

Kafein Tüketimi ve Atletik Performans

Fatih Bayraktar¹, Ayla Taşkıran^{2}*

¹ İstanbul Gedik Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi

² İstanbul Gedik Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi

*Sorumlu Yazar: ayla.taskiran@gedik.edu.tr

Gönderilme Tarihi: 17.05.2019 – Kabul Tarihi: 08.08.2019

Öz

Bu çalışmanın amacı; sporda performans arttırmak amacıyla kullanılan kafeinin sporda performansı nasıl etkilediğine dair yapılmış olan çalışmaları derleme şeklinde aktarmaya çalışmaktır. Uzunca bir süredir kafein tüketimi ve performans arasındaki ilişkiler incelenmekte ve performansı arttırdığına dair deneysel çalışma sonuçları raporlandırılarak spor dünyası ile paylaşılmaktadır. Spor alanında çalışan bilim uzmanları ve beslenme uzmanları, atletik performansı geliştirme konusunda kafein ve diğer ergojenik yardımcıları ile ilişkisini inceleyip sporcularına sunmalarında yarar vardır. Bu araştırma, kafeinin performans ile ilişkisi olan önemli faktörleri ve bunu inceleyen çalışmaları içeren bir derlemedir. Kahve, dünyada hem günlük yaşam hem de spor performansı konusunda sudan sonra en çok tüketilen sıvıdır. Bu bağlamda insan vücuduna etkisi onlarca yıldır araştırılmaya değer bulunmuştur. Kahvenin insan vücuduna bilişsel, duygusal ve fiziksel etkisinin altında yatan en temel faktör kafein içermesidir. Kafeinin vücutta yarattığı biyokimyasal mekanizmalar yoluyla atletik performansı olumlu yönde etkilediği araştırmalar ile gösterilmektedir. Bu konu üzerinde son zamanlarda ciddi çalışmalar yapılmaktadır. Buna ek olarak diğer ergojenik yardımcıları ile ilişkisinin de önemli olduğu bilinmektedir ve bu konu üzerinde çalışmalar yetersiz ve tartışmalı olmasına karşın araştırmalar devam etmektedir. Sonuç olarak uzunca bir süredir yapılan çalışmalar kafein tüketimi ile atletik performans arasında pozitif bir ilişki olduğunu kanıta dayalı olarak ispatlamaktadır. Başka bir deyişle kafein sporcu performansının artmasına katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kafein, Atletik Performans, Ergojenik Yardımcı, Kahve, Sporcu

Cafein Consumption and Athletic Performance

Abstract

The aim of this study is to give a compilation of the studies about how caffeine used to increase performance in sports affect performance in sports. For a long time, the relationship between caffeine consumption and performance has been examined and the results of experimental studies that report increased performance have been shared with the world of sports. Science experts and nutritionists working in the field of sports should review their relationship with caffeine and other ergogenic aids in improving athletic performance and present it to their athletes. This is a review of the important factors associated with caffeine performance and studies examining it. Coffee is the most consumed liquid in the world after water in terms of both daily life and sports performance. In this context, its effect on the human body has been found worth investigating for decades. The main factor underlying the cognitive, emotional and physical effect of coffee on the human body is that it contains caffeine. Studies have shown that caffeine positively affects athletic performance through biochemical mechanisms in the body. There have been serious studies on this subject recently. In addition, its relationship with other ergogenic aids is known to be important, and studies on this issue are inadequate and controversial, but research is ongoing. As a result, long-term studies have shown evidence of a positive relationship between caffeine consumption and athletic performance. In other words, caffeine contributes to increase athlete performance.

Keywords: Caffeine, Athletic Performance, Ergogenic Aids, Coffee, Sportsman

1. Giriş

Kafein (1,3,7-trimethylxanthine)'in temel bileşeni olan xanthine 3 metil grubu ile birleşerek kimyasal olarak şekillenir ve tüketimi sonrasında yaklaşık 1 saat içinde dolaşımında yüksek plazma konsantrasyonlarına ulaşır (Blanchard ve Sawers, 1983; Robertson vd., 1981), ancak bu süre bireyler arası farklılıklar gösterebilmektedir (Desbrow vd., 2009; Skinner, Jenkins, Folling, vd., 2013; Skinner, Jenkins, Taaffe vd., 2013).

Kafein konusu gündeme geldiğinde akla ilk başta kahve gelmektedir. Dünyada her gün 2.25 milyar fincandan fazla tüketilen kahve, 11 milyon hektarın üzerinde yetiştirilen, dünyanın en önemli mahsullerinden birisidir. Kahve kelimesinin kökeni kahve ağacının ilk bulunduğu yer olan Habeşistan'ın Kaffa yöresinin Arapça karşılığı "qahwah" dır. Kahvenin nasıl keşfedildiğine dair en yaygın rivayet "Kaldin" adındaki bir çobanın Habeşistan (Etiyopya) dağlarında keçilerini otlatırken keçilerin kahve ağacının altındaki kahve meyvesinin çekirdeklerini yedikten sonra daha canlı ve hareketli olduğunu görmesiyle gelişmiştir. Araplar bugün bilinen kahveyi henüz tanımayıorken kelime keyif veren içki, şarap anlamında kullanılmaktaydı. Bugünkü anlamını 14. yüzyılda kazanmaya başlamıştır. Bu Türkçede "kahve" ye dönüşmüş, buradan da Avrupa'da café, caffè, koffee, coffee, koffee, kaffee şekline gelmiştir.

Kara bitkilerinin kökeni 470 milyon yıl öncesine kadar dayanmaktadır (Graham, L.E., 1993). Buna rağmen kafein üreten bitkilerin kökeni sadece 700 bin yıl öncesine dayanır ve dünyadaki tüm bitki türlerinin sadece 63 tanesi kafein üretebilir. Kafein bitkiler tarafından esasında diğer canlıların kendilerini yemelerine karşın kendilerini savunma amaçlı sentezlenen kimyasal bir toksik maddedir (Sullivan, R.J. vd., 2008).

Örneğin; NASA 1995 çalışmasında kafein tüketimi sonucunda örümceklerin ağ örme simetrisinde bozulmalar meydana gelmiştir (Resim 1).



Resim 1: Kafein tüketiminin örümceklerin ağ örme simetrisine olumsuz etkisi (NASA, 1995)

Kafein çoğu canlı için zararlı ve hatta öldürücü olmasına karşın balarları gibi polen yayan canlılara polen için konduğu bitkiyi hatırlaması adına avantajlar da sağlamaktadır (Wright, G.A., 2013). Evrimsel süreç içerisinde değerlendirildiğinde kafein sentezleyen bitkilerin en az 5 kez evrimleştiği görülmektedir (Ashiara, H., 2004).

2. Yöntem

Yapılan bu çalışma, akademik ve bilimsel veri tabanları üzerinden taranarak; "Kafein, Atletik Performans, Ergojenik Yardımcı, Kahve, Sporcu" gibi anahtar kelimeler (Türkçe/İngilizce) yazılmış, 78 makaleye ulaşılmış, çoğunluğu randomize, kontrollü deneysel ve nicel çalışmalar olmak üzere 1982 – 2019 yılları arasında yayınlanmış makalelerin içerikleri dikkatli bir şekilde incelenmiş, bulguları ve sonuçları ortaya konmuş ve "derleme" olarak bir araya getirilmiştir.

3. Kafein, Spor ve Performans

Kafein, 2004 yılı öncesinde idrarında 12 mcg/ml'nin üzerinde kafein saptanan sporcular uluslararası yarışmalardan diskalifiye edilmesine ve cezalandırılmasına yol açan, doping sayılan bir maddeydi. 2004 yılı itibariyle kafein, Dünya Anti-Doping Ajansı (WADA) tarafından doping listesinden çıkarılmış ve sadece kötü kullanıma maruz kalma olasılığından dolayı kontrol listesine eklenmiştir.

Günümüzde kahve toplumun %90'ı oranında tüketilen ve kafein formları içerisinde en çok tüketilen türdür. Yapılan bir çalışmada sporcuların en az %68'inin kahveyi düzenli olarak tükettiği görülmüştür (Mellion, M.B., 2002). Bunun yanında diğer kafein formları kapsül, toz, likit, bitki, tablet, sakız, ağızdan çalkalama, çubuk, jel, aerosol gibi formlardır (Wickham, K.A., 2018). Kafein formlarının en önemli özelliği hızlı emilimidir. Kafein tüketildikten kısa bir süre sonrasında bağırsaklarda belirli bir miktarda emilir ve daha sonrasında bağırsaklardan kana salgılanır. Sporcular en çok kahve formunu tüketiyor olsalar da diğer formların daha güçlü bir etkiye sahip olduğu görülmektedir.

Kafein sindirimi, kafein yemekle birlikte tüketildiğinde daha yavaşken (Dews, 1982; Fleisher vd., 1999), sakız formunda tüketildiğinde daha hızlı olduğu görülmektedir. Ağızda bulunan, sindirime yardımcı bukkal dokularını da harekete geçirdiğinden sakız içerisinde tüketilen kafeinin emilim hızının daha yüksek olduğu saptanmıştır (Kamimori vd., 2002). Kapsül formunda alınan kafeinin diğer formlara kıyasla tükenene kadar 2- 3 km daha uzun koşu mesafesi ortaya çıkardığı belirlenmiştir.

Graham ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada; kahve yoluyla alınan kafeinin performans katkısının daha az olmasının kahve içerisindeki kafein haricindeki (daha fazla süt, krema, aromalar ya da tatlandırıcılar gibi) diğer bileşenlerden etkilenebileceği bildirilmiştir (Graham vd., 1998). Kapsül formunun da etkileri daha belirgin olmakla

birlikte egzersiz öncesi kafeinli kahve tüketiminin de performansı arttırdığı görülmüştür (McLellan ve Bell, 2004).

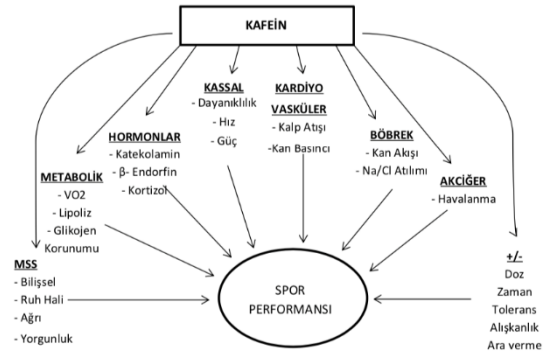
Şaşırtıcı şekilde şu ana kadar kafein jelleri ve atletik performansa ilişkisini inceleyen sadece iki çalışma vardır (Scott A.T., vd., 2015; Cooper, R., vd., 2014). Kafeinli enerji çubuklarını inceleyen araştırmalarla birlikte incelendiğinde 100 mg kafeinli çubukların ve 100 mg kafein jellerinin sporcuların bilişsel işlevini iyileştirdiğini, yorgunluk süresini artırdığını ve zamana karşı performansı geliştirdiğini göstermiştir. Kafein sakızını inceleyen bir çalışma, kapsül formuna göre daha hızlı emilim sağladığını göstermiştir (Kami2mori, G.H., vd., 2002). Kafeinli sakızın hızlı emilim özelliğinden dolayı normalde tavsiye edilen 30 dakika öncesi tüketimi, atletik performansa fayda sağlamamaktadır (Ryan vd., 2012). Bu bakımdan aerobik dayanıklılık üzerine bisikletçilerle yapılan çalışmalar, kafeinli sakız tüketiminin egzersizden 5 dakika önce tüketilmesini tavsiye etmektedir (Ryan vd., 2013). Dokuz üniversiteli atlet üzerine yapılan bir çalışmada 100 mg kafeinli sakız tüketiminin ayakta atış yapma performansını artırdığı görülmüştür (Bellar, D., vd., 2010).

Kafein ağızda çalkalama formu, en yeni formlardan birisidir ve yapılan çalışmaların çoğu henüz 5-20 sn. boyunca kafein ağızda çalkalama formunun aerobik performans üzerine ergojenik bir etkisi olmadığını göstermektedir (Doering, T.M., vd., 2014; Pataky, M.W., vd., 2016; Lesniak, A.Y., vd., 2016; Dolan, P., vd., 2017). Aerobik performansa etkisini destekleyen sadece bir çalışma vardır (Sinclair, J. vd., 2014). Direnç egzersizlerine etkisini ise inceleyen tek bir çalışma vardır ve bu çalışma da kafein ağızda çalkalama işleminin anlamlı bir fark yaratmadığını göstermiştir. (Clarke vd., 2015).

Sonuç olarak kafein ağızda çalkalama formunun ergojenik olduğu gösterilmiş tek egzersiz türünün kısa süreli, yüksek yoğunluklu, tekrarlanan hızlı hareketler olduğu görülmüştür (Kizzi, J., vd., 2016; Beaven, C.M., vd., 2013).

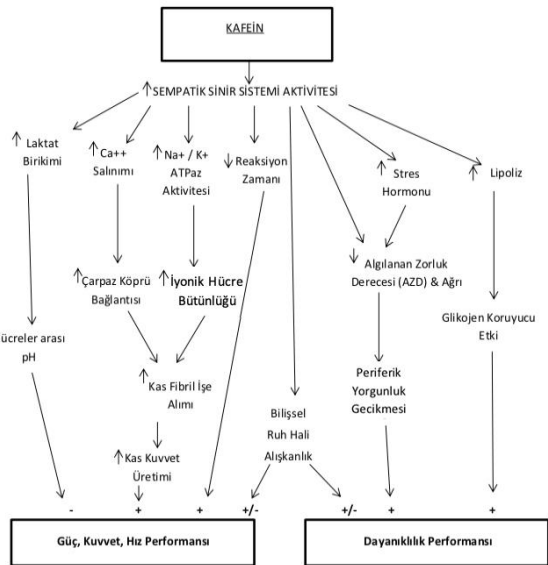
4. Kafein Etki Mekanizmaları

Atletik performansta Tablo 1'den de anlaşılacağı üzere kafeinin etkisi; plazma glukoz miktarında artış, karaciğer glukoz miktarında artış, plazma insülin miktarında artış, kan basıncında artış, kalp atım hızında artış, metabolizma hızında % 5-25 oranında artış, termojenik etki, merkezi sinir sistemini uyarıcı rolü, alveollerin bronkodilatasyonunda artış, kan damarlarının vazodilatasyonunda artış, katekolamin salınımında artış, algılanan zorluk derecesinde azalma, lipolizde artış, hücre içi Ca⁺⁺ konsantrasyonunda artış, sarkoplazmik retikulum ca⁺⁺ geri alımında azalma, Na⁺-K⁺-ATPaz etkinliğinde artış, konsantrasyonda artış, kortizol ve beta endorfin salınım eşliğinde düşüş, reaksiyon süresinde kısalma, ventilasyonda artış, periferik yorgunlukta azalma gibi bir çok yönden etki sağladığı yönündedir (Sökmen, B., ve ark. 2008).



Şekil 1: Kafeinin multifaktöriyel yönlerden vücut sistemine etkisi (Sökmen, B., vd., 2008).

Kafeinin şüana kadar bilinen en önemli mekanizması adenosin antagonizmidir (Griffiths, R.R., vd., 1988; Leonard, T.K., 1987; Vaugeois, J.M.S., 2002). Adenosin, önemli bir nöromodülatördür ve adenosin reseptörlerine bağlanması sonucunda sinir hücresinin aktivitesinde yavaşlama meydana getirir (Fredholm, 1995). Adenosinin merkezi sinir sistemindeki birçok nörotransmitterin salınımını engellediği görülmektedir (Landolt, 2008; Nehlig, 1999; Nehlig vd., 1992). Bu sayede vücudun uyarılmasını azaltır, uyku ve gevşeklik haline girmesine neden olur. Tüketilen kafein ise adenosin'e benzerliğinden dolayı adenosin reseptörlerine bağlanır ve merkezi sinir sistemini uyarır ve yorgunluğu geciktirir. Kafeinin atletik performansa etkisini gösteren mekanizmalar Şekil 2'de gösterilmiştir (Sökmen, B., vd., 2008).



Şekil 2: Kafein tüketiminin sempatik sinir sistemi üzerinden güç, kuvvet hız ve dayanıklılık performansına etki mekanizmaları (Sökmen, B., vd., 2008).

5. Kafein Tüketimi Ve Atletik Performans İlişkisi

Kafein ve atletik performans ilişkisini inceleyen ilk araştırma 1907 yılına kadar dayanmaktadır (Rivers, W.H.R., 1907). Kafein ve anaerobik performans ilişkisini inceleyen ilk meta analiz 2010 yılında yayımlanmıştır (Warren, G.L., vd., 2010). Araştırma sonucunda kafein tüketiminin üst ekstremitelerde dirsek fleksör kaslarında

anamlı bir etki yaratmamasına rağmen diz ekstansör kaslarında %7 oranında maksimum istemli kasılmada artış sağladığı görülmüştür. Kafeinin kassal dayanıklılık üzerine de incelemesini yapan bu araştırmada küçük ancak anlamlı bir kazanım elde edildiğini belirtmiştir.

Daha sonra 2016 yılında yayımlanan sistematik derleme ve meta analiz ise kassal dayanıklılık konusunda kafein tüketiminin anlamlı etkilere sahip olmasına karşın maksimum izotonik kas kuvveti üretiminde önemli bir etkiye sahip olmadığını belirtmiştir (Polito, M.D., 2016).

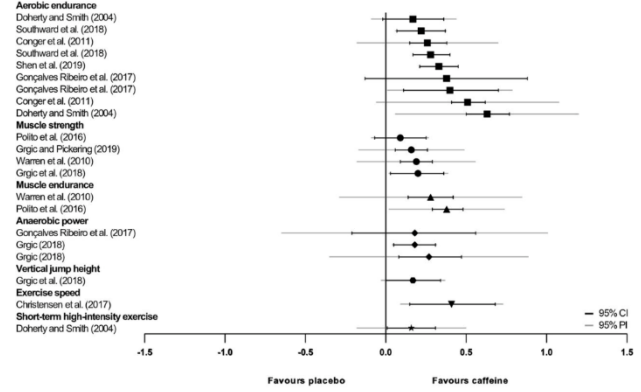
Yirmi iki direnç egzersiz deneyimi olan erkek üzerine yapılan randomize, çift kör bir çalışmada denekler iki gruba ayrılmış ve bir grup egzersizden 1 saat önce 6mg/kg kafein tüketirken diğer grup plasebo tüketmiş. Denekler 1 RM %60 yoğunlukta barbell bench press ve leg press egzersizlerini uygulamış ve araştırma sonucunda her iki egzersiz üzerinde de kafeinin kas kuvveti üzerine anlamlı bir etkisi bulunmadığı tespit edilmiştir (Astorino, T.A., vd., 2008). Buna karşın başka bir randomize çift kör ve çarpaz geçiş çalışması on yedi gönüllü direnç egzersizi deneyimi olan kişi üzerinde çalışma yapmış ve çalışma sonucunda 6mg/kg kafein tüketiminin algılanan zorluk derecesini azaltmaya bağlı olarak üst vücut için anlamlı etkiler olmasa da 1RM % 60 yoğunlukta yapılan Back squat çalışması alt vücut için kuvvet ve güç gelişimi konusunda anlamlı etkiler yaratmıştır (Grgic, J., 2017). Goldstein ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada üst vücut için anlamlı bir etki bulunurken; Williams ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada kafein tüketiminin ergojenik bir etkiye sahip olmadığı görülmüştür (Goldstein, E., vd., 2010; Williams, A., vd., 2008).

Ali ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada kafein tüketiminin sıçrama yüksekliği konusunda bir etkiye sahip olmadığı görülürken; Bloms ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada anlamlı etkiler bulunmuştur (Ali, A., vd., 2016; Bloms, L.P., vd., 2016). Dolayısıyla meta analiz ve bireysel çalışmaların tutarsızlığı kafein tüketiminin ergojenik etkisi konusunda kafa karışıklığı yaratmıştır.

Kafeinin egzersiz sırasında yağ asitlerinin mobilizasyonunu artırarak glikojen metabolizmasına olan bağımlılığı azalttığı, özellikle de kas içi yağ oksidasyonunu anlamlı derece arttırdığını gösteren çalışmalar mevcuttur (Costill vd., 1978; Ivy vd., 1979; Powers vd., 1983). Bisiklet ergometresinde deneklere 5 mg/kg kafein verildikten sonra kas içi yağ oksidasyonunda anlamlı artışlar gözlenmiş (Costill vd., 1978; Ivy vd., 1979), benzer bir başka çalışmada da 9 mg/kg dozunda kafein alımı sonrası VO2Max'ın %80'i şiddetinde bisiklet ergometresi egzersizi sırasında, egzersizin başındaki net glikojenolizde anlamlı bir düşme gerçekleşmiş ve yağ asidi mobilizasyonunun arttığı bildirilmiştir ve performans artışının bu değişimlerle gerçekleşmiş olabileceği not edilmiştir (Spriet vd., 1992). Bu konu üzerine son noktayı koyan en geniş kapsamlı çalışma ise 2019 yılında yapılmıştır. Kafein ve performans üzerine yapılmış olan 300'den fazla çalışmayı inceleyen 21 meta analiz sonucunu değerlendiren inceleme sonucunda orta dereceli kanıt düzeyi ile kafein tüketiminin kassal dayanıklılık, kassal kuvvet, anaerobik güç ve aerobik dayanıklılık üzerine %2 ila %16 oranında ergojenik bir etkiye sahip

olduğu görülmüştür. Yine aynı çalışma sonucunda kafein tüketiminin aerobik performansa etkisinin anaerobik performansa etkisi ile kıyaslandığında daha yüksek olduğu görülmüştür (Grgic, J., ve ark. 2019). Aerobik performans testlerini inceleyen meta analiz sonuçlarında kafein tüketiminin etki büyüklüğü çalışma sonuçlarında gösterilmiştir (Grafik 1).

Grafik 1: Grgic ve arkadaşlarının (2019) "Kafein Suplementi ve Egzersiz Performansı" başlıklı çalışmasında değerlendirilen meta analizlerin etki büyüklüğünün özeti (Grgic, J., vd., 2019).



Kafein tüketiminin direnç egzersizlerinde kassal gelişime etkisi plasebo grubuna kıyasla testosteron ve kortizol hormonunun daha yüksek olmasına bağlanmaktadır. Bununla birlikte, akut hormonal değişimlerin ilerleyen dönemlerde hipertrofi gelişimine etkisi zayıf korelasyon göstermekte ve yapılan çalışmalar tartışmalı sonuçlar vermektedir. (Grgic J. Ve ark. 2018)

6. Kafein, DOMS ve Ağrı İlişkisi

Direnç egzersizleri, kas hasarına ve gecikmiş kas ağrısına (DOMS) yol açabilir (Vierck, J., vd., 2000). Gecikmiş kas ağrıları genellikle egzersizden birkaç saat sonrasında belirmeye başlar ve 1-3 gün içerisinde zirve yapar (Isner-Horobeti, M., vd., 2013). Kafein, adenozin antagonist olduğu için tüketimi sonrasında sempatik sinir sisteminin aktivitesini artırabilir ve böylece kas ağrısı hissiyatını azaltabilir (Astorino, T.A., ve ark. 2012). 20 yıl boyunca 10.000'den fazla hastayı içeren 30 klinik araştırma sonucunu değerlendiren bir çalışma sonucunda kafeinin analjezik adjuvant etkiye sahip olduğu ve bir ağrı kesicinin kafeinli bir ağrı kesici kadar etki görmesi için %40 oranında daha yüksek bir doz tüketilmesi gerektiği görülmüştür (Laska EM. 1984).

Kafein'in algılanan zorluk derecesinde (AZD) azalmalar meydana getirdiği bildirilmiştir. AZD veya diğer adıyla Borg Skalası, 0-10 veya 6-20 puanlık bir skala kullanılarak değerlendirilir (Borg, G.A., 1982). Kafein tüketiminin aerobik egzersiz esnasında AZD'deki etkisi incelendiğinde submaksimal aerobik egzersiz performansı esnasında AZD'yi azalttığı ve %29 oranında ergojenik bir etkiye sahip olduğu görülmüştür (Doherty, M., 2005).

Direnç egzersizleri üzerinde değerlendirildiğinde kafeinin 1RM Barbell back squat egzersizinde %3 oranında performans artışı sağladığı ve %7 oranında AZD'de düşüş gösterdiği görülmüştür (Grgic, J., 2017).

IRM'nin %75'i yoğunluğunda 5 set boyunca biceps curl egzersizi yapan deneklerde kafein tüketiminin, plasebo grubuna kıyasla 5.set esnasında daha fazla tekrar yapmasını ve daha fazla çalışma yapılmasına karşın egzersiz sonrası 2. ve 3. gün sonunda daha az DOMS ağrısı yaşamasını sağlamıştır (Hurley, C.F., vd., 2013).

Çift kör, plasebo kontrollü bir çalışmada eksantrik egzersiz sonrasında 2 fincan kafein tüketiminin kas ağrısında % 27, izometrik egzersiz sonrasında ise % 48 oranında bir azalma meydana geldiği görülmüştür (Maridakis, V., vd., 2007).

7. Kafein Tüketim Yöntemleri

7.1. Kafein ve Doz

Kafein tüketiminde optimal dozun ne kadar olduğu halen belirsizliğini korumasına rağmen Jozo Grgic ve ark. değerlendirdiği şemsiye incelemesindeki meta analizlerde en sık kullanılan dozun 6mg/kg olduğu görülmüştür (Grgic, J., vd., 2019). Optimum dozun ne kadar olduğu bilinmese de araştırmalar 3-9 mg/kg civarında tüketiminin şuan için yeterli olduğu görülmektedir 9 mg/kg veya daha yüksek dozda tüketimin yan etkiler yaratacağı bildirilmiştir. Pek çok çalışma potansiyel faydalı dozun 400 ile 600 mg arasında olduğunu göstermiştir buda 4 veya 6 fincan kahveye denk gelmektedir (Brian, D., 2006)

Bununla birlikte kafein tüketim dozu; kişinin toleransına (tüketim sıklığı), egzersiz biçimine, kas kasılma biçimine ve tüketilen kafein formuna göre değişebilir.

7.2. Kafein ve Zamanlama

Kafein tüketiminde bir diğer faktör ise zamanlamadır. Kafein oral olarak alındığında en yüksek plazma seviyesine 30-75 dakika arasında ulaşmaktadır (Quinlan, P., vd., 1997). Kafeinin yarı ömrü ise 4-5 saattir ancak tüketilen doz miktarı 300 mg'ı aşmasıyla birlikte, sürekli tüketen kişilere veya ilk defa tüketen kişilere göre bu süre değişebilmektedir (Leonard, T.K., vd., 1987; Lieberman, H.R., vd., 2003; Vergauwen, L., vd., 1998). Kafein tüketiminde tüketilen kafein formu da zamanlamayı etkilemektedir (Wickham, K.A., 2018).

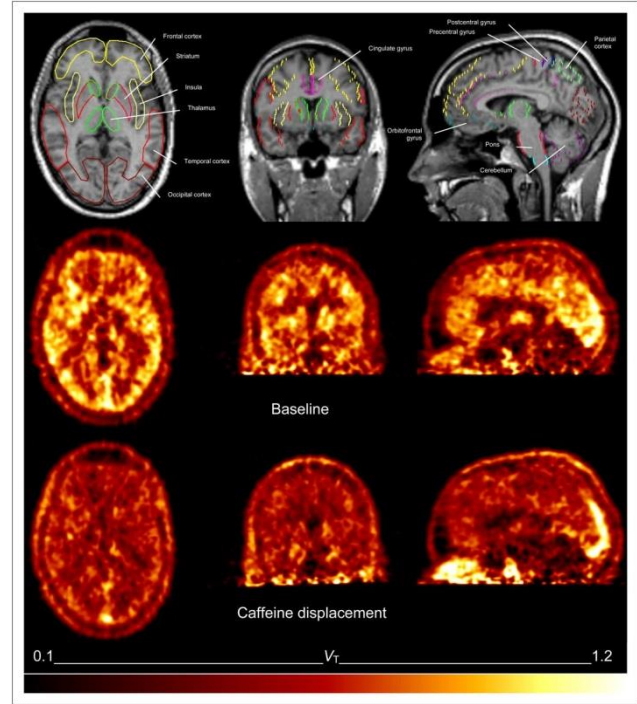
7.3. Kafein ve Formları

Kafeinin yukarıda açıklandığı gibi kapsül, toz, likit, bitki, tablet, sakız, ağızdan çalkalama, çubuk, jel, aerosol gibi bir çok formu bulunmaktadır ve bu formların çoğu yeni ortaya çıkmış olmasından dolayı atletik performansa etkisi net değildir. Kafein formlarının esas avantajının hızlı emilim olduğu düşünüldüğünde yapılan egzersiz türüne göre uygun bir zaman ile alınması ergojenik etkisini yükseltecektir. Aksine, kahve tüketiminde önerildiği gibi 30-45 dakika öncesinde tüketilen hızlı emilime sahip bir kafein sakızı, kafein ağızda çalkalama formu veya aerosol formu, egzersiz esnasında istenilen etkiyi sağlama konusunda fayda sağlayamayacaktır.

7.4. Kafein ve Tolerans

Kafeinin optimum etki sağlama için önemli olan faktörlerden birisi ise toleranstır. Akut kafein alımının atletik performansa etkisi kanıtlanmıştır ancak kişilerin spor yaşantısına ek olarak günlük yaşantısında da kafein tüketimine bağlı olarak gelişen tolerans sonucunda

kafeinin sporcuların performansına nasıl bir etki yaratıp yaratmayacağı net olarak belirli değildir. Düzenli olarak tüketilen kafeinin ilerleyen zamanlarda bağlandığı adenozin reseptörlerinin %50 oranına kadar bloke olacağı belirtilmektedir (Elmenhorst, D., 2012) (Tablo 4.0). Buna bağlı olarak kafeinin spor esnasında ergojenik etkisinin azalması söz konusudur (Beaumont, vd., 2017).



Şekil 3: Kafein tüketimi (4.1mg/kg) öncesi ve sonrasında serebral bölge A1 reseptörleri tarafından kafeinin kullanımının MR görüntüleri (Elmenhorst, D., 2012)

Bununla birlikte kafeinin insanlarda uyarıcı etkilerine karşı tolerans gelişiminin atletik performansa olumsuz yönde etki yaratıp yaratmadığı sonucu belirli değildir. 3mg/kg/gün dozunda 15 gün boyunca düzenli olarak tüketilen kafeinin yapılan testler sonucunda halen performansa katkı sağladığı görülmüştür. Ancak yine de ilk gün tüketimi sonucunda yararlanılan etki büyüklüğünün daha fazla olduğu ve kafeinin performans yararlarına karşı toleransın arttığı görülmektedir (Lara, B., 2019).

8. Kafein ve Diğer Ergojenik Yardımcılar İle İlişkisi

8.1. Kafein ve Karbonhidrat Tüketimi

Yapılan üç çalışmada kafein ile birlikte karbonhidrat tüketiminin egzersiz performansına olumlu bir etki yaratmadığı görülmüştür (Hunter, A.M., vd., 2002; Jacopson, T.L., vd., 2001; Vergauwen, L., vd., 1998). Yapılan bir çalışmada ise kafein + karbonhidrat tüketiminin on bisikletçinin zamana karşı performansında tek başına karbonhidrat tüketimine kıyasla %4.6, plasebo grubu ile karşılaştırıldığında %9.0 oranında arttırmıştır (Hulston, C.J., 2008). Buna karşın araştırmalar tartışmalı ve halen belirsizliğini korumaktadır. Bunun yanında son çalışmalar, kafein + karbonhidrat tüketiminin antrenman sonrası toparlanma esnasında glikojen resentezini artırdığını göstermiştir (Loureiro, L., vd., 2019).

8.2. Kafein ve Aminoasit Tüketimi

Aminoasit ve kafein konusunda yapılan çalışmalar yetersizdir ancak yapılan bir çalışmada kafein + taurin (aminoasit) + karbonhidrat tüketiminin su tüketen ve su tüketmeyen gruba kıyasla egzersizi bitirme ve bilişsel fonksiyonda (reaksiyon süresi) gelişme sağladığı görülmüştür (Alford, C., vd., 2001).

Başka bir çalışma ise kafein + esansiyel aminoasit tüketiminin sıcak ve hipoksik bir ortamda plasebo grubuna kıyasla kas aktivasyonunda artış, merkezi sürüşte devamlılık ve koşu performansında küçük ancak anlamlı bir etki sağladığı görülmüştür (Tom, R., vd., 2016).

Yapılan bir çalışmada ise esansiyel aminoasit ve kafein alınımının sıcak ve hipoksik ortamlarda merkezi sinir sisteminin yorgunluğunu azalttığı, kas aktivasyonunu artırdığı, merkezi sürüşü (nöral drive) sürdürdüğü ve sprint performansında küçük bir artış sağladığı görülmüştür (Eaton, T.R., vd., 2019).

8.3. Kafein ve Beta Alanin Tüketimi

Beta Alanin'in esas etkisi vücuttaki karnosin miktarını artırarak laktik asit birikimini azaltmak, kas pH seviyesini koruyup/tamponlayıp yorgunluğu geciktirmektir (Saunders, B., vd., 2017). Yapılan çalışmalar, beta alanin tüketiminin vücuttaki karnosin miktarını %80 oranına kadar artırdığını göstermiştir (Hill, C.A., vd., 2007).

28 gün boyunca Beta Alanin, Kreatin, Kafein, Amino Asit ve B Vitamini takviyesi üzerine çift kör ve plasebo kontrollü bir çalışma sonucunda ise istirahat kalp atım sayısının düştüğü, sistolik kan basıncının düştüğü, vücut yağ yüzdesinin düştüğü, yağsız kas kütesinin arttığı, maksimum oksijen harcamasının düştüğü ve üretilen kuvvet miktarının arttığı görülmüştür (Kendall, K., vd., 2014).

8.4. Kafein ve Sodyum Bikarbonat Tüketimi

Bikarbonat'ın spor performansına etkisi esasen kan ve kas içinde tampon etkisi ile hücre içi ve hücre dışı pH dengesini koruyarak ve H⁺ birikimini engelleyerek kas kasılma süresini uzatmasıdır (Hadzig, M., vd., 2019).

Yakın zamanda yapılan bir meta analiz çalışmasında ise kafein + sodyum bikarbonat tüketiminin plasebo grubuna göre önemli bir ölçüde yoğun dayanıklılık performansını olumlu yönde etkilediğini göstermiştir (Christensen, P.M., vd., 2017).

9.Sonuç

Sonuç olarak; Kafein, 2004 yılı itibariyle, Dünya Anti-Doping Ajansı(WADA) tarafın doping listesinden çıkarılmış ve sadece kötü kullanıma maruz kalma olasılığından dolayı kontrol listesine eklenmiştir. Dolayısıyla doping sayılmamaktadır.

Kafein tüketiminde emilim hızı önemlidir. Bu bağlamda kafeinli sakız, tablet, toz, kapsül, aerosol, likit, jel vb. formları tüketmenin, kahve formuna kıyasla daha etkili olduğu düşünülmektedir. Ancak çalışmalar henüz yetersizdir.

Kafein tüketimi, merkezi sinir sistemini uyarıcı etkisi, adenozin antagonizması, hormonal salınımlar, duyu durumunda değişim, kardiyovasküler sisteme etkisi gibi biyokimyasal faktörler ile performansa katkı sağlar.

Yıllarca tartışılmalı konulardan birisi olan direnç egzersizleri, anaerobik performans gibi konularda artık güncel çalışmalar kafein tüketiminin olumlu yönde etki yarattığını göstermiştir. Hipertrofi konusunda çalışmalar yetersiz ve tartışmalıdır ancak potansiyel olarak katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Aerobik performansa etkisi ise kanıtlanmıştır.

Kafein tüketiminde optimal dozun ne kadar olduğu halen belirsizliğini korumasına rağmen en sık kullanılan ve önerilen doz; 6mg/kg'dır. 3-9mg/kg civarında tüketiminin şuan için yeterli olduğu belirtilmiştir. 9mg/kg tüketimi, titreme, endişe hissi, saldırganlık, mide bulantısı, baş ağrısı, uykusuzluk gibi yan etkiler yaratabilir. Kafein tüketiminde doz miktarı, kişinin toleransı ile doğrudan ilişkilidir.

Kafein tüketiminde zamanlama önemlidir. Kahve formunda kafein 30-75 dakika içerisinde kana karışmaktadır. Bu bakımdan yapılan antrenmandan 30-60dk önce tüketilmesi tavsiye edilmektedir. Daha uzun süreli egzersizlerde antrenman esnasında da tüketilmesi önerilir.

Kafein ve diğer ergojenik yardımcımlarla ilişkisi önemlidir. Karbonhidrat ve kafein tüketiminde çalışmalar tartışmalı ve yetersizdir ancak glikojen resentezini ve dayanıklılık performansını artırdığını gösteren çalışmalar vardır. Aminoasit ve kafein tüketiminde çalışmalar yetersizdir ancak egzersiz ve bilişsel performansa katkı sağladığını gösteren çalışmalar vardır. Beta alanin ve sodyum bikarbonat ile kafein tüketiminde egzersiz performansında artışlar görülmüştür.

10. Öneriler

Kafein suplementasyonu planlanırken kana karışma hızı göz önüne alınmalıdır. Kahve formunda tüketilen kafeinin kana karışma süresi 30-75 dk arasında olduğundan, egzersiz öncesi 30-60 dk aralığında alınıp tüketilmelidir. Günlük doz olarak 100 – 300 mg/gün yani bir başka ifadeyle 6 mg/kg optimal dozla tüketilmelidir. 9 mg/ kg'ın üzerinde tüketim; şiddetli baş ağrısı, çarpıntı, yüksek tansiyon, titreme ve endişe hissi gibi durumların oluşmasına yol açacağından faydadan çok zarar verebilir. Yani 9 mg/kg üzeri kullanım overdoz olarak kabul edildiğinden önerilmemektedir.

Kafein sadece kahve ile değil, emilimin daha hızlı olması düşüncesi ile sakız, tablet, toz, aerosol, likit, jel gibi formlarda da tüketilebilir.

Kafein ve diğer suplementlerin birlikte kullanımı ile ilgili kanıtla dayalı çalışma sayısı yeterli olmamakla birlikte bu konuda yapılacak çalışmaların alana ve sporcuların performans artışına katkı sunacağı düşünüldüğünde derinlemesine, deneysel ve nicel araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle bu konuda daha fazla çalışma yapılması spor bilimleri alanında çalışan bilim insanlarına önerilebilir. Taranan literatüre bakıldığında; Kafein tek başına değil, Beta Alanin ve Sodyum bi Karbonat gibi diğer suplementlerle beraber kullanıldığında istenilen performansa ulaşma konusunda zamandan tasarruf etme ve etki faktörünü yükseltme anlamında katkı sağlayabilir.

Kaynaklar

- Ali, A., O'Donnell, J., Foskett, A., Rutherford-Markwick, K., (2016). The influence of caffeine ingestion on strength and power performance in female team-sport players. *J Int Soc Sports Nutr.* 2016;13:46.
- Alford, C., Cox, H., and Wescott, R., (2001). The effects of Red Bull energy drink on human performance and mood. *Amino Acids* 21: 139–150.
- Ashihara, H., Suzuki, T., (2004). Distribution and biosynthesis of caffeine in plants. *Front Biosci* 9:1864–1876.
- Astorino, T.A., Rohmann, R.L., Firth, K., (2008). Effect of caffeine ingestion on one-repetition maximum muscular strength. *Eur J Appl Physiol (IF: 2.401)* Jan;102(2):127-32. Epub 2007 Sep 13.
- Astorino, T.A., Cottrell, T., Talhami, L.A., (2012). Effect of caffeine on RPE and perceptions of pain, arousal, and pleasure/ displeasure during a cycling time trial in endurance trained and active men. *Physiol Behav.* 2012;106(2):211–7.
- Beaumont, R., Cordery, P., Funnell, M., Mears, S., James, L., Watson, P., (2017) Chronic ingestion of a low dose of caffeine induces tolerance to the performance benefits of caffeine. *J Sports Sci.* 2017 Oct; 35(19):1920-1927.
- Beaven, C.M., Maulder, P., Pooley, A., Kilduff, L., Cook, C., (2013). Effects of caffeine and carbohydrate mouth rinses on repeated sprint performance. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2013 Jun; 38(6):633-7.
- Bellar, D., Kamimori, G., Judge, L., (2012). Effects of low-dose caffeine supplementation on early morning performance in the standing shot put throw. *Eur J Sports Sci.* 2012;12:57–61. doi: 10.1080/17461391.2010.536585.
- Borg, G.A., (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc.* 14(5):377–81.
- Brian, D., Keisler, M.D., Thomas, D., Armsey II, M.D., (2006) Caffeine As an Ergogenic Aid, *Current Sports Medicine Reports*, 5:215-219
- Blanchard, J., & Sawers, S.J., (1983). The absolute bioavailability of caffeine in man. *Eur. J. Clin. Pharmacol.*, 24(1), 93-98.
- Bloms, L.P., Fitzgerald, J.S., Short, M.W., Whitehead, J.R., (2016). The effects of caffeine on vertical jump height and execution in collegiate athletes. *J Strength Cond Res.*, 30:1855–61.
- Clarke, N.D., Kornilios, E., Richardson. D.L., (2015). Carbohydrate and Caffeine Mouth Rinses Do Not Affect Maximum Strength and Muscular Endurance Performance. *J Strength Cond Res.* Oct; 29(10):2926-31.
- Cooper, R., Naclerio, F., Allgrove, J., Larumbe-Zabala, (2014). “Effects of a carbohydrate and caffeine gel on intermittent sprint performance in recreationally trained males”, *E. Eur. J. Sport Sci.*, 14(4):353-61.
- Costill, D.L., Dalsky, G.P., & Fink, W.J., (1978). Effects of caffeine ingestion on metabolism and exercise performance. *Med. Sci. Sports*, 10(3), 155-158.
- Christensen, P.M., Shirai, Y., Ritz, C., Nordsborg, N.B., (2017). Caffeine and Bicarbonate for Speed. A Meta-Analysis of Legal Supplements Potential for Improving Intense Endurance Exercise Performance. *Front Physiol.* 8:240. Published 2017 May 9. doi:10.3389/fphys.2017.00240
- Desbrow, B., Barrett, C.M., Minahan, C.L., Grant, G.D., & Leveritt, M. D. (2009). Caffeine, cycling performance, and exogenous CHO oxidation: a dose-response study. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 41(9), 1744-1751. doi:10.1249/MSS.0b013e3181a16cf7
- Dews, P.B., (1982). Caffeine. *Annu. Rev. Nutr.*, 2, 323-341. doi:10.1146/annurev.nu.02.070182.001543
- 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. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* Feb; 24(1):90-7.
- Doherty, M., Smith, P.M., (2005). Effects of caffeine ingestion on rating of perceived exertion during and after exercise: a meta- analysis. *Scand J Med Sci Sports.* 15(2):69–78.
- Dolan, P., Witherbee, K., Peterson, K., (2017). The effect of carbohydrate, caffeine and carbohydrate + caffeine mouth rinsing on intermittent running performance in collegiate male lacrosse athletes. *J Strength Cond Res.* 2017;31:2473–2479. doi: 10.1519/JSC.0000000000001819.
- Eaton, T.R., Potter, A., Billaut, F., Panchuk, D., Pyne, D. B., Gore, C. J., Chen, T., McQuade, L., & Stepto, N. K. (2016). A Combination of Amino Acids and Caffeine Enhances Sprint Running Capacity in a Hot, Hypoxic Environment, *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 26(1), 33-45. Retrieved Jul 28, 2019, from <https://journals.humankinetics.com/view/journals/ij-snem/26/1/article-p33.xml>
- Elmenhorst, D., Meyer, P.T., Matusch, A., Winz, O.H., Bauer, A., (2012). Caffeine occupancy of human cerebral A1 adenosine receptors: in vivo quantification with 18F-CPFPX and PET. *J Nucl Med.* Nov; 53(11):1723-9.
- Fleisher, D., Li, C., Zhou, Y., Pao, L. H., & Karim, A. (1999). Drug, meal and formulation interactions influencing drug absorption after oral administration. *Clinical implications.* *Clin. Pharmacokinet.*, 36(3), 233-254. doi:10.2165/00003088-199936030-00004.
- Fredholm, B.B., (1995). Astra Award Lecture. Adenosine, adenosine receptors and the actions of caffeine. *Pharmacol. Toxicol.*, 76(2), 93-101.
- Hill, C.A., Chester & C. Harris, R & J. Kim, H & D. Harris, B & Sale, Craig & Boobis, Leslie & K. Kim, C & Wise, J.A.. (2007). Influence of B-alanine supplementation on skeletal muscle carnosine concentrations and high intensity cycling capacity. *Amino Acids.* 32. 225-233. 10.1007/s00726-006-0364-4.
- Hulston, C., & Jeukendrup, A., (2008). Substrate Metabolism and Exercise Performance with Caffeine and Carbohydrate Intake. *Medicine and science in sports and exercise.* 40. 2096-104. 10.1249/MSS.0b013e318182a9c7.
- Hurley, C.F., Hatfield, D.L., Riebe, D.A., (2013) The effect of caffeine ingestion on delayed onset muscle soreness. *J Strength Cond Res.*, 27(11):3101–9.

- Ivy, J.L., Costill, D.L., Fink, W.J., & Lower, R.W., (1979). Influence of caffeine and carbohydrate feedings on endurance performance. *Med. Sci. Sports*, 11(1), 6-11.
- Graham, L.E., (1993). *Origin of Land Plants*. New York: Wiley and Sons.
- Greer, F., McLean, C., & Graham, T.E., (1998). Caffeine, performance, and metabolism during repeated Wingate exercise tests. *J Appl Physiol* (1985), 85(4), 1502-1508. doi:10.1152/jappl.1998.85.4.1502
- Griffiths, R.R., and Woodson, P.P., (1998). Caffeine physical dependence: a review of human and laboratory animal studies. *Psychopharmacology* 94: 437-451.
- Goldstein, E., Jacobs, P.L., Whitehurst, Penhollow, T., Antonio, J., (2010). Caffeine enhances upper body strength in resistance-trained women. *J Int Soc Sports Nutr.* 7:18.
- Grgic, J., GrgicI, Pickering, C., (2019). Wake up and smell the coffee: caffeine supplementation and exercise performance—an umbrella review of 21 published meta-analyses *British Journal of Sports Medicine* Published Online First: 29 March. doi:10.1136/bjsports-2018-100278
- Grgic, J., & Mikulic, P., & Schoenfeld, B., & J.Bishop, D., & Pedisic, Z., (2018). The Influence of Caffeine Supplementation on Resistance Exercise: A Review. *Sports Medicine*. 10.1007/s40279-018-0997-y.
- Grgic, J., & Mikulic, P., (2017). Caffeine ingestion acutely enhances muscular strength and power but not muscular endurance in resistance-trained men, *European Journal of Sport Science*, 17:8, 1029-1036, DOI: 10.1080/17461391.2017.1330362.
- Hadzic, M., Eckstein, M.L., Schugardt, M., (2019). The Impact of Sodium Bicarbonate on Performance in Response to Exercise Duration in Athletes: A Systematic Review. *J Sports Sci Med.* 18(2):271-281. Published 2019 Jun 1.
- Hunter, A.M., St. Clair Gibson, A., Collins, M., Lambert, M., and Noakes, T.D., (2002). Caffeine ingestion does not alter performance during a 100-km cycling time-trial performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 12: 438-452.
- Isner-Horobeti M., Dufour, S.P., Vautravers, P., (2013). Eccentric exercise training: modalities, applications and perspectives. *Sports Med.* 43(6):483-512.
- Jacobson., T.L., Febbraio, M.A., Arkinstall, M.J., and Hawley, J.A., (2001). Effect of caffeine co-ingested with carbohydrate or fat on metabolism and performance in endurance-trained men. *Exp Physiol* 86: 137-144.
- 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. *Int. J. Pharm.*, 234(1-2), 159-167.
- Kendall, K., & Moon, J., & Fairman, C., & Spradley, B., & Tai, C.Y., & Falcone, P., & R.C.L., & Mosman, M., & Joy, J., & Michael P.K., & R.,Serrano, E., & Esposito, E., (2014). Ingesting a preworkout supplement containing caffeine, creatine, β -alanine, amino acids, and B vitamins for 28 days is both safe and efficacious in recreationally active men. *Nutrition Research.* 34. 10.1016/j.nutres.2014.04.003.
- Kizzi, J., Sum, A., Houston, F.E., Hayes, L.D., (2016). Influence of a caffeine mouth rinse on sprint cycling following glycogen depletion. *Eur J Sport Sci. Nov*; 16(8):1087-94.
- 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. Published 2019 Jan 23. doi:10.1371/journal.pone.0210275
- Landolt, H.P., (2008). Sleep homeostasis: a role for adenosine in humans? *Biochem. Pharmacol.*, 75(11), 2070-2079. doi:10.1016/j.bcp.2008.02.024
- Laska, E.M., Sunshine, A., Mueller, F., Elvers, W.B., Siegel, C., Rubin, A., (1984). Caffeine as an Analgesic Adjuvant. *JAMA.* 251(13):1711-1718. doi:10.1001/jama.1984.03340370043028
- Leonard, T.K., Watson, R.R., and Mohs, M.E., (1987). The effects of caffeine on various body systems: a review. *J Am Diet Assoc* 87: 1048-1053.
- Lesniak, A.Y., Davis, S.E., Moir, G.L., (2016). The effects of carbohydrate, caffeine and combined rinses on cycling performance. *J Sport Human Perform.* 4:1-10.
- Lieberman, H.R., (2003). Nutrition, brain function and cognitive performance. *Appetite* 40: 245-254.
- Loureiro, L., Reis, C., & da Costa, T. (2018). Effects of Coffee Components on Muscle Glycogen Recovery: A Systematic Review, *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 28(3), 284-293. Retrieved Jul 28, 2019, from <https://journals.humankinetics.com/view/journals/ij-snem/28/3/article-p284.xml>
- Maridakis, V., O'Connor, P.J., Dudley, G.A., McCully, K.K., (2006). Caffeine Attenuates Delayed-Onset Muscle Pain and Force Loss Following Eccentric Exercise. *The Journal of Pain*, Volume 8, Issue 3, 237 - 243, <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2006.08.006>
- Mellion, M.B., Walsh, W.M., Madden, C., (2002). *Team Physician's Handbook*, edn 3. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins;186-187.
- McLellan, T.M., & Bell, D.G. (2004). The impact of prior coffee consumption on the subsequent ergogenic effect of anhydrous caffeine. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.*, 14(6), 698-708.
- Nehlig, A., (1999). Are we dependent upon coffee and caffeine? A review on human and animal data. *Neurosci. Biobehav. Rev.*, 23(4), 563-576.
- Nehlig, A., Daval, J.L., & Debry, G., (1992). Caffeine and the central nervous system: mechanisms of action, biochemical, metabolic and psychostimulant effects. *Brain Res. Brain Res. Rev.*, 17(2), 139-170
- Noever, R.J.C., and Relwani, R.A., (1995). Using spider-web patterns to determine toxicity. *NASA Tech Briefs* 19(4):82. Published in *New Scientist* magazine, 29 April 1995

- 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. *Scand J Med Sci Sports*. Jun; 26(6):613-9.
- Polito, M.D., Souza, D.B., Casonatto, J., Farinatti, P., (2016). Acute effect of caffeine consumption on isotonic muscular strength and endurance: A systematic review and meta-analysis, *Science & Sports*, Volume 31, Issue 3, Pages 119-128, ISSN 0765-1597, <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2016.01.006>
- Quinlan, P., Lane, J., and Aspinall, L., (1997). Effects of hot tea, coffee, and water ingestion on physiological responses and mood: the role of caffeine, water and beverage type. *Psychopharmacology* 134: 164–173.
- Rivers, W.H.R., Webber, H.N., (1907). The action of caffeine on the capacity for muscular work. *J Physiol*. 36:33–47
- 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.
- Ryan, E.J., Kim, C.H., Muller, M.D., Bellar, D.M., Barkley, J.E., Bliss, M.V., Jankowski-Wilkinson, A., Russell, M., Otterstetter, R., Macander, D., Glickman, E.L., Kamimori, G.H., (2012). Low-dose caffeine administered in chewing gum does not enhance cycling to exhaustion. *J Strength Cond Res*. Mar; 26(3):844-50.
- Ryan, E.J., Kim, C.H., Fickes, E.J., Williamson, M., Muller, M.D., Barkley, J.E., Gunstad, J., Glickman, E.L., (2013). Caffeine gum and cycling performance: a timing study. *J Strength Cond Res*. Jan; 27(1):259-64.
- Saunders, B., Elliott-Sale, K., Artioli, G.G., (2017). β -alanine supplementation to improve exercise capacity and performance: a systematic review and meta-analysis *British Journal of Sports Medicine*. 51:658-669.
- Sinclair, J., Bottoms, L., (2014). The effects of carbohydrate and caffeine mouth rinsing on arm crank time-trial performance. *J Sports Res*. 1:34–44.
- Scott, A.T., O'Leary, T., Walker, S., & Owen, R. (2015). Improvement of 2000-m rowing performance with caffeinated carbohydrate-gel ingestion. *Int J Sports Physiol Perform*, 10(4), 464- 468. doi:10.1123/ijsp.2014-0210
- Sullivan RJ, Hagen EH, Hammerstein P , Revealing the paradox of drug reward in human evolution. *Proc Biol Sci*. 2008 Jun 7; 275(1640):1231-41.
- Skinner, T.L., Jenkins, D.G., Folling, J., Leveritt, M.D., Coombes, J.S., & Taaffe, D.R., (2013). Influence of carbohydrate on serum caffeine concentrations following caffeine ingestion. *J. Sci. Med. Sport*, 16(4), 343-347. doi:10.1016/j.jsams.2012.08.004
- Skinner, T.L., Jenkins, D.G., Taaffe, D.R., Leveritt, M.D., & Coombes, J.S., (2013). Coinciding exercise with peak serum caffeine does not improve cycling performance. *J. Sci. Med. Sport*, 16(1), 54-59. doi:10.1016/j.jsams.2012.04.004
- 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*:May - Volume 22 - Issue 3 - p 978-986 doi: 10.1519/JSC.0b013e3181660cec
- Spriet, L.L., MacLean, D.A., Dyck, D.J., Hultman, E., Cederblad, G., & Graham, T.E. (1992). Caffeine ingestion and muscle metabolism during prolonged exercise in humans. *Am. J. Physiol.*, 262(6 Pt 1), E891-898. doi:10.1152/ajpendo.1992.262.6.E891
- Vaugeois, J.M., (2002). Signal transduction: positive feedback from coffee. *Nature* 418: 734–736.
- Vergauwen, L., Brouns, F., and Hespel, P., (1998). Carbohydrate supplementation improves stroke performance in tennis. *Med Sci Sports Exerc* 30: 1289–1295.
- Vierck, J., O'Reilly, B., Hossner, K., (2000). Satellite cell regulation following myotrauma caused by resistance exercise. *Cell Biol Int*. 24(5):263–72.
- Warren, G.L., Park, N.D., Maresca, R.D., McKibans, K., Millard-Stafford, M.L., (2010). Effect of caffeine ingestion on muscular strength and endurance: a meta-analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*: July - Volume 42 - Issue 7 - p 1375-1387 doi: 10.1249/MSS.0b013e3181cabb8.
- Wickham, K.A., Spriet, L.L., (2018). Administration of Caffeine in Alternate Forms. *Sports Med*. 48(Suppl 1):79–91. doi:10.1007/s40279-017-0848-2
- Williams, A., Cribb, P., Cooke, M., Hayes, A., (2008). The effect of ephedra and caffeine on maximal strength and power in resistance-trained athletes. *J Strength Cond Res*. 22:464–70.
- Wright, G.A., (2013) Caffeine in floral nectar enhances a pollinator's memory of reward. *Science* 339(6124):1202–1204.

