

Kafein Alım Zamanının Maksimal Kuvvet ve Dikey Sıçramaya Etkisi

Effect of Caffeine Intake Time Before Loading on Muscular Strength and Vertical Jump

¹Akif FİDAN^a, ²Nurtekin ERKMEN^a, ³Yağmur KOCAOĞLU^a

^aSelçuk Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü Konya, TÜRKİYE

ÖZET Amaç: Bu araştırmanın amacı; yüklenmeden 30 ve 60 dk önce gerçekleştirilen kafein takviyesinin düzenli olarak direnç antrenmanı yapan erkeklerin alt ve üst vücut kuvveti, dikey sıçrama yüksekliği, algılanan zorluk ve algılanan ağrı düzeylerine etkilerini incelemektir. **Gereç ve Yöntemler:** Araştırmaya, ağırlık antrenman deneyimli 45 erkek gönüllü olarak katıldı (yaş ortalamaları 25,20±7,71 yıl, vücut ağırlığı ortalamaları 78,53±9,31 kg, boy uzunluğu ortalamaları 177,46±6,54). Katılımcılar araştırma öncesinde rastgele 3 gruba ayrıldı: 1) Kafein 30 Grubu (KAF 30, n=15), 2) Kafein 60 Grubu (KAF 60, n=15), 3) Plasebo Grubu (PL, n=15). Vücut ağırlığı başına 5 mg/kg kafein takviyesi 250 ml suya karıştırılarak testlerden 30 dk (KAF 30 için) veya 60 dk (KAF 60 için) önce uygulandı. PL grubuna ise yapay tatlandırıcı ilave edilmiş 250 ml su içirildi. Katılımcılara kafein takviyesiz ve kafein takviyeli koşullarda, 1 tekrar maksimum back squat (1TM BS), 1 tekrar maksimum bench press (1TM BP) ve dikey sıçrama testleri ile Borg skalası ve sayısal ağrı ölçeği 2 kez uygulandı. Verilerin analizinde, karışık ölçümler için iki faktörlü ANOVA kullanıldı. **Bulgular:** Direnç antrenmanlı aktif erkeklerde kafein takviyesinin 1TM BP, 1TM BS ve dikey sıçrama performansını ve 1TM BP ve 1TM BS egzersizleri sonrasında algılanan zorluk ve algılanan ağrı düzeyini etkilemediği görüldü (p>0,05). Bunun yanı sıra, yüklenmeden 30 dk ve 60 dk önce kafein alımının maksimal kuvvet ve dikey sıçrama, aynı zamanda algılanan zorluk ve ağrı düzeylerini etkilemediği belirlendi. **Sonuç:** Egzersizden 30 dk ve 60 dk önce yapılan kafein takviyesiyle üst ve alt vücut kuvvetinde doğrusal artışlar görülmesine karşın kafein takviyesinin 1TM BP, 1TM BS ve dikey sıçrama performansını etkileyebileceği söylenebilir. KAF 30 grubunda görülen rakamsal gelişimler, kafein takviyesinin erken bir etkisinin işaretçisi olabilir.

ABSTRACT Objective: This study aimed to find out effects of caffeine intake 30 min and 60 min before each exercise trial on maximal strength and vertical jump in resistance-trained men. **Material and Methods:** Forty-five resistance-trained male volunteered to participate to the study (age: 25.20±7.71 year, body weight: 78.53±9.31 kg, height: 177.46±6.54). Subjects were randomly divided in three groups: 1) Caffeine intake 30 min before exercises (CAF 30, n=15), 2) Caffeine intake 60 min before exercises (CAF 60, n=15) and placebo (PL, n=15). One repetition maximum bench press (1RM BP), one repetition maximum back squat (1RM BS), vertical jump, rating of perceived exertion (RPE), and level of received pain were measured with/without caffeine intake two times. Subjects ingested 5 mg/kg powder caffeine with 250 mL water 30 min or 60 min before exercises. PL group ingested 250 mL water with artificial sweetener. A two-way repeated measures ANOVA was used for data analyses. **Results:** There was no significant effect of caffeine on 1RM BP, 1RM BS and vertical jump in resistance-trained men (p>0.05). Caffeine intake did not change RPE and level of received pain after 1RM BP, 1RM BS exercises (p>0.05). No significant difference was found in 1RM BP, 1RM BS, vertical jump, RPE and the level of received pain between CAF 30 and CAF 60 (p>0.05). **Conclusion:** It can be said that caffeine intake may not affect 1RM BP, 1RM BS and vertical jump height, although linear increases in upper and lower body strength were observed with caffeine supplementation 30 min and 60 min before exercise. The numerical improvements seen in the CAF 30 group may indicate an early effect of caffeine supplementation.

Anahtar Kelimeler: Kafein; kafein alım zamanı; maksimal kuvvet; direnç antrenmanı

Keywords: Caffeine; caffeine intake time; maximal strength; resistance training

Ethiopya'dan tüm dünyaya yayılan kahve, tadı ve uyarıcı etkisi nedeni yaygın olarak tüketilen bir içecektir.¹ Kahvenin organizmaya uyarıcı etkisi, ka-

fein ihtiva etmesi nedeniyledir.^{2,3} Kahvenin yanı sıra; çay, gazlı içecekler, bazı ilaçlarda ve çeşitli gıda maddelerinde de kafein bulunur.⁴ Kafein, sporcular tara-

Correspondence: Nurtekin ERKMEN
Selçuk Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü Konya, TÜRKİYE/TURKEY
E-mail: nerkmen@selcuk.edu.tr



Peer review under responsibility of Türkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences.

Received: 22 May 2020

Received in revised form: 18 Oct 2020

Accepted: 26 Nov 2020

Available online: 22 Jan 2021

2146-8885 / Copyright © 2021 by Türkiye Klinikleri. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

findan performansı artırmak amacıyla ergojenik yardımcı olarak yaygın şekilde kullanılır.^{5,6} Sporculardaki kullanım oranı Dünya Anti-Doping Ajansı'nın, kafeini yasaklı maddeler listesinden çıkarmasından sonra hızlı bir artış göstermiştir.^{7,8} Bu artış nedeni ile çok sayıda araştırma kafein alımının fiziksel performans etkilerini incelemiştir.

Karaciğer tarafından metabolize edilen ve 1, 3, 7 trimetilksantin yapısındaki kafeinin, adenosin reseptörlerini bloke etmesi ve dopamin, katekolamin ve asetilkolin gibi nörotransmitterlerin salınmasına neden olarak santral sinir sistemine uyarıcı etkisi olduğu, böylece dikkat, reaksiyon zamanı, gözlemlene ve öğrenmeyi içeren bilişsel süreçleri iyileştirebilir.^{9,10} Kafein, kas kasılması sırasında sarkoplazmik retikulumdan daha fazla kalsiyum salınımına neden olabilir ve motor ünite katılımı artabilir.^{11,12} Her ne kadar üst seviyeli sporcular ve saha koşulları ile ilgili olarak kesin olmayan bazı durumlar olsa da kafeinin sporcular için ergojenik bir etkisinin olduğuna dair çok sayıda kanıt bulunmaktadır.⁶ O'Rourke ve ark., kafein takviyesi ile atletlerin ve fiziksel olarak aktif bireylerin 5 km koşu mesafelerinde artış olduğunu belirtmiştir.¹³ Bunun yanı sıra, kafeinin kas ağrısı azalttığı, algılanan yorgunluğu azalttığı ve dayanıklılık performansını artırdığı rapor edilmiştir.¹⁴⁻²⁰ Kafeinin günlük enerji tüketimini artırdığı, kullanılabilir enerji düzeyini yükselttiği, motor performansı geliştirdiği ve hızlı tepki vermeyi sağladığı öne sürülmektedir.² Olimpik seviyedeki boksörlerin, kafein takviyesi ile anaerobik performanslarında gelişme ve nöromusküler etkinliklerinde olumlu etkiler gözlemlenmiştir.²¹ Jodra ve ark., kafein takviyesinin üst düzey sporcuların anaerobik performanslarını geliştirdiği bildirmesine karşın Beck ve ark., direnç antrenmanlı bireylerde kafeinin anaerobik kapasiteye etkisi olmadığını belirtmişlerdir.^{22,23} Birçok araştırmacı, kafeinin çeşitli egzersiz performanslarında ergojenik yardımcı olduğu konusunda hem fikirdir.²⁴⁻²⁷ Ancak kafein takviyesinin kuvvet performansına etkisi konusunda da çelişen sonuçlar mevcuttur. İki ayrı metaanalizde, kafein takviyesinin izometrik kuvvet ve kassal dayanıklılığa geliştirebileceğine işaret edilmiştir.^{28,29} Fakat Astorino ve ark., kafein takviyesinin alt ve üst vücut maksimal kuvvetini değiştirmeyeceğini savunurken; Beck ve ark., kafein takviyesi ile sa-

dece üst vücut kuvvetinde gelişim tespit edildiğini ancak alt vücut kuvvetinde değişim gözlenmediğini vurgulamıştır.^{23,30} Polito ve ark., dinamik kuvvette kafein takviyesinin etkisi olmadığını bildirmesine karşın Grgic ve ark., üst vücut dinamik kuvvetinin kafein takviyesi ile gelişebileceğini ancak alt vücutta bu etkinin olmayabileceğini vurgulamıştır.^{26,29} Kafeinin performans geliştirici etkisi değişkenlik göstermektedir ve alım zamanı, alım miktarı, nasıl alındığı, sporcunun günlük yaşantısındaki kullanım alışkanlığı gibi etkenlere bağlı olarak değişebilmektedir.¹⁷

Araştırmalarda, kafein takviyesinin ağırlıklı olarak 3 mg.kg⁻¹-13 mg.kg⁻¹ aralığında uygulandığı anlaşılmaktadır.³¹ Kafeinin etkisinin incelenmesinde önemli hususlardan birisi, takviyenin ne zaman yapılacağıdır. Kafein, tüketiminin hemen ardından hızlı bir şekilde kana geçmesi ve 45-90 dk arasında kanda en yüksek oranda bulunması sebebiyle, yoğun olarak fiziksel yüklenmeden 60 dk öncesinde kafein takviyesi yapılmaktadır.^{8,23,30,32-34} Ancak Blanchard ve Sawers 5 mg.kg⁻¹ kafein takviyesi sonrası plazma konsantrasyonunda hızlı bir yükselme görüldüğünü ve ortalama maksimum konsantrasyonun 9,9±1,1 µg/mL olduğunu bildirmiştir.⁴ Quinlan ve ark. ise kafeinin etkisinin tüketiminden hemen sonra geliştiğini, bu etkinin 20-30 dk civarında en üst seviyeye ulaştığını ve 1 saat sonra azaldığını ifade etmiştir.³⁵ Grgic ve ark., kafein alımından egzersize kadar geçen sürenin daha uzun veya daha kısa olması ile kafeinin etki düzeyinin nasıl olacağını bilinmediğini vurgulamaktadır.²⁷ Dahası, bu sürenin farklılık göstermesi farklı dozlarda kafein alımını gerektirebilir.³⁶ Bu bilgiler doğrultusunda; eğer kafein fiziksel performansı etkiliyorsa, bu etkinin kafein takviyesinin sonrası daha erken dönemde de gözlemlenebileceği düşünülebilir. Bu yüzden araştırmada; yüklenmeden 30 ve 60 dk önce alınan kafein takviyesinin direnç antrenmanlı erkeklerin alt ve üst vücut kuvveti ile dikey sıçrama performansına etkilerinin incelenmesi amaçlandı.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu araştırmada, randomize tek kör plasebo kontrollü tasarım kullanılmıştır. Her katılımcı 2 kez ölçümlere dâhil edilmiştir. Araştırma öncesinde katılımcılara karşılaşılabilecek risk ve olumsuzluklar ayrıntılı bir şekilde anlatılmış ve her bir katılımcıya gönüllü onam

formu okutulup imzalatılmıştır. Araştırma protokolü, Selçuk Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Etik Kurulu tarafından onaylanmıştır (tarih: 13/7/2020 karar no: 2020/47). Araştırma, Helsinki Deklarasyonu Prensipleri'ne uygun olarak yürütülmüştür.

Araştırmaya düzenli olarak direnç antrenmanı yapan 45 erkek gönüllü olarak dâhil edilmiştir. Katılımcıların yaş ortalamaları $25,20 \pm 7,71$ yıl, vücut ağırlığı ortalamaları $78,53 \pm 9,31$ kg, boy uzunluğu ortalamaları $177,46 \pm 6,54$ cm olarak belirlenmiştir. Araştırmaya dâhil edilme kriterleri; en az 1 yıllık direnç antrenmanı deneyimine sahip olmak, son 6 ay haftada en az 3 kez düzenli direnç antrenmanı yapıyor olmak, 18-45 yaş aralığında olmak, herhangi bir kas-iskelet veya nöromusküler rahatsızlığı bulunmaması, düzenli olarak kafein tüketim alışkanlığı olmaması, vücut ağırlığının bench press (BP) için %100'ü, back squat (BS) için %125'i oranındaki ağırlığı başarılı bir şekilde kaldırmaktır.³⁷

DENEY PROTOKOLÜ

Araştırma öncesinde denekler rastgele olarak 3 gruba (Kafein 30 Grubu: KAF 30; Kafein 60 Grubu: KAF 60; Plasebo Grubu: PL) ayrıldı. Üç gruba da 1 tekrar maksimum BS (1TM BS), 1 tekrar maksimum BP (1TM BP) ve dikey sıçrama testleri ile Borg skala ve sayısal ağırlık ölçüğü uygulandı. Deney grupları kafein/plasebo takviyesi olmadan ve kafein/plasebo takviyesi uygulanarak 2 kez ölçümlere dâhil edildi. Ölçümler öncesinde katılımcılar sabit bir egzersiz bisikletinde 5 dk pedal çevirdi, ardından yaklaşık 10 dk süre ile alt ve üst ekstremitelere yönelik toplamda 15 dk kadar ısınma gerçekleştirdiler.

Her bir ölçüm öncesinde katılımcılara son 24 saat içerisinde kafein içerikli yiyecek, içecek tüketmemeleri ve şiddetli egzersizden kaçınmaları istenmiştir. Tüm testler saat 14.00-16.00 arasında uygulanmıştır.

KAFEİN TAKVİYESİ

Katılımcılara 2 ayrı deney koşulunda kafein takviyesi gerçekleştirildi. Kafein takviyesi, KAF 60 grubuna testlerden 60 dk, KAF 30 grubuna ise testlerden 30 dk önce toz formunda sağlanan ve vücut ağırlığı başına 5 mg/kg kafeinin (Sigma-Aldrich, Steinheim, Germany) 250 mL suya karıştırılıp içirilmesi şeklinde

uygulandı. PL grubuna ise kafein takviyesi içermeyen yapay tatlandırıcı ilave edilmiş 250 mL su içirildi.³⁸

DIKEY SIÇRAMA

Araştırmada, anaerobik gücün ölçümünde dikey sıçrama testi uygulandı. Testin uygulanmasında, Fusion Sport marka Jump Metre (Fusion Sport Smart Speed Timing Gates, Brisbane, Avustralya) kullanıldı. Ölçüm öncesi katılımcıların test cihazına uyum sağlaması için yeterince tekrar yapmalarına izin verildi. Test uygulanırken katılımcılar, ölçüm aracının matı üzerinde her 2 ayakları da yerde sabit olacak şekilde durdular. Katılımcılara, ölçüm aracının ışıklı uyarısı sonrası istedikleri bir anda mümkün olan en yüksek mesafeye sıçramaları ve matın üzerine çift ayakla inmeleri talimatı verildi. Dikey sıçrama sırasında kol ve bacak salınımına izin verildi. Testin bitimi ile katılımcıların dikey sıçrama mesafeleri ölçüm cihazının ekranından okunarak kaydedildi. Test 3 kez tekrar edilmiş, tekrarlar arasında 1 dk dinlenme verildi. Ölçülen 3 denemenin en iyisi katılımcının dikey sıçrama performansı olarak kaydedildi.³⁹

1 TEKRAR MAKSİMUM BENCH PRESS

Katılımcılar, kolaylıkla 5-10 tekrar yapabilecekleri hafif bir ağırlık ile ısınmak için BP egzersizleri uyguladılar. 1 dk dinlenme sonrasında ağırlık %5-10 oranında artırıldı ve 3-5 tekrar olacak şekilde ağırlığı kaldırmaları istendi. Sonrasında 2 dk'lık bir dinleme verildi ve ardından yük %5-10 artırılarak 2-3 tekrar uygulandı. 2-4 dk'lık dinlenmenin ardından yük tekrar %5-10 oranında artırılarak katılımcıların bu ağırlığı 1 tekrar olarak kaldırmaları istendi. Katılımcı, bu ağırlığı başarılı bir şekilde kaldırdığında, 2-4 dk'lık dinlenme aralıkları ile yük her defasında %5-10 artırıldı ve katılımcının en son kaldırdığı ağırlık 1TM BP değeri olarak kaydedildi. Katılımcı ağırlığı kaldırmakta başarısız olduğunda 2-4 dk dinlenme aralıkları ile yük her defasında %2,5-5 oranında azaltıldı, başarılı kaldırış yaptığı ağırlık 1TM BP değeri olarak kaydedildi.³⁹

1 TEKRAR MAKSİMUM BACK SQUAT

Katılımcılar, kolaylıkla 5-10 tekrar yapabilecekleri hafif bir ağırlık ile ısınmak için BS egzersizleri uyguladılar. 1 dk dinlenme sonrasında ağırlık %10-20

oranında artırıldı ve 3-5 tekrar olacak şekilde ağırlığı kaldırmaları istendi. Sonrasında 2 dk'lık bir dinleme verildi ve ardından yük %10-20 artırılarak 2-3 tekrar uygulandı. 2-4 dk'lık dinlenmenin ardından yük tekrar %10-20 oranında artırılarak, katılımcıların bu ağırlığı 1 tekrar olarak kaldırmaları istendi. Katılımcı bu ağırlığı başarılı bir şekilde kaldırdığında 2-4 dk'lık dinlenme aralıkları ile yük her defasında %10-20 artırıldı ve katılımcının en son kaldırdığı ağırlık 1TM BS değeri olarak kaydedildi. Katılımcı ağırlığı kaldırmakta başarısız olduğunda 2-4 dk dinlenme aralıkları ile yük her defasında %5-10 oranında azaltılarak, başarılı kaldırış yaptığı ağırlık 1TM BS değeri olarak kaydedildi.⁴⁰

ALGILANAN ZORLUK DERECESESİ

Katılımcıların algılanan zorluk düzeyini (AZD) tespit etmek amacıyla Borg skala (Borg's RPE 6-20 scale) kullanıldı. Bu skala, 6'dan 20'ye kadar hafiften şiddetliye doğru katılımcıların subjektif olarak algıladıkları zorluk derecesini bildirdikleri bir skaladır.⁴¹ Katılımcılardan BP ve BS ölçümleri hemen sonrasında Borg skalaya bakarak kendileri için en uygun dereceyi seçmeleri istendi ve bu değer kaydedildi.

SAYISAL AĞRI ÖLÇEĞİ

Bu ölçek, üzerinde 1'den 10'a kadar rakamlar bulunan ve en düşük değer "ağrı yok", en yüksek değer "dayanılmaz ağrı" olarak sınıflandırıldığı, katılımcıların algıladıkları ağrı düzeyini subjektif olarak değerlendiren bir ölçektir.⁴² BP ve BS testleri sonrasında tüm katılımcılara skala gösterilerek hissettikleri ağrı düzeylerini belirlemeleri istendi ve bu değer kaydedildi.

İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Araştırmada, 3x2 deneysel desen kullanıldı. Denekler arası faktör gruplardır (KAF 30, KAF 60 ve PL),

grup içi faktör ise kafein takviyesidir (kafeinsiz ve kafeinli). Araştırmada ölçümü yapılan tüm parametreler, ortalama ve standart sapma olarak özetlendi. Normallik analizi Shapiro-Wilk testi ile sınıandı. Verilerin analizinde, karışık ölçümler için İki Faktörlü ANOVA kullanıldı. Ayrıca araştırma grupları (KAF 30, KAF 60 ve PL) arasındaki farklılıkları tespitinde tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA), post-hoc testlerden Tukey ve Tamhane's T2 uygulanmıştır. Kafeinli ve kafeinsiz koşulların karşılaştırılmasında ise bağımlı örneklem için t-testi kullanılmıştır. Anlamlılık düzeyi 0,05 olarak kabul edilmiştir. Tüm istatistiksel hesaplamalarda SPSS 22.0 istatistik paket programı kullanıldı.

BULGULAR

Araştırmaya dâhil edilen katılımcıların gruplara göre yaş, vücut ağırlığı ve boy uzunluğu değerleri **Tablo 1**'de verildi.

Tablo 2, katılımcıların kafein takviyesi olmadan ve kafein takviyesi ile ölçülen dikey sıçrama, BP ve BS performanslarını göstermektedir. Dikey sıçrama için grup ($F_{(2-42)}=0,907$; $\eta_p^2=0,041$), zaman ($F_{(1-42)}=0,365$; $\eta_p^2=0,030$) ve grupx zaman etkileşimi ($F_{(2-42)}=0,341$; $\eta_p^2=0,050$) istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($p>0,05$). Deney koşulları ve deney gruplarının dikey sıçrama performansını etkilemediği saptandı.

Kafein takviyesinin etkisi incelendiğinde; BP performansı için gruplar arası anlamlı bir farklılık olduğunu görülmektedir ($F_{(1-42)}=0,365$; $\eta_p^2=0,244$; $p<0,05$). Post-hoc test sonuçlarına göre kafein takviyesiz koşulda KAF 60 grubunun BP performansı, KAF 30 ($p=0,001$) ve PL ($p=0,022$) grubundan anlamlı düzeyde yüksek bulundu. KAF 30 ile PL arasında anlamlı farklılık tespit edilmedi ($p=0,310$). Kafein takviyesi sonrasında da KAF 60 koşulunda ölç-

TABLO 1: Tanımlayıcı istatistik (Ortalama±SS).

Değişkenler	KAF 30	KAF 60	Plasebo	Toplam
Yaş (yıl)	22,93±6,94	27,47±7,83	25,20±8,15	25,20±7,71
Vücut ağırlığı (kg)	76,27±8,06	81,73±9,46	77,60±10,05	78,53±9,32
Boy uzunluğu (cm)	179,07±6,15	175,67±6,49	177,67±6,97	177,47±6,55

SS: Standart sapma; KAF 30: Kafein 30 grubu; KAF 60: Kafein 60 grubu.

TABLO 2: Katılımcıların kafein takviyesi ile ve kafein takviyesiz dikey sıçrama, 1TM BP ve 1TM BS performansları (Ortalama±SS).

	Gruplar	Kafeinsiz	Kafeinli	% Değişim
Dikey sıçrama (cm)	KAF 30	38,93±6,88	40,41±6,64	-1,48
	KAF 60	42,63±6,37	42,37±6,67	0,26
	PL	42,03±6,48	42,46±6,38	-0,43
1TM BP (kg)	KAF 30	89,98±13,73	92,72±13,06	-2,74
	KAF 60	110,06±18,16a	114,28±19,59b	-4,22
	PL	96,03±16,17	98,56±15,90c	-2,53
1TM BS (kg)	KAF 30	101,39±16,13	107,65±16,54c	-6,26
	KAF 60	118,01±19,53a	126,85±21,27bc	-8,84
	PL	101,34±17,95	106,84±19,64c	-5,5

SS: Standart sapma; KAF 30: Kafein 30 grubu; KAF 60: Kafein 60 grubu; 1TM BP: 1 Tekrar maksimum bench press; 1TM BS: 1 Tekrar maksimum back squat; PL: Plasebo grubu.

*Kafeinsiz koşuldaki KAF 30 ve PL gruplarından anlamlı düzeyde yüksektir.

*Kafeinli koşuldaki KAF 30 ve PL gruplarından anlamlı düzeyde yüksektir.

*Kafeinsiz koşuldan anlamlı düzeyde yüksektir.

çülen bench press performansı KAF 30 ($p=0,001$) ve PL'den ($p=0,012$) anlamlı düzeyde yüksek bulundu ($p<0,05$). KAF 30 ile PL arasında anlamlı farklılık tespit edilmedi ($p=0,335$). Bunun yanı sıra zaman etkisinin de istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edildi ($F_{(1-42)}=12,085$; $\eta_p^2=0,223$; $p<0,05$). Kafein takviyesi ve kafein takviyesiz koşullar için her bir grubun kendi içinde ikili karşılaştırmaları sonucunda KAF 30 ($p=0,077$) ve KAF 60 ($p=0,057$) ölçümlerinde anlamlı farklılık olmadığı, PL ($p=0,042$) koşulunda ise kafein takviyesi ile ölçülen BP kafeinsiz koşuldan anlamlı düzeyde yüksek olduğu görüldü. grupxzaman etkileşiminin anlamlı olmadığı belirlendi ($F_{(2-42)}=1,644$; $\eta_p^2=0,016$; $p>0,05$).

Deney koşullarına göre back squat performanslarının analiz sonuçları grup etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir ($F_{(2-42)}=4,916$; $\eta_p^2=0,190$; $p<0,05$). Çoklu karşılaştırmalar sonucunda; kafein takviyesiz koşulda KAF 60 grubu BS performansının KAF 30 ($p=0,015$) ve PL ($p=0,015$) gruplarından anlamlı düzeyde yüksek bulundu. KAF 30 ile PL grupları arasında anlamlı farklılık tespit edilmedi ($p=0,993$). Bu sonuca benzer olarak KAF 60 grubunun kafein takviyesi ile ölçülen BS performansının KAF 30 ($p=0,009$) ve PL ($p=0,007$) gruplarından anlamlı düzeyde yüksek olduğu görüldü. KAF 30 ile PL grupları arasında ise her 2 kafein koşulunda da anlamlı farklılık belirlenmedi (kafein takviyesiz: $p=0,993$; kafein takviyesi ile: $p=0,908$). Diğer taraftan, analiz sonuçları zaman ana etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu

işaret etmektedir ($F_{(1-42)}=45,465$; $\eta_p^2=0,520$; $p<0,05$). İkili karşılaştırma sonuçlarına göre KAF 30 ($p=0,007$), KAF 60 ($p=0,000$) ve PL ($p=0,013$) gruplarının kafein takviyesi ile ölçülen back squat performanslarının kafein takviyesi yapılmayan koşula göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulundu. Grupxzaman etkileşiminin anlamlı olmadığı belirlendi ($F_{(2-42)}=0,988$; $\eta_p^2=0,045$; $p>0,05$).

Katılımcıların deney koşullarına göre AZD'si ve ağrı düzeyleri **Tablo 3**'te görülmektedir. BP sonrası AZD için grup ana etkisinin anlamlı olmadığını işaret etmektedir ($F_{(2-42)}=0,159$; $\eta_p^2=0,008$; $p>0,05$). Diğer taraftan zaman ana etkisi, istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($F_{(1-42)}=11,627$; $\eta_p^2=0,217$; $p<0,05$). KAF 30 grubunun kafein takviyesi ve kafein takviyesi yapılmadan ölçülen AZD'leri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmedi ($p=0,353$). KAF 60 ve PL gruplarında ise ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edildi (KAF 60 için $p=0,039$; PL için $p=0,019$). KAF 60 grubunun kafein takviyesi ile AZD'si artış gösterirken PL grubunda da benzer farklılık görüldü. AZD parametresi için grupxzaman ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildi ($F_{(2-42)}=1,356$; $\eta_p^2=0,061$; $p>0,05$).

İstatistik analiz sonuçları; BS sonrası AZD ölçümlerinde grup ana etkisi ($F_{(2-42)}=0,527$; $\eta_p^2=0,024$; $p>0,05$), zaman ana etkisi ($F_{(1-42)}=2,377$; $\eta_p^2=0,054$; $p>0,05$) ve grupxzaman etkileşiminin ($F_{(2-42)}=0,594$; $\eta_p^2=0,028$; $p>0,05$) anlamlı olmadığını işaret etmektedir.

TABLO 3: Maksimal bench press ve back squat sonrası katılımcılarda AZD ve algılanan ağrı düzeylerinin deney koşullarına göre değişimi.

	Değişkenleri	Gruplar	Kafeinsiz	Kafeinli
1TM BP	AZD	KAF 30	14,07±1,22	14,40±1,45
		KAF 60	13,47±2,61	14,87±1,46a
		PL	13,93±1,33	14,93±1,16a
	Algılanan ağrı	KAF 30	4,33±2,06	4,80±1,61
		KAF 60	5,07±1,79	5,40±1,92
		PL	4,80±1,57	4,87±1,60
1TM BS	AZD	KAF 30	14,47±1,96	14,67±2,16
		KAF 60	14,87±1,55	15,07±1,91
		PL	14,73±1,75	15,53±1,19
	Algılanan ağrı	KAF 30	5,40±1,59	5,73±1,98
		KAF 60	6,40±1,35	7,00±1,00b
		PL	6,40±1,35	5,67±1,76

1TM BP: 1 Tekrar maksimum bench press; 1 TM BS: 1 Tekrar maksimum back squat; AZD: Algılanan zorluk derecesi; KAF 30: Kafein 30 grubu; KAF 60: Kafein 60 grubu; PL: Plasebo grubu.

*Kafeinsiz koşullardan anlamlı düzeyde yüksek ($p<0,05$)

*KAF 30 ve PL'den anlamlı düzeyde daha yüksek ($p<0,05$).

Katılımcıların BP sonrasında algıladıkları ağrı düzeylerinin kafein takviyesi ve kafein alım süresine göre grup ana etkisi ($F_{(2,42)}=0,734$; $\eta_p^2=0,034$; $p>0,05$), zaman ana etkisi ($F_{(1,42)}=1,143$; $\eta_p^2=0,026$; $p>0,05$) ve grupx zaman etkileşiminin ($F_{(2,42)}=0,189$; $\eta_p^2=0,009$; $p>0,05$) anlamlı olmadığını işaret etmektedir.

Katılımcıların BS sonrasında algıladıkları ağrı düzeylerinin kafein takviyesi ve kafein alım süresine göre grup ana etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir ($F_{(2,42)}=3,241$; $\eta_p^2=0,134$; $p<0,05$). Çoklu karşılaştırmalar sonucunda kafein takviyesi yapılmadan ölçülen algılanan ağrı düzeyinin gruplar arasında anlamlı farklılık göstermediği ($p>0,05$) ancak kafein takviyesi ile gerçekleştirilen BS sonrası ölçülen algılanan ağrı düzeylerinin gruplar arasında anlamlı farklılık gösterdiği tespit edildi ($p<0,05$). Buna göre, KAF 60 grubunda ölçülen, algılanan ağrı düzeyinin KAF 30 ($p=0,040$) ve PL'den ($p=0,031$) daha yüksek olduğu, KAF 30 ile PL arasında ise anlamlı farklılık olmadığı görülmektedir ($p=0,912$). Diğer taraftan maksimal BS sonrası ölçülen algılanan ağrı düzeyinde zaman ana etkisi ($F_{(1,42)}=0,058$; $\eta_p^2=0,001$; $p>0,05$) ve grupx zaman etkileşiminin ($F_{(2,42)}=2,150$; $\eta_p^2=0,093$; $p>0,05$) istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edildi.

TARTIŞMA

Bu araştırma, 3 farklı koşulda kafeinin etkisinin gözlenmesi bakımından özgün bir değere sahiptir. Araştırma, yüklenmeden 30 dk ve 60 dk önce gerçekleştirilen kafein takviyesinin maksimal kuvvet ve anaerobik güce etkisinin incelenmesi amacı ile gerçekleştirildi. Araştırmada katılımcılara vücut ağırlığı başına 5 mg/kg kafein takviyesi gerçekleştirildi. Kafein takviyesinin üst vücut kuvvetine etkisini gözlemlemek için 1TM BP, alt vücut kuvvetine etkisini gözlemlemek için 1TM BS ve dikey sıçramaya etkisini incelemek için dikey sıçrama testleri uygulandı. Bunun yanı sıra, 1TM kuvvet testleri sonrasında algılanan zorluk ve ağrı düzeylerinde değişim olup olmadığı belirlenmeye çalışıldı. Araştırma sonucunda kafein takviyesinden 30 dk ve 60 dk sonra 1TM BP ve 1TM BS performanslarında artışlar görülmesine karşın bu artışlar anlamlı düzeyde değildir.

Günlük hayatta yaygın bir kullanıma sahip kafeinin uyarıcı etkisinden kaynaklanan uyanık kalma, dikkati artırma, fiziki durgunluğu azaltarak performansı artırma gibi olumlu etkileri olduğu bilinmektedir. Kafein; santral sinir sistemi, kalp, solunum, dolaşım ve endokrin sistemleri üzerinde

önemli etkilere sahiptir. Yapılan araştırmalar, kafein alımının kalp atışlarını hızlandırdığı, kan damarlarını genişlettiği, bunun yanı sıra santral sinir sistemi üzerine olan etkisinden dolayı uyanıklık ve zindeliği artırdığı işaret etmektedir. Bu etkiler sayesinde, kan akımının hızlanması ve enerji üretiminin artacağı dolayısıyla fiziksel aktivite kapasitesinde artış görülebileceği düşünülebilir.⁴³

Kafein takviyesinin ve kafeinin farklı zaman koşullarında (yüklenmeden 30 dk önce ve 60 dk önce) uygulanmasının katılımcıların dikey sıçrama yüksekliğinde akut artışa neden olmasına rağmen bu artış istatistiksel olarak anlamlı değildi. Dolayısıyla kafein takviyesinin ve bu araştırmada uygulanan takviye zamanlarının dikey sıçrama yüksekliğini etkilemeyeceği söylenebilir.

Bu araştırmanın sonuçları, kafein takviyesinin üst vücut kuvvetini etkilemeyeceğini işaret etmektedir. Diğer taraftan, PL grubunda kafeinli ve kafeinsiz koşullar arasında farklılık olması kafein takviyesi ile görülen bir plasebo etkisinin varlığında etkili olacağı düşünülmektedir. Farklı zamanlarda (30 dk önce ve 60 dk önce) gerçekleştirilen kafein takviyesinin de üst vücut kuvvetine etkisi olmadığı söylenebilir.

Alt vücut kuvvetine kafeinin etkisi incelendiğinde; kafein takviyesi ile KAF 30 ve KAF 60 gruplarının BS performanslarında artış görülmesine rağmen PL grubunda da benzer artışın olması kafeinin alt vücut kuvvetini etkilemeyeceğini işaret etmektedir. Ancak üst vücutta görülen bir motivasyonel etkinin alt vücut içinde söz konusu olabileceği kanaati oluşmuştur. Bulgular, yüklenme öncesinden 30 dk veya 60 dk önce kafein vermenin de herhangi bir anlamlı etki oluşturmayabileceği göstermesine rağmen KAF 30'da görülen rakamsal artışlar, kafeinin kısa süreli bir etkisinin olabileceğini işaret edebilir. Üstelik bu artışların hem üst vücut hem de alt vücut kuvvetinde olması ve doğrusal bir değişim göstermesi bu etkinin varlığını destekler niteliktedir.

Kafein takviyesinin BP sonrası AZD'ye etkisi incelendiğinde, gruplar arası değişimin olmadığı, KAF 30 grubunun deney koşulları arasında değişim göstermediği, KAF 60 ve PL'de kafein takviyesi sonucu artış olduğu görülmüştür. Ancak KAF 60 ve

PL gruplarının AZD düzeylerinde görülen bu artışın, kafein takviyesi koşulunda BP ile kaldırılan ağırlıkların artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. BS ile kaldırılan ağırlık sonrasında katılımcıların AZD'lerine kafein takviyesinin anlamlı farklılık oluşturmaması, kafein takviyesinin katılımcıların algıladıkları zorluk derecesine de etki etmeyeceğini işaret etmektedir.

Katılımcıların algıladıkları ağrı üzerine kafein takviyesinin etkisi incelendiğinde bench press sonrasında algılanan ağrı düzeylerinde değişim olmadığı görülmektedir. BS sonrasında ise katılımcıların algıladıkları ağrı düzeyinin KAF 60 grubunda KAF 30 ve PL gruplarından daha yüksek olduğu görülmüştür. Fakat kafein takviyesiz ve kafein takviyesi ile elde edilen değerlerin farklı bulunmaması, KAF 60 grubunda görülen artışın kafein takviyesi koşulunda kaldırılan ağırlığın artmasından kaynaklandığı düşündürmektedir.

Literatürde, kafein takviyesinin egzersiz kapasitesine etkilerini inceleyen çok sayıda araştırma yer almaktadır. Bu araştırmalarda, kafein takviyesinin fiziksel performansı artırabileceği veya etkilemeyeceği konusunda çelişen bulgular mevcuttur.^{8,20,23,30,44-46}

Bu araştırmanın sonuçlarına benzer olarak, Astorino ve ark. düzenli olarak direnç antrenmanı yapan katılımcılara 6 mg/kg kafein takviyesi gerçekleştirmiş ve kassal kuvvet ve dayanıklılığa etkisini incelemiştir.³⁰ Yazarlar aktiviteden 1 saat öncesinde verilen kafein takviyesinin 1TM BP ve "1TM bacak press" performansını etkilemediğini bildirmişlerdir. Beck ve ark. da kafein içerikli bir takviyenin katılımcıların 1TM BP kuvvetine etkisi olmadığını bildirmiştir.⁴⁷

Beck ve ark., direnç antrenmanı yapan katılımcılarda fiziksel aktivitenin 1 saat öncesinde verilen kafein içerikli takviyenin etkilerini incelemiştir.²³ Araştırma sonucunda, üst vücut kuvvetinde artış bildirilirken alt vücut kuvveti, kassal dayanıklılık, anaerobik kapasite ve üst vücut kassal dayanıklılıkta anlamlı değişim olmadığı bildirilmiştir. Bu araştırmanın sonuçları, Beck ve ark.'nın üst vücut kuvveti ile ilgili bildirdiği sonuçlar ile zıtlık gösterirken, alt vücut kuvveti ve anaerobik kapasite ile ilgili olarak bildirdiği sonuçlarla benzerlik göstermektedir.²³

Arazi ve ark., yaş ortalaması 16,8±1,23 yıl olan kadın karatecilerde aktiviteden 60 dk önce verilen 5 mg/kg kafeinin etkilerini incelemişlerdir.¹⁶ Araştırmacılar “1TM bacak press” ve dikey sıçrama performansının kafein alımından etkilenmediğini bildirmişlerdir. Glaister ve ark., farklı dozlarda kafein takviyesinin, antrenmanlı katılımcıların sprint performansına etkisini incelemişlerdir. Çalışma sonuçları, kafein takviyesinin bisiklet ergometresinde gerçekleştirilen 10 sn’lik sprint performansını etkilemediğini göstermiştir.⁸ Arazi ve ark. ile Glaister ve ark.’nın bulguları bu araştırma sonuçlarını desteklemektedir.^{8,16}

Bu çalışmanın bulgularına karşıt olarak, Kalmar ve Cafarelli, 6 mg/kg kafein takviyesinin zirve güç üretimi ve kassal dayanıklılık üzerine ergojenik etkisi olduğunu bildirmiştir.⁴⁸ Arazi ve ark., 6 ile 12 aydır vücut geliştirme sporu yapan bireylerde, kafeinin kuvvet ve dayanıklılığa etkisini incelemişlerdir.⁷ Yüklenmeden 60 dk önce 6 mg/kg kafein takviyesi yapılan katılımcıların 1TM BP ve “1TM bacak press” performanslarında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artış olduğunu bildirmişlerdir.⁷ Ali ve ark. ise bayan voleybol oyuncularının vücut ağırlığı başına 5 mg/kg kafein alımından sonra aktif dikey sıçrama mesafelerinde artış olduğunu bildirmiştir.⁴⁹ Goldstein ve ark. yaptıkları çalışmada, kuvvet antrenmanlı kadınlarda kafein alımının 1TM performansını artırdığını fakat %60 1TM tekrar sayısı üzerine bir etkisi olmadığını ve orta dozda alınan kafeinin kadınlarda kuvvet performansını artırdığını ortaya koymuştur.⁵⁰

Bu çalışmada, kafein takviyesinin AZD ve algılanan ağrı düzeyine etkisi olmadığını işaret etmektedir. Ancak, Arazi ve ark., genç karatecilerde uyguladıkları “1TM bacak press” %60’ı ile uyguladıkları kassal dayanıklılık ölçümleri sonucunda yüklenmeden 60 dk önce alınan 5 mg/kg kafeinin AZD ve algılanan ağrı düzeylerinde azalmaya neden olduğunu ancak performansı etkilemediğini deklare etmiştir.¹⁶ Astorino ve ark. ise kuvvette devamlılık sonrasında kafein ve plasebo grupları arasında AZD’nin farklılık göstermediğini bildirmiştir.³⁰ Arazi ve ark. ile Astorino ve ark.’ndan farklı olarak bu çalışmada, kısa süreli yüksek şiddetli aktiviteler sonrası AZD ve algılanan ağrı düzeyi incelenmiştir.^{16,30}

Diğer bir çalışmada ise anaerobik egzersizler sonrasında kafein takviyesinin performansı etkilemediği ve AZD’nin bu egzersizler sonrasında kafein alımından etkilenmediği bildirilmiştir.³⁹ Woolf ve ark.’nın bulguları bu araştırma sonuçlarını desteklemektedir.⁵¹

Maridakis ve ark., kafeinin eksantrik egzersizin neden olduğu, gecikmiş başlangıçlı kas yaralanmasından kaynaklanan ağrıya büyük bir azalma sağlayabileceğini ve eksantrik egzersiz sonrası iskelet kası ağrısı çeken bireylerin yaşam kalitesini artırabileceğini öne sürmüştür.¹⁵

Futbol oyuncularında kafein alım zamanının, kısa süreli yüksek şiddetli aktivitelerdeki performansa etkisini inceleyen Kara ve ark., ölçümlerden 60 ve 120 dk önce 6 mg/kg kafein takviyesi uygulamışlardır.³⁴ Yazarlar 6 mg/kg kafein takviyesinin sürat, dikey sıçrama, durarak uzun atlama ve çeviklik performansını geliştirmediğini bildirmişlerdir. Bunun yanı sıra, yüklenmeden 60 dk ve 120 dk önce kafein alımının bu parametreleri etkilemediği sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışmada, aktiviteden 30 dk ve 60 dk önce kafein takviyesi yapılırken Kara ve ark. aktiviteden 60 dk ve 120 dk önce kafein takviyesinin etkisini incelemişlerdir.³⁴ Sonuçlar birbirini destekler niteliktedir.

Yüklenme öncesinde farklı zamanlarda kafein alımının etkisinin incelendiği diğer bir çalışmada, katılımcılara 5 mg/kg kafein takviyesi aktiviteden 60, 180 ve 360 dk önce verilmiştir. Bu çalışmadan farklı olarak, maksimum oksijen tüketiminin %80’ine karşılık gelen bir yüklenme yoğunluğunda, katılımcılar tükenene kadar bisiklet ergometresinde pedal çevirmişlerdir. Çalışma sonucunda yazarlar kafein takviyesinin 360 dk önce alınan kafeinin etkisinin görülmemesine rağmen 60 dk ve 180 dk önce alınan kafeinin dayanıklılık performansını olumlu etkilediğinin ve bu etkinin düzenli kafein kullanmayan bireylerde daha yüksek olduğu vurgulanmıştır.⁵²

SONUÇ

Sonuç olarak; araştırmanın bulguları, egzersizden 30 ve 60 dk önce yapılan kafein takviyesi ile üst ve alt vücut kuvvetinde doğrusal artışlar görülmesine karşın en az 1 yıl düzenli direnç antrenmanı deneyimi olan

erkeklerde kafein takviyesinin 1TM BP, 1TM BS ve dikey sıçrama performansını etkileyebileceğini işaret etmektedir. KAF 30 grubunda görülen rakamsal gelişimler kafein takviyesinin erken bir etkisinin işaretçisi olabilir. Böylesi sınırlı bir gelişimin özellikle yarışmalar sırasında sporcuların performansında görülme olasılığı göz önüne alındığında bu sonuçlar dikkat çekici olabilecektir. Bu durumda bireysel farklılıklar ve sporcuların uyarılmışlık düzeyleri de hesaba katılmalıdır. Diğer taraftan, direnç antrenmanlı bireylerde 1TM BP ve 1TM BS egzersizleri sonrasında AZD ve algılanan ağrı düzeyinin kafein takviyesinden etkilenmeyeceği söylenebilir. Kafein takviyesinin maksimal kuvvet ve dikey sıçrama performansını geliştirme potansiyelinin sınırlı olduğu ve bunu gözlemlenmenin zor olduğu düşünülmektedir.

Finansal Kaynak

Bu araştırma Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir (Proje no: 18202015).

Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyesi veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

Yazar Katkıları

Fikir/Kavram: Akif Fidan, Nurtekin Erkmen; **Tasarım:** Akif Fidan, Nurtekin Erkmen, Yağmur Kocaoğlu; **Denetleme/Danışmanlık:** Nurtekin Erkmen; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** Akif Fidan; **Analiz ve/veya Yorum:** Nurtekin Erkmen, Yağmur Kocaoğlu; **Kaynak Taraması:** Akif Fidan, Nurtekin Erkmen, Yağmur Kocaoğlu; **Makalenin Yazımı:** Nurtekin Erkmen, Yağmur Kocaoğlu, Akif Fidan; **Eleştirel İnceleme:** Nurtekin Erkmen; **Kaynaklar ve Fon Sağlama:** Akif Fidan.

KAYNAKLAR

- Smith BD, Gupta U, Gupta BS. Caffeine and Activation Theory: Effects on Health and Behavior. Boca Raton, FL, USA: Taylor & Francis Group; 2007. [Crossref] [PubMed]
- Glade MJ. Caffeine-Not just a stimulant. Nutrition. 2010;26(10):932-8. [Crossref] [PubMed]
- Astorino TA, Roberson DW. Efficacy of acute caffeine ingestion for short-term high-intensity exercise performance: a systematic review. J Strength Cond Res. 2010;24(1):257-65. [Crossref] [PubMed]
- Blanchard J, Sawers SJ. The absolute bioavailability of caffeine in man. Eur J Clin Pharmacol. 1983;24(1):93-8. [Crossref] [PubMed]
- Schrader P, Panek LM, Temple JL. Acute and chronic caffeine administration increases physical activity in sedentary adults. Nutr Res. 2013;33(6):457-63. [Crossref] [PubMed]
- Burke LM. Caffeine and sports performance. Appl Physiol Nutr Metab. 2008;33(6):1319-34. [Crossref] [PubMed]
- Arazi H, Dehlavinejad N, Gholizadeh R. The acute effect of caffeine supplementation on strength, repetition sustainability and work volume of novice bodybuilders. Turk J Kin. 2016;2:43-8. [Link]
- Glaister M, Patterson SD, Foley P, Pedlar CR, Pattison JR, McInnes G. Caffeine and sprinting performance: dose responses and efficacy. J Strength Cond Res. 2012;26(4):1001-5. [Crossref] [PubMed]
- Graham TE. Caffeine and exercise: metabolism, endurance and performance. Sports Med. 2001;31(11):785-807. [Crossref] [PubMed]
- McLellan TM, Caldwell JA, Lieberman HR. A review of caffeine's effects on cognitive, physical and occupational performance. Neurosci Biobehav Rev. 2016;71:294-312. [Crossref] [PubMed]
- Tallis J, James RS, Cox VM, Duncan MJ. The effect of a physiological concentration of caffeine on the endurance of maximally and submaximally stimulated mouse soleus muscle. J Physiol Sci. 2013;63(2):125-32. [Crossref] [PubMed]
- Williams JH. Caffeine, neuromuscular function and high-intensity exercise performance. J Sports Med Phys Fitness. 1991;31(3):481-9. [PubMed]
- O'Rourke MP, O'Brien BJ, Knez WL, Paton CD. Caffeine has a small effect on 5-km running performance of well-trained and recreational runners. J Sci Med Sport. 2008;11(2):231-3. [Crossref] [PubMed]
- O'Connor PJ, Motl RW, Broglio SP, Ely MR. Dose-dependent effect of caffeine on reducing leg muscle pain during cycling exercise is unrelated to systolic blood pressure. Pain. 2004;109(3):291-8. [Crossref] [PubMed]
- Maridakis V, O'Connor PJ, Dudley GA, McCully KK. Caffeine attenuates delayed-onset muscle pain and force loss following eccentric exercise. J Pain. 2007;8(3):237-43. [Crossref] [PubMed]
- Arazi H, Hoseinihaji M, Eghbali E. The effects of different doses of caffeine on performance, rating of perceived exertion and pain perception in teenagers female karate athletes. Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences. 2016;52(4):685-92. [Crossref]
- Ganio MS, Klau JF, Casa DJ, Armstrong LE, Maresh CM. Effect of caffeine on sport-specific endurance performance: a systematic review. J Strength Cond Res. 2009;23(1):315-24. [Crossref] [PubMed]
- Cox GR, Desbrow B, Montgomery PG, Anderson ME, Bruce CR, Macrides TA, et al. Effect of different protocols of caffeine intake on metabolism and endurance performance. J Appl Physiol (1985). 2002;93(3):990-9. [Crossref] [PubMed]
- Cureton KJ, Warren GL, Millard-Stafford ML, Wingo JE, Trilk J, Buyckx M. Caffeinated sports drink: ergogenic effects and possible mechanisms. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2007;17(1):35-55. [Crossref] [PubMed]
- Hodgson AB, Randell RK, Jeukendrup AE. The metabolic and performance effects of caffeine compared to coffee during endurance exercise. PLoS One. 2013;8(4): e59561. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- San Juan AF, López-Samanes Á, Jodra P, Valenzuela PL, Rueda J, Veiga-Herreros P, et al. Caffeine supplementation improves anaerobic performance and neuromuscular efficiency and fatigue in olympic-level boxers. Nutrients. 2019;11(9):2120. [Crossref] [PubMed] [PMC]

22. Jodra P, Lago-Rodríguez A, Sánchez-Oliver AJ, López-Samanes A, Pérez-López A, Veiga-Herreros P, et al. Effects of caffeine supplementation on physical performance and mood dimensions in elite and trained-recreational athletes. *J Int Soc Sports Nutr.* 2020;17(1):2. [Crossref] [PubMed] [PMC]
23. Beck TW, Housh TJ, Schmidt RJ, Johnson GO, Housh DJ, Coburn JW, et al. The acute effects of a caffeine-containing supplement on strength, muscular endurance, and anaerobic capabilities. *J Strength Cond Res.* 2006;20(3):506-10. [Crossref] [PubMed]
24. Pickering C, Grgic J. Caffeine and Exercise: What Next? *Sports Med.* 2019;49(7):1007-30. [Crossref] [PubMed] [PMC]
25. Grgic J. Caffeine ingestion enhances Wingate performance: a meta-analysis. *Eur J Sport Sci.* 2018;18(2):219-25. [Crossref] [PubMed]
26. Grgic J, Trexler ET, Lazinic B, Pedisic Z. Effects of caffeine intake on muscle strength and power: a systematic review and meta-analysis. *J Int Soc Sports Nutr.* 2018;15:11. [Crossref] [PubMed] [PMC]
27. Grgic J, Grgic I, Pickering C, Schoenfeld BJ, Bishop DJ, Pedisic Z. Wake up and smell the coffee: caffeine supplementation and exercise performance-an umbrella review of 21 published meta-analyses. *Br J Sports Med.* 2020;54(11):681-8. [Crossref] [PubMed]
28. Warren GL, Park ND, Maresca RD, McKibans KI, Millard-Stafford ML. Effect of caffeine ingestion on muscular strength and endurance: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42(7):1375-87. [Crossref] [PubMed]
29. Polito MD, Souza DB, Casonatto J, Farinatti P. Acute effect of caffeine consumption on isotonic muscular strength and endurance: A systematic review and meta-analysis. *Science and Sports.* 2016;31(3):119-28. [Crossref]
30. Astorino TA, Rohmann RL, Firth K. Effect of caffeine ingestion on one-repetition maximum muscular strength. *Eur J Appl Physiol.* 2008;102(2):127-32. [Crossref] [PubMed]
31. Sökmen B, Armstrong LE, Kraemer WJ, Casa DJ, Dias JC, Judelson DA, et al. Caffeine use in sports: considerations for the athlete. *J Strength Cond Res.* 2008;22(3):978-86. [Crossref] [PubMed]
32. Burke L, Desbrow B, Spriet L. Caffeine for Sports Performance. 1st ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2013. [Crossref]
33. Karayigit R, Yaşlı BÇ, Karabiyik H, Koz M, Ersöz G. [Effect of low dose caffeinated coffee on anaerobic power in physically active males]. *SPORMETRE Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi.* 2017;15(4):157-64. [Link]
34. Kara Z, Taşkın H, Erkmn N, Baştürk D. [Effects of caffeine intake on short-term high-intensity exercise: caffeine intake time]. *Journal of Sport and Performance Researches.* 2019;10(1):31-43. [Link]
35. Quinlan P, Lane J, Aspinall L. Effects of hot tea, coffee and water ingestion on physiological responses and mood: the role of caffeine, water and beverage type. *Psychopharmacology (Berl).* 1997;134(2):164-73. [Crossref] [PubMed]
36. Talanian JL, Spriet LL. Low and moderate doses of caffeine late in exercise improve performance in trained cyclists. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2016;41(8):850-5. [Crossref] [PubMed]
37. Grgic J, Mikulic P. Caffeine ingestion acutely enhances muscular strength and power but not muscular endurance in resistance-trained men. *Eur J Sport Sci.* 2017;17(8):1029-36. [Crossref] [PubMed]
38. Duncan MJ, Smith M, Cook K, James RS. The acute effect of a caffeine-containing energy drink on mood state, readiness to invest effort, and resistance exercise to failure. *J Strength Cond Res.* 2012;26(10):2858-65. [Crossref] [PubMed]
39. Harman E, Garhammer J. Administration, scoring, and interpretation of selected tests. In: Baechle TR, Earle RW, eds. *Essentials of Strength training and Conditioning.* 3rd ed. Champaign IL: Human Kinetics; 2008.
40. Beachle TR, Earle RW, Wathen D. Resistance training. In: Baechle TR, Earle RW, eds. *Essentials of Strength Training and Conditioning.* 3rd ed. Champaign IL: Human Kinetics; 2008.
41. Borg G. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scand J Rehabil Med.* 1970;2(2):92-8. [PubMed]
42. Hadjistavropoulos T, Herr K, Turk DC, Fine PG, Dworkin RH, Helme R, et al. An interdisciplinary expert consensus statement on assessment of pain in older persons. *Clin J Pain.* 2007;23(1 Suppl):S1-43. [Crossref] [PubMed]
43. Erdoğan O, Erhan SE, Şen İ, Eroğlu H. [The effect of different usage of caffeine on the metabolism of sportsmen]. *ATABESBD.* 2009; 11(4):21-8. [Link]
44. Astorino TA, Martin BJ, Schachtsiek L, Wong K, Ng K. Minimal effect of acute caffeine ingestion on intense resistance training performance. *J Strength Cond Res.* 2011;25(6):1752-8. [Crossref] [PubMed]
45. Woolf K, Bidwell WK, Carlson AG. The effect of caffeine as an ergogenic aid in anaerobic exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2008;18(4):412-29. [Crossref] [PubMed]
46. Anselme F, Collomp K, Mercier B, Ahmaidi S, Prefaut C. Caffeine increases maximal anaerobic power and blood lactate concentration. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1992;65(2):188-91. [Crossref] [PubMed]
47. Beck TW, Housh TJ, Malek MH, Mielke M, Hendrix R. The acute effects of a caffeine-containing supplement on bench press strength and time to running exhaustion. *J Strength Cond Res.* 2008;22(5):1654-8. [Crossref] [PubMed]
48. Kalmar JM, Cafarelli E. Effects of caffeine on neuromuscular function. *J Appl Physiol (1985).* 1999;87(2):801-8. [Crossref] [PubMed]
49. Ali A, O'Donnell J, Foskett A, Rutherford-Markwick K. The influence of caffeine ingestion on strength and power performance in female team-sport players. *J Int Soc Sports Nutr.* 2016;13:46. [Crossref] [PubMed] [PMC]
50. Goldstein E, Jacobs PL, Whitehurst M, Penhollow T, Antonio J. Caffeine enhances upper body strength in resistance-trained women. *J Int Soc Sports Nutr.* 2010;7:18. [Crossref] [PubMed] [PMC]
51. Woolf K, Bidwell WK, Carlson AG. Effect of caffeine as an ergogenic aid during anaerobic exercise performance in caffeine naïve collegiate football players. *J Strength Cond Res.* 2009;23(5):1363-9. [Crossref] [PubMed]
52. Bell DG, McLellan TM. Exercise endurance 1, 3, and 6 h after caffeine ingestion in caffeine users and nonusers. *J Appl Physiol (1985).* 2002;93(4):1227-34. [Crossref] [PubMed]