TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAFEİNİN AĞIZDA ÇALKALANMASININ FARKLI KAFEİN TÜKETİM SIKLIĞINA SAHİP SPORCULARDA SPRİNT PERFORMANSINA ETKİSİ: SÜRE ÇALIŞMASI

Oğulhan KAYABAŞ

SPOR BİLİMLERİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN
Doç. Dr. Raci KARAYİĞİT

ANKARA
2025

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAFEİNİN AĞIZDA ÇALKALANMASININ FARKLI KAFEİN TÜKETİM SIKLIĞINA SAHİP SPORCULARDA SPRİNT PERFORMANSINA ETKİSİ: SÜRE ÇALIŞMASI

Oğulhan KAYABAŞ

SPOR BİLİMLERİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN
Doç. Dr. Raci KARAYİĞİT

ANKARA
2025

ETİK BEYAN

Ankara Üniversitesi

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne

Doktora tezi olarak hazırlayıp sunduğum "Kafeinin ağızda çalkalanmasının farklı kafein tüketim sıklığına sahip sporcularda sprint performansına etkisi: Süre çalışması" başlıklı tez bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan yazılmıştır. Tezimin fikir/hipotezi tümüyle tez danışmanım ve bana aittir. Tezde yer alan deneysel çalışma/araştırma tarafımdan yapılmış olup, tüm cümleler, yorumlar bana aittir.

Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı:

Tarih:

İmza

KABUL VE ONAY

Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Spor Bilimleri Anabilim Dalında

Oğulhan KAYABAŞ tarafından hazırlanan

''Kafeinin Ağızda Çalkalanmasının Farklı Kafein Tüketim Sıklığına Sahip Sporcularda Sprint Performansına Etkisi: Süre Çalışması'' adlı tez çalışması, aşağıdaki jüri tarafından Doktora Tezi olarak OY BİRLİĞİ ile kabul edilmiştir.

Tez savunma tarihi: 17.01.2025

İmza
Prof. Dr. Cengiz AKALAN
Ankara Üniversitesi
Jüri Başkanı

İmza
Doç. Dr. Hakan KARAYİĞİT
Ankara Üniversitesi
Üye

İmza
Doç. Dr. Gülhan Erdem SUBAK
Iğdır Üniversitesi
Üye

İmza
Doç. Dr. Raci KARAYİĞİT
Ankara Üniversitesi
Üye

İmza
Dr. Öğr. Üyesi Burak Çağlar YAŞLI
Iğdır Üniversitesi
Raportör

Tez hakkında alınan jüri kararı, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu tarafından onaylanmıştır.

İmza

Prof. Dr. Fügen AKTAN

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

Kafeinin Ağızda Çalkalanmasının Farklı Kafein Tüketim Sıklığına Sahip Sporcularda Sprint Performansına Etkisi: Süre Çalışması

Kafeinin ağızda çalkalanmasının (KAÇ) fiziksel performans üzerine olumlu etkileri bilinmekle beraber, ideal çalkalama süresi ve kafein tüketim sıklığının sebep olduğu etkiler tam olarak bilinmemektedir. Bu araştırmanın amacı, KAÇ uygulamasının farklı çalkalama sürelerinin, yüksek ve düşük kafein tüketimine sahip amatör sporcuların sprint performansı üzerindeki etkisini incelemektir. Araştırmaya toplam 21 amatör sporcu katılmış, 11'i yüksek (362,31±28,3 mg/kg), 10'u düşük (39,54±8,7 mg/kg) kafein tüketim sıklığına sahip olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Her iki gruptaki sporcular 4 test seansına katılmış, her bir katılımcı çift kör, çapraz döngülü ve randomize bir şekilde 25 ml solüsyonu 8 kez tekrarlamak üzere, 5 saniye boyunca plasebo (PLA), 5 saniye boyunca 750 mg kafein içeren KAÇ, 10 saniye PLA ve 10 saniye 750 mg kafein içeren KAÇ uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Her ağız çalkalama uygulamasından her ölçüm günü öncesinde ve çalkalama uygulamalarından sonra sporcuların kalp atım hızları (KAH) ölçülmüştür. Çalkalama uygulamalarının hemen ardından sporcular vücut ağırlıklarının %7,5'ine denk gelen tork faktöründe, 30 saniye süren ve sprint performansını ölçen Wingate testini gerçekleştirmişlerdir. Wingate testi sona erdiğinde zirve KAH ölçümleri kaydedilmiş ve algılanan zorluk derecesi (RPE) ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, 5 saniye KAÇ uygulaması, düşük kafein tüketimine sahip sporcularda sprint performansını hem ortalama güç ($p=0.005$) hem de zirve güç ($p=0.012$) bakımından PLA'ya kıyasla anlamlı derecede artırırken, yüksek kafein tüketimine sahip olan sporcularda ise sadece zirve gücü artırmıştır ($p=0.013$). 10 saniye KAÇ uygulamasının, PLA'ya kıyasla anlamlı bir fark yaratmadığı görülmüştür ($p>0.05$). Çalkalama uygulamaları RPE değerleri arasında anlamlı bir farklılık yaratmamış ($p>0.05$), ancak, KAH değerleri açısından sadece yüksek kafein tüketimine sahip grupta, 10 saniye çalkalama süresinde ve sprint performansı sonrasında KAH aleyhine anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($p=0.023$). KAÇ uygulamasının 5 saniye gerçekleştirilmesi, özellikle düşük kafein tüketimine sahip sporcular olmak üzere, her iki tüketim sıklığına sahip grupta da sprint performansını artırmaktadır. Böylelikle, 10 saniye çalkalama süresi yerine 5 saniyenin ideal ve etkili bir süre olacağı anlaşılmaktadır.

Anahtar Sözcükler: Çalkalama süresi, kafein, kafeinin ağızda çalkalanması, kafein tüketim sıklığı.

SUMMARY

The Effect of Caffeine Mouth Rinsing on Sprint Performance in Athletes with Different Frequencies of Caffeine Consumption: A Duration Study

Although the positive effects of caffeine mouth rinsing (CMR) on physical performance are well-known, the ideal rinsing duration and the effects caused by varying frequencies of caffeine consumption remain inadequately understood. The aim of this study is to examine the impact of different rinsing durations of CMR on sprint performance in amateur athletes with high and low caffeine consumption levels. A total of 21 amateur athletes, 11 in the high caffeine group and 10 in the low caffeine group based on their caffeine consumption frequency, participated in the study. Participants engaged in four testing sessions, during which each individual underwent a double-blind, crossover, and randomized protocol involving 25 ml of solution repeated eight times. This included a 5-second rinse with a placebo (PLA), a 5-second rinse containing 750 mg of caffeine, a 10-second rinse with PLA, and a 10-second rinse with 750 mg of caffeine. Heart rates (HR) of the athletes were measured following each mouth rinse application and at the onset of each testing session. Immediately after the rinsing interventions, the athletes performed the Wingate test, which assesses sprint performance, lasting 30 seconds at a torque factor equivalent to 7.5% of their body weight. At the end of the Wingate test, peak heart rate (HR) measurements were recorded, and rates of perceived exertion (RPE) were assessed. The results indicated that the 5-second (CMR) intervention significantly enhanced sprint performance in athletes with low caffeine consumption, as evidenced by improvements in both mean power ($p=0.005$) and peak power ($p=0.012$) when compared to the placebo (PLA) group. Conversely, in athletes with high caffeine consumption, significant improvements were observed only in peak power ($p=0.013$). It was observed that 10-second CMR did not make a significant difference compared to PLA ($p>0.05$). Rinsing did not cause a significant difference between RPE values ($p>0.05$) but, after the sprint performance, a significant difference was found in favor of PLA in the 10-second rinse duration only in the group with high caffeine consumption in terms of HR values ($p=0.023$). The 5-second CMR application enhances sprint performance in both groups with different consumption frequencies, particularly among athletes with low caffeine intake. Thus, it is understood that a 5-second shaking duration is more ideal and effective than a 10-second duration.

Keywords: Rinsing duration, kafein, caffeine mouth rinsing, caffeine consumption frequency.

İÇİNDEKİLER

Etik Beyan ii
Kabul ve Onay iii
Özet iv
Summary v
İçindekiler vi
Önsöz viii
Simgeler ve Kısaltmalar ix
Şekiller x
Çizelgeler xi

1. GİRİŞ 1
1.1. Kafein 3
1.1.1. Kafein Metabolizması 3
1.1.2. Kafeinin Ergojenik Etkileri 4
1.1.3. Kafeinin Sportif Performans Üzerine Etkileri 5
1.2. Kafeinin Farklı Formlarda Tüketilmesi 6
1.2.1. Kafeinli Sakız 7
1.2.2. Kafeinli Jel ve Barlar 8
1.2.3. Kafeinin Ağızda Çalkalanması 9
1.3. Kafeinin Ağızda Çalkalanmasının Sportif Performans Üzerine Etkileri 10
1.4. Amaç 12
1.5. Problem Cümlesi 12
1.6. Alt Problemler 12
1.7. Denenceler 13
1.8. Sınırlılıklar 13
1.9. Araştırmanın Önemi 14

2. GEREÇ VE YÖNTEM 15
2.1. Araştırma Deseni 15
2.2. Katılımcılar 17
2.3. Veri Toplama Araçları 18
2.3.1. Vücut Kompozisyonlarının Ölçülmesi 18
2.3.2. Kafein Tüketim Sıklıklarının Belirlenmesi 19
2.3.3. Sprint Performansı Ölçümü 19
2.3.4. Algılanan Zorluk Derecesi ve Kalp Atım Hızlarının Ölçümü 19
2.3.5. Test Solüsyon Tahmini ve Yan Etkilerin Ölçümü 19
2.3.6. İstatiksel Analiz 19

3.BULGULAR 21
3.1. Ortalama Sprint Güç Performansı Sonuçları 21
3.2. Zirve Sprint Güç Performansı Sonuçları 22
3.3. Kalp Atım Hızı Değerleri 23
3.4. Algılanan Zorluk Derecesi Sonuçları 24
3.5. Test Solüsyon Tahmini ve Yan Etkilerin Ölçümü 24

4. TARTIŞMA 26
4.1. Sprint Performansı Üzerine Etkiler 28

4.2. Çalkalama Süresinin Etkileri 32
4.3. Kafein Tüketim Sıklığının Performans Üzerine Ergojenik Etkisi 35
4.4. Kalp Atım Hızı ve Algılanan Zorluk Derecesi Üzerine Etkileri 38
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 40
KAYNAKLAR 43
EKLER 55
Ek-1. Etik Kurul Kararı 55
Ek-2. Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formu 56
Ek-3. Laboratuvar Kullanımı İzin Belgesi 58
Ek-4. Veri Toplama Araçları 59
ÖZGEÇMİŞ **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

ÖNSÖZ

İnsanoğlunun tarihi boyunca keşfettiği ve icat ettiği en önemli olgu olan bilim, aydınlanmanın temeli ve medeniyetin sarsılmaz mihenk taşıdır. Bu bilimsel araştırma, insanlığa hayatta kalmayı öğreten ve diğer tüm canlılardan ayıran bilime ve bilim dünyasına çok küçük bir katkı sunabilmek amacıyla hazırlanmıştır.

İlk olarak, doktora sürecimin tüm zorlu dönemeçlerinde bana desteğini esirgemeyen, bilimsel bakış açısı sunan, özgürce soru sorabilme imkanı tanıyan ve her konuda bana destek olan danışmanım Doç. Dr. Raci KARAYİĞİT'e teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım. Ayrıca, doktora ders aşamasında danışmanlığımı yürüten ve üzerimde ciddi emek sarf eden Prof. Dr. Fırat AKÇA'ya teşekkür ederim.

Doktora sürecimin her anında bana yardımlarını esirgemeyen Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi'ndeki çalışma arkadaşlarıma ve sayın hocalarıma teşekkür ederim.

Son olarak, tüm akademik hayatımda benimle yürüyen, bana ve yoğun çalışma hayatıma sabreden, varlığıyla bana hep güç veren, değerli eşim Elif'ime ve canım aileme sevgilerimi ve minnetlerimi sunuyorum.

SİMGELER VE KISALTMALAR

AR	Adenozin Reseptörleri
CM	Santimetre
DKAÇ	Düşük Kafein Tüketimi Sıklığında Kafeinin Ağızda Çalkalanması
DPLA	Düşük Kafein Tüketimi Sıklığında Plasebonun Ağızda Çalkalanması
FDA	Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi
KAÇ	Kafeinin Ağızda Çalkalanması
KAH	Kalp Atım Hızı
KAR	Karbonhidratın Ağızda Çalkalanması
KG	Kilogram
MG	Miligram
ML	Mililitre
MSS	Merkezi Sinir Sistemi
PLA	Plasebonun Ağızda Çalkalanması
RPE	Algılanan Zorluk Derecesi
YKAÇ	Yüksek Kafein Tüketimi Sıklığında Kafeinin Ağızda Çalkalanması
YPLA	Yüksek Kafein Tüketimi Sıklığında Plasebonun Ağızda Çalkalanması

ŞEKİLLER

Şekil 2.1. Araştırma deseni 16

Şekil 2.2. Test protokolü 17

ÇİZELGELER

Çizelge 2.1. Katılımcıların demografik ve tanımlayıcı özellikleri. 18

Çizelge 3.1. Farklı kafein tüketim sıklığına sahip sporcularda, solüsyon türü ve çalkalama sürelerine göre ortalama sprint güç performansları. 20

Çizelge 3.2. Farklı kafein tüketim sıklığına sahip sporcularda, solüsyon türü ve çalkalama sürelerine göre zirve sprint güç performansları. 21

Çizelge 3.3. Farklı kafein tüketim sıklığına sahip sporcularda, solüsyon türü ve çalkalama sürelerine göre sprint performansı öncesi ve sonrası kalp atım hızı değerleri. 22

Çizelge 3.4. Farklı kafein tüketim sıklığına sahip sporcularda, solüsyon türü ve çalkalama sürelerine göre RPE değerleri. 23

1. GİRİŞ

Temel olarak hareket etmek için tasarlanmış olan insan vücudu birçok bakımdan muhteşem bir makinedir. İnsan organizması hiçbir şey yapmadan sadece oturarak dahi düşünme, işitme, görme ve nefes alma gibi eş güdümlü olarak birçok fonksiyonu yerine getirebilmektedir. Hem bilişsel hem de fiziksel açıdan gerçekleştirilen bu fonksiyonlar için diğer tüm canlılarda olduğu gibi insanlarında enerjiye ihtiyaçları vardır. İnsan organizması için gerekli olan enerji yiyecekler yoluyla elde edilen kimyasal enerjinin hareket enerjisine çevrilmesiyle elde edilmektedir. Beslenme, insanların gün içinde ihtiyaç duydukları ve harekete geçmeleri için gerekli olan enerjinin yegâne yoludur. Karbonhidrat, yağ ve protein açısından zengin bir diyet insanların ihtiyaç duydukları enerjiyi sağlamalarına yeterli olacaktır (Kerksick vd., 2017).

Beslenme, bireylerin sadece günlük enerji ihtiyaçları için değil aynı zamanda fiziksel performanslarının temellerinden biri olarakta kabul edilir ve fiziksel performans sonrası beslenme önerileri, iyileşme ve adaptif süreçlerin etkinliği için temel oluşturmaktadır. Düzenli spor yapan bireyler için doğru seçilmiş ve kurgulanmış bir besin diyeti, sporcunun kas fonksiyonunu iyileştirmekte, egzersiz toleransını artırabilmekte ve sporcunun fiziksel zindeliğini geri kazandırmak için etkili bir müdahale olarak kabul edilmektedir (Sivamaruthi vd., 2019). Ancak, günümüzde, özellikle elit sporcuların günlük yeterli ve sağlıklı diyetlerinin yanı sıra onlara yarışmalarda katkı sağlayacaklarını düşündükleri besin takviyelerine de ihtiyaç duydukları ve bu ürünleri tükettikleri görülmektedir. Besin takviyeleri günlük alışılmış olarak tüketilen diyete ek olarak, belirli bir sağlık ve/veya performans faydası elde etme amacıyla bilinçli olarak alınan bir gıda, gıda bileşeni, besin maddesi veya gıda dışı bileşik olarak tanımlanabilmektedir (Maughan vd., 2018). Düzenli egzersiz yapan bireyler veya sporcular, fiziksel veya bilişsel performanslarını iyileştirmek, yoğun fiziksel eforlardan sonra toparlanmayı hızlandırmak ve beslenme eksikliklerini önlemek gibi çeşitli amaçlarla besin takviyelerini kullanmaktadır (Maughan vd., 2018). Spor takviyeleri, çok farklı şekilde tanımlanmış ve kategorilendirilmiştir, ancak bu sınıflandırmaların tümü tamamen tatmin edici değildir. Genel olarak, kategoriler spor besinlerini (jeller, barlar, içecekler, protein tozları), vitaminler ve mineraller, bitkisel ve botanik ürünler ve ergojenik takviyeler olarak sınıflandırmaktadır. (Garthe ve Maughan, 2018). Ek olarak, kilo kaybı takviyeleri, libidoyu artırma ürünleri ve ayrıca gıda olarak da tanımlanabilen glütensiz, laktozsuz, alerjensiz ve fonksiyonel gıdalar da bu sınıflandırmalarda yerini almaktadır. Bitkisel ve botanik ürünler, fonksiyonel gıdalar ve süper gıda kategorisinde yer alan ürünler; gıda, gıda bileşeni veya

takviye olarak tanımlanabilir. Bu ürünler, çok sayıda ve karmaşık bileşikler ile biyolojik olarak aktif bileşenlerin heterojen içeriği nedeniyle araştırılması ve tanımlanması açısından özellikle zorluklar sunmaktadır. Buna rağmen, bu alan, özellikle "doğal olan sağlıklıdır" şeklindeki yaygın algının etkisiyle son yıllarda hızlı bir şekilde büyüme göstermiştir (Silano ve ark., 2011). Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) besin takviyeleri için şu tanımı yapmıştır: "Bir diyet takviyesi, diyete daha fazla besin değeri katmak için tasarlanmış bir 'diyet bileşeni' içeren ve yutulmak üzere tasarlanmış bir üründür." (FDA, 2017). Bir "diyet bileşeni" aşağıdaki maddelerden biri veya herhangi bir kombinasyonu olabilmektedir (tabletler, kapsüller, yumuşak jeller, jel kapsüller, sıvılar veya tozlar halinde):

- Vitaminler
- Mineraller
- Otlar veya diğer botanikler
- Amino asitler
- İnsanların toplam besin alımını artırarak beslenmelerini desteklemek için kullandıkları besin maddeleri
- Konsantreler, metabolitler, bileşenler veya özütler

Diyet takviyeleri, genellikle gıda kategorisinde sınıflandırıldığı için, ilaçlar gibi sıkı düzenleyici denetimlere tabi olmayabilir (Denham, 2017). Bununla birlikte, bazı ülkelerde belirli güvenlik ve kalite standartlarına uymaları gerekmektedir. Dolayısıyla, tüketicilerin ne kullandıklarını çok iyi bilmeleri ve bir uzmana danışmaları ciddi önem arz etmektedir. Besin takviyesinin bilinçsiz ve dikkatsizce tüketilmesi sporcu sağlığını olumsuz etkileyebileceği gibi istemsizce doping kullanımına maruz kalınmasına da yol açabilmektedir. Besin takviyesi kullanımının bir uzman kontrolü altında ve sporcunun fizyolojik faktörleri ve branşı gözetilerek planlanması gerekmektedir. Literatüre bakıldığında bazı besin takviyelerinin performans üzerinde olumlu katkılar sunduğu kanıtlanmıştır. Bu besin takviyelerini, kafein, kreatin, bikarbonat, nitrat, beta alanin ve karnitin olarak sıralamak mümkündür (Burke, 2017). Besin takviyesi kullanımında dikkat edilmesi gereken önemli faktörler ise tüketilecek olan takviyenin dozu, süresi, zamanlaması, tüketecek olan bireyin cinsiyeti, genetiği, tüketim sıklığı ve sporcunun bu tüketimden elde edecek olduğu ergojenik etki büyüklüğü gibi faktörlerdir. Bu çeşitli faktörlerin gözetilmesi sporcunun besin takviyelerinden sağlayacağı faydayı optimal seviyeye taşıyacaktır. Aksine, bu parametreler göz ardı edilerek tüketilecek olan besin takviyelerinin sporcu sağlığına ve performansına bir katkı vermeyebileceği düşünülmektedir. Bu besin takviyeleri içerisinde kafein, yeryüzünde sporcular arasında en çok

tüketilen besin takviyesidir ve çeşitli bilimsel araştırmalar tarafından etkileri araştırılmaya devam etmektedir (Akça vd., 2018).

1.1. Kafein

Kahve, sudan sonra insanlık tarafından en çok tüketilen sıvı türüdür. Kahvenin içeriğinde yer alan kafein, matein/guaranin diye bilinen bir alkaloid türüdür. Kafein, 1,3,7-trimetilzantin kimyasal isme ve $C_8H_{10}N_4O_2$ kimyasal formüle sahiptir. Elde edilen kayıtlara göre kafeinin, bir Çin İmparatoru olan Shen Nung'un çay yapraklarını yanlışlıkla kaynatması ile keşfedildiği düşünülmektedir. Tarihsel süreçte insanlığın kafeini fiziksel performansı artırmak ve yorgunluk etkisinden kurtulmak amacıyla tükettikleri bilinmektedir (Fredholm vd., 1995). Kafein molekülü, yaklaşık olarak 60'tan fazla bitki, meyve, tohum ve yaprakta bulunmaktadır. Kahve çekirdeği, çay ve kakao çekirdeği diğer bitki ve tohumlara kıyasla daha fazla kafein molekülü ihtiva etmektedir. Kafeinin kahve çekirdeğinden ilk olarak izole edilmesi, yaklaşık olarak 200 sene önce Alman kimyager Friedlieb Ferdinan Runge tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu araştırmalar neticesinde kahveye olan ilgi, özellikle Avrupa kıtasında gittikçe artmaya başlamış ve insanlar uyuşukluk hissi ve yorgunluktan kurtulmak için kahve tüketimlerini artırmaya başlamışlardır (Burke vd., 2013).

1.1.1. Kafein Metabolizması

Kafein, yaklaşık olarak tüketiminden 1 saat sonra kanda yüksek plazma konsantrasyonuna ulaşmaktadır (Blanchard ve Sawers, 1983; Robertson vd., 1981). Bu metabolik hızı etkileyen başlıca unsur bireylerin genetik farklılıklarıdır. Günlük tüketilecek olan kafein miktarının aralıklı olarak mı yoksa tek seferde mi alınması gerektiği sorusu ise alınacak doz, cinsiyet, tüketim sıkılığı vb. faktörlere göre değişiklik göstermekte ve metabolik emilim hızını etkilemektedir. Ayrıca, kafeinin emilim hızını etkileyecek olan bir diğer önemli faktör ise kafeinin alınacak olan formudur. Kafeinli sakızın, diğer kafein formlarına oranla daha hızlı emilim gerçekleştirdiği bilinmektedir (Kamimori vd., 2002). Kafeinin biyolojik yarı ömrü yetişkinlerde 3-5 saattir. Bu yarı ömrü sigara tüketimi, hamilelik ve günlük diyet türü gibi bazı çevresel faktörler etkileyebilmektedir (Collomp vd., 1991). Bununla birlikte, vücuttan tamamen atılması 24 saati bulabilmektedir. Fakat bu 24 saat içerisinde ergojenik etkisini sürdürdüğü de araştırmalarda gösterilmiştir (Bell ve McLellan, 2002). Araştırmalar, kafeinin sportif performansa pozitif katkı verme bakımından, düzenli kafein tüketmeyen sporculara göre, düzenli kafein tüketen sporcuların daha az etki gördüklerini göstermiştir (Bell

ve McLellan, 2002). Dolayısıyla, günlük kafein tüketim yüksek olan (300 mg ve üzeri) olan sporcularda, kafeinin bir besin takviyesi olarak alınmasının ergojenik etkisinin daha az olacağı varsayılmaktadır.

1.1.2. Kafeinin Ergojenik Etkileri

Kafein, adenozin ile oldukça benzer bir moleküler forma sahiptir (Fredholm, 1995). Adenozin molekülünün merkezi sinir sisteminde (MSS) yer alan birçok nörotransmitter maddenin salınımını engellediği bilinmektedir (Landolt, 2008; Nehlig vd., 1992). Kafein, temel olarak biyolojik etkisini adenozin reseptörlerini (AR) antagonize ederek gerçekleştirmektedir. Kafein, bir AR antagonisti olarak hareket ettiğinden dolayı, akut olarak kullanıldığında AR'lerin aktivasyonunun tersi yönünde bir etkide bulunmakta, bu da adenozinerjik tonusun kaldırılmasını sağlamaktadır (Ribeiro ve Sebastião, 2010). İnsan organizmasında A_1, A_{2A}, A_{2B}, A_3 olmak üzere dört farklı AR bulunmaktadır. A_1 ve A_{2a} reseptörleri, kafeinin etkilerinde başlıca rol oynayan alt tiplerdir; buna karşın A_{2b} ve A_3 reseptörleri ise kafeinin etkisi bakımından yalnızca küçük bir rol oynamaktadır. A_1 reseptörleri adenil siklaza negatif olarak bağlıyken, A_{2a} reseptörleri bu enzime pozitif olarak bağlıdır. A_1 reseptörleri, hipokampus, serebral, serebellar korteks ve talamus gibi beyin bölgelerinde yüksek seviyelerde yaygın olarak dağılmaktadır (Daval vd., 1991; Dux vd., 1990; Goodman ve Synder, 1982). Buna karşılık, A_{2a} reseptörleri neredeyse tamamen striatum, nükleus akumbens ve olfaktor tuberkülde bulunmaktadır (Jarvis ve Williams, 1989; Ongini ve Fredholm, 1996; Parkinson ve Fredholm, 1990). Kafein, AR'lerin dopamin reseptörleri üzerindeki negatif modülatör etkilerini antagonize ederek, A_2 reseptörlerinin inhibisyonuna ve blokajına yol açmakta, bu da dopaminerjik nörotransmisyonun potansiyasyonuna yani dopamin sinyallerinin iletimindeki artışa veya güçlenmeye neden olmaktadır (Ferré vd., 1992; Garrett ve Griffiths, 1997; Pollack ve Fink, 1995).

Kafeinin bir diğer etki mekanizması ise egzersiz esnasında substrat kullanımını artırmasıdır. Literatürde kafeinin egzersiz sırasında yağ asitlerinin mobilizasyonunu artırdığı ve böylelikle yağ oksidasyonunu artırdığını gösteren çalışmalar bulunmaktadır (Costill vd., 1978; Powers vd., 1983).

Kafein tüketimiyle ilgili bir diğer etki mekanizması ise egzersizle uyarılan beta endorfin salınımı için eşiği düşürerek egzersiz performansını desteklemeye yardımcı olmasıdır. Beta endorfindeki artışın, ağrı algısını azaltma ve öforiyi (aşırı mutluluk, neşe veya iyi olma hali) destekleme yeteneği yoluyla egzersiz performansını artırdığı bilinmektedir (Harber ve Sutton, 1984). Kafeinin, öncelikle karşıt AR blokajı yoluyla MSS uyarıcısı olarak

etki ettiğini gösteren kanıtlar araştırmalarda gösterilmiştir (Snyder vd., 1981). Temel olarak, kafein alımının, bu mekanizma yoluyla hipotalamustan kortikotropin salgılatıcı faktör salınımını desteklemesi ve bunun da proopiomelanokortin prohormonunun (POMC) salınımını artırarak beta endorfin salınımının artmasına neden olması mümkün olmaktadır (Laurent vd., 2000).

Özetle, kafein alımının en temel ergojenik etkisi adenozin karşıtlığıdır. Bu karşıt etki sayesinde vücutta hissedilecek ağrı ve yorgunluk hissi azalmaktadır. Böylelikle egzersiz ile elde edilecek güç çıktıları, algılanan zorluk ve iş kapasitesi gibi fiziksel performans artmaktadır (Cox vd., 2002).

1.1.3. Kafeinin Sportif Performans Üzerine Etkileri

Kafein, performans artırıcı etkileri nedeniyle spor dünyasında uzun süredir tartışılan bir madde olmuştur. 2004 yılından itibaren WADA ve IOC tarafından yayınlanan yasaklılar listesinden çıkarılmasına rağmen, halen izleme programı kapsamında yer alması, bu madde üzerindeki dikkatlerin devam ettiğini göstermektedir. Bu, kafeinin performans üzerindeki etkileri kadar, olası kötüye kullanım riskinin de izlendiğini işaret eder. Bu nedenle, sporcularda kafein kullanımının, dozun dikkatlice ayarlanması, bireysel özelliklere uygun planlama ve yan etkileri en aza indirecek şekilde düzenleme ilkelerine göre yapılması önem taşır. Bu yaklaşım hem sporcunun performansını desteklemeyi hem de sağlık risklerini en aza indirmeyi hedefler (Akça vd., 2018).

Bilindiği üzere elit sporcuların müsabakalarını kazanmaları veya kaybetmeleri çok küçük farklarla gerçekleşmektedir. Bundan dolayı, sporcular günlük antrenman ve beslenmelerine ek olarak doping sayılmayacak ek besin takviyeleri kullanmayı tercih etmektedirler. Kafein, sporcular tarafından farklı rekabet düzeylerinde ve birçok spor dalında sıklıkla kullanılan bir ek takviyedir (Del Coso vd., 2011). Yapılan araştırmalar, elit sporcuların %74'ünün, egzersiz veya spor öncesinde ya da sırasında ergojenik bir destek olarak kafein kullandığını göstermektedir. Özellikle dayanıklılık sporcuları arasında kafeinin daha yaygın bir şekilde tüketildiği rapor edilmektedir (Del Coso vd., 2011). Bu durum muhtemelen kafeinin kolayca erişilebilir olması ve düşük ila orta dozlarda (1-6 mg/kg) ergojenik etkilerinin bulunduğuna dair kanıtların yanı sıra az sayıda olumsuz yan etkisinin olmasından kaynaklanmaktadır (Graham, 2001; Spriet, 2014). Ayrıca, kafein alımının hem dayanıklılık

hem de kısa süreli yüksek yoğunluklu egzersiz sırasında performansı artırabileceğine dair kanıtlar da oldukça güçlüdür (Burke, 2008; Doherty ve Smith, 2004; Ganio vd., 2009)

Günlük kafein tüketim miktarının ne kadar olduğu ve buna göre kafeinin besin takviyesi etkisinin ne olacağı ile ilgili çalışmalar da literatürde yerini almıştır. Teorik olarak, düzenli kafein tüketen bireylerin, başlangıçta düşük dozlarla elde ettikleri etkileri zamanla sürdürebilmek için daha yüksek miktarlarda kafein almaları gerektiği düşünülmektedir. Bu nedenle, kafein tüketim alışkanlığının, kafein takviyesinin egzersiz performansı üzerindeki kısa vadeli etkilerini azaltabileceği öne sürülmüştür (Sökmen ve ark., 2008). Bu hipotezi destekler nitelikte Lara vd., (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, 20 gün boyunca düzenli bir şekilde günlük 3 mg/kg kafein dozunun alınmasının, akut kafein takviyesinin performans üzerindeki etkilerini azalttığı görülmüştür.

Cinsiyetler arasında kafeinin etkililiğini araştıran çalışmalarda mevcuttur. Buna göre, kafeinin etkisi cinsiyetler arasında anlamlı bir farklılık göstermemektedir. Skinner vd. (2019), tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, 3 mg/kg kafein dozu alımının kadınlarda dayanıklılık egzersiz performansına olumlu katkı verdiği gösterilmiştir. Kadınlarda egzersiz sonrası plazma kafein konsantrasyonlarının erkeklere kıyasla anlamlı derecede daha yüksek olmasına rağmen, performans artışının boyutu her iki cinsiyet için de benzer bulunmuştur. Bu bulgular, kafein alımına ilişkin mevcut önerilerin –ki bu öneriler büyük ölçüde erkek denekler üzerinde yapılan çalışmalara dayanmaktadır– kadınlar için de geçerli olabileceğini göstermektedir. Özellikle dayanıklılık performansını artırmak amacıyla, egzersizden önce 3-6 mg/kg kafein alımını tavsiye eden bu rehberlerin, kadın sporcular tarafından da etkin bir şekilde uygulanabileceği sonucunu desteklemektedir (Skinner ve ark., 2019). Bu, spor bilimlerinde cinsiyete özgü veri eksikliğini vurgulamakla birlikte, genel kafein kullanım kılavuzlarının her iki cinsiyet için de uygun olabileceğini düşündürmektedir.

1.2. Kafeinin Farklı Formlarda Tüketilmesi

Araştırmalarda veya atletik ortamlarda kafein alımının geleneksel şekli, suyla birlikte tablet/kapsül almak veya kahve içmektir. Böylelikle, kafein hızla yutulmakta, büyük kısmı bağırsaktan kana emilmekte ve küçük bir kısmı da yanak mukozası tarafından emilmektedir (Wickham ve Spriet, 2019). Kafein günümüzde bar, jel, sakız, pastil ve enerji içecekleri gibi formlarda da bulunmakta olup, bu durum kafeinin yanak mukozası ve bağırsaklardan kana emilme hızını etkileyebilmektedir. Ayrıca, kafeinin ağızda çalkalanmasının (KAÇ), beyne

doğrudan bağlantıları olan ağız boşluğundaki sensörleri aktive edebileceğine ve bunun da nihayetinde atletik performansı etkileyebileceğine dair yeni kanıtlar mevcuttur (Karayiğit vd., 2021a). Son olarak, üreticiler, kafeinin oral yolla veya burun aerosol spreyleri aracılığıyla uygulanmasının, burundaki sinir uçlarını uyararak sensörleri aktive edebileceğini ve akciğerlerde emilimi kolaylaştıracak doğrudan bir yol sunabileceğini öne sürmektedir. Ancak, bu olasılığı araştıran bir çalışma henüz yapılmamıştır (Wickham ve Spriet, 2019).

1.2.1. Kafeinli Sakız

Literatürde kafeinin çiğneme sakızında verilmesiyle ilgili önemli çalışmalarının çoğunun askeri amaçla yürütüldüğü görülmektedir. Çalışmalar, kapsüllerde verilen kafeinin neden olduğu uyanıklık, ruh hali ve performanstaki uzun süreli azalmaları tersine çevirme yeteneğini göstermektedir (Kamimori vd., 2000; Kaplan vd., 1997; Penetar vd., 1993). Ancak, belirli miktarda kafeinin (3-6 mg/kg) bağırsaktan ayrılıp kana ulaşması ve MSS'yi etkilemesi 20-30 dakikalık bir gecikmeye neden olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, askerî operasyonlar ya da spor karşılaşmaları gibi uyanıklığın ve performansın hızla geri kazanılmasının kritik olduğu durumlarda, kafeinin çiğneme sakızı formunda sunulmasının, bukkal mukoza ve bağırsak yoluyla emilimi hızlandırarak daha çabuk kana karışabileceği öne sürülmüştür (Kamimori ve ark., 2002). Sakız formunda kafein dışındaki takviyelerin emiliminin, kısmen bu bölgedeki kapsamlı damarlanma nedeniyle, bukkal boşluktan daha hızlı geçtiği de bilinmektedir (Kamimori vd., 2002). Ayrıca, bukkal mukoza/kavite yoluyla emilim, bağırsaklar veya karaciğerde bağırsak yoluyla emilirken meydana gelebilecek ilk geçiş metabolizmasını önlemektedir. Bu nedenle, sakızla kafein emilimindeki herhangi bir hızlanma, vücutta daha çabuk biyolojik etkiler ortaya çıkarabilir. Bu hipotezi değerlendirmek amacıyla Kamimori vd. (2002), 50, 100 veya 200 mg kafein içeren kapsüllerin yutulması ya da sakızların çiğnenmesinden sonra belirli zaman aralıklarında plazma kafein düzeylerini ölçerek emilim hızını incelemiştir. Her bir durum için günde 300 mg'dan az kafein tüketen ve 20 saat boyunca kafein alımından uzak durmuş ve 3 saat aç kalmış 12 sağlıklı erkek katılımcıdan oluşan üç ayrı grup oluşturulmuştur. Kan örnekleri yutma/çiğnemeden 5, 15, 25, 35, 45, 55, 65 ve 90 dakikalarda ve 2, 3, 4, 6, 8, 12, 16 ve 29 saat sonra alınmıştır. Maksimum kafein konsantrasyonuna ulaşma süresinin, sakız çiğnemelerinde (44,2-80,4 dakika) kapsül yutmalarına (84-120 dakika) kıyasla daha hızlı olduğu görülmüştür. Ancak, kapsül ve sakız uygulamaları arasında maksimum kafein seviyeleri ve konsantrasyon-zaman eğrilerinin altındaki toplam alan, her üç doz için de benzer bulunmuştur. Sakızla daha hızlı emilim oranı,

özellikle 200 mg'lık dozda belirgin hale gelmiştir. Bu dozda, plazma kafein seviyelerinde belirgin bir yükselme 5 ile 15 dakika arasında gerçekleşmiş, daha az ölçüde de olsa 15 ile 25 dakika arasında devam etmiştir. Bu çalışma, kısmen sakız çiğnenmesinin yanak boşluğuna emilim yoluyla, kafeinin sakızla kapsüllere kıyasla daha hızlı emilim gerçekleştirdiğini göstermiştir. Bu farmakokinetik bulgular, hızlı kafein etkilerinin gerekli olduğu ve bilinen bir zaman aralığında sürdürülmesi gereken askeri ve spor müsabakalarında daha faydalı olduğunu göstermektedir. Bu faydaların, bireysel farklılıklar ve sporcunun antrenman geçmişi gibi faktörlerden etkilenmesi beklenmektedir. Ayrıca, sakız çiğnemeyle splanknik kan akışının azalabileceği ve bağırsaktaki kafein emilimini yavaşlatabileceği ve böylelikle yoğun egzersiz sırasında kapsül alımına göre ek bir avantaj sağlaması mümkün olabilmektedir, ancak bu durum bugüne kadar incelenmemiştir (Wickham ve Spriet, 2019).

1.2.2. Kafeinli Jel ve Barlar

Son yıllarda, çeşitli araştırmalar, kafein içeren barların ve jellerin potansiyel ergojenik (performans artırıcı) etkilerini incelemeye odaklanmıştır. Bu çalışmalar arasında, Hogervorst vd. (2008), gerçekleştirdiği bir araştırma öne çıkmaktadır. Araştırmada, kafeinli enerji barlarının tekrarlanan dozlarının fiziksel dayanıklılık ve bilişsel işlevler üzerindeki etkileri 24 antrenmanlı erkek katılımcı üzerinde test edilmiştir. Denekler, maksimum oksijen tüketimlerinin %60'ında ($VO2_{maks}$) 150 dakikalık bir submaksimal bisiklet sürüşü gerçekleştirmiştir. Bu zorlu protokolün ardından 5 dakikalık kısa bir dinlenme periyodu ve ardından $VO2_{maks}$'ın %75'inde gerçekleştirilen bir tükenme testi uygulanmıştır. Çalışma, kafeinli barların fiziksel performans üzerindeki etkilerinin yanı sıra bilişsel becerilere ilişkin veriler sunmayı da amaçlamıştır. Ek olarak, katılımcılar başlangıçta submaksimal döngünün 70. ve 140. dakikalarında ve tekrar tükenme anında bir bilişsel test bataryasına tabi tutulmuşlardır. Alınan solüsyon ve takviyeler, submaksimal döngü protokolünden hemen önce ve 55. ve 115. dakikalarda verilen 100 mg kafein ve 45 g karbonhidrat içeren kafeinsiz bir bar, 45 g karbonhidrat içeren kafeinsiz bir bar veya 300 ml kalorisiz bir plasebo içeceğinden oluşmaktadır. Araştırmada, bilişsel işlevler çeşitli görevlerle değerlendirilmiştir: Stroop testi, hızlı görsel bilgi işleme (RVIP) görevi ve görsel arama testi karmaşık bilişsel süreçleri ölçerken, anında hatırlama görevi daha basit bilişsel işlevleri incelemiştir. Kafein seviyelerinin izlenmesi amacıyla, başlangıç noktasında ve tükenme protokolünün hemen ardından tükürük örnekleri alınmıştır. Kafein içeren barların tüketimi, tükürükteki kafein seviyelerini başlangıç düzeyi olan 0,25 µg/ml'den 5,93 µg/ml'ye çıkararak anlamlı bir artış göstermiştir

(tükürük/plazma konsantrasyonu oranı = 0,74 ± 0,08). Kafeinli barlarla alınan takviye, sabit durum egzersizi sırasında ve yorgunluktan sonra Stroop testi ve RVIP testinde reaksiyon süresini iyileştirmiş ve diğer iki koşulla karşılaştırıldığında yorucu egzersizin sonunda görsel arama testinde hızını ve doğruluğunu da iyileştirmiştir. Kafeinli barlar ayrıca, kafeinsiz karbonhidrat barlarına (1150 saniye) ve plasebo içeceğine (850 saniye) kıyasla yorgunluk süresine de olumlu katkıda (1600 saniye) bulunmuşlardır.

Çalışmalar bir arada ele alındığında, 100 mg kafein içeren bar ve jellerin bilişsel işlevi, tükenme süresini ve zamana karşı deneme performansını iyileştirdiğini göstermektedir (Wickham ve Spriet, 2019). Bu alanda daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğu açıktır, çünkü kafeinli barlar ve jeller sporcular için antrenman ve yarışma sırasında önemli kafein kaynaklarıdır ve günümüzde kadın denekleri inceleyen bir çalışma bulunmamaktadır.

1.2.3. Kafeinin Ağızda Çalkalanması

Kafein, fiziksel ve bilişsel performansı iyileştirse de bazı bireylerde kafein tüketiminden sonra anksiyete, baş ağrısı ve yüksek kan basıncı gibi yan etkiler ortaya çıkabilmektedir (Pallarés vd., 2007). Bu nedenle, olası yan etkileri azaltabilecek yeni kafein tüketim biçimleri önemli bir hale gelmektedir. Bu bağlamda, KAÇ uygulaması herhangi yan etki göstermeden gerek bilişsel gerekse de fiziksel performansı iyileştirmek için önemli bir alternatif yol olarak tavsiye edilmektedir (Best vd., 2021; Wickham ve Spriet, 2018). Bu alternatif kafein tüketim biçiminin diğer bir önemli avantajı ise, sportif performans ve bilişsel çıktılar sırasında sürekli tekrarlanabilen kullanımı mümkün kılabilmesi ve performans üzerine anında etki edebilmesidir.

Genellikle KAÇ, herhangi bir yutma girişimi olmadan, ağız içerisinde 5-20 saniye arasında kafeinli solüsyonun çalkalanmasından ve ekspektorasyon ile dışarı atılmasından ibarettir (Wickham ve Spriet, 2018). Çalkalanacak solüsyondaki kafeinin dozu veya kaç kez çalkalayıp ekspektorasyon yapılacağı ve böylelikle optimal faydanın sağlanacağı literatürde tartışma konusudur. Ağız içerisinde yer alan bukkal mukozanın kafeini emebildiği bilinmesine rağmen, KAÇ uygulamasından sonra plazma kafein konsantrasyonunda herhangi bir artış gözlemlenmediği bildirilmiştir. Bunun nedeninin, çalkalama süresinin kısalığı (yaklaşık olarak 10 saniye) ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (Doering vd., 2014). KAÇ uygulamasının iki farklı ergojenik etkisi olduğu düşünülmektedir. Bunlar:

- İlk etki mekanizması olarak, kafeinin ağız içerisinde yer alan adenozin moleküllerine bağlanması nedeniyle nörotransmiter salınımının artması olduğu düşünülmektedir (Kamimori vd., 2002; Wickham ve Spriet, 2018).
- İkinci etki mekanizması ise, KAÇ'ın ağızdaki TAS2R (acı tat reseptörleri) reseptörlerini uyarması ve bu uyarının, beynin ödül ve bilgi işleme bölgesi olan prefrontal korteksi aktive ederek iyi hissetme halini sağlamasıdır (De Pauw vd., 2015; Gam vd., 2014; Zald vd., 2002).

Kafeine maruz kalan bu bölgelerin ve reseptörlerin aktif hale gelmesi, merkezi sinir sisteminde uyarılma yaratarak dopamin salınımını tetiklediği bilinmektedir. Dopamin salınımı, zihinsel uyanıklığı artırmanın yanı sıra, bireyde iyi hissetme hali, motivasyon artışı ve genel ruh halinin iyileşmesine katkıda bulunabilir. Bu süreç, kafeinin özellikle dikkat, odaklanma ve enerji seviyelerini yükseltme konusundaki etkilerini açıklamaktadır (Pickering, 2019).

1.3. Kafeinin Ağızda Çalkalanmasının Sportif Performans Üzerine Etkileri

KAÇ'ın spor ve egzersiz performansı üzerindeki etkileriyle ilgili olarak, farklı egzersiz protokolleri ve farklı sonuçlar bildiren çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Devenney vd., 2018; Kasper vd., 2016; Pak vd., 2020). Çalışmalar arasındaki çelişkili sonuçlar, KAÇ'ın spor performansı ile ilgili sonuçlar üzerindeki potansiyel ergojenik etkilerini özetlemek, bu alandaki araştırmaları yönlendirmek ve antrenörler ve sporcular için sporcu beslenmesi önerilerini iyileştirmek amacıyla mevcut kanıtların değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir (Nabuco vd., 2023).

Nabuco vd. (2023), tarafından yapılan bir meta-analizde KAÇ'ın fiziksel ve bilişsel performans üzerindeki etkilerini araştıran 19 çalışma incelenmiş ve etkililik durumu raporlanmıştır. Özetle, KAÇ'ın 8 çalışmada (Beaven vd., 2013; Bottoms vd., 2014; Karayiğit vd., 2021a; Karayiğit vd., 2021b; Kizzi vd., 2016Pak vd., 2020; Pataky vd., 2016; Sinclair ve Bottoms, 2014) ergojenik etki gösterdiği, geriye kalan 11 çalışma da (Barbosa vd., 2020; Boat vd., 2021; Clarke vd., 2015; Doering vd., 2014; Dolan vd., 2017; Gough vd., 2022; Figueiredo vd., 2021; Karayiğit vd., 2017; Karuk vd,, 2021; Nabuco vd., 2021; Marinho vd., 2020) ise plaseboya kıyasla anlamlı bir etki göstermediği görülmüştür. Bu etkiler, özellikle 5x6 saniyelik tekrarlanan bisiklet sprintleri, 30 dakikalık normal tempoda bisiklet sürme, kol çevirme ve kas dayanıklılığı performansında belirgin olmuştur. Geri kalan 11 çalışmanın KAÇ'ın 30 saniyelik Wingate testi, bisiklet zaman denemesi, yoruluncaya kadar dayanıklılık bisikleti, kas kuvveti,

koşu performansı ve dikey sıçrama gibi egzersiz sonuçlarını iyileştirmede etkili olmadığını göstermiştir. Bu egzersiz protokollerinin süresi ve yoğunluğundaki büyük farklılık, hangi tip egzersizin KAÇ ile en iyi şekilde iyileştirilebileceği konusunda kesin bir sonuç çıkarmayı zorlaştırmaktadır (Nabuco vd., 2023).

KAÇ'ın fiziksel performansta sağladığı iyileşmenin büyüklüğü, aynı zamanda endojen glikojen depolarıyla (karaciğer ve kas) da ilişkili olabilmektedir (Lane vd.,2013). Beaven vd. (2013), tarafından yapılan bir çalışma egzersizden önce kısa bir süre oruç tutmanın (2 saat) tekrarlanan sprint performansında herhangi bir iyileşme sağlamadığını göstermiştir. Kizzi vd. (2016), tarafından gerçekleştirilen bir çalışma da ise, düşük kas glikojen mevcudiyeti altında hem maksimum sprint bisiklet performansı sırasında hem de ortalama güçte bir artış gözlemlenmiştir. Pak vd. (2020), tarafından ortaya konan bir çalışma da egzersizden önce KAÇ'a bir kez maruz kalmanın, açken bir taekwondo testinde glikoz ve plaseboya kıyasla başarılı tekme performansını iyileştirdiğini gözlemlenmiştir. KAÇ'ın fiziksel performans üzerinde etkisinin olmadığı çoğu çalışmanın tok bireylerde gerçekleştirildiğini de belirtmek önemlidir (Clarke vd., 2015; Doering vd., 2014; Dolan vd., 2017; Marinho vd., 2020; Pataky vd., 2016). Evrimsel bir bakış açısıyla, kas ve karaciğer glikojen depoları tükendiğinde, acı tat reseptörleri daha iyi tepki verir, çünkü bu reseptörlerin duyarlılığı birey tok olduğunda azalabilmektedir (Beelen vd., 2009). Bu hipotezi desteklemek için, KAÇ'ın açlık durumunda birincil tat korteksinin (insular korteks) artan aktivasyonuna neden olduğu, ancak tokluk durumunda böyle bir etkide bulunmadığı saptanmıştır (Haase vd., 2009). Dolayısıyla, son öğün ile egzersiz arasındaki sürenin (~4 saat) acı tat reseptörlerinin duyarlılığını artırarak KAÇ'ın fiziksel performans üzerinde olumlu etki yaratacağı çalışmalarda gösterilmiştir. Bu nedenle, KAÇ'ın, düşük karbonhidrat mevcudiyeti veya açlık durumunda fiziksel performansı daha büyük ölçüde iyileştirdiği görülmektedir (Da Silva vd., 2023).

Kafein alımının fiziksel performans üzerindeki etkileri net bir şekilde ortaya konmuş olsa da (Grgic ve ark., 2020), bazı bulgular bireylerin kafeine verdikleri tepkilerde farklılıklar olduğunu göstermektedir (Del Coso ve ark., 2019). Bu bireysel farklılıkların, kafeinin metabolizmasından sorumlu olan ve esas olarak karaciğerde bulunan CYP1A2 gen polimorfizmi, sitokrom P450 1A2 enzimini kodlayan genle ilişkilendirilmiştir (Rahimi, 2019). AC veya CC genotipine sahip bireyler yavaş metabolize edenler olarak tanımlanırken, AA genotipine sahip olanlar hızlı metabolize edenler olarak kabul edilmektedir. (Guest vd., 2018). Ancak, KAÇ karaciğer metabolizmasını bypass ederek bazı bireylere daha fazla avantaj sağlamaktadır. Sadece iki çalışma, farklı CYP1A2 genotiplerine sahip kişilerde KAÇ'ın sportif performans üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Bu çalışmalardan biri olan Pataky

vd. (2016), CYP1A2 polimorfizminden bağımsız olarak KAÇ'ın 3 km'lik bisiklet zaman denemesi sırasında fiziksel performansı artırmadığını göstermiştir. Figueiredo vd. (2021), tarafından yapılan diğer bir çalışma ise, CC homozigot veya AC heterozigot bireylerde KAÇ'ın 10 km koşu denemesi veya dikey sıçrama performansı üzerinde bir etkisi olmadığını belirlemiştir. Bu sebeple, bu sonuçlara göre KAÇ'ın fiziksel veya sportif performans üzerindeki etkilerinin CYP1A2 genotipiyle alakalı olmadığını düşündürmektedir.

KAÇ'ın fiziksel performans üzerindeki etkilerini değiştirebilecek olan potansiyel bir durum ise KAÇ'ın ağız içerisinde ne kadar süreyle çalkalandığıdır. Literatürde, tıpkı karbonhidratın ağızda çalkalanmasında olduğu gibi, egzersiz sırasında ağız reseptörlerinin daha iyi aktive olması için ağız boşluğunun kafeine daha sık ve/veya daha uzun süre maruz kalmasının egzersiz performansını artırmada kümülatif bir etki yaratabileceğini gösteren çalışmalar bulunmaktadır. (Kizzi vd., 2016; Sinclair vd., 2014). Ancak, KAÇ için ağız içerisinde çalkalama süresinin etkilerini karşılaştırmalı olarak inceleyen bir çalışma yoktur.

1.4. Amaç

Bu çalışmanın amacı, KAÇ uygulamasının farklı çalkalama sürelerinin, yüksek ve düşük kafein tüketimine sahip amatör sporcuların sprint performansı üzerindeki etkisini incelemektir. Bu araştırmadan elde edilecek veriler, KAÇ'ın yüksek ve düşük kafein tüketimine sahip sporcular üzerindeki etkilerini ve farklı çalkalama sürelerine bağlı performans değişimlerini ortaya koyacaktır. Böylece, sporcuların KAÇ'tan optimum fayda sağlamaları amaçlanmaktadır.

1.5. Problem Cümlesi

Farklı KAÇ süreleri düşük ve yüksek kafein tüketimine sahip sporcularda sprint performansını nasıl etkiler?

1.6. Alt Problemler

1) KAÇ sprint performansını etkiler mi?

2) KAÇ yüksek ve düşük kafein tüketimi durumundan etkilenir mi?

3) KAÇ'ın farklı çalkalama sürelerine göre sprint performansına etkisi değişir mi?

4) KAÇ'ın egzersiz öncesi ve sırasında kalp atım hızı ve algılanan zorluk derecesine anlamlı bir etkisi olur mu?

1.7. Denenceler

1) 8 kez 5 veya 10 saniye 750 mg KAÇ uygulaması düşük ve yüksek kafein tüketimine sahip sporcularda sprint performansını anlamlı ölçüde artırır.

2) 8 kez 5 veya 10 saniye 750 mg KAÇ uygulaması yüksek ve düşük kafein tüketimi durumundan etkilenir.

3) 8 kez 5 saniye 750 mg KAÇ uygulaması sprint performansını anlamlı derecede artırır.

4) 8 kez 10 saniye 750 mg KAÇ uygulaması sprint performansını anlamlı derecede artırır.

5) 8 kez 5 saniye 750 mg KAÇ uygulaması 10 saniye çalkalamaya kıyasla sprint performansını anlamlı derecede artırır.

6) KAÇ egzersiz öncesi ve sırasında kalp atım hızını değiştirmez.

7) KAÇ algılanan zorluk derecesini anlamlı ölçüde azaltır.

1.8. Sınırlılıklar

Toplam katılımcı sayısı literatürdeki çalışmalarla paralellik gösterse de yüksek ve düşük kafein tüketim gruplarının belirlenmesinden sonra gruplar içerisindeki katılımcı sayıları 10-11 kişi arasında kalmıştır. EMG ve plazma kafein ve epinefrin/norepinefrin konsantrasyonları ölçülememiştir ve dolayısıyla KAÇ'ın ergojenik etki mekanizması hakkında açıklama yapılamamaktadır. Katılımcıların genotip durumları tespit edilememiştir, bundan dolayı KAÇ'a verilen dönütlerin nedeni tam olarak bilinmemektedir.

1.9. Araştırmanın Önemi

KAÇ'ın fiziksel ve bilişsel performans üzerindeki etkileri literatürde birçok araştırmanın konusu olmuştur. Yapılan çalışmalarda KAÇ'ın etkileri çoğunlukla erkek katılımcılar, belirli tekrarda çalkalama, genellikle farklı dozlarda ve az kafein tüketimine sahip katılımcılar üzerinde araştırıldığı bilinmektedir. Literatür detaylı incelendiğinde, KAÇ'ın yüksek ve düşük kafein tüketim oranına sahip sporcular üzerinde ve bununla birlikte ağız içerisinde farklı sürelerde çalkalanmasını tek bir çalışmada araştıran bir çalışma literatürde rastlanmamıştır. Dolayısıyla, bu doktora tezi, hem yüksek ve düşük olmak üzere farklı kafein tüketim düzeyine sahip olan katılımcılar hem de 5 ve 10 saniye olmak üzere farklı çalkalama sürelerini tek bir çalışmada inceleyecek olması bakımından literatürde bir ilk olacaktır. Araştırma sonucunda, sporculara optimal KAÇ süresinin ne olduğu ve KAÇ'tan elde edilecek etkinin hangi kafein tüketim düzeyinde daha fazla ya da daha az olduğu gösterilmiş olacaktır.

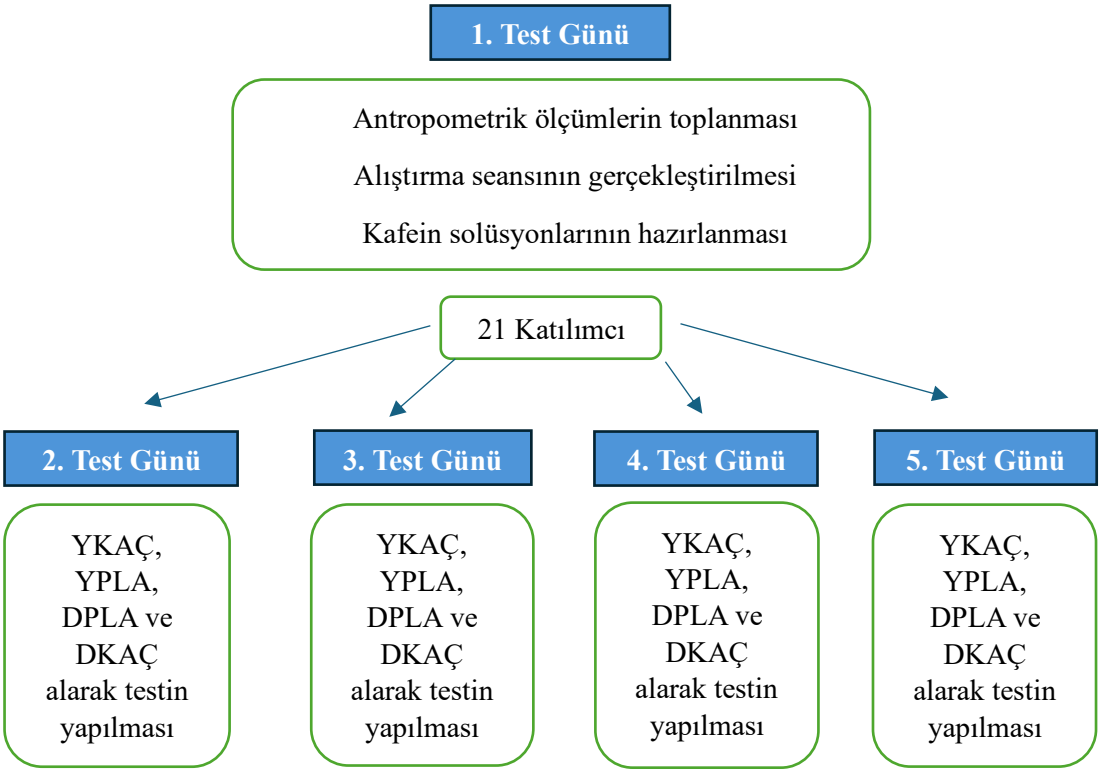
2. GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. Araştırma Deseni

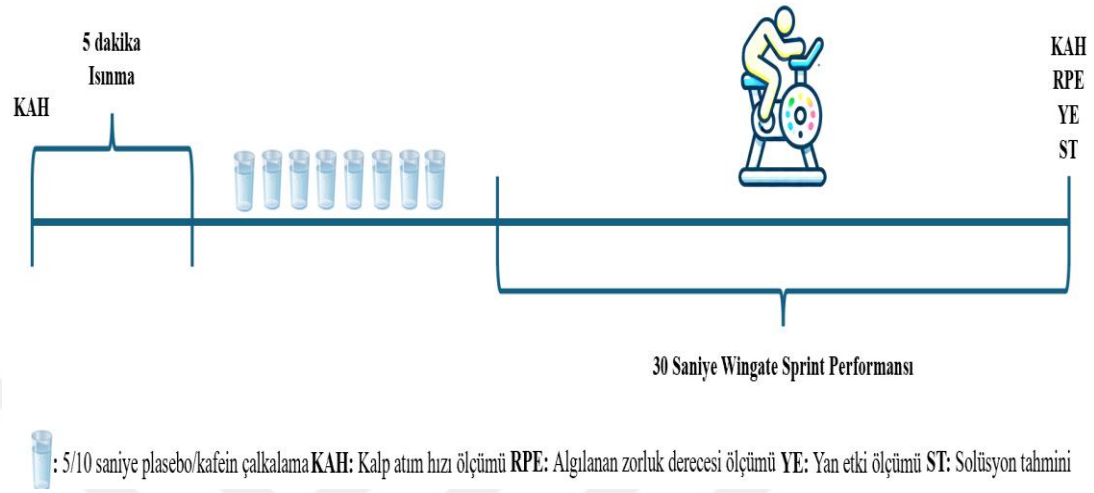
Bu çalışma randomize, çift kör, çapraz döngülü, karşıt dengeli ve plasebo kontrollü bir araştırma dizaynında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmaya tamamen gönüllülük esaslarına göre 21 sağlıklı ve yetişkin amatör düzeyde futbol oynayan erkek sporcular katılmıştır. Başlangıçta katılımcıların yaşları belirlenmiş, boy uzunluğu (cm), vücut ağırlığı (kg) ve VKİ (kg/m^2) ölçülmüştür. Tüm katılımcıların, çalışmanın başlamasından 6 ay öncesine kadar herhangi bir besin takviyesi kullanmadıklarını beyan etmeleri sağlanmıştır. Bu çalışmaya dahil edilme kriterleri şu şekilde oluşmuştur: (a) sigara içmeyen, (b) kas-iskelet sistemi veya nöromüsküler bir rahatsızlığı olmayan, (c) herhangi bir besin takviyesi kullanmayan, (d) alkol tüketmeyen, (e) amatör sporcular. Bu çalışmada, günlük 100 mg altında kafein tüketen bireyler düşük, 300 mg üzerinde tüketen bireyler ise yüksek kafein tüketicisi olarak sınıflandırılmıştır (Spriet, 2014). Filip vd. (2020), sınıflandırmasına göre katılımcıların kafein tüketim seviyesi değerlendirilerek gün içerisinde 11 katılımcı yüksek (362,31±28,3), diğer 10 katılımcının ise düşük (39,54±8,7) kafein tüketimine sahip olmaları nedeniyle sporcular 2 gruba ayrılmıştır. Katılımcıların günlük kafein alım seviyeleri, Bühler vd. (2014), tarafından önerilen günlük kafein alım seviyesi anketinin uyarlanmış bir versiyonu ile ölçülmüştür. Tüm katılımcılar bir alıştırma testinin ardından 4 araştırma test gününe tabi tutulmuşlardır. Katılımcılar, yüksek kafein tüketimine sahip katılımcılarda 5 sn veya 10 sn kafein çalkalama (YKAÇ), yüksek kafein tüketimine sahip katılımcılarda 5 sn veya 10 sn plasebo çalkalama (YPLA), düşük kafein tüketimine sahip katılımcılarda 5 sn veya 10 sn plasebo çalkalama (DPLA) ve düşük kafein tüketimine sahip katılımcılarda 5 sn veya 10 sn kafein çalkalama (DKAÇ) olmak üzere sınıflandırılmıştır. Katılımcıların sprint performansları bisiklet ergometresi (Monark Ergomedic 894E, Vansbro, İsveç) kullanılarak değerlendirilmiştir. Test öncesinde, katılımcılar 5 dakika boyunca 50 watt yükte pedal çevirerek ısınma yapmıştır. Isınmanın ardından, her katılımcıya vücut ağırlıklarının %7,5'i oranında bir direnç uygulanmış ve maksimal çabayla pedal çevirmeleri istenmiştir. Test sırasında, katılımcılardan sele üzerinde kalmaları ve 30 saniye boyunca azami eforla pedal çevirmeleri talep edilmiştir. Süreç boyunca katılımcılara yoğun bir şekilde sözel motivasyon sağlanmıştır. Performans ölçütleri olarak belirlenen zirve güç ve ortalama güç, Monark Anaerobic Test Software (sürüm 3.3.0.0) yazılımı kullanılarak otomatik olarak hesaplanmıştır. Sele yüksekliği ve gidon pozisyonu, her katılımcının anatomisine göre ayarlanmış ve bu ayarlar tüm testler boyunca sabit tutulmuştur.

Katılımcıların YKAÇ, YPLA, DPLA ve DKAÇ ölçümlerine test seansından 3 saat

önce yemek yiyerek katılmaları istenmiştir. Sirkadiyen ritmin herhangi bir etkisinden kaçınmak için farklı günlerde (Katılımcıların maç veya antrenman programlarının olmadığı günlerde), 48 saat arayla ve aynı zaman diliminde test seansları yapılmıştır. Çevresel koşulları en aza indirgemek için test seansları benzer sıcaklık (20-22°C) ve nem koşulları (%40-60 bağıl nem) altında gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Yapılacak olan ölçümlerden önce katılımcılardan test seansına her ziyaretten önceki 24 saat içinde kafein içeren yiyecek ve içeceklerden, ayrıca alkol alımından ve yorucu fiziksel aktivitelerden kaçınmaları istenmiştir. İlk test seansından önceki gün, katılımcılardan 24 saatlik diyet alımlarını kaydetmeleri istenmiş ve daha sonra bu kayıtların bir araştırmacı tarafından fotokopisi çekilerek sonraki seanslardan önce bu diyeti koruyarak tekrarlamaları için katılımcılara geri verilmesi sağlanmıştır. Ayrıca, diyete uyum ve kaçınma prosedürleri (her seanstan 24 saat önce kafein, alkol ve şiddetli fiziksel aktivite) her seanstan önce sözlü olarak kontrol edilmiştir. Bu standardizasyon sağlandıktan sonra katılımcılar her test seansı için spor salonuna geldiklerinde 5 dakikalık bir ısınma egzersizi gerçekleştirmişlerdir. Ardından katılımcılar KAÇ (750 mg) veya PLA ile ağızlarını 5 veya 10 saniye süreyle ve literatürle benzer olmasının sağlanması amacıyla 8 kez bukkal kavite çevresinde çalkalayarak (Beaven ve ark., 2013; Karayiğit ve ark., 2021) plastik bir kaba tükürmüşlerdir. Bu çalkalama işlemi, sporcuların Wingate sprint performans testine çıkmadan hemen önce gerçekleştirilmiş ve hiç beklemeden 8 bardak arka arkaya çalkalanmıştır.



Şekil 2.1. Araştırma deseni.



Şekil 2.2. Test protokolü.

KAÇ ve PLA solüsyonları, çift körlemeyi sağlamak için veri toplamaya katılmayan bir kişi tarafından hazırlanmıştır. Tüm solüsyonlar 300 mg sukraloz ile tatlandırılmış ve görünüş olarak benzer olmuştur. Aynı araştırmacı çözeltileri elektronik laboratuvar terazileri ve oda sıcaklığında distile su kullanarak hazırlamıştır. Çalkalamadan hemen sonra katılımcılar, wingate bisiklet güç testini gerçekleştirmişlerdir. En iyi performansı göstermeleri için sürekli teşvik edilmişlerdir. Wingate testi boyunca katılımcıların KAH'ları Polar V800 (Polar Electro OY; Kempele, Finlandiya) cihazı ile kayıt altına alınmış ve ayrıca algılanan zorluk derecesi modifiye Borg skalası kullanılarak (Borg, 1982) test bitiminde ölçülmüştür. Bu işlemler standardize edilmiş bir biçimde dört test seansında da aynen uygulanmıştır.

2.2. Katılımcılar

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi İnsan Araştırmaları Etik Kurul onayı (EK-1) (İ09-607-23) alındıktan sonra 21 sağlıklı ve yetişkin amatör düzeyde spor yapan erkek sporcular katılmıştır. Araştırma ile ilgili bilgilendirici ve riskleri içeren gönüllü onam formu (EK-2) katılımcılara imzalatılışmış, araştırmanın içeriği sözlü olarak katılımcılara aktarılmış ve Helsinki Deklarasyonuna uyularak araştırma süreci tamamlanmıştır. Katılımcılar son 2 yıldır

amatör düzeyde futbol branşında spor yapmaktadır. Katılımcıların herhangi bir anabolik steroid veya besin takviyesi kullanmadıklarını bildirmişlerdir. Katılımcıların demografik ve tanımlayıcı özellikleri Çizelge 2.1 de gösterilmiştir.

Çalışmanın örneklem büyüklüğü, literatürde benzer araştırmalarda kullanılan katılımcı sayıları dikkate alınarak belirlenmiştir. Ayrıca, GPower 3.1 yazılımı kullanılarak iki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA için bir güç analizi gerçekleştirilmiştir. Analizde, anlamlılık düzeyi (α) 0.05, test gücü (1-β) 0.80 ve orta düzeyde bir etki büyüklüğü (f = 0.25) varsayılmıştır. GPower analizi sonucunda minimum n=18 katılımcının yeterli olduğu görülmüş olup, çalışmada n=21 katılımcı yer almıştır. Bu durum, analizlerin istatistiksel gücünü sağlamak için yeterli görülmektedir.

Çizelge 2.1. Katılımcıların demografik ve tanımlayıcı özellikleri.

	KATILIMCILAR	
ORTALAMA (SS)	**DKT**	**YKT**
Kişi Sayısı (n)	10	11
Yaş (Yıl)	20,83±1,6	20,12±1,8
Boy Uzunluğu (cm)	179,21±4,4	177,10±10,1
Vücut Ağırlığı (kg)	69,61±14,8	66,54±13,3
Günlük Kafein Alımı (mg/kg)	39,54±8,7	362,31±28,3

DKT: Düşük kafein tüketimine sahip grup; YKT: Yüksek kafein tüketimine sahip grup; SS: Standart sapma

2.3. Veri Toplama Araçları

2.3.1. Vücut Ağırlığı ve Boy Uzunluğu Ölçülmesi

Katılımcıların vücut ağırlıkları aç karnına, şort ve tişört giymeleri istenerek 100 gr hassasiyete duyarlı dijital baskül (Premier, İstanbul) ile ölçülmüştür. Sporcuların boyları, duvara monte edilmiş bir mezura kullanılarak ölçülmüştür. Mezura, duvardan 1 metre yukarıya sabitlenmiş ve katılımcılar, ayakları çıplak, dik durarak duvara yaslanmış pozisyonda boyları tespit edilmiştir.

2.3.2. Kafein Tüketim Sıklıklarının Belirlenmesi

Katılımcıların günlük kafein tüketim oranlarını belirlemek için geçerliliği ve güvenilirliği sağlanmış olan Buhler vd. (2014), tarafından geliştirilen kafein tüketim sıklığı anketi tercih edilmiştir. Gonçalves vd. (2017), yaptıkları sınıflandırmaya göre katılımcılar düşük (39,54±8,7) veya yüksek (362,31±28,3) kafein gruplarına sınıflandırılmışlardır.

2.3.3. Sprint Performansı Ölçümü

Katılımcıların sprint performansları, (Monark Ergomedic 894E, Vansbro, İsveç) bisiklet ergometresi kullanılarak değerlendirilmiştir. Test öncesinde, katılımcılar 5 dakika boyunca 50 watt yükte pedal çevirerek ısınma yapmıştır. Isınmanın ardından, her katılımcıya vücut ağırlıklarının %7,5'i oranında bir direnç uygulanmış ve maksimal çabayla pedal çevirmeleri istenmiştir. Test sırasında, katılımcılardan sele üzerinde kalmaları ve 30 saniye boyunca azami eforla pedal çevirmeleri talep edilmiştir. Süreç boyunca katılımcılara yoğun bir şekilde sözel motivasyon sağlanmıştır. Performans ölçütleri olarak belirlenen zirve güç ve ortalama güç, Monark Anaerobic Test Software (sürüm 3.3.0.0) yazılımı kullanılarak otomatik olarak hesaplanmıştır. Sele yüksekliği ve gidon pozisyonu, her katılımcının anatomisine göre ayarlanmış ve bu ayarlar tüm testler boyunca sabit tutulmuştur.

2.3.4. Algılanan Zorluk Derecesi ve Kalp Atım Hızlarının Ölçümü

Test süresince katılımcıların başlangıç ve bitiş kalp atım hızları Polar V800 (Polar Electro OY; Kempele, Finlandiya) ile ölçülmüştür. Algılanan zorluk dereceleri ise 1-10 Borg skalası ile ölçülmüştür.

2.3.5. Test Solüsyon Tahmini ve Yan Etkilerin Ölçümü

Katılımcılardan her çalkalama sonrası hangi solüsyonu çalkaladıklarını tahmin etmeleri istenmiş ve herhangi bir yan etki yaşayıp yaşamadıkları kaydedilmiştir.

2.3.6. İstatiksel Analiz

Çalışmadan elde edilmiş olan veriler IBM SPSS v.22 (IBM, Armonk, NY) programında analiz edilerek yorumlanmıştır. Anlamlılık düzeyi $p<0.05$ olarak belirlenmiştir. Verilerin Shapiro-Wilk ($p>0.05$) analizine göre normallik analizi yapıldıktan sonra verilerin değerlendirilmesi tekrarlı ölçümlerde iki yönlü varyans (ANOVA) analizi ile yapılmıştır. Küreselliği analiz etmek için Mauchly'nin ($p>0.05$) testi yapılmıştır. Verilerdeki faktörleri

içerisinde bir ana etki veya etkileşim tespit edildiği için post hoc Bonferroni düzeltmesi yapılmıştır. Etki büyüklükleri (F), kısmi eta kare (η2) kullanılarak önemsiz (<0,10), orta (0,25–0,39) veya büyük (0,40) olarak değerlendirilmiştir (Richardson, 2011).

3.BULGULAR

3.1. Ortalama Sprint Güç Performansı Sonuçları

Sporcuların ortalama sprint güç performansları Çizelge 3.1 de sunulmuştur. YKAÇ ve YPLA gruplarının 5 saniyelik çalkalama uygulamasının, gruplar arasında ortalama sprint gücü performansı üzerinde anlamlı bir etki yaratmadığı belirlenmiştir. ($F_{1,38}$=1,329; p=0,256; η2=0,034). Aynı şekilde, YKAÇ ve YPLA gruplarının 10 saniye çalkalama yapmasının gruplar arasında ortalama sprint güç performansı üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı görülmüştür ($F_{1,38}$=0,182; p=0,672; η2=0,005). DKAÇ ve DPLA gruplarının 10 saniye çalkalama yapmasının gruplar arasında ortalama sprint güç performansı üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı anlaşılmıştır ($F_{1,38}$=0,008; p=0,929; η2=0,000). Ancak, DKAÇ ve DPLA gruplarının 5 saniyelik çalkalama uygulamasının, gruplar arasında KAÇ uygulaması lehine ortalama sprint güç performansı üzerinde anlamlı bir etki yarattığı tespit edilmiştir ($F_{1,38}$=8,732; p=0,005; η2=0,187). Bonferroni post-hoc analizi, DKAÇ ve DPLA gruplarında kafein ve plasebo solüsyonu çalkalamaları arasında, KAÇ uygulaması lehine anlamlı bir fark olduğunu ortaya koymuştur (p=0,05). Bonferroni post-hoc analizleri ile geri kalan her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etkileri tek tek incelenmiş ve ortalama sprint güç performansı üzerinde anlamlı bir etki yaratmadıkları belirlenmiştir (p>0,05).

Çizelge 3.1. Farklı kafein tüketim sıklığına sahip sporcularda, solüsyon türü ve çalkalama sürelerine göre ortalama sprint güç performansları.

Tüketim Sıklığı	Çalkalama Süresi	Solüsyon Türü (K-P)	Ortalamalar (Watt/kg) (SS)	Ortalama Farkı (K-P)	F	η2	*p*
Düşük	5 Saniye	Kafein	8,25±0,7	0,66*	1,38=8,733	,187	0.005*
		Plasebo	7,59±1,3				
	10 Saniye	Kafein	7,86±1,2	-0,02	1,38=,008	,000	0.929
		Plasebo	7,88±0,6				
Yüksek	5 Saniye	Kafein	8,08±0,8	-0,26	1,38=1,329	,034	0.256
		Plasebo	8,32±0,8				
	10 Saniye	Kafein	8,43±0,9	0,09	1,38=,182	,005	0.672
		Plasebo	8,34±0,8				

SS: Standart Sapma; K: Kafein; P: Plasebo

3.2. Zirve Sprint Güç Performansı Sonuçları

Sporcuların tüm grup etkileşimlerini içeren zirve sprint güç performansları Çizelge 3.4 de gösterilmiştir. YPLA ve YKAÇ gruplarının 10 saniye çalkalama yapmasının, gruplar arasında zirve sprint güç performansı üzerinde anlamlı bir farkın olmadığı belirlenmiştir. ($F_{1,38}$=0,660; p=0,798; η2=0,002). Aynı şekilde, DKAÇ ve DPLA gruplarının 10 saniye çalkalama yapmasının gruplar arasında zirve sprint güç performansı üzerinde anlamlı bir farkın olmadığı görülmüştür ($F_{1,38}$=0,597; p=0,445; η2=0,015). YKAÇ ve YPLA gruplarının 5 saniye çalkalama yapmasının, KAÇ uygulaması lehine gruplar arasında zirve sprint güç performansı üzerinde anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir ($F_{1,38}$=6,819; p=0,013; η2=0,152). Benzer şekilde, DKAÇ ve DPLA gruplarının 5 saniyelik çalkalama yapmasının, KAÇ uygulaması lehine gruplar arasında zirve sprint güç performansı üzerinde anlamlı bir fark oluşturduğu gözlemlenmiştir ($F_{1,38}$=7,012; p=0,012; η2=0,156). Bonferroni post-hoc analizi, tüketim sıklığı faktörünün devrede olmadığı, çalkalama süresi x solüsyon türü etkileşiminde 5 saniye çalkalama yapmanın 10 saniye çalkalama yapmaya oranla ve KAÇ uygulaması lehine zirve sprint güç performansı üzerinde anlamlı bir fark yarattığı görülmüştür ($F_{1,38}$=13,830; p=0,001; η2=0,267). Bonferroni post-hoc analizleri ile geri kalan her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etkileri tek tek incelenmiş ve zirve sprint güç performansı üzerinde anlamlı bir etki yaratmadıkları belirlenmiştir (p>0,05).

Çizelge 3.2. Farklı kafein tüketim sıklığına sahip sporcularda, solüsyon türü ve çalkalama sürelerine göre zirve sprint güç performansları.

Tüketim Sıklığı	Çalkalama Süresi	Solüsyon Türü (K-P)	Ortalamalar (Watt/kg) (SS)	Ortalama Farkı (K-P)	F	η2	*p*
Düşük	5 Saniye	Kafein	13,34±2,6	1,31*	1,38=7,012	,156	0.012*
		Plasebo	12,03±2,6				
	10 Saniye	Kafein	12,60±1,4	-0,42	1,38=,597	,015	0.445
		Plasebo	13,02±1,7				
Yüksek	5 Saniye	Kafein	13,83±2,6	1,29*	1,38=6,819	,152	0.013*
		Plasebo	12,54±2,0				
	10 Saniye	Kafein	13,87±2,2	-0,13	1,38=,066	,002	0.798
		Plasebo	14,00±2,6				

SS: Standart Sapma; K: Kafein; P: Plasebo

3.3. Kalp Atım Hızı Değerleri

Çizelge 3.3. Farklı kafein tüketim sıklığına sahip sporcularda, solüsyon türü ve çalkalama sürelerine göre sprint performansı öncesi ve sonrası kalp atım hızı değerleri.

Tüketim Sıklığı	Çalkalama Süresi	Zaman	Solüsyon Türü (K-P)	Ortalamalar (atım/dk) (SS)	Ortalamalar Farkı (K-P)	*p*
Düşük	5 Saniye	SPÖ	Kafein	74,40±6,8	0,30	0,819
			Plasebo	74,10±5,8		
		SPS	Kafein	182,30±9,7	1,30	0,447
			Plasebo	181,00±6,5		
	10 Saniye	SPÖ	Kafein	73,50±6,1	0,40	0,760
			Plasebo	73,10±7,4		
		SPS	Kafein	181,90±6,2	2,90	0,095
			Plasebo	179,00±8,6		
Yüksek	5 Saniye	SPÖ	Kafein	75,36±6,1	0,90	0,468
			Plasebo	74,45±5,8		
		SPS	Kafein	180,18±7,5	0,18	0,911
			Plasebo	180,00±5,2		
	10 Saniye	SPÖ	Kafein	72,54±4,6	-1,73	0,172
			Plasebo	74,27±7,0		
		SPS	Kafein	182,00±7,0	-3,81*	0,023*
			Plasebo	185,81±5,7		

SPÖ: Sprint performansı öncesi; SPS: Sprint performansı sonrası; K: Kafein; P: Plasebo; SS: Standart Sapma

Kalp atım hızı sonuçlarında tüketim sıklığı grupları ($F_{1,38}$=0,158; p=0,693; η2=0,004), çalkalama süreleri ($F_{1,38}$=0,001; p=0,980; η2=0,000) ve solüsyon türleri ($F_{1,38}$=0,010; p=0,920; η2=0,000) açısından anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Fakat, zaman faktörünün kalp atım hızı üzerinde anlamlı bir fark yarattığı görülmüştür ($F_{1,38}$=11888,396; p=0,000; η2=0,997). Bonferroni post-hoc analizi, kafein ve plasebo çalkalamaları arasında anlamlı bir fark olmadığını göstermiştir (p>0,05). Ancak, YPLA grubunda, 10 saniye çalkalama sonrası sprint performansı sonrasında ve kafein çalkalama sırasında kalp atım hızında anlamlı bir düşüş

gözlemlenmiştir. ($p<0,05$). Ayrıca, tüketim sıklığı x çalkalama süresi ($F_{1,38}=2,346$; $p=0,134$; $\eta2=0,058$), çalkalama süresi x solüsyon türü ($F_{1,38}=0,741$; $p=0,345$; $\eta2=0,019$) ve solüsyon türü x zaman ($F_{1,38}=0,002$; $p=0,963$; $\eta2=0,000$) etkileşimleri anlamlı bulunmamıştır (Çizelge 3.5).

3.4. Algılanan Zorluk Derecesi Sonuçları

RPE değerlerinde, tüketim sıklığı grupları ($F_{1,38}=0,021$; $p= 0,886$; $\eta2= 0,001$), çalkalama süreleri ($F_{1,38}=0,800$; $p= 0,377$; $\eta2=0,021$) ve solüsyon türleri ($F_{1,38}=0,926$; $p=0,342$; $\eta2=0,024$) açısından anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Bonferroni post-hoc analizi, kafein ve plasebo çalkalamaları arasında anlamlı bir fark olmadığını göstermiştir ($p>0,05$). Ayrıca, tüketim sıklığı x çalkalama süresi ($F_{1,38}=0,067$; $p= 0,797$; $\eta2=0,002$), çalkalama süresi x solüsyon türü ($F_{1,38}=0,926$; $p=0,342$; $\eta2=0,024$) ve solüsyon türü x tüketim sıklığı x çalkalama süresi ($F_{1,38}=0,078$; $p=0,781$; $\eta2=0,002$) etkileşimleri anlamlı bulunmamıştır (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.4. Farklı kafein tüketim sıklığına sahip sporcularda, solüsyon türü ve çalkalama sürelerine göre RPE değerleri.

Tüketim Sıklığı	Çalkalama Süresi	Solüsyon Türü (K-P)	Ortalamalar (SS)	Ortalamalar Farkı (K-P)	*p*
Düşük	5 Saniye	Kafein	9,90±0,3	0.10	0.509
		Plasebo	9,80±0,4		
	10 Saniye	Kafein	9,90±0,3	0.00	1.000
		Plasebo	9,90±0,3		
Yüksek	5 Saniye	Kafein	9,90±0,3	0.18	0.211
		Plasebo	9,72±0,4		
	10 Saniye	Kafein	9,90±0,3	0.00	1.000
		Plasebo	9,90±0,3		

SS: Standart Sapma; K: Kafein; P: Plasebo

3.5. Test Solüsyon Tahmini ve Yan Etkilerin Ölçümü

Katılımcıların her bir çalkalama gerçekleştirdiklerinde hissettikleri yan etki durumları aşağıda listelenmiştir;

1. %96 Yan etki görülmemiştir,
2. %2 Baş dönmesi görülmüştür,
3. %1 Canlılık hissi görülmüştür,
4. %1 Rahatsızlık görülmüştür.

Ayrıca, katılımcılar, kafein içeren çalkalamalarda ortalama olarak %55 plasebo ve %45 kafein çalkaladıklarını; plasebo içeren çalkalamalarda ise %60 kafein ve %40 plasebo çalkaladıklarını tahmin etmişlerdir.

4. TARTIŞMA

Bu çalışmanın amacı, yüksek ve düşük kafein tüketimine sahip amatör düzeydeki sporcular üzerinde, KAÇ uygulamasının farklı çalkalama sürelerinde sprint performansına etkilerini incelemektir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, düşük ve yüksek kafein tüketime sahip katılımcılarda 5 saniye KAÇ uygulamasının, PLA'ya kıyasla zirve sprint performans gücünü anlamlı derecede artırdığını göstermiştir. Ayrıca, düşük kafein tüketimine sahip grupta 5 saniye KAÇ uygulamasının, PLA'ya kıyasla ortalama sprint performans gücünü anlamlı derecede artırdığı görülmüştür. KAÇ ve PLA gruplarında algılanan zorluk derecesi açısından anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir. KAH açısından ise KAÇ ve PLA gruplarında sadece yüksek kafein tüketimine sahip grupta 10 saniye çalkalama yapmanın sprint performansı sonrası anlamlı bir değişiklik yarattığı görülmüştür. Bu sonuçlara göre KAÇ sprint performansını anlamlı ölçüde artırır denencesi doğrulanmıştır. Ortalama sprint güç performansı için KAÇ yüksek ve düşük kafein tüketimi durumundan etkilenir denencesi doğrulanmış, fakat zirve sprint güç performansı için doğrulanmamıştır. KAÇ'ın farklı çalkalama sürelerine göre sprint performansına etkisi anlamlı derecede değişir denencesi ortalama sprint performans gücü için düşük kafein tüketimine sahip grupta, zirve sprint performansı gücü için ise düşük ve yüksek kafein tüketimine sahip gruplarda doğrulanmıştır. KAÇ'ın egzersiz öncesi ve sırasında kalp atım hızını değiştirmeden algılanan zorluk derecesini anlamlı ölçüde azaltır denencesi tüm gruplarda doğrulanamamıştır. Bu çalışmadan çıkan sonuçlara göre, KAÇ uygulamasının düşük kafein tüketen gruplara daha çok performans katkısı yapacağı görülmüştür. Ayrıca, KAÇ uygulamasının 5 saniye gerçekleştirilmesinin sprint performans üzerinde daha anlamlı bir fark yarattığı tespit edilmiştir.

Kafein tüketiminin sportif performansa olan etkisini inceleyen araştırmalara bakıldığında, özellikle aerobik performans gerektiren branş ve egzersizlerde anlamlı bir etki yarattığı yönündedir (Turley, 2016). Anaerobik performansın daha çok kullanıldığı fiziksel etkinliklerde ise yine kafein tüketiminin olumlu etkileri aerobik çalışmalara kıyasla daha az olsa da araştırmalarda gösterilmiştir (Beck vd., 2006; Karayiğit vd., 2020; Stuart vd., 2005). Kafeinin bu performans artışına yol açabilmesinin literatürde bilinen birkaç farklı etki mekanizması olduğu bilinmektedir. İlk olarak kafein, MSS üzerindeki etkilerini adenozin antagonizması yoluyla gösterir; adenozin molekülünün MSS'de oluşturduğu yorgunluk ve gevşeme gibi olumsuz etkileri engelleyerek uyanıklık hissini artırır. Bu mekanizma ile kafein, dopamin, norepinefrin gibi bazı nörotransmitterlerin salınımını yükseltir; böylece dikkat, enerji ve motivasyon düzeylerini destekleyerek bilişsel performansı da iyileştirir. Kafeinin bu etkileri, spor performansında daha yüksek efor ve dayanıklılık sağlamak için özellikle

önemlidir (Luz ve Santos, 2019). Diğer bir kafein etki mekanizması kafeinin adrenalin üzerinde olan etkisidir. Yüksek yoğunluklu egzersize verilen katekolamin yanıtını inceleyen çalışmalar, kafein alımıyla plaseboya kıyasla adrenalin salgısında belirgin bir artış olduğunu göstermektedir (Bell vd., 2001; Greer vd., 1998; Stuart vd., 2005). Bu bulgu, dayanıklılık egzersizi sırasında gözlemlenen kafein kaynaklı adrenalin artışıyla uyum göstermektedir (Greer vd., 2000). Artan adrenalin seviyelerinin, daha yoğun glikolitik akışı teşvik ederek performansı potansiyel olarak artırabileceği düşünülse de kafeinle artan adrenalin düzeylerinin her zaman glikolitik akışta doğrudan bir artışa yol açmadığı görülmüştür; bu durum genellikle laktik asit ölçümleri ile değerlendirilmiştir (Bell vd., 2001). Adrenalinin performans artışında potansiyel bir rol oynayabileceği düşünülmekle birlikte, kafeinin ergojenik etkilerinin esas kaynağı olarak tek başına adrenalin artışının ana mekanizma olarak işlev görmesi olası görünmemektedir. Bu etki mekanizmaları kafein alımının performans artırıcı etkilerinin nereden kaynaklandığının ve nasıl oluştuğunun en önemli ve iyi birer açıklayıcılarıdır.

Kafein tüketiminin yanında kafein alımının birçok yeni türü ortaya çıkmış ve özellikle kafein tüketiminde zorlanan bireyler için alternatif olarak kafeinden elde edilecek faydaların sağlanabilmesi hedeflenilmiştir. Bu tez çalışmasında da kullanılan bir kafein alım formu olan KAÇ ile ilgili literatüre bakıldığında çalışma sonuçlarının çelişkili olduğu görülmektedir. KAÇ'ın kısaca etki mekanizmaları, ilk olarak, kafeinin ağızdaki adenozin reseptörlerine bağlanması sonucu nörotransmiter salınımında artış gözlendiği düşünülmektedir (Kamimori vd., 2002). Bu mekanizma, MSS'de yorgunluk hissini azaltarak enerji ve uyanıklık düzeyini artırabilmektedir. İkinci etki mekanizması ise, kafeinin ağızda bulunan TAS2R acı tat reseptörlerini uyarmasıdır. Bu uyarı, beynin ödül merkezlerinden biri olan prefrontal korteksi aktive ederek iyi hissetme ve ödüllendirilme hissini güçlendirmedir (De Pauw vd., 2015; Gam vd., 2014; Zald vd., 2002). Kafeinin tetiklediği bu reseptörler, dopamin salınımını artırarak zihinsel uyanıklığı desteklemekte ve kendini iyi hissetme durumunu teşvik etmektedir (Pickering, 2019). Bu iki temel etki mekanizması, kafeinin zihinsel keskinliği ve enerji düzeyini artırma potansiyeline katkıda bulunmaktadır.

KAÇ uygulamasının performans üzerindeki etkileri çalışmalarda yerini almaktadır. Özellikle performansa olumlu katkı sunduğunu gösteren birçok çalışma mevcuttur. Karayiğit vd. (2021a), KAÇ uygulamasının 250 mg, 500 mg ve 750 mg olmak üzere üç farklı dozda etkisini 14 direnç egzersizi yapan erkek katılımcı üzerinde incelemiş ve 750 mg içeren yüksek dozda kas dayanıklılık tepkilerinde doz bağımlı bir etkisi olduğunu görmüştür. Karayiğit vd. (2021b), KAÇ uygulamasının karbonhidratın ağızda çalkalanması uygulaması (KAR) ile kombinasyonu ve cinsiyetler arasında anlamlı bir fark oluşturup oluşturmayacağını araştırdığı

bir çalışmada, direnç egzersizleri yapan 13 erkek ve 14 kadın sporcu üzerinde KAÇ ve KAR uygulamalarının kombinasyonunun squat dayanıklılığı performansını erkeklerde (p=0,01) ve kadınlarda (p=0,02) PLA'ya kıyasla anlamlı şekilde artırdığını rapor etmiştir. 3 km bisiklet performansı üzerinde kafein ağız çalkalama yönteminin etkinliğini ve bu yöntemin CYP1A2 gen polimorfizmi ile ilişkili performans kazançlarını nasıl etkilediğini değerlendiren bir çalışmada, 38 rekreasyonel bisikletçi PLA, kafein alımı, KAÇ ve kafein alımı + KAÇ birini gerçekleştirmişlerdir. Katılımcılar, kafein metabolizmasında rol oynayan CYP1A2 geninin rs762551 polimorfizmine göre AA homozigot veya AC heterozigot olarak sınıflandırılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda, AC heterozigot bireyler (%4,1) ve AA homozigot katılımcıların (%3,4) kafein alımı + KAÇ yönteminden fayda sağladıkları rapor edilmiştir (Pataky vd., 2016). Pak vd. (2020) ise Ramazan ayı boyunca KAÇ uygulamasının Taekwondo sporcularının performansını nasıl etkilediğini incelemiş, KAÇ uygulamasının, KAR ve PLA çözeltilerine kıyasla tekme başarısını artırdığını ve algılanan eforu azalttığını rapor etmişlerdir. Bu çalışmalara bakıldığında, KAÇ uygulamasının aerobik ve anaerobik performans gerektiren branşların seçili özelliklerinde performansa olumlu katkı verdiği görülmektedir.

4.1. Sprint Performansı Üzerine Etkileri

Kafein alımının dayanıklılık üzerindeki olumlu etkilerin kanıtları kayda değerdir (Burke, 2008), ancak adenozin reseptör antagonizması yoluyla MSS aracılığıyla etkiler sağladığına dair yönelimin artması, araştırmacıları kafeinin daha kısa ve yoğun egzersiz paradigmaları üzerindeki etkilerini de incelemeye yönlendirmiştir. Kafeinin hız ve dayanıklılık gerektiren etkinlikler (60–180 saniye) ile çoklu sprint performansları üzerindeki etkilerini inceleyen araştırmalar genellikle olumlu sonuçlara ulaşmıştır (Davis ve Green, 2009). Glaister vd. (2008), gerçekleştirdiği bir çalışmada, kafein takviyesinin 12 × 30 metrelik çoklu sprint testinin erken evrelerinde sprint performansını artırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca, en hızlı sprint süresindeki iyileşmenin büyüklüğünün her 10 metrelik mesafede eşit şekilde dağıldığı gözlemlenmiştir. Bu bulgu, kafeinin daha uzun süreli sprintler ve tekli sprint performansı üzerinde de potansiyel olarak olumlu etkiler sağlayabileceğini göstermektedir.

Buna karşılık, kafeinin kısa süreli maksimum yoğunluktaki tekli egzersizler (çoğunlukla 30 saniyelik Wingate anaerobik testleri) üzerindeki etkileri üzerine yapılan araştırmalar, genellikle performansa olumlu katkılar göstermemektedir (Bell vd., 2001; Hoffman vd., 2007; Lorino vd., 2006; Woolf vd., 2009). Ancak, iyi antrenmanlı bireylerde bile

yaklaşık 30 saniyelik sprint sürelerini etkileyebilecek tempo stratejilerinin karıştırıcı bir faktör olduğu da göz ardı edilmemelidir (Zajac vd., 1999). Ayrıca, yetersiz kalan örneklem büyüklükleri, antrenmansız katılımcıların çalışmaya dahil edilmesi, dinlenme sırasında plazma veya idrar kafein konsantrasyonlarına bakılmaması, yetersiz plasebo kullanımı ve çalışmalarda sabit yerine farklı kafein dozlarının kullanımı gibi etkenler, yüksek yoğunluklu egzersizler üzerindeki kafein etkilerine ilişkin araştırmalardaki çelişkileri açıklayabilir.

Literatür, kafein alımının kassal dayanıklılık ve aerobik kapasiteyi artırma ile sprint performansı üzerinde farklılıklar yarattığını göstermektedir (Akça vd., 2018). Yüksek yoğunlukta gerçekleştirilen sprint performanslarında kafein tüketimi, katekolamin salınımını artırarak doğrudan ya da dolaylı yoldan NA^{+}-K^{+}-ATPaz enziminin aktivitesini yükseltebilir ve bu sayede yorgunluk durumunda kas içerisinde biriken potasyum miktarını azaltabilir (Mohr vd., 2007). Kafein alımının aerobik egzersiz sırasında plazma K^{+} konsantrasyonunu azalttığı gösterilmiştir (Graham vd., 2000; Lindinger vd., 1993). Ancak, bu etkinin 30 saniyelik maksimal egzersizler sırasında görülmediği bildirilmiştir (Greer vd., 1998). Mohr vd. (2011), kafeinin yüksek yoğunluklu aralıklı egzersiz performansını artırdığını ve bu etkinin kaslar arası sıvıda biriken K^{+} miktarını azaltma yoluyla gerçekleştiğini öne sürmüştür. Ancak, bu çalışmada olduğu gibi, tek seferlik yüksek yoğunluklu sprint performanslarında motor ünite katılımındaki artış (Tarnapolsky ve Cupido, 2000) ve nörotransmiter salınımındaki yükselme (Tarnapolsky, 2008) gibi farklı mekanizmaların da devreye girdiği anlaşılmaktadır. Öncelerde, kafeinin aerobik performans üzerine etkileri literatürde daha fazla araştırılmış ve etkililik derecesinin oldukça yüksek seviyelerde olduğu gözlemlenmiştir (Clarke vd., 2017; McLellan ve Bell, 2004). Yapılan araştırmalar, kafein alımının aerobik performansa benzer şekilde anaerobik performansı, özellikle sprint performansını da artırdığını rapor etmektedir (Brown vd., 2013).

Sprint performansı ölçümünde Wingate testi, uzun zamandır anaerobik güç ve kapasiteyi değerlendirmek için altın standart olarak kabul edilen, geçerli ve güvenilir bir araç olarak gösterilmektedir (Bar-Or, 1987). Ayrıca, patlayıcı güç gerektiren spor dallarındaki elit sporcuların Wingate performans değişkenleri (Gacesa vd., 2007; Jakovljević vd., 2018), sporcu olmayan popülasyonlara göre daha yüksektir (Coppin vd., 2012; Maud ve Shultz, 1989). Bu sonuçlar, Wingate testinin sporcularda anaerobik performansı doğru bir şekilde öngördüğünü göstermektedir. Wingate testinde gerçekleştirilen eforun enerji kaynakları temel olarak anaerobiktir, kafeinin etki mekanizmaları düşünüldüğünde performansa olumlu katkı sunması doğal olarak beklenmektedir.

KAÇ uygulamasının sprint performans üzerindeki etkileri de araştırılmıştır. Marinho vd. (2020), 10 erkek üzerinde gerçekleştirdikleri Wingate test protokolünde KAÇ uygulamasının PLA'ya kıyasla zirve güç ($p=0.860$) ve ortalama güç ($p=0.180$) üzerinde anlamlı bir fark yaratmadığını tespit etmiştir. Bu çalışmadan çıkan sonuçlar bizim çalışmamızla çelişmektedir. Yazar, bu durumun sebeplerinden bir tanesi olarak, çalışmalarında kullanılan 300 mg kafein dozunun etkisiz kalabileceğine vurgu yapmıştır. Bizim çalışmamızda ise doz olarak 750 mg esas alınmıştır ve yüksek dozun anlamlı bir fark yaratabileceği fikrini desteklemiştir. Beaven vd. (2013), 12 erkek katılımcı üzerinde 300 mg kafein çözeltisi çalkalatarak bisiklet ergometresinde 5 x 6 saniyelik sprint performansları gerçekleştirmiş ve KAÇ uygulamasının sprint performansı üzerinde anlamlı bir etki yarattığını gözlemlemiştir. Yazar, bu durumu KAÇ uygulamasının MSS üzerindeki etkileriyle ilişkilendirmiştir. Bu çalışmanın sonuçları bizim çalışmamızı destekler niteliktedir. Başka bir araştırma, azalmış endojen karbonhidrat durumundaki 8 rekreasyonel erkek üzerinde 5 x 6 saniyelik bisiklet ergometresinde sprint performanslarını PLA veya 500 mg KAÇ ile test etmiş ve KAÇ lehine zirve güç ($p<0.05$) ve ortalama güçte ($p<0.05$) anlamlı bir etki olduğunu rapor etmiştir (Kizzi vd., 2016). Bu çalışmada, bizim çalışmamıza benzer olarak daha yüksek bir dozda kafein tercih edildiği görülmektedir. Ayrıca yazar, KAÇ uygulamasının performansa olumlu katkı sunmasının temel nedenini KAÇ'ın motor ünitelerine olan sinirsel iletimi artırabilecek bir etki mekanizması yaratmasına bağlamaktadır. Ancak, bu çalışma bizim çalışmamıza doğrudan referans olma niteliğinde değildir. Bunun nedeni, bizim çalışmamıza katılan katılımcılarda azalmış endojen karbonhidrat durumunun söz konusu olmamasıdır. Fakat, yine de 500 mg KAÇ uygulamasının tekrarlı sprint performansını artırması önemlidir.

Wingate testi üzerinde yapılan kafein alımına yönelik bir çalışma, zirve güç performansının plaseboya kıyasla anlamlı derecede yükseldiğini, ancak ortalama güç performansı üzerinde belirgin bir etki yaratmadığını ortaya koymuştur. Bu durum bizim çalışmamızla çelişmektedir. Bununla birlikte, kafeinin ortalama güç performansını plaseboya göre %5 oranında artırdığı görülmüştür. Ancak, bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (Duncan ve ark., 2019). Araştırmacılar, bu durumu kafeine verilen bireysel yanıtların oldukça değişken olmasıyla açıklamışlardır. Özellikle, katılımcıların antrenman düzeyleri ve psikolojik yanıtları etkili olmuş olabilir. Bizim çalışmamızda ortalama güç çıktısının aksine zirve güçte hem düşük 5 saniye kafein hem de yüksek 5 saniye kafein çalkalayanlara anlamlı bir fark bulunmasının açıklaması bu olabilir. Bizim çalışmamızda, birey başına 0.66 W/kg güç artışı, 70 kg ağırlığındaki bir birey için yaklaşık 46 W ekstra güç üretimi anlamına gelmektedir. Bu miktar, yaklaşık 4 adet geleneksel akkor ampulün veya 7-8 LED ampulün yanmasını sağlayacak enerjiye eşdeğerdir.

KAÇ uygulamasının ergojenik etkisini etkileyen faktörlerden biri, çalışmada aktif, fiziksel olarak antrenmanlı bireylerin kullanılması ile ilgili olabilir. Bu durum, antrenman durumunun da KAÇ uygulamasının ergojenik etkilerini etkileyebileceğini düşündürmektedir. Daha önceki çalışmalar, orta doz kafein alımının antrenmansız bireylerde 30 saniyelik Wingate Testi üzerinde bir fayda sağlamadığını bildirmiştir (Bell vd., 2001; Collomp vd., 1991). Ancak, Collomp vd. (1992), kafein alımının antrenmanlı yüzücülerde 100 metre yüzme sprint performansını iyileştirdiğini, ancak antrenmansız bireylerde aynı etkiyi göstermediğini rapor etmiştir. Bu durum, bizim çalışmamızla örtüşmektedir. Çünkü, bizim çalışmamızda yer alan katılımcılar antrenedir, dolayısıyla KAÇ uygulamasının ergojenik etkisini artırdığı söylenebilir. Ancak, KAÇ uygulamasının spesifik olarak wingate sprint performansı üzerindeki etkileri kafein alımı ile yapılan çalışmalar kadar incelenmemiştir, dolayısıyla, gelecekte daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu ve çalışma dizaynlarının farklılaşması gerektiği açıktır.

Çalışmalar arasındaki farklılıkların bir diğer nedeni katılımcıların genotipleri ile ilişkili olabilir. Geçmiş çalışmalar, kafeini metabolize eden genin, CYP1A2 geni olduğunu ortaya koymuştur (Barreto vd., 2021; Guest vd., 2018). Bu gen, karaciğerde kafein metabolizmasından sorumlu olan bir enzim olan sitozom P450 1A2'yi kodlar. Yapılan bir çalışma, CYP1A2 geninin C-alleli taşıyıcılarında akut KAÇ uygulamasının 10 km koşu performansı üzerindeki etkisini incelemiştir. CYP1A2 geninde C-alleline sahip olan bireylerde, KAÇ'ın 10 km koşu süresi üzerinde anlamlı bir iyileşme sağlamadığı rapor edilmiştir (Figueiredo vd., 2021). Yazar, KAÇ'ın genetik varyantlardan etkileniyor olabileceğini ve bunun da genetik faktörler üzerinden kafeinin ergojenik etkilerini değiştirebileceğini düşünmektedir. Bu sonuçlar, CYP1A2 genetik profiline dayalı kafein stratejilerinin, sporcuların performansını optimize etmek için dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Özellikle C-alleli taşıyıcılarını üzerinde KAÇ uygulamasının diğer genotiplere (A-alleline sahip bireyler) kıyasla daha az fayda sağladığı tespit edilmiştir. Belki de bizim çalışmamıza katılan bireyler AA (hızlı metabolize eden) homozigotuna sahipti, böylelikle KAÇ'ın ergojenik bir etkisine ulaşıldı. Bununla birlikte, KAÇ'ın aerobik veya anaerobik performansta bir artışa yol açmadığını bildiren çalışmalarda ise katılımcılar CC (yavaş metabolize eden) homozigotuna sahip olabilir ve bu durumda herhangi bir etkinin görülmemesi de sebebi açıklıyor olabilir. Tabii ki, bu açıklamalar spekülatiftir ve gelecekte daha fazla kontrollü çalışmalara ihtiyaç vardır. KAÇ uygulamasının gen ile ilişkisi literatürde sadece bir çalışma (Figueiredo vd., 2021) tarafından ele alınmış ve o çalışma da aerobik performans çıktılarını incelemiştir. Anaerobik performans üzerine herhangi bir gen çalışması

literatürde yer almamaktadır. Dolayısıyla, KAÇ uygulaması özelinde genotipler ve farklı egzersiz türleri arasındaki ilişkilerin daha detaylı incelenmesi gerekmektedir.

Son olarak, iki çalışma da (Karayiğit vd., 2017; Marinho vd., 2020) Wingate testi üzerinde sprint performansı vücut ağırlığının %7,5'i oranına denk gelen sabit bir tork faktörü kullanılarak ölçülmüş ve kafein alımı ya da KAÇ uygulamasının olumlu bir etkisi tespit edilememiştir. Sprint süresinin uzun tutulması ve tork faktörünün düşük olması, bisiklet ergometresi üzerinde katılımcıların pedal çevirme hızlarını maksimum seviyeye ulaştırsalar bile zirve güç değerlerine ulaşmalarını engelleyebilmektedir (Glaister vd., 2019). Bu durum, kafeinin sinirsel iletisini artıran etkiyi devre dışı bırakabilir (Glaister vd., 2015). Ancak, bu iki çalışmanın sonuçları bizim çalışmamızla çelişmektedir. Bizim çalışmamızda da vücut ağırlığının %7,5'ine denk gelen bir tork faktörü kullanılmış ve zirve güçte anlamlı derecede bir artış gözlemlenmiştir. Bu farklılığın nedeni, çalışmalara katılan katılımcıların farklı antrene düzeyleri olabilir. Bizim çalışmamızda yer alan katılımcıların antrenman düzeyleri az da olsa iki çalışmadaki katılımcılara göre daha yüksektir. Bu etken, çalışmamızdaki katılımcıların zirve güce daha rahat ulaşabilmelerini ve KAÇ'tan ergojenik etki görebilmelerini açıklayabilir. Ancak, iki çalışmadan elde edilen veriler birbirine yakındır. Dolayısıyla, KAÇ'ın ergojenik etkisini değerlendirmek için gelecekte farklı tork faktörleri kullanılarak kendi içinde kontrollü, yüksek yoğunluklu ve submaksimal egzersiz testlerini karşılaştıran çalışmalar gereklidir.

Bu tez çalışmasının temelde vurgulamak istediği iki unsur vardır; bunlardan ilki KAÇ'ın kaç saniye süreyle çalkalanması gerektiği ve böylelikle optimal çalkalama süresine ulaşılması, ikincisi ise KAÇ'ın etkisinin düşük veya yüksek kafein tüketen sporcular üzerinde anlamlı bir farklılık yaratıp yaratmayacağını görmektir. Bu iki temel unsurun oluşturacağı etki farklıkları bu çalışmanın ana fikrini oluşturmaktadır.

4.2. Çalkalama Süresinin Etkileri

Literatür incelendiğinde, çalışmaların büyük çoğunluğunda KAÇ uygulamasının 10 saniye çalkalama süresi ile gerçekleştiği görülmektedir. 5 saniye ile yapılan çalışmalar sınırlıdır. KAÇ uygulaması üzerinde 10 saniye ile 5 saniye çalkalamanın ergojenik etkisini araştıran hiçbir çalışma yoktur. KAR uygulaması üzerinde ise iki farklı sürenin etkilerinin kıyaslandığı tek çalışma vardır. Sinclair vd. (2014), 11 erkek katılımcı üzerinde serbest tempoda 30 dakikalık bir koşu performansı üzerinde 5 ve 10 saniye KAR uygulamasının etkilerini inceledi. Çalışmanın ana bulguları, 10 saniyelik ağız çalkalama denemesi sırasında

kat edilen mesafenin (20.4±2.3 km), plasebo denemesine (19.2±2.2 km; $p<0.01$) kıyasla anlamlı derecede daha fazla olduğunu göstermiştir. 5 saniye ve 10 saniye denemeleri arasında fark bulunmamıştır ($p=0.15$). Ancak, 11 katılımcının 10'u 5 saniyelik denemede plaseboya kıyasla daha fazla mesafe kat etmiş ve 8'i 10 saniyelik denemede 5 saniyeye kıyasla daha fazla mesafe kat etmiştir. Sonuç olarak, 5 saniyelik ağız çalkalamasında plaseboya kıyasla mesafede bir iyileşme gözlemlenmiş olsa da bu iyileşme yalnızca 10 saniyelik çalkalama ile anlamlı bulunmuştur. Çalışmanın sonuçları incelendiğinde 5 saniye çalkalama yapmanın da performansı iyileştirdiği görülmüştür. KAÇ ve KAR uygulamalarının ergojenik etkilerinin altında yatan etki mekanizmalarının benzer oluşu nedeniyle bu çalışma için referans oluşturabilir (Chambers vd., 2009; Wickham ve Spriet, 2018). Bu sonuçlar bizim çalışmamızı destekler nitelikte olsa da bizim çalışmamızda 5 saniyenin dışında 10 saniye çalkalamada herhangi bir etki bulunmamıştır. Yazar, bizim de araştırmamızın temel unsurlarından birini oluşturan iki farklı sürenin neden araştırıldığı sorusuna, 10 saniyelik bir ağız çalkalamanın, 30 dakikalık bisiklet yarışmaları sırasında, yarışma esnasında gereken nefes alma hızının daha yüksek olabileceği durumlarda pratik bir çalkalama süresi olamayacağına değinmiştir. Yüksek yoğunluklu etkinliklerde 5 saniyelik ağız çalkalama süresinin, çözeltinin ağızda çalkalanması sırasında nefes almanın engellenebileceği göz önüne alındığında, 10 saniyeye kıyasla çok daha pratik bir strateji olabileceği düşünülmektedir. Bu çalışma, 11 bisikletçiden 10'unun 5 saniyelik ağız çalkalama süresi kullanıldığında daha iyi performans sergilediğini gözlemlemiş ve bu nedenle, yüksek yoğunluklu egzersiz sırasında önerilen çalkalama süresi olarak bu sürenin benimsenebileceği sonucuna varmıştır. Daha kısa süreli ağız çalkalamalarının, daha etkili nefes almayı sağlayarak performansa daha faydalı olabileceği öne sürülmektedir. Bu bağlamda, ağız reseptörlerinin aktivasyonu, daha yüksek CHO konsantrasyonları kullanıldığında daha fazla gerçekleşebilir (Sinclair vd., 2014).

Bizim çalışmamızda görülen sonuçlara bakıldığında, 5 saniye çalkalama süresinde anlamlı farkın bulunma nedeni, kısa süreli çalkalamanın, ağızda bulunan tat ve kimyasal algı reseptörlerini yeterince uyarmak için ideal bir süre olabilmesinden kaynaklı olabilir (Sinclair vd., 2014). Bu reseptörler, özellikle adenozin reseptörleri ve acı tat reseptörleri, kafeinin moleküler yapısını hızlı bir şekilde algılar ve merkezi sinir sistemine sinyal göndermeye başlar (Ribeiro ve Sebastião, 2010). 5 saniye ağızda çalkalama, reseptörlerin maksimum duyarlılık seviyesinde tepki verebilmesi için yeterli bir süre olarak düşünülebilir. Kısa süreli uyarılma, reseptörlerin daha yoğun bir şekilde aktifleşmesini sağlamış olabilir (Behrens ve Meyerhof, 2010). Çalkalama süresi sınırlı olduğundan, reseptörler tam kapasiteli bir yanıt üretebilmekte ve bu sinyaller, sinir yolakları aracılığıyla doğrudan MSS'ye iletilebilmektedir (Behrens ve Meyerhof, 2010). Bu kısa süre, reseptörlerin aşırı uyarılmasına yol açmaz ve reseptörler

arasında herhangi bir duyarsızlaşma (desensitizasyon) oluşma riskini en aza indirir. Bu durum, sinyal yoğunluğunun MSS tarafından doğru bir şekilde alınmasını ve işlenmesini destekleyebilir. Bu fizyolojik açıklamalar bizim çalışmamızdan elde edilen çıktılarla örtüşmekte ve anlamlı bir açıklama sunmaktadır.

Çalışmamızda, literatürün aksine, 10 saniye çalkalama süresinin herhangi bir etki yaratmamasının sebepleri arasında daha uzun süreli çalkalamanın reseptörlerin sürekli uyarılmasına neden olması yer alabilir. İlk birkaç saniyede kafein reseptörler tarafından algılanmış olsa da çalkalama süresinin uzaması reseptörlerin duyarlılığını kaybetmesine, yani reseptör desensitizasyonuna yol açmış olabilir (de Jesus vd., 2021). Reseptörler, kafeine maruz kaldıkları ilk saniyelerde yüksek bir sinyal üretirler. Ancak, bu süre uzadıkça, reseptörlerin tepkisi giderek azalmaya başlamaktadır. Bu süreç, reseptörlerin kendini koruma mekanizması olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca, Reseptörler, fazla uyarılma durumunda sinyal iletimini yavaşlatabilir veya tamamen durdurabilir. Bu, MSS'de kafein etkilerinin daha az hissedilmesine neden olabilir. Daha uzun süreli çalkalama, başlangıçta reseptörlerin uyarılmasına neden olsa da reseptörlerin kendini dengeleme mekanizması nedeniyle sinyal iletiminde bir düşüşe yol açabilir. Bu da kafein algısının ve MSS'deki etkilerinin azalmasına neden olabilir (Mistretta ve Kumari, 2019).

Bu zamana kadar 7 çalışma (Beaven vd., 2013; Bottoms vd., 2014; Karayiğit vd., 2021b; Nabuco vd., 2021; Pak vd., 2020; Pataky vd., 2016; Sinclair ve Bottoms, 2014) KAÇ uygulamasını 5 saniye gerçekleştirmiştir. Bu çalışmalardan 6 tanesi (Beaven vd., 2013; Bottoms vd., 2014; Karayiğit vd., 2021b; Pak vd., 2020; Pataky vd., 2016; Sinclair ve Bottoms, 2014), 5 saniyelik KAÇ uygulamasının performans üzerinde anlamlı bir etki yarattığını ortaya koymuştur. Yalnızca 1 çalışma (Nabuco vd., 2021) anlamlı bir fark bulamamıştır. 5 saniye çalkalama süresinde yapılan araştırmaların büyük çoğunluğunda performans üzerinde anlamlı bir fark olduğu gözden kaçmamaktır. Yazarlar, 5 saniye çalkalamanın optimal süre olabileceğine vurgu yapmışlardır. Bu da bizim çalışmamızı destekler niteliktedir.

10 saniye çalkalama süresi ile yapılan çalışmaların büyük çoğunluğunda KAÇ uygulamasının performans üzerinde anlamlı bir etki yaratmadığı görülmüştür (Barbosa vd., 2020; Boat vd., 2021; Clarke vd., 2015; Doering vd., 2014; Dolan vd., 2017; Gough vd., 2022; Figueiredo vd., 2021; Karayiğit vd., 2017; Karuk vd,, 2021; Marinho vd., 2020) Sadece 2 çalışma (Karayiğit vd., 2021a; Kizzi vd., 2016) 10 saniye çalkalama süresinde spor performansı üzerinde anlamlı bir etki bulmuştur. Bu çalışmalara ve fizyolojik açıklamalara bakıldığında 10 saniye çalkalama süresinin KAÇ uygulaması için doğru bir süre olmadığı söylenebilir. Ancak, çalışmalar arasındaki heterojenlik, test edilen performans çıktılarının

farklı egzersiz türlerine ait olması, katılımcıların değişik antrenman düzeylerine sahip olması ve az sayıda çalışma bulunması gibi faktörler kesin bir kanıya varabilmek için yeterli değildir ve doz-süre ilişkisi açısından bakıldığında ileride çeşitli egzersiz türleri üzerinde daha çok çalışmaya ihtiyaç olduğu açıktır.

KAÇ uygulamasının Wingate Testi üzerinde sprint performansına etkisini araştıran bir çalışma hem ortalama güç hem de zirve güçte herhangi bir performans artışına yol açmadığını rapor etmiştir (Marinho vd., 2020). Araştırmacılar, bu çalışmada katılımcıların kafein tüketim sıklıklarını bildirmemiştir ve çalkalama süresi olarak 10 saniyeyi baz almıştır. Bu çalışmaya benzer şekilde bizim çalışmamızda da 10 saniye çalkalamanın herhangi bir performans artışına yol açmadığı görülmüştür.

Bizim çalışmamız 5 saniye, 750 mg çözelti ve 8 kez çalkalama ile KAÇ uygulamasında sprint performansının arttığını gösteren ilk çalışmadır. Bizim çalışmamızda kullanılan yüksek doz ve fazla tekrar anlamlı etkinin sebepleri arasında yer alıyor olabilir. Çalışmaların neredeyse tümünde bizim çalışmamıza benzer oranda yüksek doz ve fazla tekrar bir arada kullanılmamıştır. Dolayısıyla, 5 saniye çalkalama süresinin ideal bir süre olmasının yanı sıra, kullanılan doz ve fazla tekrar sayısı da önemli bir etkendir. Ayrıca, bu çalışma, karıştırıcı faktör olarak önemli bir etkeni daha sisteme dahil etmiştir. Katılımcıların kafein tüketim sıklıklarını aynı çalışmada karşılaştıran ilk çalışma olması açısından oldukça önemlidir.

4.3. Kafein Tüketim Sıklığının Performans Üzerine Ergojenik Etkisi

KAÇ uygulamasının, merkezi mekanizmalar yoluyla çalıştığı gösterilmiştir. De Pauw vd. (2015), elektroensefalografi (EEG) kullanarak beyin aktivitesini gözlemlediği bir çalışmada, ağız boşluğundaki sensörlerin beyinle bağlantıya geçerek aktive olduğunu ortaya koymuştur. KAÇ uygulamasından sonra prefrontal, orbitofrontal ve dorsolateral kortekslerin aktive olduğu bilinmektedir. Bu reseptörlerin aktivasyonu, ödülle ilişkili beyin bölgelerini uyarmaktadır (Wickham ve Spriet, 2018; Zald vd., 2002). Bu durumun, kafein ile ağız boşluğundaki acı tat reseptörlerinin etkileşimiyle bağlantılı olabileceği düşünülmektedir (Pickering, 2019). Ayrıca, ağız boşluğundaki adenozin reseptörlerine bağlanarak adenozin inhibisyonunu sağlaması da düşünülen önemli bir mekanizmadır (Wickham ve Spriet, 2018).

KAR uygulamasında olduğu gibi (Ataide-Silva vd., 2016; Lane vd., 2013b), KAÇ uygulamasının da fiziksel performans üzerindeki etkisi, endojen glikojen depolarıyla (kas ve

karaciğer) ilişkili olabileceğine değinilmiştir (Lane vd., 2013a). Açlık durumunda etki bulan çalışmaların sayısı tokluk durumundakilerine göre oldukça fazladır, bu durum da bu hipotezi desteklemektedir (Kizzi vd., 2013; Pak vd., 2020). Evrimsel ve biyolojik açıdan bakıldığında, acı tat reseptörlerinin, kas ve karaciğer glikojen depolarının tükenmiş olduğu durumlarda daha hassas tepki verebileceği düşünülmektedir; tok bir durumda bu reseptörlerin duyarlılığının azaldığı öne sürülmektedir (Beelen vd., 2009). Bu hipotezi destekleyen bir bulgu, açlık durumunda ağızda kafein varlığının birincil tat korteksini (insular korteks) aktive ettiği, ancak tokluk durumunda bu etkinin ortaya çıkmadığıdır (Haase vd., 2009). Ağız içi tat reseptörlerinin ve tat korteksinin doygunluğu ile verilen yanıt arasında bir ilişki olduğu açıktır. Bizim çalışmamamızda düşük kafein tüketimine sahip sporcularda hem ortalama güç hem de zirve güç performansında artış gözükmesinin açıklaması bu etki mekanizmaları ile açıklanabilir.

Bizim çalışmamızda katılımcılar, tokluk durumunda test protokollerini gerçekleştirmişlerdir, ancak, buna rağmen, düşük kafein tüketimine sahip olan katılımcılarda performans artışının nedeni TAS2R reseptörlerinin günlük yaşamda az uyarılmasıyla ilgili olabilir. Kafeine duyarlı reseptörler, ağız içinde yer alan ve acı tat reseptörleri olarak bilinen TAS2R ailesine ait reseptörlerdir. Kafein, bu reseptörlerle etkileşime girerek acı bir tat algısı oluşturur. Özellikle, TAS2R43 ve TAS2R46 reseptörleri kafeine duyarlı olarak tanımlanmıştır. Bu reseptörler, tat tomurcuklarında yer alır ve sinirler aracılığıyla beyne acı tat sinyallerini iletir (De Pauw vd., 2015; Gam vd., 2014; Zald vd., 2002). Haase vd. (2009)'ya göre, acı tat reseptörlerinin hassasiyeti, bireyin diyet alışkanlıklarına ve alışkanlık düzeyine bağlı olarak değişir. Düşük kafein tüketimi, reseptör duyarlılığını korurken, yüksek tüketim desensitizasyona neden olabilir. Yüksek kafein tüketen bireylerde düzenli kafein alımı nedeniyle MSS üzerinde adenozin reseptör blokajına karşı bir tolerans gelişmiş olabileceği düşünülmektedir. Bu durum, kafeinin uyarıcı etkilerinin azalmasına yol açabilir. Beelen vd. (2009), KAR uygulamasının etkisinin, alışkanlık haline gelen kafein veya karbonhidrat tüketimiyle azalabileceğini ve reseptörlerin duyarlılığını yitirebileceğini belirtmiştir. Biyolojik açıdan, günlük yaşamlarında düşük kafein tüketen bireylerin ilgili tat reseptörlerinin daha çok uyarılacağı ve böylelikle performansa yol açan etki mekanizmalarını tetikleyeceğini düşünmek oldukça tutarlıdır.

Düşük kafein tüketimine sahip bireylerde, plasebo etkisinin daha yüksek olabileceği de göz ardı edilmemelidir. Günlük yaşamında kafeini az tüketen bireylerin, daha önceki öğrenimleri kafeinden fayda görebileceklerini düşünmelerine yol açabilir (Clarke vd., 2015). Pak vd. (2020), Ramazan orucu tutan sporcular üzerinde yaptığı bir çalışmada, açlık halinde ve düşük kafein tüketimine sahip bireyler bizim çalışmamıza benzer şekilde anlamlı bir

performans katkısı bulmuştur. Karayiğit vd. (2021b), çok düşük kafein tüketimine sahip (12 mg/gün) sporcularda bizim çalışmamıza benzer dozda (750 mg) KAÇ uygulamasının kas dayanıklılık performansını önemli ölçüde arttırdığını rapor etmiştir ($p=0.01$). KAÇ uygulaması ile yapılan diğer çalışmalarda katılımcıların günlük kafein tüketim seviyeleri bildirilmemiştir, dolayısıyla bu konu üzerinde daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

Bizim çalışmamızda şaşırtıcı olan bir sonuç ise, zirve güçte düşük kafein tüketimine sahip katılımcılarda olduğu gibi yüksek kafein tüketimine sahip katılımcılarda da plaseboya oranla anlamlı bir performans artışının görülmesi olmuştur. Bu durumun sebep ve etki mekanizması zirve güç için gereken enerji depolarıyla açıklanabilir. Wingate zirve sprint güç performansı için kullanılan enerji kaynağının ATP-PC sistemi olacağı açıktır (Inbar ve Bar-Or, 1986). KAÇ uygulamasının bahsedilen etki mekanizmaları sebebiyle ve motor ünite katılımıyla etki yaratması beklenmektedir. Dolayısıyla, günlük kafein tüketiminden bağımsız bir şekilde zirve güç üzerinde iki durum için de performans artışı öngörülebilir. Ayrıca, zirve güç, ortalama güce kıyasla daha hızlı kasılan tip II kas liflerinin katkısıyla üretilen bir güç çıktısıdır (Inbar ve Bar-Or, 1986). Kafeinin, bu kas tipi lifinin kasılma hızını ve kuvvetini artırabileceği bilinmektedir. Belki de bizim çalışmamıza katılan katılımcıların çoğunluğu tip II kas liflerine sahipti ve bu durum kafein tüketim alışkanlıklarını bir kenara bırakarak özellikle zirve güçte benzer bir etkinin PLA'ya kıyasla görünür olmasını sağlamıştır.

Kafein tüketim sıklıklarının etkisi kafein alımı ile ilgili çalışmalarda yer almıştır. Bazı araştırmacılar, sporcuların günlük kafein tüketim miktarlarından daha yüksek kafein dozu verilmesi takdirde, kafeine karşı geliştirilen tolerans faktörünün ortadan kalkabileceği kanısına varmışlardır (Pickering ve Kiely, 2019). Gonçalves vd. (2017), yaptığı bir çalışmada, üç farklı; düşük, orta ve yüksek dozda kafein tüketimine sahip bireylerde 6 mg/kg verdiği bir kafein dozunda aerobik dayanıklılık performansının arttığını gözlemleyerek, tolerans etkisinin doğru bir hipotez olmadığını vurgulamıştır. Bu durum, bizim çalışmamızda zirve güç performansı için örtüşmekte, ancak, ortalama güç performansıyla çelişmektedir. Fakat, bu verilerin KAÇ uygulaması için referans oluşturabilmesi doğru olmayabilir. Her ne kadar uygulamaların ham maddesi kafein olsa da vücutta metabolize edilmeleri ve işlenme mekanizmaları farklıdır. Dolayısıyla, gelecekte KAÇ uygulaması ve kafein tüketim sıklıkları çeşitli araştırma dizaynlarında ele alınmalıdır.

Bu çalışmada kafein alımı yerine KAÇ uygulamasının incelenmesi, özellikle farklı kafein tüketimine sahip katılımcılarda dolaylı olarak farklı etkilerin oluşmasını sağlamış olabilir. Eğer, kafein alımı tercih edilseydi özellikle düşük kafein tüketimine sahip bireylerde oluşabilecek yan etkiler performansa katkı vermek yerine olumsuz etkileyebilirdi. Yapılan

çalışmalar, özellikle düşük kafein tüketen bireylerde kafein alımının çeşitli yan etkilere maruz bırakabileceğini göstermektedir (Wang vd., 2020). Düşük kafein tüketimine sahip bireylerde kafein alımının potansiyel yan etkileri, bu bireylerin kafeine alışık olmaması nedeniyle daha belirgin olabilir. Kafein, MSS üzerinde uyarıcı etkiler göstererek uyanıklığı artırsa da, bu etkiler düşük toleransa sahip bireylerde daha yoğun hissedilebilir. Özellikle, düşük kafein tüketimine sahip bireyler arasında anksiyete, huzursuzluk ve sinirlilik gibi psikolojik yan etkiler yaygın olarak bildirilmiştir (Wang vd., 2020). Kafein, adrenal bezlerden adrenalin salınımını artırarak "savaş ya da kaç" tepkisini tetikleyebilir; bu durum, kafeine düşük toleranslı bireylerde taşikardi (hızlı kalp atışı), hipertansiyon (yüksek tansiyon) ve baş dönmesi gibi kardiyovasküler yan etkilere neden olabilir. Ayrıca, kafein alımı, gastrointestinal sistemde rahatsızlıklara yol açabilir; düşük tüketime sahip bireyler arasında mide bulantısı, mide ekşimesi ve asit reflü gibi semptomlar daha sık görülmektedir (Childs vd., 2008).

Kafeinin diüretik etkisi de düşük toleranslı bireylerde daha belirgin olabilir ve bu durum, sık idrara çıkma, dehidrasyon ve elektrolit dengesizliği riskini artırabilir. Bunun yanı sıra, kafeinin uyku düzeni üzerindeki olumsuz etkileri, özellikle düşük tüketime sahip olanlarda, daha ciddi bir sorun olabilir. Kafein, melatonin salınımını baskılayarak uykuya dalmayı zorlaştırabilir ve uyku kalitesini düşürebilir. Bu durum, yorgunluk, konsantrasyon zorlukları ve genel bilişsel performansta azalma gibi sorunlara yol açabilir (Childs vd., 2008).

Düşük kafein tüketen bireylerin genetik faktörleri, metabolizma hızı ve bireysel duyarlılık gibi değişkenler nedeniyle bu yan etkilere farklı derecelerde maruz kalabileceği unutulmamalıdır. Özellikle CYP1A2 gen polimorfizmine bağlı olarak yavaş metabolize edicilerde (CC homozigot), kafeinin vücutta daha uzun süre kalması, yan etkilerin daha uzun süre hissedilmesine neden olabilir. Bu nedenle, düşük kafein tüketen bireylerin, kafein alımını kademeli olarak artırmaları veya düşük dozlarda başlamaları önerilir. Ayrıca, bu bireylerin kafein alımını artırmadan önce sağlık profesyonellerine danışmaları gerekebilir. Bizim çalışmamızda, katılımcıların %96'sında herhangi bir yan etki iki farklı tüketim grubunda da görülmemiştir. Bu nedenle, KAÇ uygulamasının, kafein alımına kıyasla bu faydalı ergojenik etkisi gözden kaçırılmamalıdır.

4.4. Kalp Atım Hızı ve Algılanan Zorluk Derecesi Üzerine Etkileri

Bu çalışmanın sonuçları, RPE açısından tüm koşullarda anlamlı bir farklılık olmadığını göstermiştir. Bu çalışmadaki veriler, literatürdeki diğer çalışmalarla paralellik

göstermektedir. Marinho vd. (2020), KAÇ uygulamasının Wingate testi üzerindeki etkilerini incelediği bir çalışmada koşullar arasında RPE'nin değişmediğini rapor etmiştir. Aynı şekilde KAÇ uygulamasının incelendiği birçok çalışmada RPE üzerinde anlamlı bir farklılık olmadığı rapor edilmiştir (Beaven vd., 2013; Clarke vd., 2015; Doering vd., 2014). Yazarlar, bu duruma neden olan etki mekanizmasını, egzersiz yoğunluğunun, RPE gibi ölçümlerin maksimum değerlerine yaklaşması durumunda, bir "tavan etkisi" meydana getirebildiğini belirtilmiştir. Bu durum, ölçümlerin doğal sınırlarına ulaşması nedeniyle, performansta gözle görülür ve fark edilebilir düzeydeki ince değişikliklerin ortaya çıkmasını neredeyse olanaksız hale geldiği şeklinde yorumlanmaktadır. Bizim çalışmamızda kullanılan Wingate test yönteminin katılımcıların maksimal egzersiz performansı düzeyinde gerçekleştirmeleri bu açıklamayı destekler niteliktedir.

RPE verilerine benzer şekilde KAH ölçümleri arasında da hemen hemen tüm koşullarda anlamlı bir fark çıkmaması benzer bir mekanizmaya bağlıdır. Önceki çalışmalar, KAH'ın koşullar arasında farklılık göstermemesini, ağız çalkalama uygulamasında kafeinin karaciğerde metabolize edilmemesi nedenine bağlamıştır (Beaven vd., 2013; Bottoms vd., 2014; Clarke vd., 2015; Doering vd., 2014). Ancak, bizim çalışmamızda KAH değerleri açısından sadece yüksek kafein tüketimine sahip grupta, sprint performansı sonrasında 10 saniye çalkalama süresinde PLA lehine anlamlı bir fark tespit edilmiştir. Bu anlamlı farkın nedeni, katılımcıların o gün içerisindeki yorgunluk veya psikolojik dönütlerinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Yüksek kafein tüketimine sahip sporcularda, KAÇ ve PLA arasında, PLA uygulaması lehine ortalamalar farkında yaklaşık olarak dakikada 3 atım sayısının daha fazla olması, 10 saniye KAÇ uygulamasının PLA üzerinde veya tersi koşulda, ortalama ve zirve güçte anlamlı bir fark yaratmadığı oldukça önemlidir. Dolayısıyla, bu verinin ölçüm sonuçlarını etkilemediğini söylemek mümkündür, böylelikle karıştırıcı faktör görevi görmemiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma sonucuna göre 5 saniye KAÇ sprint performansını kafein tüketim seviyesi fark etmeksizin artırırken, algılanan zorluk derecesini ve KAH'ı genel olarak etkilemediği görülmüştür. Düşük kafein tüketimine sahip sporcularda 5 saniye KAÇ'ın etkisinin fazla olduğu görülmektedir. Bu çalışma, yüksek ve düşük kafein tüketimine sahip amatör düzeydeki sporcular üzerinde, KAÇ uygulamasının farklı çalkalama sürelerinde sprint performansına etkisini araştırmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, düşük ve yüksek kafein tüketime sahip katılımcılarda 5 saniye KAÇ uygulamasının, PLA'ya kıyasla zirve sprint performans gücünü anlamlı derecede artırdığını göstermiştir. Ayrıca, düşük kafein tüketimine sahip grupta 5 saniye KAÇ uygulamasının, PLA'ya kıyasla ortalama sprint performans gücünü de anlamlı derecede artırdığı görülmüştür. Sonuç olarak, "KAÇ sprint performansını anlamlı ölçüde artırır" ve "KAÇ'ın farklı çalkalama sürelerine göre sprint performansına etkisi anlamlı derecede değişir" denenceleri kabul edilmiştir. "KAÇ yüksek ve düşük kafein tüketimi durumundan etkilenir" ve "KAÇ'ın egzersiz öncesi ve sırasında kalp atım hızını değiştirmeden algılanan zorluk derecesini anlamlı ölçüde azaltır" denenceleri kısmen kabul edilmiştir. Çünkü, bir koşul dışında, tüm koşullarda KAH değerleri anlamlı bir farklılık göstermemiş, RPE değerleri ise tüm koşullarda etkilenmemiştir.

Bu çalışmanın sonuçları 5 saniye KAÇ uygulamasının etkili olduğunu, 10 saniye KAÇ uygulamasının ise literatüre benzer bir şekilde anlamlı bir etki yaratmadığını göstermiştir. Bu sonuç, özellikle dinlenme aralıkları fazla olan spor branşlarında ve sporcularda, KAÇ uygulamasından ergojenik etki görmek isteyenlerin optimal çalkalama süresi açısından önemli bir fikir vermektedir. Çünkü, bu çalışma, aynı katılımcılar üzerinde iki farklı KAÇ süresini inceleyen tek çalışmadır ve bireysel farklılıklar faktörünü en aza indirgeyerek literatüre önemli bir katkı sunmaktadır. KAÇ uygulamasının pozitif etkileri düşünüldüğünde, birçok sportif etkinlik ve branşta kullanılabileceği ve böylelikle geniş bir yelpazedeki sporcular için faydalı etkiler sağlayacağı görülmektedir. Sporcuların bireysel ve genetik farklılıkları baz alınıp ve uygulamanın kolaylığı göz önünde bulundurularak, sporcuların özellikle antrenmanlarında 5 saniye KAÇ uygulamasını denemeleri ve kendi üzerlerinde etkilerini gözlemlemeleri, sporculara müsabaka öncesi fikir vermesi açısından oldukça önemlidir. Günlük yaşamında düşük kafein tüketimine sahip sporcularda ergojenik etkinin daha yüksek olacağı da gözden kaçmamalıdır.

Bu araştırma sporcuların tokluk durumlarında ve günün aynı saatlerinde gerçekleştirilmiştir. Dolayısıyla, Ramazan orucu gibi sporcuların açlık durumlarına

genellenemez ve günün farklı saatlerindeki etkilerin nasıl olacağı öngörülemez. Bundan dolayı, gelecekteki araştırmalar, aynı katılımcılar üzerinde farklı çalkalama sürelerinin etkisini açlık-tokluk durumlarında araştırmalı ve günün farklı saatlerinde de buna benzer bir araştırma protokolü gerçekleştirilmelidir. Gelecekteki çalışmalar, katılımcıların kafein tüketim sıklıklarını kontrol etmeli ve araştırma dizaynını buna göre kurgulayarak, kafein tüketim sıklığının etkileri daha çok araştırılmalıdır. Çünkü, bizim çalışmamızda, düşük kafein tüketimine sahip sporcularda sprint performansı artışı hem ortalama güçte hem de zirve güçte görülmüş, ancak, yüksek kafein tüketimine sahip sporcularda ise sadece zirve güçte anlamlı bir artış gözlemlenmiştir.

Bu çalışmaya, düzenli bir şekilde futbol oynayan amatör sporcular katılmıştır. Literatür incelendiğinde, KAÇ uygulamasının etkilerini araştıran çalışmaların birçoğunda katılımcılar iyi antrenedir. Rekreatif veya sedanter bireyler üzerinde daha az çalışma yapılmış olması, bu bireylere ideal çalkalama süresini ve kafein tüketim sıklıklarına göre hangi durumun daha avantajlı olacağını söyleyebilmek açısından oldukça zordur. Dolayısıyla, antrenman düzeyi az olan bireyler üzerinde daha çok araştırma yapılması gerektiği açıktır.

KAÇ uygulaması ile ilgili yapılan araştırmaların genelinde bizim çalışmamıza paralel olarak erkek katılımcılar yer almıştır. Bu çalışmaların sonuçlarını kadınlara genellemek oldukça zordur ve sadece kadınların yer alacağı ve menstrüel döngülerine uygun dizayn edilecek araştırmalara ihtiyaç vardır.

Bu çalışmada, KAÇ uygulaması için hazırlanan solüsyonlar, literatürde yüksek bir doz olarak kabul edilen 750 mg temel alınarak hazırlanmıştır. KAÇ'ın ergojenik etkisini görebilmek adına kullanılan dozun önemi geçmiş çalışmalarda vurgulanmıştır. Çoğu çalışma, fiziksel performans artışını yüksek dozda gözlemlediğini rapor etmiştir. Bu da KAÇ için doğru dozun 500 mg ve üstü dozlar olduğunu göstermektedir. Bir diğer etken ise çalkalamanın kaç kez tekrarlanacağıdır. Bizim çalışmamızda her bir test gününde katılımcılar arka arkaya 8 kez ağızda çalkalama gerçekleştirmişlerdir. Literatür incelendiğinde, ideal çalkalama tekrarının ne olduğu ile ilgili fikir birliği oluşmadığı görülmektedir. Çalışmaların çoğu 1-22 kez çalkalama tekrarı arasında değişmektedir. Gelecek çalışmalar, çalkalama tekrarlarının etkisini aynı çalışma içinde kıyaslamalıdır. Böylelikle optimal çalkalama tekrarı açısından bir fikir oluşmaya başlayacaktır.

Son olarak, KAÇ uygulaması, fiziksel ve bilişsel performansı artırmasının nedenleri arasında iki faktör literatürde öne çıkmaktadır; bunlardan ilki, KAÇ'ın ağız içi tat reseptörlerini uyararak, beynin ödül ve bilgi işleme bölgesi olan prefrontal korteksi aktive etmesi ile iyi hissetme halini sağlamasıdır. İkincisi ise, kafeinin ağız boşluğu içerisinde yer

alan adenozin moleküllerine bağlanması nedeniyle nörotransmiter salınımını arttırması ve adenozin antagonizması durumu olduğu düşünülmektedir. Bizim çalışmamızın neticesinde elde edilen performans artışının tam olarak hangi mekanizma aracılığıyla gerçekleştiği bilinmemektedir. Çünkü, KAÇ uygulaması esnasında EEG gibi bir görüntüleme yöntemi kullanılmamış ve kan parametrelerine bakılmamıştır. Bir çalışma, KAÇ uygulamasını EEG üzerinde gözlemleyerek ilgili beyin bölgelerinin aktive olduğunu gözlemlemiş olsa da bu gözlemin farklı araştırmacılar, katılımcılar ve koşullar altında yeniden gözlemlenmesi gerekmektedir. Ayrıca, gelecek çalışmalar, farklı doz, çalkalama tekrarı, çalkalama süresi, kafein tüketim sıklıkları, cinsiyet ve antrenman düzeyleri gibi farklı koşullar altında, KAÇ'ın etki mekanizmalarını açıklayabilmek adına, plazma dopamin, epinefrin/norepinefrin ve serotonin gibi kan parametrelerine bakarak bu düzeylerin gerçekten farklılaşıp farklılaşmadığını ve performans artışına neden olan etkenin bu nörotransmiterlerden kaynaklı olup olmadığını araştırmalıdır.

KAYNAKLAR

Akça, F., Aras, D. & Arslan, E. (2018). Kafein, etki mekanizmaları ve fiziksel performansa etkileri. *Spormetre,* 16: 1-12.

Ataide-Silva, T., Ghiarone, T., Bertuzzi, R., Stathis, C.G., Leandro, C.G. & Lima-Silva, A.E. (2016). CHO mouth rinse ameliorates neuromuscular response with lower endogenous cho stores. *Medicine and science in sports and exercise*, 48(9), 1810–1820. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000973

Bar-Or, O. (1987). The Wingate anaerobic test an update on methodology, reliability and validity. *Sport Med AnInt J Appl Med Sci Sport Exerc* 4:381–394. https://doi.org/10.2165/00007256-198704060-00001

Barreto, G., Grecco, B., Merola, P., Reis, C.E.G., Gualano, B. & Saunders, B. (2021). Novel insights on caffeine supplementation, CYP1A2 genotype, physiological responses and exercise performance. *European journal of applied physiology*, 121(3), 749–769. https://doi.org/10.1007/s00421-020-04571-7

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=*Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, 38(6), 633–637. https://doi.org/10.1139/apnm-2012-0333

Beck, T.W., Housh, T.J., Schmidt, R.J., Johnson, G.O., Housh, D.J., Coburn, J.W. & Malek, M.H. (2006). The acute effects of a caffeine-containing supplement on strength, muscular endurance, and anaerobic capabilities. *Journal of strength and conditioning research*, 20(3), 506–510. https://doi.org/10.1519/18285.1

Beelen, M., Berghuis, J., Bonaparte, B., Ballak, S.B., Jeukendrup, A.E. & van Loon, L.J. (2009). Carbohydrate mouth rinsing in the fed state: lack of enhancement of time-trial performance. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 19(4), 400–409. https://doi.org/10.1123/ijsnem.19.4.400

Behrens, M. and Meyerhof, W. (2010). Oral and extraoral bitter taste receptors. *Results and problems in cell differentiation*, 52, 87–99. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14426-4_8

Bell, D.G. and McLellan, T.M. (2002). Exercise endurance 1, 3, and 6 h after caffeine ingestion in caffeine users and nonusers. *Journal of applied physiology* (Bethesda, Md.: 1985), 93(4), 1227–1234. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00187.2002

Bell, D.G., Jacobs, I. & Ellerington, K. (2001). Effect of caffeine and ephedrine ingestion on anaerobic exercise performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(8), 1399–1403. https://doi.org/10.1097/00005768-200108000-00024

Best, R., McDonald, K., Hurst, P. & Pickering, C. (2021). Can taste be ergogenic?. *European journal of nutrition*, 60(1), 45–54. https://doi.org/10.1007/s00394-020-02274-5

Blanchard, J. and Sawers, S.J. (1983). The Absolute bioavailability of caffeine in man. *Eur. J. Clin. Pharmacol*., 24(1), 93-98.

Boat, R., Williamson, O., Read, J. et al. (2021). Self-control exertion and caffeine mouth rinsing: Effects on cycling time-trial performance. *Psychology of Sport and Exercise*, 53, 101877.

Borg, G.A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *14*(5), 377–381.

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. https://doi.org/10.3920/CEP140015

Brown, S.J., Brown, J. & Foskett, A. (2013). The effects of caffeine on repeated sprint performance in team sport athletes: A meta-analysis. *Sport Science Review*, 22(1), 25–32.

Burke, L.M. (2008). Caffeine and sports performance. Applied physiology, nutrition, and metabolism =*Physiologie Appliquee, Nutrition Et Metabolisme*, 33(6), 1319–1334. https://doi.org/10.1139/H08-130

Burke, L.M. (2017). Practical issues in evidence-based use of performance supplements: supplement interactions, repeated use and individual responses. *Sports Medicine* (Auckland, N.Z.), 47(Suppl 1), 79–100. https://doi.org/10.1007/s40279-017-0687-1

Burke, L., Desbrow, B. & Spriet, L. (2013). Caffeine for sports performance. *Human Kinetics*, USA.

Bühler, E., Lachenmeier, D.W., Schle-gel K. & Winkler, G. (2013). Development of a tool to assess the caffeine intake among teenagersand young adults. *Ernahrungs Umschau* 61(4): 58–63

Chambers, E.S., Bridge, M.W. & Jones, D.A. (2009). Carbohydrate sensing in the human mouth: effects on exercise performance and brain activity. *The Journal of Physiology*, 587(Pt 8), 1779–1794. https://doi.org/10.1113/jphysiol.2008.164285

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: official publication of the American College of Neuropsychopharmacology*, 33(12), 2791–2800. https://doi.org/10.1038/npp.2008.17

Clarke, N.D., Kornilios, E. & Richardson, D. L. (2015). Carbohydrate and Caffeine Mouth Rinses Do Not Affect Maximum Strength and Muscular Endurance Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(10), 2926–2931. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000945

Clarke, N.D., Richardson, D.L., Thie, J. & Taylor, R. (2017). Coffee ingestion enhances one-mile running race performance. *Int J Sports Physiol Perform*, 1-20.

Collomp, K., Ahmaidi, S., Chatard, J.C., Audran, M. & Préfaut, C. (1992). Benefits of caffeine ingestion on sprint performance in trained and untrained swimmers. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *64*(4), 377–380. https://doi.org/10.1007/BF00636227

Collomp, K., Anselme, F., Audran, M., Gay, J.P., Chanal, J.L. & Prefaut, C. (1991). Effects of moderate exercise on the pharmacokinetics of caffeine. *Eur. J. Clin. Pharmacol*., 40(3), 279-282.

Coppin, E., Heath, E.M., Bressel, E. & Wagner, D.R. (2012). Wingate anaerobic test reference values for male power athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7(3), 232–236. https://doi.org/10.1123/ijspp.7.3.232

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. & Burke, L.M. (2002). Effect of different protocols of caffeine intake on metabolism and endurance performance. *Journal of Applied Physiology* (Bethesda, Md. : 1985), 93(3), 990–999. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00249.2002

Da Silva, W.F., Lopes-Silva, J.P., Camati Felippe, L.J., Ferreira, G.A., Lima-Silva, A.E. & Silva-Cavalcante, M.D. (2023). Is caffeine mouth rinsing an effective strategy to improve physical and cognitive performance? A systematic review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(3), 438–446. https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1949576

Daval, J.L., Werck, M.C., Nehlig, A. & Pereira de Vasconcelos, A. (1991). Quantitative autoradiographic study of the postnatal development of adenosine A1 receptors and their coupling to G proteins in the rat brain. *Neuroscience*, 40(3), 841–851. https://doi.org/10.1016/0306-4522(91)90016-h

Davis, J.K. and Green, J.M. (2009). Caffeine and anaerobic performance: ergogenic value and mechanisms of action. *Sports Medicine*, 39(10), 813–832. https://doi.org/10.2165/11317770-000000000-00000

de Jesus, V.C., Singh, M., Schroth, R.J., Chelikani, P. & Hitchon, C.A. (2021). Association of bitter taste receptor T2R38 polymorphisms, oral microbiota, and rheumatoid arthritis. *Current Issues in Molecular Biology*, 43(3), 1460–1472. https://doi.org/10.3390/cimb43030103

De Pauw, K., Roelands, B., Knaepen, K., Polfliet, M., Stiens, J. & Meeusen, R. (2015). Effects of caffeine and maltodextrin mouth rinsing on P300, brain imaging, and cognitive performance. *Journal of Applied Physiology* (Bethesda, Md: 1985), 118(6), 776–782. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01050.2014

Del Coso, J., Lara, B., Ruiz-Moreno, C. & Salinero, J. J. (2019). Challenging the myth of non-response to the ergogenic effects of caffeine ingestion on exercise performance. *Nutrients*, 11(4), 732. https://doi.org/10.3390/nu11040732

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 = *Physiologie Appliquee, Nutrition Et Metabolisme*, 36(4), 555–561. https://doi.org/10.1139/h11-052

Denham, B.E. (2017). Athlete information sources about dietary supplements: A review of extant research. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 27(4), 325–334. https://doi.org/10.1123/ijsnem.2017-0050

Devenney, S., Mangan, S., Shortall, M. & Collins, K. (2018). Effects of carbohydrate mouth rinse and caffeine on high-intensity interval running in a fed state. Applied physiology, nutrition, and metabolism = *Physiologie Appliquee, Nutrition Et Metabolisme*, 43(5), 517–521. https://doi.org/10.1139/apnm-2017-0458

Doering, T.M., Fell, J. W., Leveritt, M.D., Desbrow, B. & Shing, C.M. (2014). The effect of a caffeinated mouth-rinse on endurance cycling time-trial performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 24(1), 90–97. https://doi.org/10.1123/ijsnem.2013-0103

Doherty, M. and Smith, P. M. (2004). Effects of caffeine ingestion on exercise testing: a meta-analysis. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 14(6), 626–646. https://doi.org/10.1123/ijsnem.14.6.626

Dolan, P., Witherbee, K.E., Peterson, K.M. & Kerksick, C.M. (2017). Effect of Carbohydrate, Caffeine, and Carbohydrate + Caffeine Mouth Rinsing on Intermittent Running Performance in Collegiate Male Lacrosse Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(9), 2473–2479. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001819

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. https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1601261

Dux, E., Fastbom, J., Ungerstedt, U., Rudolphi, K. & Fredholm, B.B. (1990). Protective effect of adenosine and a novel xanthine derivative propentofylline on the cell damage after bilateral carotid occlusion in the gerbil hippocampus. *Brain Research*, 516(2), 248–256. https://doi.org/10.1016/0006-8993(90)90925-2

Ferré, S., Fuxe, K., von Euler, G., Johansson, B. & Fredholm, B.B. (1992). Adenosine-dopamine interactions in the brain. *Neuroscience*, 51(3), 501–512. https://doi.org/10.1016/0306-4522(92)90291-9

Figueiredo, N., Queiroz, M., Felício, F.P., Ferreira, J., Gerosa-Neto, J., Mota, J.F., da Silva, C.R., Ghedini, P.C., Saunders, B. & Pimentel, G.D. (2021). Acute caffeine mouth rinsing does not improve 10-km running performance in CYP1A2 C-allele carriers. *Clinical Nutrition ESPEN*, 42, 93–97. https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2021.02.012

Filip, A., Wilk, M., Krzysztofik, M. & Del Coso, J. (2020). Inconsistency in the ergogenic effect of caffeine in athletes who regularly consume caffeine: Is it due to the disparity in the criteria that defines habitual caffeine intake?. *Nutrients*, 12(4), 1087. https://doi.org/10.3390/nu12041087

Fredholm, B.B. (1995). Astra Award Lecture. Adenosine, adenosine receptors and the actions of caffeine. *Pharmacology & Toxicology*, 76(2), 93–101. https://doi.org/10.1111/j.1600-0773.1995.tb00111.x

Fredholm, B.B. (2011). Notes on the history of caffeine use. *Handbook of experimental pharmacology*, (200), 1–9. https://doi.org/10.1007/978-3-642-13443-2_1

Gam, S., Guelfi, K.J. & Fournier, P.A. (2014). Mouth rinsing and ingesting a bitter solution improves sprint cycling performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 46(8), 1648–1657. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000271

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. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 315–324. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31818b979a

Garrett, B. E. and Griffiths, R. R. (1997). The role of dopamine in the behavioral effects of caffeine in animals and humans. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior*, 57(3), 533–541. https://doi.org/10.1016/s0091-3057(96)00435-2

Garthe, I. and Maughan, R. J. (2018). Athletes and supplements: Prevalence and perspectives. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 28(2), 126–138. https://doi.org/10.1123/ijsnem.2017-0429

Glaister, M., Howatson, G., Abraham, C.S., Lockey, R.A., Goodwin, J.E., Foley, P. & McInnes, G. (2008). Caffeine supplementation and multiple sprint running performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(10), 1835–1840. https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31817a8ad2

Glaister, M., Muniz-Pumares, D., Patterson, S.D., Foley, P. & McInnes, G. (2015). Caffeine supplementation and peak anaerobic power output. *European Journal of Sport Science*, 15(5), 400–406. https://doi.org/10.1080/17461391.2014.962619

Glaister, M., Towey, C., Jeffries, O., Muniz-Pumares, D., Foley, P. & McInnes, G. (2019). Caffeine and Sprint Cycling Performance: Effects of Torque Factor and Sprint Duration. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(4), 426–431. https://doi.org/10.1123/ijspp.2018-0458

Gonçalves, L.S., Painelli, V.S., Yamaguchi, G., Oliveira, L.F., Saunders, B., da Silva, R.P., Maciel, E., Artioli, G.G., Roschel, H. & Gualano, B. (2017). Dispelling the myth that habitual caffeine consumption influences the performance response to acute caffeine supplementation. *Journal of Applied Physiology*, 123(1), 213–220. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00260.2017

Goodman, R.R. and Synder, S.H. (1982). Autoradiographic localization of adenosine receptors in rat brain using [^{3}H]cyclohexyladenosine. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 2(9), 1230–1241. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.02-09-01230.1982

Gough, L. A., Faghy, M., Clarke, N., Kelly, A.L., Cole, M. & Lun Foo, W. (2022). No independent or synergistic effects of carbohydrate-caffeine mouth rinse on repeated sprint performance during

simulated soccer match play in male recreational soccer players. *Science and Medicine in Football*, 6(4), 519–527.

Graham, T.E. (2001). Caffeine and exercise: metabolism, endurance and performance. *Sports Medicine*, 31(11), 785–807. https://doi.org/10.2165/00007256-200131110-00002

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(Pt 3), 837–847. https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2000.00837.x

Greer, F., Friars, D. & Graham, T.E. (2000). Comparison of caffeine and theophylline ingestion: exercise metabolism and endurance. *Journal of Applied Physiology*, 89(5), 1837–1844. https://doi.org/10.1152/jappl.2000.89.5.1837

Greer, F., McLean, C. & Graham, T.E. (1998). Caffeine, performance, and metabolism during repeated Wingate exercise tests. *Journal of Applied Physiology*, 85(4), 1502–1508. https://doi.org/10.1152/jappl.1998.85.4.1502

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. https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-100278

Guest, N., Corey, P., Vescovi, J. & El-Sohemy, A. (2018). Caffeine, CYP1A2 genotype, and endurance performance in athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 50(8), 1570–1578. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001596

Haase, L., Cerf-Ducastel, B. & Murphy, C. (2009). Cortical activation in response to pure taste stimuli during the physiological states of hunger and satiety. *NeuroImage*, 44(3), 1008–1021. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.09.044

Harber, V.J. and Sutton, J.R. (1984). Endorphins and exercise. *Sports Medicine*, 1(2), 154–171. https://doi.org/10.2165/00007256-198401020-00004

Hoffman, J. R., Kang, J., Ratamess, N.A., Jennings, P.F., Mangine, G.T. & Faigenbaum, A.D. (2007). Effect of nutritionally enriched coffee consumption on aerobic and anaerobic exercise performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 456–459. https://doi.org/10.1519/R-20326.1

Hogervorst, E., Bandelow, S., Schmitt, J., Jentjens, R., Oliveira, M., Allgrove, J., Carter, T. & Gleeson, M. (2008). Caffeine improves physical and cognitive performance during exhaustive exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(10), 1841–1851. https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31817bb8b7

Inbar, O. and Bar-Or, O. (1986). Anaerobic characteristics in male children and adolescents. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 18(3), 264–269. https://doi.org/10.1249/00005768-198606000-00002

Jakovljević, D.K., Eric, M., Jovanovic, G. & et al. (2018). Explosive muscle power assessment in elite athletes using Wingate anaerobic test. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 24(2), 107–111. https://doi.org/10.1590/1517-869220182402183151

Jarvis, M.F. and Williams, M. (1989). Direct autoradiographic localization of adenosine A2 receptors in the rat brain using the A2-selective agonist, [^{3}H]CGS 21680. *European Journal of Pharmacology*, 168(2), 243–246. https://doi.org/10.1016/0014-2999(89)90571-2

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):159–67.

Kamimori, G.H., Penetar, D.M., Headley, D.B., Thorne, D.R., Otterstetter, R. & Belenky, G. (2000). Effect of three caffeine doses on plasma catecholamines and alertness during prolonged wakefulness. *European Journal of Clinical Pharmacology*, 56(8), 537–544. https://doi.org/10.1007/s002280000186

Kaplan, G.B., Greenblatt, D.J., Ehrenberg, B.L., Goddard, J.E., Cotreau, M.M., Harmatz, J.S. & Shader, R.I. (1997). Dose-dependent pharmacokinetics and psychomotor effects of caffeine in humans. *Journal of Clinical Pharmacology*, 37(8), 693–703. https://doi.org/10.1002/j.1552-4604.1997.tb04356.x

Karayigit, R., Ali, A., Rezaei, S., Ersoz, G., Lago-Rodriguez, A., Domínguez, R. & Naderi, A. (2021a). Effects of carbohydrate and caffeine mouth rinsing on strength, muscular endurance and cognitive performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 18(1), 63. https://doi.org/10.1186/s12970-021-00462-0

Karayigit, R., Koz, M., Sánchez-Gómez, A., Naderi, A., Yildirim, U.C., Domínguez, R. & Gur, F. (2021b). High dose of caffeine mouth rinse increases resistance training performance in men. *Nutrients*, 13(11), 3800. https://doi.org/10.3390/nu13113800

Karayigit, R., Naderi, A., Akca, F., Cruz, C.J.G.D., 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 naive female athletes. *Nutrients*, 13(1), 2. https://doi.org/10.3390/nu13010002

Karayigit, R., Yaşli, B.Ç., Karabiyik, H., Koz, M. & Ersöz, G. (2017). Effect of serial caffeine mouth rinse on wingate anaerobic performance. *Spormetre* (C. 15, Sayı 4).

Kasper, A.M., Cocking, S., Cockayne, M., Barnard, M., Tench, J., Parker, L., McAndrew, J., Langan-Evans, C., Close, G.L. & Morton, J.P. (2016). Carbohydrate mouth rinse and caffeine improves high-intensity interval running capacity when carbohydrate restricted. *European Journal of Sport Science*, 16(5), 560–568. https://doi.org/10.1080/17461391.2015.1041063

Kerksick, C.M., Arent, S., Schoenfeld, B.J., Stout, J.R., Campbell, B., Wilborn, C.D. & Antonio, J. (2017). International society of sports nutrition position stand: nutrient timing. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14(1). https://doi.org/10.1186/s12970-017-0189-4

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. https://doi.org/10.1080/17461391.2016.1165739

Landolt, H.P. (2008). Sleep homeostasis: a role for adenosine in humans?. *Biochemical Pharmacology*, 75(11), 2070–2079. https://doi.org/10.1016/j.bcp.2008.02.024

Lane, S.C., Areta, J.L., Bird, S.R., Coffey, V.G., Burke, L.M., Desbrow, B., Karagounis, L.G. & Hawley, J.A. (2013a). Caffeine ingestion and cycling power output in a low or normal muscle glycogen state. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45(8), 1577–1584. https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31828af183

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. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210275

Laurent, D., Schneider, K.E., Prusaczyk, W.K., Franklin, C., Vogel, S.M., Krssak, M., Petersen, K.F., Goforth, H.W. & Shulman, G.I. (2000). Effects of caffeine on muscle glycogen utilization and the neuroendocrine axis during exercise. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 85(6), 2170–2175. https://doi.org/10.1210/jcem.85.6.6655

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* (Bethesda, Md.: 1985), 74(3), 1149–1155. https://doi.org/10.1152/jappl.1993.74.3.1149

Lorino, A.J., Lloyd, L.K., Crixell, S.H. & Walker, J.L. (2006). The effects of caffeine on athletic agility. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 851–854. https://doi.org/10.1519/R-17445.1

Luz M.L. and Santos M.G. (2019). Ergogenic supplementation caffeine and physical exercise. *Journal of Nutrition and Diet Supplements*, 3: 101.

Marinho, A.H., Mendes, E.V., Vilela, R.A., Bastos-Silva, V.J., Araujo, G.G. & Balikian, P. (2020). Caffeine mouth rinse has no effects on anaerobic energy yield during a Wingate Test. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness,* 60(1), 69–74. https://doi.org/10.23736/S0022-4707.19.09928-6

Maud, P.J. and Shultz, B.B. (1989). Norms for the Wingate anaerobic test with comparison to another similar test. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 60(2), 144–151. https://doi.org/10.1080/02701367.1989.10607429

Maughan, R.J., Burke, L.M., Dvorak, J., Larson-Meyer, D.E., Peeling, P., Phillips, S.M., Rawson, E.S., Walsh, N.P., Garthe, I., Geyer, H., Meeusen, R., van Loon, L.J.C., Shirreffs, S.M., Spriet, L.L., Stuart, M., Vernec, A., Currell, K., Ali, V.M., Budgett, R.G., Ljungqvist, A. & Engebretsen, L. (2018). IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *British Journal of Sports Medicine*, 52(7), 439–455. https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099027

McLellan, T.M. and Bell, D.G. (2004). The impact of prior coffee consumption on the subsequent ergogenic effect of anhydrous caffeine. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 14(6), 698–708. https://doi.org/10.1123/ijsnem.14.6.698

Mistretta, C.M. and Kumari, A. (2019). Hedgehog signaling regulates taste organs and oral sensation: distinctive roles in the epithelium, stroma, and innervation. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(6), 1341. https://doi.org/10.3390/ijms20061341

Mohr, M., Krustrup, P., Nielsen, J.J., Nybo, L., Rasmussen, M.K., Juel, C. & Bangsbo, J. (2007). Effect of two different intense training regimens on skeletal muscle ion transport proteins and fatigue development. *American Journal of Physiology. Regulatory, İntegrative and Comparative Physiology*, 292(4), R1594–R1602. https://doi.org/10.1152/ajpregu.00251.2006

Mohr, M., Nielsen, J. J. & Bangsbo, J. (2011). Caffeine intake improves intense intermittent exercise performance and reduces muscle interstitial potassium accumulation. *Journal of Applied Physiology*, 111(5), 1372–1379. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01028.2010

Nabuco, L.L., Mendes, G.F., Barreto, G, Saunders, B. & Reis, C.E.G. (2023). Spit it out: Is caffeine mouth rinse an effective ergogenic aid? A systematic review and meta-analysis. *Strength and Conditioning Journal*, 45(5), 617-627. https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000777

Nabuco, L.L., Saunders, B., Sousa da Silva, R.A., Molina, G.E. & Reis, C.E.G. (2021). Caffeine mouth rinse does not improve time to exhaustion in male trained cyclists. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 31(5), 412–419. https://doi.org/10.1123/ijsnem.2020-0360

Nehlig, A., Daval, J.L. & Debry, G. (1992). Caffeine and the central nervous system: mechanisms of action, biochemical, metabolic and psychostimulant effects. *Brain Research. Brain research reviews*, 17(2), 139–170. https://doi.org/10.1016/0165-0173(92)90012-b

Ongini, E. and Fredholm, B.B. (1996). Pharmacology of adenosine A2A receptors. *Trends in Pharmacological Sciences,* 17(10), 364–372.

Pak, İ.E., Cuğ, M., Volpe, S.L. & Beaven, C.M. (2020). The effect of carbohydrate and caffeine mouth rinsing on kicking performance in competitive Taekwondo athletes during Ramadan. *Journal of Sports Sciences*, 38(7), 795–800. https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1735033

Pallarés, J.G., Fernández-Elías, V.E., Ortega, J.F., Muñoz, G., Muñoz-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. https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31829a6672

Parkinson, F. E. and Fredholm, B. B. (1990). Autoradiographic evidence for G-protein coupled A2-receptors in rat neostriatum using [3H]-CGS 21680 as a ligand. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*, 342(1), 85–89. https://doi.org/10.1007/BF00178977

Pataky, M.W., Womack, C.J., Saunders, M.J., Goffe, J.L., D'Lugos, A.C., El-Sohemy, 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. https://doi.org/10.1111/sms.12501

Penetar, D., McCann, U., Thorne, D., Kamimori, G., Galinski, C., Sing, H., Thomas, M. & Belenky, G. (1993). Caffeine reversal of sleep deprivation effects on alertness and mood. *Psychopharmacology*, 112(2-3), 359–365. https://doi.org/10.1007/BF02244933

Pickering, C. (2019). Are caffeine's performance-enhancing effects partially driven by its bitter taste?. *Medical Hypotheses*, 131, 109301. https://doi.org/10.1016/j.mehy.2019.109301

Pickering, C. and Kiely, J. (2019). What should we do about habitual caffeine use in athletes?. *Sports Medicine*, 49(6), 833–842. https://doi.org/10.1007/s40279-018-0980-7

Pollack, A.E. And Fink, J.S. (1995). Adenosine antagonists potentiate D2 dopamine-dependent activation of Fos in the striatopallidal pathway. *Neuroscience*, 68(3), 721–728. https://doi.org/10.1016/0306-4522(95)00168-i

Popadic Gacesa, J.Z., Barak, O.F. & Grujic, N.G. (2009). Maximal anaerobic power test in athletes of different sport disciplines. *Journal of Strength and Conditioning research*, 23(3), 751–755. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181a07a9a

Powers, S.K., Byrd, R.J., Tulley, R. & Callender, T. (1983). Effects of caffeine ingestion on metabolism and performance during graded exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 50(3), 301–307. https://doi.org/10.1007/BF00423236

Rahimi, R. (2019). The effect of CYP1A2 genotype on the ergogenic properties of caffeine during resistance exercise: a randomized, double-blind, placebo-controlled, crossover study. *Irish Journal of Medical Science*, 188(1), 337–345. https://doi.org/10.1007/s11845-018-1780-7

Ribeiro, J.A. and Sebastião, A.M. (2010). Caffeine and adenosine. *Journal of Alzheimer's Disease*, S3–S15. https://doi.org/10.3233/JAD-2010-1379

Richardson, J.T.E. (2011). Eta squared and partial eta squared as measures of effect size in educational research. *Educational Research Review*, 6(2), 135-147. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2010.12.001

Robertson, D., Wade, D., Workman, R., Woosley, R. L. & Oates, J.A. (1981). Tolerance to the humoral and hemodynamic effects of caffeine in man. *J. Clin. Invest*., 67(4), 1111-1117.

Silano, V., Coppens, P., Larrañaga-Guetaria, A., Minghetti, P. & Roth-Ehrang, R. (2011). Regulations applicable to plant food supplements and related products in the European Union. *Food & Function*, 2(12), 710–719. PubMed doi:10.1039/c1fo10105f

Sinclair, J. and Bottoms, L. (2015). The effects of carbohydrate and caffeine mouth rinsing on arm crank time-trial performance. *Journal of Sports Research*, 1(2), 34–44. https://doi.org/10.18488/journal.90/2014.1.2/90.2.34.44

Sinclair, J., Bottoms, L., Flynn, C., Bradley, E., Alexander, G., McCullagh, S., Finn, T. & Hurst, H.T. (2014). The effect of different durations of carbohydrate mouth rinse on cycling performance. *European Journal of Sport Science*, 14(3), 259–264. https://doi.org/10.1080/17461391.2013.785599

Sivamaruthi, B.S., Kesika, P. & Chaiyasut, C. (2019). Effect of Probiotics Supplementations on Health Status of Athletes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(22), 4469. https://doi.org/10.3390/ijerph16224469

Skinner, T.L., Desbrow, B., Arapova, J., Schaumberg, M.A., Osborne, J., Grant, G.D., Anoopkumar-Dukie, S. & Leveritt, M.D. (2019). Women experience the same ergogenic response to caffeine as men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 51(6), 1195–1202. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001885

Snyder, S.H., Katims, J.J., Annau, Z., Bruns, R.F. & Daly, J.W. (1981). Adenosine receptors and behavioral actions of methylxanthines. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 78(5), 3260–3264. https://doi.org/10.1073/pnas.78.5.3260

Sökmen, B., Armstrong, L.E., Kraemer, W.J., Casa, D.J., Dias, J.C., Judelson, D.A. & Maresh, C.M. (2008). Caffeine use in sports: considerations for the athlete. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 978–986. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181660cec

Spriet, L.L. (2014). Exercise and sport performance with low doses of caffeine. *Sports Medicine*, 44 Suppl 2(Suppl 2), S175–S184. https://doi.org/10.1007/s40279-014-0257-8

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), 1998–2005. https://doi.org/10.1249/01.mss.0000177216.21847.8a

Tarnopolsky, M.A. (2008). Effect of caffeine on the neuromuscular system--potential as an ergogenic aid. Applied physiology, nutrition, and metabolism = *Physiologie Appliquee, Nutrition Et Metabolisme*, 33(6), 1284–1289. https://doi.org/10.1139/H08-121

Tarnopolsky, M. and Cupido, C. (2000). Caffeine potentiates low frequency skeletal muscle force in habitual and nonhabitual caffeine consumers. *Journal of Applied Physiology*, 89(5), 1719–1724. https://doi.org/10.1152/jappl.2000.89.5.1719

Turley, K.R. (2016). Effects of caffeine on exercise responses and performance in children and youth. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 10(6), 417–421. https://doi.org/10.1177/1559827614554593

U.S. Food and Drug Administration (FDA). (2017). Dietary supplements. Retrieved from https://www.fda.gov/default.htm

Wang, C., Zhu, Y., Dong, C., Zhou, Z. & Zheng, X. (2020). Effects of various doses of caffeine ingestion on intermittent exercise performance and cognition. *Brain Sciences*, 10(9), 595. https://doi.org/10.3390/brainsci10090595

Wickham, K.A. and Spriet, L.L. (2018). Administration of caffeine in alternate forms. *Sports Medicine*, 48(Suppl 1), 79–91. https://doi.org/10.1007/s40279-017-0848-2

Woolf, K., Bidwell, W.K. & Carlson, A.G. (2009). Effect of caffeine as an ergogenic aid during anaerobic exercise performance in caffeine naïve collegiate football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(5), 1363–1369. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b3393b

Zajac, A., Jarzabek, R. & Waskiewicz, Z. (1999). The diagnostic value of the 10− and 30-second Wingate test for competitive athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13(1), 16–19.

Zald, D.H., Hagen, M.C. & Pardo, J.V. (2002). Neural correlates of tasting concentrated quinine and sugar solutions. *Journal of Neurophysiology*, 87(2), 1068–1075. https://doi.org/10.1152/jn.00358.2001

EKLER

Ek-1. Etik Kurul Kararı

İNSAN ARAŞTIRMALARI ETİK KURULU KARAR FORMU

ETİK KURULUN ADI	ANKARA ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ İNSAN ARAŞTIRMALARI ETİK KURULU
AÇIK ADRES	
TELEFON	
FAKS	
E-POSTA	

BAŞVURU BİLGİLERİ	ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Başvuru No: 2023000564(2023/564) Kafeinin ağızda çalkalanmasının farklı kafein tüketim sıklığına sahip sporcularda sprint performansına etkisi: "Süre çalışması"	
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI ÜNVANI/ADI/SOYADI	Doç. Dr. Raci KARAYİĞİT	
	PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ UNVANI/ADI/SOYADI (TÜBİTAK vb. gibi kaynaklardan destek alanlar için)		
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	Antrenörlük Eğitimi	
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	Ankara Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi	
	ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ ☒	ÇOK MERKEZLİ ☐

KARAR BİLGİLERİ	**Karar No:İ09-607-23**	**Tarih: 12 Ekim 2023**
	Yukarıda bilgileri verilen başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmanın/çalışmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve uygun bulunmuş olup araştırmanın/çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezde gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına toplantıya katılan etik kurul üye tam sayısının salt çoğunluğu ile karar verilmiştir.	

İNSAN ARAŞTIRMALARI ETİK KURULU

ÇALIŞMA ESASI	İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI:	Prof.Dr.Hakan ERGÜN

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Araştırma ile ilişki	
Prof.Dr.Hakan ERGÜN	Tıbbi Farmakoloji	A.Ü. Tıp Fakültesi	E ☐	H ☒
Prof.Dr.Berna ARDA	Tıp Tarihi ve Etik	A.Ü. Tıp Fakültesi	E ☐	H ☒
Prof.Dr.Hatice ILGIN RUHİ	Tıbbi Genetik	A.Ü. Tıp Fakültesi	E ☐	H ☒
Prof.Dr.Sevim AYDIN	Histoloji ve Embriyoloji	A.Ü. Tıp Fakültesi	E ☐	H ☒
Prof.Dr.Berna SAVAŞ	Tıbbi Patoloji	A.Ü. Tıp Fakültesi	E ☐	H ☒
Prof.Dr.Yüksel ÜRÜN	Tıbbi Onkoloji	A.Ü.Tıp Fakültesi	E ☐	H ☒
Prof.Dr.Cihangır AKYOL	Genel Cerrahi	A.Ü. Tıp Fakültesi	E ☐	H ☒
Prof.Dr.Başak Ceyda MEÇO	Anesteziyoloji ve Reanimasyon	A.Ü. Tıp Fakültesi	E ☐	H ☒
Doç.Dr.Emel OKULU	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları	A.Ü. Tıp Fakültesi	E ☐	H ☒
Doç.Dr.Zahide Çiler BÜYÜKATALAY YALDIZ	Kulak, Burun ve Boğaz Hastalıkları	A.Ü. Tıp Fakültesi	E ☐	H ☒
Doç.Dr.Rezzak YILMAZ	Nöroloji	A.Ü. Tıp Fakültesi	E ☐	H ☒
Doç.Dr.Serkan AKBULUT	Cerrahi Onkoloji	A.Ü. Tıp Fakültesi	E ☐	H ☒
Doç.Dr.Miraç YILDIRIM	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları	A.Ü. Tıp Fakültesi	E ☐	H ☒
Dr.İrem KAR	Biyoistatistik	A.Ü. Tıp Fakültesi	E ☐	H ☒

Ek-2. Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formu

Araştırmanın adı: Kafeinin ağızda çalkalanmasının farklı kafein tüketim sıklığına sahip sporcularda sprint performansına etkisi: "Süre çalışması"

Sorumlu Araştırmacı: Doç. Dr. Raci KARAYİĞİT

Araştırmanın Yürütüleceği Yer: Ankara Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi

Sayın gönüllü,

Yukarıda adı yazılı araştırmaya katılmak üzere davet edilmiş bulunuyorsunuz. Bu araştırmada yer almayı kabul etmeden önce, araştırmanın ne amaçla yapılmak istendiğini anlamanız ve kararınızı bu bilgilendirme çerçevesinde özgürce vermeniz gerekmektedir. Aşağıdaki bilgileri lütfen dikkatlice okuyunuz, sorularınız olursa sorunuz ve açık yanıtlar isteyiniz.

Bu araştırma Oğulhan Kayabaş'ın doktora tez çalışmasıdır ve benim sorumluluğumda yürütülecektir. Bu araştırma 20 amatör erkek sporcu üzerinde gerçekleştirilecektir. 10 sporcunun yüksek, 10 sporcunun ise düşük kafein tüketimine sahip olmaları gerekmektedir. Sporcuların 18 yaşından büyük olmaları, sigara içmiyor olmaları ve herhangi bir ortopedik veya nöromüsküler bir rahatsızlığı olmamaları çalışmaya katılımları için önemli kriterler olacaktır. Bu iki gruba 5 veya 10 sn olmak üzere 8 kez tatlandırıcılı plasebo veya kafein çalkalattırılacaktır. Çalkalamanın hemen ardından wingate bisiklet ergometresinde sporcuların yaklaşık 30 sn sürecek olan sprint performansları ölçülecektir. Her sporcu rastgele bir şekilde 5 sn ve 10 sn olmak üzere plasebo veya kafein çalkalamasını gerçekleştirecektir. Böylelikle kafeinin ağızda çalkalanmasının yüksek ve düşük kafein tüketen sporcularda sprint performansı etkisine bakılacak ve iki farklı çalkalama süresine göre etkililiği değerlendirilecektir.

Bu çalışmamızda düşük kafein tüketen sporcularda 10 sn kafein çalkalamanın sprint performansı üzerinde daha etkili sonuçlar vereceği amaçlanmıştır.

Bu araştırmada yer almak tümüyle sizin isteğinize bağlıdır. Bu çalışma size ve bağlı olduğunuz Sosyal Güvenlik Kurumunuza herhangi mali bir yük getirmeyecektir. Size de herhangi bir ödeme yapılmayacaktır. Bu araştırmanın sonuçları bilimsel amaçlarla kullanılacaktır. Araştırmadan çekilmeniz ya da araştırmacı tarafından araştırmadan çıkarılmanız halinde, sizle ilgili veriler kullanılmayacaktır. Ancak veriler bir kez anonimleştikten sonra araştırmadan çekilmeniz mümkün olmayacaktır. Araştırmadan çekilmeniz tedavinizi hiçbir şekilde etkilemeyecektir. Sizden elde edilen tüm bilgiler gizli tutulacak, araştırma yayınlandığında da varsa kimlik bilgilerinizin gizliliği korunacaktır.

Merak ettiğiniz bir şey olursa veya bir yan etkiden şüphelendiğinizde mesai saatleri içinde (

ve günün 24 saatinde Doç. Dr. Raci KARAYİĞİT'i numaralı telefondan sorumlu araştırmacıyı arayabilir ve istediklerinizi sorabilirsiniz.

Yukarıda yer alan ve araştırmaya başlanmadan önce gönüllülere verilmesi gereken bilgileri içeren toplam 2 sayfa metni okudum (ya da sözlü olarak dinledim). Eksik kaldığını düşündüğüm konularda sorularımı araştırmacılara sordum ve doyurucu yanıtlar aldım. Yazılı ve sözlü olarak tarafıma sunulan tüm açıklamaları ayrıntılarıyla anladığım kanısındayım. Çalışmaya katılmayı isteyip istemediğim konusunda karar vermem için yeterince zaman tanındı. Bu çalışmada bana ne olacağını, istediğim zaman gerekçeli veya gerekçesiz olarak araştırmadan ayrılabileceğimi, imzaladığım bu formun bir kopyasının bana verileceğini biliyorum. Bu koşullar altında, araştırma kapsamında elde edilen şahsıma ait bilgilerin bilimsel amaçlarla kullanılmasını, gizlilik kurallarına uyulmak kaydıyla sunulmasını ve yayınlanmasını, hiçbir baskı ve zorlama altında kalmaksızın, kendi özgür irademle kabul ettiğimi beyan ederim.

Bu bilgiler ışığında elde edilen örneğimin;

- Başka bilimsel çalışmalarda kullanılmamasını
- Kimliğimin gizli tutularak bilimsel amaçlı diğer çalışmalarda da kullanılmasına izin veriyorum.

Katılımcının;	**Araştırmacının;**
Adı- soyadı:	**Adı-soyadı:**
Tarih:	**Tarih:**
İmza:	**İmza:**

Ek-3. Laboratuvar Kullanımı İzin Belgesi

ANKARA ÜNİVERSİTESİ

TIP FAKÜLTESİ

İNSAN ARAŞTIRMALARI ETİK KURUL BAŞKANLIĞINA

Fakültemiz öğretim üyelerinden Doç. Dr. Raci Karayiğit'in danışmanlığındaki doktora öğrencisi Oğulhan Kayabaş'ın, doktora tez araştırması olacak olan **"Kafeinin ağızda çalkalanmasının farklı kafein tüketim sıklığına sahip sporcularda sprint performansına etkisi: "Süre çalışması"** adlı bilimsel araştırma için Ankara Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Performans Laboratuvarının 01.01.2024 ile 01.03.2024 tarihleri arasında kullanılmasına izin verilmiştir. Bilgilerinize arz ederiz.

Dr.Öğr.Üyesi
Övünç ERDEVECİLER
Dekan Yardımcısı

Ek-4. Veri Toplama Araçları

1. Vücut Ağırlığı ve Boy Uzunluğu Ölçülmesi: Katılımcıların vücut ağırlıkları aç karnına, şort ve tişört giymeleri istenerek 100 gr hassasiyete duyarlı dijital baskül (Premier, İstanbul) ile ölçülmüştür. Sporcuların boyları, duvara monte edilmiş bir mezura kullanılarak ölçülmüştür. Mezura, duvardan 1 metre yukarıya sabitlenmiş ve katılımcılar, ayakları çıplak, dik durarak duvara yaslanmış pozisyonda boyları tespit edilmiştir.

2. Kafein Tüketim Sıklıklarının Belirlenmesi: Katılımcıların günlük kafein tüketim oranlarını belirlemek için geçerliliği ve güvenilirliği sağlanmış olan Buhler vd. (2014), tarafından geliştirilen kafein tüketim sıklığı anketi tercih edilmiştir. Gonçalves vd. (2017), yaptıkları sınıflandırmaya göre katılımcılar düşük veya yüksek kafein gruplarına sınıflandırılmışlardır.

3. Sprint Performansı Ölçümü: Katılımcıların sprint performansları, (Monark Ergomedic 894E, Vansbro, İsveç) bisiklet ergometresi kullanılarak değerlendirilmiştir. Test öncesinde, katılımcılar 5 dakika boyunca 50 watt yükte pedal çevirerek ısınma yapmıştır. Isınmanın ardından, her katılımcıya vücut ağırlıklarının %7,5'i oranında bir direnç uygulanmış ve maksimal çabayla pedal çevirmeleri istenmiştir. Test sırasında, katılımcılardan sele üzerinde kalmaları ve 30 saniye boyunca azami eforla pedal çevirmeleri talep edilmiştir. Süreç boyunca katılımcılara yoğun bir şekilde sözel motivasyon sağlanmıştır. Performans ölçütleri olarak belirlenen zirve güç ve ortalama güç, Monark Anaerobic Test Software (sürüm 3.3.0.0) yazılımı kullanılarak otomatik olarak hesaplanmıştır. Sele yüksekliği ve gidon pozisyonu, her katılımcının anatomisine göre ayarlanmış ve bu ayarlar tüm testler boyunca sabit tutulmuştur.

4. Algılanan Zorluk Derecesi ve Kalp Atım Hızlarının Ölçümü: Test süresince katılımcıların başlangıç ve bitiş kalp atım hızları Polar V800 (Polar Electro OY; Kempele, Finlandiya) ile ölçülmüştür. Algılanan zorluk dereceleri ise 1-10 Borg skalası ile ölçülmüştür.

5. Test Solüsyon Tahmini ve Yan Etkilerin Ölçümü: Katılımcılardan her çalkalama sonrası hangi solüsyonu çalkaladıklarını tahmin etmeleri istenmiş ve herhangi bir yan etki yaşayıp yaşamadıkları kaydedilmiştir.