite boys and girls from gymnastics, team handball, tennis and swimming. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 12(3), 171–178.
- Billat, L. V. (2001). Interval training for performance: a scientific and empirical practice. *Sports Medicine*, 31(1), 13–31.

- Bircan, A. (2016). *Yorgunluğun maksimal kuvvet ve çevikliğe etkisi*. doktora tezi, Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Black, C. D., Waddell, D. E., & Gonglach, A. R. (2015). Caffeine's Ergogenic Effects on Cycling: Neuromuscular and Perceptual Factors. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 47(6), 1145–1158.
- Bottoms, L., Hurst, H., Scriven, A., Lynch, F., Bolton, J., Vercoe, L., Shone, Z., Barry, G., & Sinclair, J. (2014). The effect of caffeine mouth rinse on self-paced cycling performance. *Comparative Exercise Physiology*, 10(4), 239–245.
- Bulbulian, R., Jeong, J. W., & Murphy, M. (1996). Comparison of anaerobic components of the Wingate and Critical Power tests in males and females. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(10), 1336–1341.
- Buzdağlı, Y., Tekin, A., Şıktar, E., & Eskici, G. (2021). Effect of Caffeine on Exercise Performance : Current Review. *Turkish Journal of Sport and Exercise*, 23(1), 86–101.
- Campos, Y., Lago-Rodríguez, Á., San Juan, A., Moreno-Pérez, V., Lopez-Samanes, A., Sánchez-Oliver, A., Da Silva, S., & Domínguez, R. (2022). Caffeine supplementation improves physical performance without affecting fatigue level: a double-blind crossover study. *Biology of Sport*, 39(3), 521–528.
- Chaudhary, R. D. (2014). Sports Nutrition. *International Journal of Research in All Subjects in Multi Languages*, 2(4), 40–42.
- Chesley, A., Howlett, R. A., Heigenhauser, G. J. F., Hultman, E., & Spriet, L. L. (1998). Regulation of muscle glycogenolytic flux during intense aerobic exercise after caffeine ingestion. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 275(2), R596–R603.
- Chester, N., & Wojek, N. (2008). Caffeine consumption amongst British athletes following changes to the 2004 WADA prohibited list. *International Journal of Sports Medicine*, 29(06), 524–528.
- Childs, E., Hohoff, C., Deckert, J., Xu, K., Badner, J., & De Wit, H. (2008). Association between ADORA2A and DRD2 polymorphisms and caffeine-induced anxiety. *Neuropsychopharmacology*, 33(12), 2791–2800.
- Christensen, P. M., Shirai, Y., Ritz, C., & Nordsborg, N. B. (2017). Caffeine and bicarbonate for speed. A meta-analysis of legal supplements potential for improving intense endurance exercise performance. *Frontiers in Physiology*, 8, 240.
- Clarke, N. D., Kornilios, E., & Richardson, D. L. (2015). Carbohydrate and caffeine mouth rinses do not affect maximum strength and muscular endurance performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(10), 2926–2931.
- Clarke, N. D., & Richardson, D. L. (2020). Habitual caffeine consumption does not affect the ergogenicity of coffee ingestion during a 5 km cycling time trial. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 31(1), 13–20.
- Clausen, T. (2003). Na⁺-K⁺ pump regulation and skeletal muscle contractility. *Physiological Reviews*.
- Cohen, J. (2013). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Routledge.
- Conger, S. A., Warren, G. L., Hardy, M. A., & Millard-Stafford, M. L. (2011). Does caffeine added to carbohydrate provide additional ergogenic benefit for endurance? *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 21(1), 71–84.

- Cooper, R., Naclerio, F., Allgrove, J., & Larumbe-Zabala, E. (2014). Effects of a carbohydrate and caffeine gel on intermittent sprint performance in recreationally trained males. *European Journal of Sport Science*, 14(4), 353–361.
- Costill, D. L., Dalsky, G. P., & Fink, W. J. (1978). Effects of caffeine ingestion on metabolism and exercise performance. *Medicine and Science in Sports*, 10(3), 155–158.
- Cox, G. R., Desbrow, B., Montgomery, P. G., Anderson, M. E., Bruce, C. R., Macrides, T. A., Martin, D. T., Moquin, A., Roberts, A., & Hawley, J. A. (2002). Effect of different protocols of caffeine intake on metabolism and endurance performance. *Journal of Applied Physiology*.
- Cureton, K. J., Warren, G. L., Millard-Stafford, M. L., Wingo, J. E., Trilk, J., & Buyckx, M. (2007). Caffeinated sports drink: ergogenic effects and possible mechanisms. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 17(1), 35–55.
- Davis, J. K., & Green, J. M. (2009). Caffeine and anaerobic performance. *Sports Medicine*, 39(10), 813–832.
- Dawson-Saunders, B. (1994). Basic & Clinical Biostatistics. *ALANGE Medical Book*, 42–161.
- De Pauw, K., Roelands, B., Van Cutsem, J., Decroix, L., Valente, A., Taehee, K., Lettan, R. B., Carrillo, A. E., & Meeusen, R. (2017). Do glucose and caffeine nasal sprays influence exercise or cognitive performance? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(9), 1186–1191.
- De Pauw, K., Roelands, B., Van Cutsem, J., Marusic, U., Torbeyns, T., & Meeusen, R. (2017). Electro-physiological changes in the brain induced by caffeine or glucose nasal spray. *Psychopharmacology*, 234(1), 53–62.
- De Sanctis, V., Soliman, N., Soliman, A. T., Elsedfy, H., Di Maio, S., El Kholy, M., & Fiscina, B. (2017). Caffeinated energy drink consumption among adolescents and potential health consequences associated with their use: a significant public health hazard. *Acta Bio Medica: Atenei Parmensis*, 88(2), 222.
- de Souza, J. G., Del Coso, J., Fonseca, F. de S., Silva, B. V. C., de Souza, D. B., da Silva Gianoni, R. L., Filip-Stachnik, A., Serrão, J. C., & Claudino, J. G. (2022). Risk or benefit? Side effects of caffeine supplementation in sport: a systematic review. *European Journal of Nutrition*, 1–12.
- Del Coso, J., Muñoz, G., & Muñoz-Guerra, J. (2011). Prevalence of caffeine use in elite athletes following its removal from the World Anti-Doping Agency list of banned substances. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 36(4), 555–561.
- Delbeke, F. T., & Debackere, M. (1984). Caffeine: use and abuse in sports. *International Journal of Sports Medicine*, 5(04), 179–182.
- Demura, S., Yamada, T., & Terasawa, N. (2007). Effect of coffee ingestion on physiological responses and ratings of perceived exertion during submaximal endurance exercise. *Perceptual and Motor Skills*, 105(3_suppl), 1109–1116.
- Deutsch, M. U., Maw, G. J., Jenkins, D., & Reaburn, P. (1998). Heart rate, blood lactate and kinematic data of elite colts (under-19) rugby union players during competition. *Journal of Sports Sciences*, 16(6), 561–570.
- Di Giovanni, G., Di Matteo, V., Pierucci, M., & Esposito, E. (2008). Serotonin-dopamine interaction: electrophysiological evidence. *Progress in Brain Research*, 172, 45–71. [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(08\)00903-5](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(08)00903-5)

- Diaz-Manzano, M., Robles-Pérez, J. J., Herrera-Mendoza, K., Herrera-Tapias, B., Fernández-Lucas, J., Aznar-Lain, S., & Clemente-Suárez, V. J. (2018). Effectiveness of psychophysiological portable devices to analyse effect of ergogenic aids in military population. *Journal of Medical Systems*, 42(5), 1–8.
- Dirikli, N. B., & Sakaryalı, D. (2016). Kreatin Suplementinin Spor Performansı Üzerine Olan Etkisi. *Turkiye Klinikleri J Sports Sci*, 8(2), 87–96.
- Dodd, S. L., Brooks, E., Powers, S. K., & Tulley, R. (1991). The effects of caffeine on graded exercise performance in caffeine naive versus habituated subjects. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 62(6), 424–429.
- Doherty, M., & Smith, P. M. (2004). Effects of caffeine ingestion on exercise testing: a meta-analysis. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism*, 14(6).
- Doherty, M., & 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*, 15(2), 69–78.
- Domínguez, R., Veiga-Herreros, P., Sánchez-Oliver, A. J., Montoya, J. J., Ramos-Álvarez, J. J., Miguel-Tobal, F., Lago-Rodríguez, Á., & Jodra, P. (2021). Acute effects of caffeine intake on psychological responses and high-intensity exercise performance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(2), 584.
- Drews, C. M. (2000). *Spor ve Egzersiz Psikolojisi, Physiology of Sport and Exercise Study Guide*. Human Kinetics Publishers, United States of America.
- Duman, H. İ. (2019). *Sporcuların ergojenik destek ve gıda takviyesi kullanım durumlarının incelenmesi*. Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi.
- Duncan, M. J., Dobell, A. P., Caygill, C. L., Eyre, E., & Tallis, J. (2019). The effect of acute caffeine ingestion on upper body anaerobic exercise and cognitive performance. *European Journal of Sport Science*, 19(1), 103–111.
- Duncan, M. J., Eyre, E., Grgic, J., & Tallis, J. (2019). The effect of acute caffeine ingestion on upper and lower body anaerobic exercise performance. *European Journal of Sport Science*, 19(10), 1359–1366.
- Ergen, E. (2002). *Yorgunluk ve başa çıkma yolları*. Nobel.
- Ergen, E., Demirel, H., Güner, R., Turnagöl, H., Başoğlu, S., Zergeroğlu, A. M., Ülkar, B., & Hazır, T. (2002). *Egzersiz fizyolojisi ders kitabı*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım, 3–19.
- Evans, S. M., & Griffiths, R. R. (1992). Caffeine tolerance and choice in humans. *Psychopharmacology*, 108(1), 51–59.
- Filip-Stachnik, A., Krawczyk, R., Krzysztofik, M., Rzeszutko-Belzowska, A., Dornowski, M., Zajac, A., Del Coso, J., & Wilk, M. (2021). Effects of acute ingestion of caffeinated chewing gum on performance in elite judo athletes. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 18(1), 49.
- Finger, T. E., Böttger, B., Hansen, A., Anderson, K. T., Alimohammadi, H., & Silver, W. L. (2003). Solitary chemoreceptor cells in the nasal cavity serve as sentinels of respiration. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(15), 8981–8986.
- Fox, E. L., Bowers, R. W., & Foss, M. L. (1989). *The physiological basis of physical education and athletics*. William C Brown Pub.
- Fredholm, B. B. (1995). Adenosine, adenosine receptors and the actions of caffeine. *Pharmacology & Toxicology*, 76(2), 93–101.

- Fredholm, B. B., Bättig, K., Holmén, J., Nehlig, A., & Zwartau, E. E. (1999). Actions of caffeine in the brain with special reference to factors that contribute to its widespread use. *Pharmacological Reviews*, 51(1), 83–133.
- Fredholm, B. B., Chen, J.-F., Cunha, R. A., Svenningsson, P., & Vaugeois, J.-M. (2005). Adenosine and brain function. *Int Rev Neurobiol*, 63(1), 191–270.
- Ganio, M. S., Klau, J. F., Casa, D. J., Armstrong, L. E., & Maresh, C. M. (2009). Effect of caffeine on sport-specific endurance performance: a systematic review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(1), 315–324.
- Gene, V. G. (1976). Primary, secondary, and meta-analysis of research. *Educational Researcher*, 5(10), 3–8.
- Glass, G. V. (1976). Primary, secondary, and meta-analysis of research. *Educational Researcher*, 5(10), 3–8.
- Gliottoni, R. C., Meyers, J. R., Arngrímsson, S. Á., Broglio, S. P., & Motl, R. W. (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*, 19(2), 150–161.
- Goldstein, E. R., Ziegenfuss, T., Kalman, D., Kreider, R., Campbell, B., Wilborn, C., Taylor, L., Willoughby, D., Stout, J., & Graves, B. S. (2010). International society of sports nutrition position stand: caffeine and performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 7(1), 5.
- Graham, T. E. (2001). Caffeine and exercise. *Sports Medicine*, 31(11), 785–807.
- Graham, T. E., Battram, D. S., Dela, F., El-Sohemy, A., & Thong, F. S. L. (2008). Does caffeine alter muscle carbohydrate and fat metabolism during exercise? *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 33(6), 1311–1318.
- Graham, T. E., Helge, J. W., MacLean, D. A., Kiens, B., & Richter, E. A. (2000). Caffeine ingestion does not alter carbohydrate or fat metabolism in human skeletal muscle during exercise. *The Journal of Physiology*, 529(Pt 3), 837.
- Graham, T. E., Rush, J. W. E., & Soeren, M. H. van. (1994). Caffeine and exercise: metabolism and performance. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 19(2), 111–138.
- Graham, T. E., & Spriet, L. L. (1991). Performance and metabolic responses to a high caffeine dose during prolonged exercise. *Journal of Applied Physiology*, 71(6), 2292–2298.
- Graham, T. E., & Spriet, L. L. (1995). Metabolic, catecholamine, and exercise performance responses to various doses of caffeine. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 78(3), 867–874. <https://doi.org/10.1152/jappl.1995.78.3.867>
- Greenland, S. (1987). Quantitative methods in the review of epidemiologic literature. *Epidemiologic Reviews*, 9(1), 1–30.
- Grgic, J. (2018). Caffeine ingestion enhances Wingate performance: a meta-analysis. *European Journal of Sport Science*, 18(2), 219–225.
- Grgic, J., Grgic, I., Pickering, C., Schoenfeld, B. J., Bishop, D. J., & Pedisic, Z. (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*, 54(11), 681–688.
- Grgic, J., & Mikulic, P. (2021). Acute effects of caffeine supplementation on resistance exercise, jumping, and Wingate performance: no influence of habitual caffeine intake. *European Journal of Sport Science*, 21(8), 1165–1175.

- Grgic, J., & Pickering, C. (2019). The effects of caffeine ingestion on isokinetic muscular strength: A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22(3), 353–360.
- Grgic, J., Pickering, C., Bishop, D. J., Del Coso, J., Schoenfeld, B. J., Tinsley, G. M., & Pedisic, Z. (2020). ADORA2A C allele carriers exhibit ergogenic responses to caffeine supplementation. *Nutrients*, 12(3), 741.
- Grgic, J., Pickering, C., Bishop, D. J., Schoenfeld, B. J., Mikulic, P., & Pedisic, Z. (2020). CYP1A2 genotype and acute effects of caffeine on resistance exercise, jumping, and sprinting performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 17(1), 1–11.
- Guest, N. S., VanDusseldorp, T. A., Nelson, M. T., Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Jenkins, N. D. M., Arent, S. M., Antonio, J., Stout, J. R., & Trexler, E. T. (2021). International society of sports nutrition position stand: caffeine and exercise performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 18(1), 1.
- Günay, M. (2008). *Spor fizyolojisi*.
- Günay, M., Cicioğlu, H., & Kara, E. (2006). *Egzersize metabolik ve ısı adaptasyonu*.
- Gürsoy, R., Aktaş, Ö., & Şenol, D. (2001). Beslenme Ve Besinsel Ergojenikler I: Karbonhidrat, Yağ Ve Proteinler. *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 1(2).
- Hadjicharalambous, M., Georgiades, E., Kilduff, L. P., Turner, A. P., Tsofliou, F., & Pitsiladis, Y. P. (2006). Influence of caffeine on perception of effort, metabolism and exercise performance following a high-fat meal. *Journal of Sports Sciences*, 24(8), 875–887.
- Hampson, D. B., St Clair Gibson, A., Lambert, M. I., & Noakes, T. D. (2001). The influence of sensory cues on the perception of exertion during exercise and central regulation of exercise performance. *Sports Medicine*, 31(13), 935–952.
- Hedges, L. V. (1992). Meta-analysis. *Journal of Educational Statistics*, 17(4), 279–296.
- Hedges, L. V., & Olkin, I. (1985). Statistical methods for meta-analysis, Academic Press. New York, NY.[Google Scholar].
- Higgins, S., Straight, C. R., & Lewis, R. D. (2016). The effects of preexercise caffeinated coffee ingestion on endurance performance: an evidence-based review. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 26(3), 221–239.
- Hogervorst, E. E. F., Bandelow, S., Schmitt, J., Jentjens, R. O. Y., Oliveira, M., Allgrove, J., Carter, T., & Gleeson, M. (2008). Caffeine improves physical and cognitive performance during exhaustive exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(10), 1841–1851.
- Hopkins, W., Marshall, S., Batterham, A., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine+ Science in Sports+ Exercise*, 41(1), 3.
- Hulton, A. T., Vitzel, K., Doran, D. A., & MacLaren, D. P. M. (2020). Addition of Caffeine to a Carbohydrate Feeding Strategy Prior to Intermittent Exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 41(09), 603–609.
- Inbar, O., Bar-Or, O., & Skinner, J. S. (1996). *The Wingate anaerobic test*. John Wiley & Sons.
- J. Boekema GP van Berge Henegouwen, AJPM Smout, P, M. S. (1999). Coffee and gastrointestinal function: facts and fiction: a review. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, 34(230), 35–39.
- Jacobson, B. H., & Edgley, B. M. (1987). Effects of caffeine in simple reaction time and movement time. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*.

- Jeukendrup, A. E. (2017). Periodized nutrition for athletes. *Sports Medicine*, 47(1), 51–63.
- Jodra, P., Lago-Rodríguez, A., Sánchez-Oliver, A. J., López-Samanes, A., Pérez-López, A., Veiga-Herreros, P., San Juan, A. F., & Domínguez, R. (2020). Effects of caffeine supplementation on physical performance and mood dimensions in elite and trained-recreational athletes. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 17(1), 2.
- Kalmar, J. M., & Cafarelli, E. (2004). Caffeine: a valuable tool to study central fatigue in humans? *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 32(4), 143–147.
- Kamimori, G. H., Karyekar, C. S., Otterstetter, R., Cox, D. S., Balkin, T. J., Belenky, G. L., & Eddington, N. D. (2002). The rate of absorption and relative bioavailability of caffeine administered in chewing gum versus capsules to normal healthy volunteers. *International Journal of Pharmaceutics*, 234(1–2), 159–167.
- Karayigit, R., Naderi, A., Akca, F., Cruz, C. J. G. da, Sarshin, A., Yasli, B. C., Ersoz, G., & Kaviani, M. (2020). Effects of different doses of caffeinated coffee on muscular endurance, cognitive performance, and cardiac autonomic modulation in caffeine naïve female athletes. *Nutrients*, 13(1), 2.
- Keleş, F. (2011). Kafein. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(1–4).
- Kendall, K. L., Moon, J. R., Fairman, C. M., Spradley, B. D., Tai, C.-Y., Falcone, P. H., Carson, L. R., Mosman, M. M., Joy, J. M., & Kim, M. P. (2014). Ingesting a preworkout supplement containing caffeine, creatine, β -alanine, amino acids, and B vitamins for 28 days is both safe and efficacious in recreationally active men. *Nutrition Research*, 34(5), 442–449.
- Kerksick, C. M., Wilborn, C. D., Roberts, M. D., Smith-Ryan, A., Kleiner, S. M., Jäger, R., Collins, R., Cooke, M., Davis, J. N., & Galvan, E. (2018). ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15(1), 38.
- Khcharem, A., Souissi, M., Atheymen, R., Ben Mahmoud, L., & Sahnoun, Z. (2022). Effects of caffeine ingestion on 8-km run performance and cognitive function after 26 hours of sleep deprivation. *Biological Rhythm Research*, 53(6), 867–877.
- Killen, L. G., Green, J. M., O’Neal, E. K., McIntosh, J. R., Hornsby, J., & Coates, T. E. (2013). Effects of caffeine on session ratings of perceived exertion. *European Journal of Applied Physiology*, 113(3), 721–727.
- Kizzi, J., Sum, A., Houston, F. E., & Hayes, L. D. (2016). Influence of a caffeine mouth rinse on sprint cycling following glycogen depletion. *European Journal of Sport Science*, 16(8), 1087–1094.
- Kono, I. (1998). Anti-Doping. *Japanese Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 47(2), 165–172. <https://doi.org/10.7600/jspfsm1949.47.165>
- Lane, S. C., Hawley, J. A., Desbrow, B., Jones, A. M., Blackwell, J. R., Ross, M. L., Zemski, A. J., & Burke, L. M. (2014). Single and combined effects of beetroot juice and caffeine supplementation on cycling time trial performance. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 39(9), 1050–1057.
- Lara, B., Gutiérrez Hellín, J., Ruiz-Moreno, C., Romero-Moraleda, B., & Del Coso, J. (2020). Acute caffeine intake increases performance in the 15-s Wingate test during the menstrual cycle. *British Journal of Clinical Pharmacology*, 86(4), 745–752.
- Lara, B., Ruiz-Moreno, C., Salinero, J. J., & Del Coso, J. (2019). Time course of tolerance to the performance benefits of caffeine. *PLoS One*, 14(1), e0210275.

- Lara, B., Salinero, J. J., Giráldez-Costas, V., & Del Coso, J. (2021). Similar ergogenic effect of caffeine on anaerobic performance in men and women athletes. *European Journal of Nutrition*, 60(7), 4107–4114.
- Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P. A., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J., & Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *Journal of Clinical Epidemiology*, 62(10), e1–e34.
- Lieberman, J. S., Johnson, E. R., & Kilmer, D. D. (1994). Skeletal muscle: structure, chemistry, and function. In *The Physiological Basis of Rehabilitation Medicine* (pp. 85–101). Elsevier.
- Lindinger, M. I. (1995). Potassium regulation during exercise and recovery in humans: implications for skeletal and cardiac muscle. *Journal of Molecular and Cellular Cardiology*, 27(4), 1011–1022.
- Lindinger, M. I., Graham, T. E., & Spriet, L. L. (1993). Caffeine attenuates the exercise-induced increase in plasma [K⁺] in humans. *Journal of Applied Physiology*, 74(3), 1149–1155.
- Lucas, G., De Deurwaerdère, P., Caccia, S., & Spampinato, U. (2000). The effect of serotonergic agents on haloperidol-induced striatal dopamine release in vivo: opposite role of 5-HT(2A) and 5-HT(2C) receptor subtypes and significance of the haloperidol dose used. *Neuropharmacology*, 39(6), 1053–1063. [https://doi.org/10.1016/S0028-3908\(99\)00193-8](https://doi.org/10.1016/S0028-3908(99)00193-8)
- MacDougall, J. D., & Wenger, H. A. (1991). *Physiological testing of the high-performance athlete*. Champaign, Ill.: Human Kinetics Books.
- Matsumoto, I. (2013). Gustatory neural pathways revealed by genetic tracing from taste receptor cells. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 77(7), 1359–1362.
- Meeusen, R., Roelands, B., & Spriet, L. L. (2013). *Caffeine, exercise and the brain*. *Nestle Nutr Inst Workshop Ser* 76: 1–12.
- Meeusen, R., Watson, P., Hasegawa, H., Roelands, B., & Piacentini, M. F. (2006). Central fatigue. *Sports Medicine*, 36(10), 881–909.
- Millet, G. Y., & Lepers, R. (2004). Alterations of neuromuscular function after prolonged running, cycling and skiing exercises. *Sports Medicine*, 34(2), 105–116.
- Moher, D., Cook, D. J., Eastwood, S., Olkin, I., Rennie, D., & Stroup, D. F. (1999). Improving the quality of reports of meta-analyses of randomised controlled trials: the QUOROM statement. Quality of Reporting of Meta-analyses. *Lancet (London, England)*, 354(9193), 1896–1900. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(99\)04149-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(99)04149-5)
- Mohr, M., Krstrup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Sciences*, 21(7), 519–528.
- Mohr, M., Krstrup, P., Nybo, L., Nielsen, J. J., & Bangsbo, J. (2004). Muscle temperature and sprint performance during soccer matches—beneficial effect of re-warm-up at half-time. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 14(3), 156–162.
- Mor, A., Yilmaz, A. K., Acar, K., Birinci, M. C., & Ipekoglu, G. (2020). Does nitric oxide intake affect post-exercise recovery in athletes? A study on cocoa, caffeine and nitric oxide supplement. *Progress in Nutrition*, 22(3).

- Morales, A. P., Sampaio-Jorge, F., Barth, T., & Alegre, A. (2019). Caffeine supplementation for 4-days, followed by acute ingestion, did not impact triathlete output power after submaximal intensity exercise A suplementação de cafeína por 4 dias, seguida de ingestão aguda, não impactou na potência de triatletas após real. *Revista Brasileira de Fisiologia Do Exercício*, 18(3), 118–128.
- Motl, R. W., O'Connor, P. J., & Dishman, R. K. (2003). Effect of caffeine on perceptions of leg muscle pain during moderate intensity cycling exercise. *The Journal of Pain*, 4(6), 316–321. [https://doi.org/10.1016/s1526-5900\(03\)00635-7](https://doi.org/10.1016/s1526-5900(03)00635-7)
- Motl, R. W., O'connor, P. J., Tubandt, L., Puetz, T., & Ely, M. R. (2006). Effect of caffeine on leg muscle pain during cycling exercise among females. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(3), 598–604. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000193558.70995.03>
- Muljadi, J. A., Kaewphongsri, P., Chaijenkij, K., & Kongtharvonskul, J. (2021). Effect of caffeine on delayed-onset muscle soreness: a meta-analysis of RCT. *Bulletin of the National Research Centre*, 45(1), 1–11.
- Nawrot, P., Jordan, S., Eastwood, J., Rotstein, J., Hugenholtz, A., & Feeley, M. (2003). Effects of caffeine on human health. *Food Additives & Contaminants*, 20(1), 1–30.
- Nehlig, A. (2018). Interindividual differences in caffeine metabolism and factors driving caffeine consumption. *Pharmacological Reviews*, 70(2), 384–411.
- No Title. (2022).
- Oberlin-Brown, K. T., Siegel, R., Kilding, A. E., & Laursen, P. B. (2016). Oral presence of carbohydrate and caffeine in chewing gum: independent and combined effects on endurance cycling performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(2), 164–171.
- Ozan, M., Buzdagli, Y., Eyipinar, C. D., Baygutalp, N. K., Yüce, N., Oget, F., Kan, E., & Baygutalp, F. (2022). Does Single or Combined Caffeine and Taurine Supplementation Improve Athletic and Cognitive Performance without Affecting Fatigue Level in Elite Boxers? A Double-Blind, Placebo-Controlled Study. *Nutrients*, 14(20), 4399.
- Özkan, A., Köklü, Y., & Ersöz, G. (2010). Wingate anaerobik güç testi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 7(1).
- Özkan, A., Koz, M., & Ersöz, G. (2011). Wingate anaerobik güç testinde optimal yükün belirlenmesi. *SPORMETRE Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 9(1), 1–5.
- Öztaşyonar, Y. (2008). Sporcu ve sedanterlerde görsel zekâ, reaksiyon zamanı ile akciğer hacim kapasiteleri ve oksijen kullanma kapasiteleri arasındaki ilişki. *Doktora Tezi, Ankara: GÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü*.
- Pallarés, J. G., Fernández-Elías, V. E., Ortega, J. F., Muñoz, G., Munoz-Guerra, J., & Mora-Rodríguez, R. (2013). Neuromuscular responses to incremental caffeine doses: performance and side effects. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45(11), 2184–2192.
- Pardeshi, C. V., & Belgamwar, V. S. (2013). Direct nose to brain drug delivery via integrated nerve pathways bypassing the blood–brain barrier: an excellent platform for brain targeting. *Expert Opinion on Drug Delivery*, 10(7), 957–972.
- Pataky, M. W., Womack, C. J., Saunders, M. J., Goffe, J. L., D'lugos, A. C., El-Soheymy, A., & Luden, N. D. (2016). Caffeine and 3-km cycling performance: Effects of mouth rinsing, genotype, and time of day. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 26(6), 613–619.

- Paton, C., Costa, V., & 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.
- Paton, C. D., Lowe, T., & Irvine, A. (2010). Caffeinated chewing gum increases repeated sprint performance and augments increases in testosterone in competitive cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, 110(6), 1243–1250.
- Pekcan, G., Şanlıer, N., & Baş, M. (2015). Türkiye Beslenme Rehberi TÜBER 2015. In T.C. Sağlık Bakanlığı.
- Peterson, B. M., Brown, L. E., Judelson, D. A., Gallo-Rebert, S., & Coburn, J. W. (2019). Caffeine increases rate of torque development without affecting maximal torque. *Journal of Science in Sport and Exercise*, 1(3), 248–256.
- Petitti, D. B. (1994). Statistical methods in meta-analysis. *Meta-Analysis Decision Analysis and Cost-Effectiveness Analysis-Methods for Quantitative Synthesis in Medicine*-, 90–114.
- Phukan, K., Nandy, M., B Sharma, R., & K Sharma, H. (2016). Nanosized drug delivery systems for direct nose to brain targeting: a review. *Recent Patents on Drug Delivery & Formulation*, 10(2), 156–164.
- Pigott, T. (2012). *Advances in meta-analysis*. Springer Science & Business Media.
- Polito, M. D., Souza, D. B., Casonatto, J., & Farinatti, P. (2016). Acute effect of caffeine consumption on isotonic muscular strength and endurance: a systematic review and meta-analysis. *Science & Sports*, 31(3), 119–128.
- Poole, R. L., & Tordoff, M. G. (2017). The taste of caffeine. *Journal of Caffeine Research*, 7(2), 39–52.
- Porras, G., Di Matteo, V., Fracasso, C., Lucas, G., De Deurwaerdère, P., Caccia, S., Esposito, E., & Spampinato, U. (2002). 5-HT_{2A} and 5-HT_{2C/2B} receptor subtypes modulate dopamine release induced in vivo by amphetamine and morphine in both the rat nucleus accumbens and striatum. *Neuropsychopharmacology*, 26(3), 311–324.
- Potgieter, S., Wright, H. H., & Smith, C. (2018). Caffeine improves triathlon performance: a field study in males and females. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 28(3), 228–237.
- Pray, L., Yaktine, A. L., & Pankevich, D. (2014). Caffeine in food and dietary supplements: examining safety. Workshop summary. *Caffeine in Food and Dietary Supplements: Examining Safety. Workshop Summary*.
- Ramos-Campo, D. J., Pérez, A., Ávila-Gandía, V., Pérez-Piñero, S., & Rubio-Arias, J. Á. (2019). Impact of caffeine intake on 800-m running performance and sleep quality in trained runners. *Nutrients*, 11(9), 2040.
- Ranchordas, M. K., Pratt, H., Parsons, M., Parry, A., Boyd, C., & Lynn, A. (2019). Effect of caffeinated gum on a battery of rugby-specific tests in trained university-standard male rugby union players. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 16(1), 17.
- Rétey, J. V., Adam, M., Khatami, R., Luhmann, U. F. O., Jung, H. H., Berger, W., & Landolt, H. (2007). A genetic variation in the adenosine A_{2A} receptor gene (ADORA2A) contributes to individual sensitivity to caffeine effects on sleep. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, 81(5), 692–698.
- Ribeiro, B. G., Morales, A. P., Sampaio-Jorge, F., de Souza Tinoco, F., de Matos, A. A., & Leite, T. C. (2017). Acute effects of caffeine intake on athletic performance: a systematic review and meta-analysis. *Revista Chilena de Nutrición*, 44(3), 283–291.

- Rivers, W. H. R., & Webber, H. N. (1907). The action of caffeine on the capacity for muscular work. *The Journal of Physiology*, 36(1), 33.
- Roberts, H. R., & Barone, J. J. (1983). Biological effects of caffeine: history and use. *Food Technology (USA)*.
- Rogers, C. (1990). Exercise physiology laboratory manual. *Dubuque: Wm C Brown Publishers*.
- Rousseau, E., Ladine, J., Liu, Q.-Y., & Meissner, G. (1988). Activation of the Ca²⁺ release channel of skeletal muscle sarcoplasmic reticulum by caffeine and related compounds. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 267(1), 75–86.
- Ruiz-Moreno, C., Gutiérrez-Hellín, J., Lara, B., & Del Coso, J. (2022). Effect of caffeine on muscle oxygen saturation during short-term all-out exercise: a double-blind randomized crossover study. *European Journal of Nutrition*, 1–9.
- Ryan, E. J., Kim, C.-H., Fickes, E. J., Williamson, M., Muller, M. D., Barkley, J. E., Gunstad, J., & Glickman, E. L. (2013). Caffeine gum and cycling performance: a timing study. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(1), 259–264.
- Ryan, E. J., Kim, C.-H., Muller, M. D., Bellar, D. M., Barkley, J. E., Bliss, M. V, Jankowski-Wilkinson, A., Russell, M., Otterstetter, R., & Macander, D. (2012). Low-dose caffeine administered in chewing gum does not enhance cycling to exhaustion. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(3), 844–850.
- Sadek, P., Pan, X., Shepherd, P., Malandain, E., Carney, J., & Coleman, H. (2017). A randomized, two-way crossover study to evaluate the pharmacokinetics of caffeine delivered using caffeinated chewing gum versus a marketed caffeinated beverage in healthy adult volunteers. *Journal of Caffeine Research*, 7(4), 125–132.
- Şahin, H. M. (2005). *Beden eğitimi ve spor sözlüğü*.
- Sahlin, K. (1986). Muscle fatigue and lactic acid accumulation. *Acta Physiologica Scandinavica. Supplementum*, 556, 83–91.
- Salinero, J. J., Lara, B., Abian-Vicen, J., Gonzalez-Millán, C., Areces, F., Gallo-Salazar, C., Ruiz-Vicente, D., & Del Coso, J. (2014). The use of energy drinks in sport: perceived ergogenicity and side effects in male and female athletes. *British Journal of Nutrition*, 112(9), 1494–1502.
- Sarshin, A., Naderi, A., da Cruz, C. J. G., Feizolah, F., Forbes, S. C., Candow, D. G., Mohammadgholian, E., Amiri, M., Jafari, N., & Rahimi, A. (2020). The effects of varying doses of caffeine on cardiac parasympathetic reactivation following an acute bout of anaerobic exercise in recreational athletes. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 17(1), 1–10.
- Schneiker, K. T., Bishop, D., Dawson, B., & Hackett, L. P. (2006). Effects of caffeine on prolonged intermittent-sprint ability in team-sport athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(3), 578–585.
- Scott, A. T., O’Leary, T., Walker, S., & Owen, R. (2015). Improvement of 2000-m rowing performance with caffeinated carbohydrate-gel ingestion. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(4), 464–468.
- Sebastião, A. M., Rei, N., & Ribeiro, J. A. (2018). Amyotrophic lateral sclerosis (ALS) and adenosine receptors. *Frontiers in Pharmacology*, 9, 267.

- Seepika, N., Chinapong, S., Piakaew, N., Laiwattanapaisal, W., Katelakha, K., Larpant, N., Sanpasitt, C., Khaosanit, P., Boonrod, W., & Nokkaew, N. (2022). The effects of different dosing strategies of caffeine ingestion during an endurance performance event in male half marathon runners. *Journal of Physical Education and Sport*, 22(9), 2173–2181. <https://doi.org/10.7752/jpes.2022.09277>
- Şen, S., & Yıldırım, İ. (2020). CMA ile meta-analiz uygulamaları. *Ankara: ANI Yayıncılık*.
- Shen, J. G., Brooks, M. B., Cincotta, J., & Manjourides, J. D. (2019). Establishing a relationship between the effect of caffeine and duration of endurance athletic time trial events: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22(2), 232–238.
- Silveira, R., Andrade-Souza, V. A., Arcoverde, L., Tomazini, F., Sansonio, A., Bishop, D. J., Bertuzzi, R., & Lima-Silva, A. E. (2018). Caffeine Increases Work Done above Critical Power, but Not Anaerobic Work. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 50(1), 131–140. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001408>
- Sinclair, J., & Bottoms, L. (2014). The effects of carbohydrate and caffeine mouth rinsing on arm crank time-trial performance. *Journal of Sports Research*, 1(2), 34–44.
- Şirinoğlu, V. (2008). *10-14 Yaş grubu farklı spor branşlarındaki çocukların beslenme alışkanlıklarının belirlenmesi*. Marmara Üniversitesi (Turkey).
- Skinner, T. L., Jenkins, D. G., Taaffe, D. R., Leveritt, M. D., & Coombes, J. S. (2013). Coinciding exercise with peak serum caffeine does not improve cycling performance. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(1), 54–59.
- Sökmen, B., Armstrong, L. E., Kraemer, W. J., Casa, D. J., Dias, J. C., Judelson, D. A., & Maresch, C. M. (2008). Caffeine use in sports: considerations for the athlete. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(3), 978–986.
- Souissi, M., Souissi, Y., Mseddi, E., & Sahnoun, Z. (2021). The effects of caffeine on the diurnal variation of the reaction time and short-term maximal performance after one night of sleep deprivation. *Biological Rhythm Research*, 52(10), 1544–1559.
- Southward, K., Rutherford-Markwick, K. J., & Ali, A. (2018). The effect of acute caffeine ingestion on endurance performance: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 48(8), 1913–1928.
- Spiller, G. A. (1998). *Caffeine*. CRC Press Boca Raton, FL, USA:
- Spriet, L. L. (1995). Caffeine and performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 5(s1), S84–S99.
- Spriet, L. L. (2014). Exercise and sport performance with low doses of caffeine. *Sports Medicine*, 44(2), 175–184.
- Stadheim, H. K., Stensrud, T., Brage, S., & Jensen, J. (2021). *Caffeine Increases Exercise Performance, Maximal Oxygen Uptake, and Oxygen Deficit in Elite Male Endurance Athletes*.
- Stuart, G. R., Hopkins, W. G., Cook, C., & Cairns, S. P. (2005). Multiple effects of caffeine on simulated high-intensity team-sport performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(11), 1998.
- Sugita, M., Yamamoto, K., Hirono, C., & Shiba, Y. (2013). Information processing in brainstem bitter taste-relaying neurons defined by genetic tracing. *Neuroscience*, 250, 166–180.

- Sun, F., Siu, A. Y.-S., Wang, K., Zhang, B., Chan, M.-H., Chan, K.-H., Kong, P.-S., Man, K.-Y., & Chow, G. C.-C. (2022). Effects of Caffeine on Performances of Simulated Match, Wingate Anaerobic Test, and Cognitive Function Test of Elite Taekwondo Athletes in Hong Kong. *Nutrients*, 14(16), 3398.
- Sutton, N. C., Childs, D. J., Bar-Or, O., & Armstrong, N. (2000). A nonmotorized treadmill test to assess children's short-term power output. *Pediatric Exercise Science*, 12(1), 91–100.
- Syed, S. A., Kamimori, G. H., Kelly, W., & Eddington, N. D. (2005). Multiple dose pharmacokinetics of caffeine administered in chewing gum to normal healthy volunteers. *Biopharmaceutics & Drug Disposition*, 26(9), 403–409.
- Talanian, J. L., & Spriet, L. L. (2016). Low and moderate doses of caffeine late in exercise improve performance in trained cyclists. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 41(8), 850–855.
- Tarnopolsky, M., & Cupido, C. (2000). Caffeine potentiates low frequency skeletal muscle force in habitual and nonhabitual caffeine consumers. *Journal of Applied Physiology*, 89(5), 1719–1724.
- Tomazini, F., Santos-Mariano, A. C., dos S Andrade, V. F., Coelho, D. B., Bertuzzi, R., Pereira, G., Silva-Cavalcante, M. D., & Lima-Silva, A. E. (2022). Caffeine ingestion increases endurance performance of trained male cyclists when riding against a virtual opponent without altering muscle fatigue. *European Journal of Applied Physiology*, 1–14.
- Uetani, K., Nakayama, T., Ikai, H., Yonemoto, N., & Moher, D. (2009). Quality of reports on randomized controlled trials conducted in Japan: evaluation of adherence to the CONSORT statement. *Internal Medicine*, 48(5), 307–313.
- Ural Demirci, E. (2013). *Egzersizinin beyin performansına etkisi: Kısa süreli yoğun egzersizin kognisyon üzerine etkisi*. Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- van Dam, R. M., Hu, F. B., & Willett, W. C. (2020). Coffee, caffeine, and health. *New England Journal of Medicine*, 383(4), 369–378.
- van Duinen, H., Lorist, M. M., & Zijdwind, I. (2005). The effect of caffeine on cognitive task performance and motor fatigue. *Psychopharmacology*, 180(3), 539–547.
- Van Thuyne, W., & Delbeke, F. T. (2006). Distribution of caffeine levels in urine in different sports in relation to doping control before and after the removal of caffeine from the WADA doping list. *International Journal of Sports Medicine*, 27(09), 745–750.
- Venier, S., Grgic, J., & Mikulic, P. (2019a). Caffeinated gel ingestion enhances jump performance, muscle strength, and power in trained men. *Nutrients*, 11(4), 937.
- Venier, S., Grgic, J., & Mikulic, P. (2019b). Acute Enhancement of Jump Performance, Muscle Strength, and Power in Resistance-Trained Men After Consumption of Caffeinated Chewing Gum. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(10), 1415–1421. <https://doi.org/10.1123/ijsspp.2019-0098>
- Volkow, N. D., Wang, G. J., Logan, J., Alexoff, D., Fowler, J. S., Thanos, P. K., Wong, C., Casado, V., Ferre, S., & Tomasi, D. (2015). Caffeine increases striatal dopamine D2/D3 receptor availability in the human brain. *Translational Psychiatry*, 5(4), e549–e549.
- Warren, G. L., Park, N. D., Maresca, R. D., McKibans, K. I., & Millard-Stafford, M. L. (2010). Effect of caffeine ingestion on muscular strength and endurance: a meta-analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(7), 1375–1387.
- Westerblad, H., Allen, D. G., & Lannergren, J. (2002). Muscle fatigue: lactic acid or inorganic phosphate the major cause? *Physiology*, 17(1), 17–21.

- Wickham, K. A., & Spriet, L. L. (2018). Administration of caffeine in alternate forms. *Sports Medicine*, 48(1), 79–91.
- Williams, J. H., Ward, C. W., & Klug, G. A. (1993). Fatigue-induced alterations in Ca²⁺ and caffeine sensitivities of skinned muscle fibers. *Journal of Applied Physiology*, 75(2), 586–593.
- Willis, B. H., & Quigley, M. (2011). The assessment of the quality of reporting of meta-analyses in diagnostic research: a systematic review. *BMC Medical Research Methodology*, 11(1), 1–11.
- Wilson, P. B. (2016). Dietary and non-dietary correlates of gastrointestinal distress during the cycle and run of a triathlon. *European Journal of Sport Science*, 16(4), 448–454.
- Zhang, G., & Stackman Jr, R. W. (2015). The role of serotonin 5-HT_{2A} receptors in memory and cognition. *Frontiers in Pharmacology*, 6, 225.
- Zorba, E. (1995). *Herkes için spor ve fiziksel uygunluk*.



EKLER

EK 1: PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis)



PRISMA 2009 Checklist

Section/topic	#	Checklist item	Reported on page #
TITLE			
Title	1	Identify the report as a systematic review, meta-analysis, or both.	
ABSTRACT			
Structured summary	2	Provide a structured summary including, as applicable: background; objectives; data sources; study eligibility criteria, participants, and interventions; study appraisal and synthesis methods; results; limitations; conclusions and implications of key findings; systematic review registration number.	
INTRODUCTION			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of what is already known.	
Objectives	4	Provide an explicit statement of questions being addressed with reference to participants, interventions, comparisons, outcomes, and study design (PICOS).	
METHODS			
Protocol and registration	5	Indicate if a review protocol exists, if and where it can be accessed (e.g., Web address), and, if available, provide registration information including registration number.	
Eligibility criteria	6	Specify study characteristics (e.g., PICOS, length of follow-up) and report characteristics (e.g., years considered, language, publication status) used as criteria for eligibility, giving rationale.	
Information sources	7	Describe all information sources (e.g., databases with dates of coverage, contact with study authors to identify additional studies) in the search and date last searched.	
Search	8	Present full electronic search strategy for at least one database, including any limits used, such that it could be repeated.	
Study selection	9	State the process for selecting studies (i.e., screening, eligibility, included in systematic review, and, if applicable, included in the meta-analysis).	
Data collection process	10	Describe method of data extraction from reports (e.g., piloted forms, independently, in duplicate) and any processes for obtaining and confirming data from investigators.	
Data items	11	List and define all variables for which data were sought (e.g., PICOS, funding sources) and any assumptions and simplifications made.	
Risk of bias in individual studies	12	Describe methods used for assessing risk of bias of individual studies (including specification of whether this was done at the study or outcome level), and how this information is to be used in any data synthesis.	
Summary measures	13	State the principal summary measures (e.g., risk ratio, difference in means).	
Synthesis of results	14	Describe the methods of handling data and combining results of studies, if done, including measures of consistency (e.g., I^2) for each meta-analysis.	

Section/topic	#	Checklist item	Reported on page #
Risk of bias across studies	15	Specify any assessment of risk of bias that may affect the cumulative evidence (e.g., publication bias, selective reporting within studies).	
Additional analyses	16	Describe methods of additional analyses (e.g., sensitivity or subgroup analyses, meta-regression), if done, indicating which were pre-specified.	
RESULTS			
Study selection	17	Give numbers of studies screened, assessed for eligibility, and included in the review, with reasons for exclusions at each stage, ideally with a flow diagram.	
Study characteristics	18	For each study, present characteristics for which data were extracted (e.g., study size, PICOS, follow-up period) and provide the citations.	
Risk of bias within studies	19	Present data on risk of bias of each study and, if available, any outcome level assessment (see item 12).	
Results of individual studies	20	For all outcomes considered (benefits or harms), present, for each study: (a) simple summary data for each intervention group (b) effect estimates and confidence intervals, ideally with a forest plot.	
Synthesis of results	21	Present results of each meta-analysis done, including confidence intervals and measures of consistency.	
Risk of bias across studies	22	Present results of any assessment of risk of bias across studies (see Item 15).	
Additional analysis	23	Give results of additional analyses, if done (e.g., sensitivity or subgroup analyses, meta-regression [see Item 16]).	
DISCUSSION			
Summary of evidence	24	Summarize the main findings including the strength of evidence for each main outcome; consider their relevance to key groups (e.g., healthcare providers, users, and policy makers).	
Limitations	25	Discuss limitations at study and outcome level (e.g., risk of bias), and at review-level (e.g., incomplete retrieval of identified research, reporting bias).	
Conclusions	26	Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence, and implications for future research.	
FUNDING			
Funding	27	Describe sources of funding for the systematic review and other support (e.g., supply of data); role of funders for the systematic review.	

EK 2: Etik Kurul Onayı



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Spor Bilimleri Fakültesi Dekanlığı



Sayı : E-70400699-000-2200153155
Konu : Etik Kurul Kararı

24.05.2022

DAĞITIM YERLERİNE

Fakültemiz Etik Kurulunun 18.05.2022 tarihli oturumunda alınan E-70400699-050.02.04-2200151951 sayılı, 2022/5 Fakülte Etik Kurulu Kararları konulu belgede yer alan karar metni aşağıya çıkarılmıştır.

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

Karar 55: Atatürk Üniversitesi Kış Sporları ve Spor Bilimleri Enstitüsü Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalında Yüksek Lisans öğrencisi Aslıhan TEKİN' in "Kafein Takviyesinin Sporcularda Yorgunluk ve Anaerobik Performans Üzerine Etkisi: Meta-Analizi Çalışması" başlıklı çalışma isteği ile ilgili yazısı ve ekleri incelendi. Yapılan görüşmelerden sonra; adı geçen araştırma çalışmasının yürütülmesinin, etik kurallarına uygun olduğuna, oy birliği ile karar verildi.

Prof.Dr. Necip Fazıl KİSHALI
Alt Kurul Başkanı

Dağıtım:
Gereği:
Sayın Prof.Dr. Erdinç ŞİKTAR
Aslıhan TEKİN

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu: 8EECB844E59

Belge Doğrulama Adresi: <https://www.turkiye.gov.tr/ataturk-universitesi-ebys>

Atatürk Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Dekanlığı 25240

Erzurum

Tel: +90 442 2311380

Elektronik Ad: <http://www.atauni.edu.tr/bcsyo>

Kep Adresi: atauni@ta01.kep.tr

Bilgi: Öner TOPAL

Faks: +90 442 2311333

E-Posta: bcsyo@atauni.edu.tr



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler
Adı Soyadı: Aslıhan TEKİN Doğum tarihi Doğum yeri Medeni hali Uyruğu Adres Tel Faks E-mail
Eğitim
Lise: Hacı Sami Boydak Anadolu Lisesi, 2015 Lisans: Atatürk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü, 2020 Yüksek Lisans:
Yabancı Dil Bilgisi
İngilizce: İyi