

## Diyetle Alınan Antioksidan Takviyeleri ve Egzersiz

Mustafa Savaş Torlak<sup>1</sup>, Serap Ekinci Torlak<sup>2</sup>

### Özet

#### **Yayın Bilgisi**

Gönderi Tarihi: 25.10.2017

Kabul Tarihi: 01.11.2017

Online Yayın Tarihi: 01.11.2017

#### **Anahtar Kelimeler**

Antioksidan,  
Egzersiz,  
Performans.

Besin takviyeleri sporcular arasında yaygın şekilde kullanılmaktadır. Birçok sporcu antioksidan takviyelerinin kas hasarını, immun bozukluğu ve yorgunluğu azalttığını ve böylece performans artışına neden olduğunu düşünmektedir.

Literatür incelendiğinde, araştırmaların çoğunun antioksidan takviyelerin egzersiz performansı üzerine etkilerinden ziyade oksidatif stresin neden olduğu belirteçlere ve kas hasarına olan etkisine odaklandığı görülmektedir. Ayrıca bazı çalışmalarda antioksidan takviyelerin alışık olunmayan egzersiz sonrası oluşan kas yorgunluğu üzerine pozitif etkisi olduğunu belirtilmektedir. Ancak artan araştırmalara rağmen antioksidan takviyeleri ve egzersiz arasındaki ilişki net değildir. Bu derleme, diyetle alınan antioksidan takviyelerini ve egzersiz arasındaki ilişkiyi çeşitli araştırmalar ışığında açıklamaya çalışacaktır.

## Dietary Antioxidant Supplements and Exercise

### Abstract

#### **Article Info**

Received: 25.10.2017

Accepted: 01.11.2017

Online Published: 01.11.2017

#### **Keywords**

Antioxidant,  
Exercise,  
Performance.

Nutritional supplements are commonly used among by athletes. Many athletes think that antioxidant supplements decrease muscle damage, immunodeficiency and fatigue and thus cause performance gain.

When the literature is examined, it appears that the majority of investigations focus that effects of antioxidant supplements on markers and muscle damage induced oxidative stress rather than exercise performance. In addition, in some studies it is stated that antioxidant supplements are a positive effect on muscle fatigue after unaccustomed exercise. However, the relationship between antioxidant supplements and exercise is not clear, despite increased researches. This review will attempt to explain the relationship between dietary antioxidant supplements and exercise in the light of various investigations.

<sup>1</sup> KTO Karatay Üniversitesi Terapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Konya/Türkiye (mustafa.savas.torlak@karatay.edu.tr)

<sup>2</sup> Konya Numune Hastanesi, Türkiye, Konya/Türkiye

## GİRİŞ

### *Egzersiz ve Antioksidanlar*

Egzersiz sırasında metabolizma hızı ve oksijen tüketimi artar ve bunun sonucunda mitokondride reaktif oksijen türleri (ROS) açığa çıkar (Alessio 1993). Ayrıca fosfolipaza2 aktivasyonu sonucu bir dizi enzimin reaksiyonuyla reaktif türler artış gösterir (Sakellariou ve ark 2014). Egzersizle oluşan reaktif oksijen türlerinin glikojen sentezini uyarması, enfeksiyon riskini azaltması ve egzersize adaptasyonu kolaylaştırması gibi faydalı etkileri bulunmaktadır (Richardson ve ark 2007, Hurst ve ark 2010, Gliemann ve ark 2013). Ancak aşırı oluşan reaktif oksijen türleri hücre yapısını ve fonksiyonunu değiştirerek kas hasarına, immun bozukluğa ve yorgunluğa neden olur (Finaud ve ark 2006).

Antioksidan takviyelerinin egzersiz performansı ve egzersiz sonrası iyileşme üzerindeki etkilerinin incelenmesindeki sebepler şunlardır: (Myburgh 2014)

1. Mitokondriyal adenozin trifosfat üretimi % 100 verimli değildir ve bu yüzden süperoksit radikalleri egzersiz sırasında fazla miktarlarda oluşur. Egzersiz sırasında daha fazla oksijen tüketildiğinden dolayı daha fazla süperoksit anyonu açığa çıkar ve oksidatif strese neden olabilir.
2. Kas hasarı serbest radikal üretimine neden olur ve bu olay iyileşmeyi engeller
3. Endojen savunma mekanizması artan serbest radikal türlerini temizlemede yetersiz kalır ve antioksidan takviyeleri bu noktada oksidatif stresin önlenmesinde yardımcı olabilir.

Antioksidan takviyelerinin egzersiz performansı üzerine direkt veya indirekt etkisi olabilir. Direkt etkisi kasılma sürecinde kas yorgunluğunu azaltabilmesidir. İndirekt etkisi egzersize negatif etki eden fizyolojik stresörlerin azaltılması veya egzersiz sonrası toparlanmayı iyileştirmesi olarak sayılabilir (Myburgh 2014).

### *Bitkisel Kaynaklı Antioksidan Takviyeleri*

#### *Polifenoller*

Yaygın olarak bitkilerde bulunan polifenoller her molekülde birden fazla fenol grubunun bulunduğu kimyasal bileşiklerdir ve fenol gruplarından dolayı antioksidan aktiviteye sahiptirler (Azqueta ve Collins 2016). Polifenollerin türü ve içeriği meyve, sebze, yaprak ve tohumlar arasında farklılıklar gösterir. Polifenoller 10 ve daha fazla grupta toplanmıştır ancak en önemlileri dört büyük sınıfta incelenir bunlar fenolik asitler, flavonoidler, stilbenler ve lignanlardır (Tablo 1) (Bravo 1998).

Flavonol grubunda bulunan Quersetin veya kaemferol gıdalarda sıklıkla bulunur ve kolaylıkla emilirler, ancak sağlıklı diyetle alımları genellikle düşüktür. Bundan dolayı popüler antioksidan takviyelerdir (Tennant ve ark 2014). Flavonlar ve izoflavonlar gıdalarda nadir bulunurlar ve benzer şekilde flavononlarda genel olarak narenciyelerde mevcuttur (Tennant ve ark 2014). Antosiyaninler,

birçok avantaja sahiptirler, özellikle koyu mavi, siyah ve kırmızı sebze ve meyvelerde bol miktarda bulunurlar ve besinlerin flavonoid içeriğinin çoğunu oluştururlar (Manach ve ark 2004). Ancak biyoyararlanımları nispeten zayıftır (Manach ve ark 2005).

Flavanoller yüksek kateşin içeren çikolata ve yeşil çayda yoğun olarak bulunurlar. Bununla birlikte kateşin ve kateşin türevleri çok çeşitli sebze ve meyvelerde monomerler, modifiye monomerler (epikateşin) veya bazen galik asit gibi diğer polifenollerle dimerize şekilde bulunabilir (Myburgh 2014).

Lignanlar ağırlıklı olarak yağlı tohumlarda ve bazı baklagiller, bazı meyve ve soğanlarda bulunur (Durazzo ve ark 2013).

**Tablo 1.** Polifenoller ve sınıflandırılması (Bravo 1998).

Gruplar	Sınıf	Örnekler	En iyi Kaynak
<b>Fenolikler</b>	Sinamik	Kafeik asit	Kahve Tohumları
	Benzoik	Gallik asit	Çay Yaprakları
<b>Flavonoidler</b>	Flavonol	Quersetin (kaemferol) Quersetin (Glukozid)	Soğan, Koyu Renkli Sebzeler Domates
	Flavonlar	-	Yoğun Aromalı Sebzeler
	İzoflavonlar	-	Soya Ürünleri
	Antosiyani- ler	-	Mavi, Kırmızı Sebze Meyveler
	Flavononlar	-	Narenciyeler ve Salça
	Flavanoller	Naringin, Hesperetin, Eriodiktol, Naringenin, Kateşinler ve türevleri	Üzüm Çekirdeği, Kakao
<b>Stilbenler</b>	Resveratrol	Trans ve cis-resveratrol	Şarap ve Kırmızı Üzüm
	Piseit	Trans ve cis-piseit	Kırmızı Üzüm
<b>Lignanlar</b>		Enterolignan, Allisin	Tohumlar, Kepekli Tahıllar

Stilbenler gıdalarda nadir bulunurlar. Bununla birlikte üzerinde yoğun araştırmalar yapılan resveratrol üzüm ve şarapta bulunur. Kırmızı üzüm ve kırmızı şarapta farklı resveratrol seviyeleri gözlenir ancak en yüksek resveratrol oranı kırmızı üzüm suyunda bulunmaktadır (Romero-Perez ve ark 1999). Polifenol alımı meyve suları, çay, kahve, kakao içeren içeceklerin bilinçli tüketimiyle artırılabilir (Myburgh 2014).

### ***Polifenol Takviyeleri ve Egzersiz***

Literatürdeki polifenol takviyeleri ve egzersizle ilgili çalışmalar, takviyenin dozu, çalışma dizaynı ve test protokolleri açısından farklılıklar göstermektedir (Tablo 2).

**Tablo 2.** Çeşitli polifenol takviyeleri ve çalışmalardaki kullanım reçeteleri (Bravo 1998).

Polifenol	Çalışma	Doz	Kullanım süresi
<b>Quersetin</b>	Cureton ve ark. (2009)	1000 mg/gün	5 gün
	Davis ve ark. (2010)	500 mg/gün	7 gün
	Nieman ve ark. (2010)	1000 mg/gün	14 gün
<b>Nar suyu</b>	Trombold ve ark. (2011)	260 mg/gün	7 gün
<b>Vişne suyu</b>	Bowtell ve ark. (2011)	600 mg/günde 2 kez	3 gün
<b>Liçi*</b> (*Çin’de üretilen tropikal meyve)	Kang ve ark. (2012)	200 mg/gün	30 gün
<b>Üzüm Suyu</b>	Lafay ve ark. (2009)	400 mg/gün	30 gün
<b>Yeşil çay</b>	Jowko ve ark. (2011)	640 mg/gün	30 gün

### *Quersetin*

Quersetin dolaşımında nispeten uzun bir yarılanma süresine sahiptir ve egzersizle ilgili en çok üzerinde durulan polifenoldür. Cureton ve arkadaşlarının (2009) yaptığı çalışmada 30 sedanter erkeğe 5 gün boyunca 1000 mg/gün quersetin verilmiş ve bisiklet performans testiyle VO<sub>2</sub>max ölçülmüştür. Sonuçta VO<sub>2</sub>max’ın % 7,5 oranında arttığı gözlenmiştir. Benzer bir çalışmada 7 gün boyunca 500 mg/gün quersetin alan 12 sedanter katılımcının çalışma sonunda VO<sub>2</sub>max’ının % 3,9 arttığı tespit edilmiştir (Davis ve ark 2010). İki çalışma arasındaki VO<sub>2</sub>max farklılığı verilen doza bağlı olabilir. Ancak bir başka çalışmada 5 gün boyunca 1000 mg/gün quersetin verilen sedanter bireylerde VO<sub>2</sub>max değişmemiştir (Ganio ve ark 2010). Kressler ve arkadaşlarının (2011) yaptıkları bir meta-analiz çalışmasında quersetin takviyesinin insan dayanıklılığına istatistiksel olarak fayda gösterdiği ancak bu etkinin önemsiz olduğu belirtilmiştir. Yukarıda belirtilen çalışmalar VO<sub>2</sub>max testini kullanmıştır. Quersetin takviyesinin etkilerini inceleyen başka çalışmalarda dayanıklılık testi de kullanılmıştır. Örneğin, Niemann ve arkadaşları (2010) iki hafta boyunca 1000 mg/gün quersetin takviyesinin sedanter genç bireylerde % 15 eğimli 12 dakikalık koşu egzersizinde performansı % 2,9 artırdığını tespit etmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada (Mcrae ve Meffred 2006) 6 hafta boyunca günde iki kez 300 mg quersetin takviyesi alan elit bisikletçilerde 30 dakikalık bisiklet egzersizinde performansın % 3,4 artış gösterdiği belirtilmiştir. Başka bir çalışmada 39 bisikletçiye bisiklet ergometresinde % 57 güç çıkışıyla egzersiz yaptırılmış ardından 2 hafta boyunca 1000 mg Quersetin ve 1000 mg C vitamini veya plasebo verilmiş ve egzersiz testi tekrar edilmiştir. Sonuçta quersetin içeren takviyenin egzersizin neden olduğu oksidatif strese karşı koruyucu olabileceği belirtilmiştir (McAnulty ve ark 2011).

Özetle, çalışmalarda quersetinin egzersiz performansı üzerine zayıf bir etkisi olmasına rağmen sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır. Bu takviye ile ilgili daha geniş çalışmalara ihtiyaç vardır.

### *Meyve ve Sebze Kaynaklı Takviyeler*

Kırmızı şarap bir polifenolik stilben olan resveratrol içerir ve polifenol ve egzersizler ilgili çalışmalarda yaygın olarak kullanılmıştır. Bar-Or ve Wilk (1996) çocuklarda egzersiz sonrası

dehidrasyona odaklanan çalışmalarında ilk kez üzüm suyunu kullanan araştırmacılar olmuştur. Lafay ve arkadaşları (2009) 20 elit sporcuya (hentbol: 10, basketbol: 5, koşucu: 4, voleybol:1) bir ay boyunca üzüm ekstraktı (400 mg) veya plasebo vermişlerdir. Çalışmanın sonunda özellikle hentbol sporcularında fiziksel performans (% 24) ve güç (% 6,4) artışı tespit etmişler ve üzüm ekstresinin elit sporcularda oksidatif stresi azaltarak performansını artırabileceğini belirtmişlerdir.

Kırmızı şarap ve üzüm suyu haricinde polifenolden zengin içerikli meyve sularının egzersiz üzerine etkilerini inceleyen çalışmalarda nar suyu, yaban mersini suyu, liçi (Çin'e özgü C vitamininden zengin tropikal bir meyve) suyu ve vişne suyu gibi çeşitli meyve suları kullanılmıştır (Connolly ve ark 2006, Trombold ve ark 2011, Bowtell ve ark 2011, Kang ve ark 2012). Bu meyve sularının tercih edilmesinin sebebi yüksek oranda polifenol içermeleridir (Myburgh 2014).

Vişne suyunda polifenolik bileşenler olan flavonoid ve antosiyanin yoğun miktarda bulunmaktadır (Botwell ve ark 2011). Connolly ve arkadaşları (2006) 40 sağlıklı sedanter genç erkeğe günde iki kez 12 oz (1 oz = 28 gr) vişne suyu veya plasebo içirmişlerdir. Ardından katılımcılara 2 set 20 tekrarlı ekzantrik dirsek fleksiyonu yaptırmışlar ve sonuçta vişne suyu takviyesi alan katılımcılarda plasebo grubuna göre güç kaybı ve ağrının daha az olduğunu belirtmişlerdir. Başka bir çalışmada 10 antrenmanlı erkeğe 10 set 10 tekrarlı kaldırabilecekleri maksimum ağırlığın % 80 ile diz ekstansiyonu yaptırılmıştır. Katılımcılara egzersizden önce 7 gün boyunca günde iki kez 300 mg vişne suyu veya plasebo verilmiştir. Çalışmanın sonunda vişne suyunun egzersiz sonrası iyileşmeyi hızlandırdığı ve oksidatif hasarı azalttığı tespit edilmiştir (Botwell ve ark 2011).

Trombold ve arkadaşları (2011) antrenmanlı 17 erkek üzerinde yaptıkları çalışmada nar suyunun gecikmiş kas ağrısı üzerine etkisini incelemişlerdir. Katılımcılar takviye ve plasebo gruplarına ayrılmışlar ve 15 gün boyunca günde 2 kez 250 ml nar suyu veya plasebo almışlar ardından tek taraflı 3 set 20 tekrarlı ekzantrik dirsek fleksiyonu ve 6 set 10 tekrarlı ekzantrik diz ekstansiyonu yapmışlardır. Çalışmanın sonunda nar suyu takviyesinin kol kaslarında oluşan gecikmiş kas ağrısını azalttığı belirtilmiştir. Ancak diz ekstansör kaslarında gecikmiş kas ağrısında herhangi bir değişiklik olmamıştır. Bunun sebebi kas kitlesinin büyüklüğünden dolayı olabilir, ancak Goldfrab ve arkadaşları (2011) meyve/sebze konsantresi tabletlerini (içeriğinde 7.5 mg beta karoten, 276 mg C vitamini, 108 IU E vitamini bulunan) veya plasebo tabletlerini sedanter 41 erkeğe 4 hafta boyunca günde 6 tablet şeklinde uygulamışlar ve 4 set 12 tekrarlı ekzantrik dirsek fleksiyonu yaptırmışlardır. Çalışma sonunda takviye ve plasebo grupları arasında gecikmiş kas ağrısında herhangi bir fark bulamamışlardır.

Mor tatlı patates yüksek oranda gallik asit ve flavonoid içerir (Myburgh 2014). Kontrollü randomize bir çalışmada sağlıklı sedanter katılımcılara bir hafta boyunca günlük 200 gr tatlı patates veya plasebo verilmiş ve ardından koşu bandı üzerinde %70  $VO_{2max}$ 'ta 1 saat koşu egzersizi yaptırılmıştır. Kan testleri egzersizden hemen önce ve sonra egzersiz takiben 1 saat ve 3 saat sonra gerçekleştirilmiştir. TBARS düzeyleri egzersizden 1 ve 3 saat sonra anlamlı olarak düşük çıkmıştır.

Sonuçta, tatlı patatesin oksidatif stresi ve öncül inflamatuvar sitokin ekspresyonunu azaltabileceğini belirtmişlerdir (Chang ve ark 2010). Morillas-Ruiz ve arkadaşları (2006) 30 elit bisikletçiye bir hafta boyunca çilek suyu (içeriğinde 2.3 g polifenol bulunan) veya plasebo vermişler ve bisiklet ergometresinde %70 VO<sub>2max</sub>'ta 90 dakika egzersiz yaptırmışlardır. Sonuçta çilek suyunun egzersizin neden olduğu oksidatif stresi engellediğini göstermişlerdir.

Pancar suyu beta-alanin, antosiyanidin ve flavonoid yönünden oldukça zengindir ve diğer sebzelerle karşılaştırıldığında polifenol içeriği en yüksektir (Wootton-Beard ve ark 2011). Pancar suyu ayrıca nitrat içerir ve nitrat içeriğinin performansa faydalı etkileri olabilir (Braakhuis ve Hopkins 2015). Pancar suyu nitrik oksit (NO) seviyesini yükseltir buna bağlı olarak kan akımı, gaz değişimi ve kasların kasılma gücü artar (Dominguez ve ark 2017). Murphy ve arkadaşları (2012), 11 antrenmanlı birey üzerinde yaptıkları çalışmada egzersizden 75 dakika önce sporculara pişmiş pancar veya plasebo olarak kızılılık vermişler ardından sporcuları 5 km koşturmuşlardır. Sonuçta nitrat bakımından zengin pancar tüketiminin koşu performansı üzerine etkili olduğunu vurgulamışlardır. Başka bir çalışmada elit erkek yüzücülere 6 gün boyunca 0,5 L pancar suyu veya plasebo verilmiş ardından zorluğu kademeli olarak artan yüzme testiyle oksijen tüketimi, karbondioksit üretimi, pulmoner ventilasyon ve aerobik enerji tüketimi ölçülmüştür. Sonuçta pancar suyunun anaerobik eşiği yükselttiği, aerobik enerji tüketimini azalttığı ve yüzücülerin performansına pozitif yönde etki gösterdiği belirtilmiştir (Pinna ve ark 2014). Ancak, benzer bir çalışmada 8 antrenmanlı bisikletçiye 50 millik bisiklet antrenmanından 2.5 saat önce verilen 0,5 L pancar suyunun performans üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı gösterilmiştir ve bunun akut uygulamadan dolayı gerçekleşmiş olabileceği savunulmuştur (Wilkerson ve ark 2012).

### ***Diğer Bitkisel Kaynaklı Antioksidanlar***

Çay kateşinleri, flavonoid yapı içeren güçlü antioksidan özellik gösteren polifenollerdendir (Zaveri 2006). Bir çalışmada, 60 koşucu çift-kör randomize şekilde yeşil çay ekstresi grubu ve plasebo grubuna ayrılmıştır ve gruplara 4 hafta boyunca yeşil çay ekstresi (980 mg polifenol) veya plasebo verilmiştir. Koşuculara 2 tekrarlı bisiklet sprint testi uygulanmış ve oksidatif stres belirteçlerine bakılmıştır. Sonuçta yeşil çay ekstresinin oksidatif strese karşı koruyucu olduğu ancak kas hasarı ve egzersiz performansı üzerine herhangi bir etkisinin bulunmadığı belirtilmiştir (Jowko ve ark 2015). Başka bir çalışmada 60 sedanter erkeğe 8 hafta boyunca çay kateşini (570 mg/gün) veya plasebo verilmiş ve 2 hafta boyunca aerobik kapasiteleri ölçülmüştür. Sonuçta, günlük çay kateşini kullanan bireyler plasebo grubuyla karşılaştırıldığında aerobik kapasitelerinin yükseldiği tespit edilmiştir (Ota ve ark 2016).

Epikateşin kakaoda bulunan bir polifenoldür ve reaktif oksijen türlerini nötralize eder (Shay ve ark 2015). Yirmi sedanter birey üzerinde yapılan bir çalışmada katılımcılar 3 ay boyunca siyah

çikolata (20 g/gün) veya plasebo tüketmişlerdir. Takviye öncesi ve sonrası bisiklet ergonometrisiyle  $VO_{2max}$  ölçülmüş ve oksidatif stres belirteçleri için kan testi yapılmıştır. Sonuçta siyah çikolatanın oksidatif stres belirteçlerini azalttığı ve  $VO_{2max}$ 'ı geliştirdiği gözlenmiştir (Taub ve ark 2016).

Spirulina mavi-yeşil alg ekstresidir ve içeriğinde tokoferoller,  $\beta$ -karoten, polifenoller ve fikosiyenin gibi antioksidan özellikte kimyasallar içerir (Dartsch 2008). Spirulina egzersizin neden olduğu artmış reaktif oksijen türlerini baskılayarak kas yorgunluğunu azaltabilir (Kalafati ve ark 2010). Altmış kolej öğrencisi üzerinde yapılan bir çalışmada katılımcılara 0,5 gr spirulina veya soya içeren kapsüller 3 hafta boyunca verilmiştir ve takviye öncesi ve sonrası kademeli koşu bandı egzersizi uygulanmış ve kan örnekleri alınmıştır. Çalışma sonunda spirulina alan grupta oksidatif stres belirteçlerinde azalma belirlenmiştir (Lu ve ark 2006). Başka bir çalışmada 40 sağlıklı birey (20 antrenmanlı, 20 sedanter) antrenmanlı-takviye (n=10), antrenmanlı-plasebo (n=10), sedanter-takviye (n=10) ve sedanter-plasebo (n=10) olmak üzere 4 gruba ayrılmıştır. Katılımcılar 8 hafta boyunca spirulina veya plasebo almışlardır. Takviye öncesi ve sonrası dominant kuadriseps kasının zirve gücü, ortalama gücü ve yorgunluk indeksi değerlendirilmiştir. Sonuçta 8 haftalık spirulina takviyesi izometrik kas gücünü ve izometrik kas dayanıklılığını artırmıştır (Sandhu ve ark 2010).

Badem,  $\alpha$ -tokoferol, riboflavin, magnezyum, bakır ve fosfat içerir (Chen ve ark 2006). Sekiz elit bisikletçi ve iki triatlon sporcusuna 4 hafta boyunca 75 gr/gün badem veya eşdeğer kalori içeren kurabiye verilmiş ardından 125 dakikalık istasyon çalışmasıyla performansları değerlendirilmiştir. Sonuçta badem tüketen sporcuların egzersiz performansının kurabiye tüketen sporculara göre daha yüksek olduğu saptanmıştır (Yi ve ark 2014). Başka bir çalışmada beş genç ve beş orta yaşlı sporcuya içerisinde % 3 badem yağı ve % 0,6 zeytinyağı bulunan içecek 5 hafta boyunca verilmiş egzersizin neden olduğu inflamatuvar belirteçler incelenmiştir. Sporcular takviye ve kontrol gruplarına ayrılmışlar ve yorulana kadar kademeli koşu bandı egzersizi yapmışlardır. Sonuçta badem yağı ve zeytinyağı içeren içeceğin özellikle genç sporcularda inflamatuvar süreci baskıladığı sonucuna varılmıştır (Capo ve ark 2016).

### ***Diğer Diyet Kaynaklı Antioksidanlar***

#### ***Vitaminler***

Knez ve Peake (2010) ultra dayanıklılık gerektiren triatlon sporunda sporcuların kullandıkları vitaminleri incelemişlerdir. Sonuçta en sık kullanılan vitaminler C vitamini (%97,5), E vitamini (%78,3) ve multivitamin (%47,8) olduğunu gözlemlemişlerdir. Özellikle E vitamini ve C vitamininin akut oksidatif stresi veya oksidatif strese bağlı kas hasarını azalttığı 1990'lı yılların başından beri bilinmektedir (Goldfrab ve ark 1993, McGinley ve ark 2009).

E vitamini yağda çözülebilen etkili bir antioksidandır ve membran lipitlerinin oksidatif hasarı engelleyerek hücreleri koruyabilir (Braakhuis ve Hopkins 2015). Santos ve arkadaşları (2016) dokuz fiziksel olarak aktif erkeğe 1 hafta boyunca 250 mg E vitamini vermiş ardından hipoksik koşullar altında (yükseklik stimülatörüyle 4200 m) 60 dakika %70  $VO_{2max}$  ile egzersiz uygulamışlardır. Sonuçta 1 haftalık 250 mg E vitamini takviyesinin hipoksik egzersiz sonrası hücre hasarı belirteçlerini azalttığı tespit edilmiştir. Silva ve arkadaşları (2010) 27 sedanter erkeği plasebo ve E vitamini (800 IU/gün) gruplarına rasgele ayırmışlar ve 21 gün boyunca takviye vermişlerdir. Takviye alımının 14. gününde maksimum kaldıracakları ağırlığın %80 ile tükeninceye kadar dirsek fleksiyonu ve ekstansiyonu yapmışlardır. Çalışmanın sonunda E vitamini takviyesinin kas hasarı ve oksidatif stres belirteçlerini azalttığı gösterilmiştir. Ancak 8 erkek ve 4 kadın sporcu üzerinde yapılan başka bir çalışmada 35 gün boyunca alınan E vitamininin (268 mg/gün) fizyolojik performansı etkilemediği belirtilmiştir (Cobley ve Marrin 2012).

C vitamini direkt olarak süperoksit, hidroksil ve lipid hidroperoksit radikallerini baskılar (Kojo 2004). C vitamininin aynı zamanda nötrofillerin ürettiği ROS üzerine düzenleyici etkisi bulunmaktadır (Dwenger ve ark 1992). Diğer antioksidanlar gibi C vitamini takviyesinin de egzersiz sırasındaki etkileri tartışmalıdır ve C vitamininin kas hasarı ve gecikmiş kas ağrısına iyi gelebileceği öne sürülmektedir, ancak kontrollü bir çalışmada ne dayanıklılığa ne de kuvvette artışa yol açmadığı da belirtilmiştir (Colbert ve ark 2004). C vitamininin egzersiz sırasındaki yararlı etkileri nötrofil ve monosit birikimini ve IL-1, IL-1 $\beta$  ve TNF- $\alpha$  salınımını baskılaması olabilir (Yavari ve ark 2015). Bir çalışmada C ve E vitaminlerinin birlikte kullanılmasının IL-1 $\beta$  ve TNF- $\alpha$  salınımını daha iyi baskıladığı ileri sürülmüştür (Zimmermann 2003). Başka bir çalışma 6 haftalık E ve C vitamini takviyesinin egzersize bağlı lipid peroksidasyondan koruduğu ancak inflamatuvar belirteçler üzerine etkisinin olmadığını belirtmiştir (Bloomer ve ark 2007). Colbert ve arkadaşları (2004) egzersiz kapasitesi yüksek olan veya egzersiz seviyesine bakılmaksızın sadece antioksidan takviyesi alan (E vitamini ve C vitamini veya multivitamin) yaşlı bireylerde inflamatuvar belirteçlerin daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Taghiyar ve arkadaşları (2013) bayan sporcularda 4 hafta boyunca 250 mg/gün C vitamini ve 400 IU E vitamini takviyesinin oksidatif stres ve kas hasarı belirteçlerinden malondialdehit seviyesi ve kreatin kinaz aktivitesini düşürdüğünü tespit etmişlerdir. Ancak şaşırtıcı şekilde, Teixeira ve arkadaşları (2009) antioksidan takviyelerin (C vitamini, E vitamini,  $\beta$ -karoten, selenyum) egzersizin neden olduğu lipid peroksidasyonuna ve inflamasyona karşı kullanımını önermemişler ve kas iyileşmesini geciktirebileceğini öne sürmüşlerdir.

### ***N-Asetilsistein (NAC)***

NAC, artmış reaktif oksijen türlerini temizleyen ve intrasellüler antioksidanların sentezi için sistein sağlayan önemli bir antioksidandır (Medved ve ark 2004). NAC, sağlıklı bireylerde iskelet kas



yorgunluğunu geciktirici özellik gösterir, ancak kronik olarak alınırsa antrenman adaptasyonunu inhibe eder ve performansı olumsuz etkileyebilir (Matuszczak ve ark 2005). Alınan NAC'ın sadece % 6-10 absorbe edilebilir ve hızla kana karışır (Borgström ve ark 1986). Cobley ve arkadaşları (2011) 12 antrenmanlı erkek sporcuyla plasebo ve NAC gruplarına ayırmışlar ve akut olarak NAC takviyesi vermişlerdir. Sporculara kas hasarına yol açan aralıklı egzersiz uygulamışlardır. Sonuçta kısa süreli egzersizlerde NAC takviyesinin egzersiz performansına olumlu etkisinin olabileceğini belirtmişlerdir. Benzer bir çalışmada 8 antrenmanlı birey plasebo ve NAC gruplarına ayrılmış ve akut takviye verildikten sonra katılımcılara 45 dakika % 71  $VO_{2max}$  'ta bisiklet egzersizinin ardından yoruluncaya kadar % 92  $VO_{2max}$  ile bisiklet egzersizi yaptırılmıştır. Sonuçta NAC takviyesinin kas yorgunluğunu azalttığı tespit edilmiştir (McKenna ve ark 2006). Ancak NAC kısa süreli kullanıma uygundur ve yüksek ve tekrarlanan dozlarda konjunktiva tahrişi, disfori, kusma, ishal, bulantı ve koordinasyon kaybına neden olabilir (Holdiness 1991). Düşük dozlar veya sensitizasyon için tekrarlı küçük dozlar olası yan etkileri baskılar ve 50 mg/kg kadar alınan dozun güvenli olduğu belirtilmiştir (Cobley ve ark 2011).

### ***Bazı Mineraller***

Çinko, enerji metabolizmasında ve bağışıklıkta rolü olan aynı zamanda antioksidatif etki gösteren bir mineraldir (Chu ve ark 2015). Çinko kas-iskelet sisteminde protein komplekslerinin bir parçasıdır ve laktat dehidrojenaz, süperoksit dismutaz ve karbonik anhidraz gibi metalloenzimlerin enzimatik aktivitelerini ve yapısal stabilitelerini sağlar (Samman 2007). Ayrıca nükleik asit ve protein sentezi, hücresel farklılaşma ve bölünme ve glikoz kullanımı ve insülin salgılanması için gereklidir. Bayan sporculara 8 mg/gün, erkek sporculara ise 11 mg/gün kullanmaları tavsiye edilmektedir (Lukaski 2004). Çinkonun fiziksel performans üzerine etkisi olduğu düşüncesi dayanıklılık egzersizi yapan sporcularda düşük çinko konsantrasyonlarının görülmesinden ileri gelmektedir (Dressfonder ve ark 1980). Düşük çinko diyetiyle beslenen erkeklerde çinko takviyesi alan (18,7 mg/gün) erkeklere göre egzersiz sırasında eritrosit karbonik anhidraz enziminin azaldığı ve metabolik cevapların bozulduğu tespit edilmiştir (Lukaski 2005). Yapılan bir çalışmada 24 sedanter erkek egzersiz, çinko ve çinko+egzersiz gruplarına ayrılmışlar ve egzersiz yapan katılımcılara güç, hız, dayanıklılık ve koordinasyon egzersizlerini içeren bir program uygulanmıştır. Sonuçta egzersiz ve çinko takviyesinin kombine kullanılması hematolojik parametreleri pozitif etkilemiş ve bunun sonucunda egzersiz performansı artış göstermiştir (Polat 2011).

Demir elektronları kolayca yer değiştirir ve bu nedenle redoks reaksiyonları yoluyla elektron transferinde gerekli olan enzimatik fonksiyonlarda kullanılır (Buratti ve ark 2015). Bu nedenle demir oksijen taşınması, hücre solunumu ve DNA sentezi gibi çeşitli fonksiyonlar için vazgeçilmez mineraldir (Cairo ve ark 2006). Hemoglobinin çalışan kaslara oksijen taşınmasında ve mitokondriyal

enerji üretiminde kilit rol oynadığı ve atletik performansı etkilediği gösterilmiştir (Reinke ve ark 2012). Özellikle bayan sporcularda demir eksikliğinin atletik performansı etkilediği belirtilmiştir (DellaValle 2013). 31 bayan kürekçide yapılan bir çalışmada katılımcılar demir takviye grubu (100 mg/gün) ve kontrol grubu olarak rastgele ayrılmışlardır. Katılımcılara 6 haftalık takviyenin ardından 4 km'lik fiziksel performans testi (kürek çekme) uygulanmıştır. Sonuçta demir takviyesi alan katılımcıların kontrol grubuna göre daha yüksek performans gösterdikleri tespit edilmiştir (DellaValle ve Hass 2014).

Magnezyum hücresel enerji üretimi ve depolanması, protein sentezi, DNA ve RNA sentezi, hücre büyümesi ve çoğalması, adenilat siklaz sentezi, mitokondriyal membranların oluşumu ve stabilizasyonu gibi birçok enzimatik reaksiyonda yer alan önemli bir bileşiktir (Newhouse ve Finstad 2000). Magnezyum yetersizliği fiziksel performansta azalmaya neden olur (Matias ve ark 2010). Sağlıklı yaşlı kadınlarda yapılan çalışmada katılımcılar tedavi (300 mg/gün magnezyum) ve kontrol gruplarına ayrılmışlar ve kısa süreli performans testi gerçekleştirilmiştir, ardından tedavi grubuna 12 hafta boyunca magnezyum takviyesi uygulanmıştır. On ikinci haftanın sonunda performans testi tekrar edilmiştir. Sonuçta magnezyum takviyesi alan grup kontrol grubuna göre daha yüksek performans göstermiştir (Veronese ve ark 2014). Santos ve arkadaşları (2011) elit basketbol, voleybol ve hentbol sporcularıyla yaptıkları çalışmada diyetle yeterli miktarda alınan magnezyumun izometrik güç artışına neden olduğunu tespit etmişlerdir. Setaro ve arkadaşları (2014) elit erkek voleybol oyuncularını takviye (350 mg/gün magnezyum) ve plasebo (500 mg maltodekstrin) gruplarına ayırmışlar ve katılımcılara 4 hafta boyunca takviye vermişlerdir. Takviye öncesi ve sonrası pilometrik (çeşitli yönlerde zıplama) ve izokinetik performans testleri uygulamışlardır. Sonuçta magnezyum takviyesi alan sporcularda anaerobik performansın plasebo grubuna göre geliştiğini göstermişlerdir.

## Sonuç

Egzersiz sonucunda oluşan serbest radikaller düşük dozlarda önemli fizyolojik fonksiyonlar için gereklidir. Ancak şiddetli egzersiz sonucunda fazla üretilen serbest radikaller vücudun endojen antioksidan savunmasına üstün gelerek redoks dengesini bozabilirler. Bu dengesizlik hücre yapısına ve mitokondriyal fonksiyonlara zarar vererek çizgili kaslarda performans düşüklüğüne neden olabilir. Antioksidanların yararlı fizyolojik etkileri uzun zamandan beri bilinmektedir. Diyetle alınan antioksidanlar, çizgili kaslarda egzersiz sırasında bozulan redoks dengesini düzelterek performans artışına neden olabilir. Ancak, özellikle bitki ve meyvelerden elde edilen antioksidan bileşiklerinin yapısı ve biyolojik etkileri karmaşıktır ve yapılan çalışmalarda farklı sonuçlar elde edilmiştir. Bu sebeple ileride yapılacak daha kapsamlı araştırmaların, diyetle alınan antioksidanların egzersiz performansı üzerine etkilerini aydınlatacağını düşünüyoruz.

## Kaynaklar

- Alessio HM 1993. Exercise-induced oxidative stress. *Med Sci Sports Exerc.* 25, 218-24.
- Azqueta A, Collins A, 2016. Polyphenols and DNA Damage: A Mixed Blessing. *Nutrients.* 3, 8-12.
- Bloomer RJ, Falvo MJ, Schilling BK, Smith WA, 2007. Prior exercise and antioxidant supplementation: effect on oxidative stress and muscle injury. *J Int Soc Sports Nutr.* 3, 4-9.
- Borgström L, Kagedal B, Paulsen O, 1986. Pharmacokinetics of N-acetylcysteine in man. *Eur J Clin Pharmacol.* 31, 217-222.
- Bowtell JL, Sumners DP, Dyer A, Fox P, Mileva KN, 2011. Montmorency cherry juice reduces muscle damage caused by intensive strength exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 43, 1544-1551.
- Bravo L, 1998. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutr Rev.* 56, 317-333.
- Buratti P, Gammella E, Rybinska I, Cairo G, Recalcati S, 2015. Recent Advances in Iron Metabolism: Relevance for Health, Exercise, and Performance. *Med Sci Sports Exerc.* 47, 1596-604.
- Cairo G, Bernuzzi F, Recalcati S, 2006. A precious metal: Iron, an essential nutrient for all cells. *Genes Nutr.* 1, 25-39.
- Capo X, Martorell M, Sureda A, Riera J, Drobnic F, Tur JA, Pons A, 2016. Effects of Almond- and Olive Oil-Based Docosahexaenoic- and Vitamin E-Enriched Beverage Dietary Supplementation on Inflammation Associated to Exercise and Age. *Nutrients.* 9, 8-10.
- Chang WH, Hu SP, Huang YF, Yeh TS, Liu JF, 2010. Effect of purple sweet potato leaves consumption on exercise-induced oxidative stress and IL-6 and HSP72 levels. *J Appl Physiol.* 109, 1710-15.
- Chen CY, Lapsley K, Blumberg J, 2006. A nutrition and health perspective on almonds. *J Sci Food Agric.* 86, 2245-2250.
- Chu A, Petocz P, Samman S, 2016. Immediate Effects of Aerobic Exercise on Plasma/Serum Zinc Levels: A Meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc.* 48, 726-33.
- Cobley JN, Marrin K, 2012. Vitamin E supplementation does not alter physiological performance at fixed blood lactate concentrations in trained runners. *J Sports Med Phys Fitness.* 52, 63-70.

Cobley JN, McGlory C, Morton JP, Close GL, 2011. N-Acetylcysteine's attenuation of fatigue after repeated bouts of intermittent exercise: practical implications for tournament situations. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 21, 451-61.

Colbert LH, Visser M, Simonsick EM, Tracy RP, Newman AB, Kritchevsky SB, Pahor M, Taaffe DR, Brach J, Rubin S, Harris TB, 2004. Physical activity, exercise, and inflammatory markers in older adults: findings from the Health, Aging and Body Composition Study. *J Am Geriatr Soc.* 52, 1098-104.

Connolly DA, McHugh MP, Padilla-Zakour OI, Carlson L, Sayers SP, 2006. Efficacy of a tart cherry juice blend in preventing the symptoms of muscle damage. *Br J Sports Med.* 40, 679-83.

Cureton KJ, Tomporowski PD, Singhal A, Pasley JD, Bigelman KA, Lambourne K, Trilk JL, McCully KK, Arnaud MJ, Zhao Q, 2009. Dietary quercetin supplementation is not ergogenic in untrained men. *J Appl Physiol.* 107, 1095-104.

Dartsch PC, 2008. Antioxidant potential of selected *Spirulina platensis* preparations. *Phytother Res.* 22, 627-633.

Davis JM, Carlstedt CJ, Chen S, Carmichael MD, Murphy EA, 2010. The dietary flavonoid quercetin increases VO<sub>2</sub>(max) and endurance capacity. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 20, 1-3.

DellaValle DM, 2013. Iron supplementation for female athletes: effects on iron status and performance outcomes. *Curr Sports Med Rep.* 12, 234-9.

DellaValle DM, Haas JD, 2014. Iron supplementation improves energetic efficiency in iron-depleted female rowers. *Med Sci Sports Exerc.* 46, 1204-15.

Domínguez R, Cuenca E, Maté-Muñoz JL, García-Fernández P, Serra-Paya N, Estevan MC, Herreros PV, Garnacho-Castaño MV, 2017. Effects of Beetroot Juice Supplementation on Cardiorespiratory Endurance in Athletes. A Systematic Review. *Nutrients.* 6, 1-9.

Durazzo A, Zaccaria M, Polito A, Maiani G, Carcea M, 2013. Lignan Content in Cereals, Buckwheat and Derived Foods. *Foods.* 2, 53-63.

Dwenger A, Funck M, Lueken B, Schweitzer G, Lehmann U, 1992. Effect of ascorbic acid on neutrophil functions and hypoxanthine/xanthine oxidase-generated, oxygen-derived radicals. *Eur J Clin Chem Clin Biochem.* 30, 184-91.

Finaud J, Lac G, Filaire E, 2006. Oxidative stress : relationship with exercise and training. *Sports Med.* 36, 327-58.

Ganio MS, Armstrong LE, Johnson EC, Klau JF, Ballard KD, Michniak-Kohn B, Kaushik D, Maresh CM, 2010. Effect of quercetin supplementation on maximal oxygen uptake in men and women. *J Sports Sci.* 28, 201-8.

Gliemann L, Schmidt JF, Olesen J, Biensø RS, Peronard SL, Grandjean SU, Mortensen SP, Nyberg M, Bangsbo J, Pilegaard H, Hellsten Y, 2013. Resveratrol blunts the positive effects of exercise training on cardiovascular health in aged men. *J Physiol.* 591, 5047-59.

Goldfarb AH, 1993. Antioxidants: role of supplementation to prevent exercise-induced oxidative stress. *Med Sci Sports Exerc.* 25, 232-6.

Goldfarb AH, Garten RS, Cho C, Chee PD, Chambers LA, 2011. Effects of a fruit/berry/vegetable supplement on muscle function and oxidative stress. *Med Sci Sports Exerc.* 43, 501-8.

Holdiness MR, 1991. Clinical pharmacokinetics of N-acetylcysteine. *Clin Pharmacokinet.* 20, 123-34.

Hurst RD, Wells RW, Hurst SM, McGhie TK, Cooney JM, Jensen DJ, 2010. Blueberry fruit polyphenolics suppress oxidative stress-induced skeletal muscle cell damage in vitro. *Mol Nutr Food Res.* 54, 353-63.

Ishrat T, Khan MB, Hoda MN, Yousuf S, Ahmad M, Ansari MA, Ahmad AS, Islam F, 2006. Coenzyme Q10 modulates cognitive impairment against intracerebroventricular injection of streptozotocin in rats. *Behav Brain Res.* 171, 9-16.

Jówko E, Długołęcka B, Makaruk B, Cieśliński I, 2015. The effect of green tea extract supplementation on exercise-induced oxidative stress parameters in male sprinters. *Eur J Nutr.* 54, 183-91.

Jówko E, Sacharuk J, Balasińska B, Ostaszewski P, Charnas M, Charnas R, 2011. Green tea extract supplementation gives protection against exercise-induced oxidative damage in healthy men. *Nutr Res.* 31, 813-21.

Kalafati M, Jamurtas AZ, Nikolaidis MG, Paschalis V, Theodorou AA, Sakellariou GK, Koutedakis Y, Kouretas D, 2010. Ergogenic and antioxidant effects of spirulina supplementation in humans. *Med Sci Sports Exerc.* 42, 142-51.

Kang SW, Hahn S, Kim JK, Yang SM, Park BJ, Chul Lee S, 2012. Oligomerized lychee fruit extract (OLFE) and a mixture of vitamin C and vitamin E for endurance cap

acity in a double blind randomized controlled trial. *J Clin Biochem Nutr.* 50, 106-13.

Knez WL, Peake JM, 2010. The prevalence of vitamin supplementation in ultraendurance triathletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 20, 507-14.

Kressler J, Millard-Stafford M, Warren GL, 2011. Quercetin and endurance exercise capacity: a systematic review and meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc.* 43, 2396-404.

Kojo S, 2004. Vitamin C: basic metabolism and its function as an index of oxidative stress. *Curr Med Chem.* 11, 1041-64.

Lafay S, Jan C, Nardon K, Lemaire B, Ibarra A, Roller M, Houvenaeghel M, Juhel C, Cara L, 2009. Grape extract improves antioxidant status and physical performance in elite male athletes. *J Sports Sci Med.* 8, 468-80.

Lu HK, Hsieh CC, Hsu JJ, Yang YK, Chou HN, 2006. Preventive effects of *Spirulina platensis* on skeletal muscle damage under exercise-induced oxidative stress. *Eur J Appl Physiol.* 98, 220-6.

Lukaski HC, 2004. Vitamin and mineral status: effects on physical performance. *Nutrition.* 20, 632-44.

Lukaski HC, 2005. Low dietary zinc decreases erythrocyte carbonic anhydrase activities and impairs cardiorespiratory function in men during exercise. *Am J Clin Nutr.* 81, 1045-51.

Manach C, Scalbert A, Morand C, Rémésy C, Jiménez L, 2004. Polyphenols: food sources and bioavailability. *Am J Clin Nutr.* 79, 727-47.

Manach C, Williamson G, Morand C, Scalbert A, Rémésy C, 2005. Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. I. Review of 97 bioavailability studies. *Am J Clin Nutr.* 81, 230-42.

Matias CN, Santos DA, Monteiro CP, Silva AM, Raposo Mde F, Martins F, Sardinha LB, Bicho M, Laires MJ, 2010. Magnesium and strength in elite judo athletes according to intracellular water changes. *Magnes Res.* 23, 138-41.

Matuszczak Y, Farid M, Jones J, Lansdowne S, Smith MA, Taylor AA, Reid MB, 2005. Effects of N-acetylcysteine on glutathione oxidation and fatigue during handgrip exercise. *Muscle Nerve.* 32, 633-38.

McAnulty SR, Nieman DC, McAnulty LS, Lynch WS, Jin F, Henson DA, 2011. Effect of mixed flavonoids, n-3 fatty acids, and vitamin C on oxidative stress and antioxidant capacity before and after intense cycling. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 21, 328-37.

McGinley C, Shafat A, Donnelly AE, 2009. Does antioxidant vitamin supplementation protect against muscle damage? *Sports Med.* 39, 1011-32.

McKenna MJ, Medved I, Goodman CA, Brown MJ, Bjorksten AR, Murphy KT, Petersen AC, Sostaric S, Gong X, 2006. N-acetylcysteine attenuates the decline in muscle Na<sup>+</sup>,K<sup>+</sup>-pump activity and delays fatigue during prolonged exercise in humans. *J Physiol.* 576, 279-88.

MacRae HS, Mefferd KM, 2006. Dietary antioxidant supplementation combined with quercetin improves cycling time trial performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 16, 405-19.

Medved I, Brown MJ, Bjorksten AR, Murphy KT, Petersen AC, Sostaric S, Gong X, McKenna MJ, 2004. N-acetylcysteine enhances muscle cysteine and glutathione availability and attenuates fatigue during prolonged exercise in endurance-trained individuals. *J Appl Physiol.* 97, 1477-85.

Morillas-Ruiz JM, Villegas García JA, López FJ, Vidal-Guevara ML, Zafrilla P, 2006. Effects of polyphenolic antioxidants on exercise-induced oxidative stress. *Clin Nutr.* 25, 444-453.

Murphy M, Eliot K, Heuertz RM, Weiss E, 2012. Whole beetroot consumption acutely improves running performance. *J Acad Nutr Diet.* 112, 548-52.

Myburgh KH, 2014. Polyphenol supplementation: benefits for exercise performance or oxidative stress? *Sports Med.* 44, 57-70.

Newhouse IJ, Finstad EW, 2000. The effects of magnesium supplementation on exercise performance. *Clin J Sport Med.* 10, 195-200.

Nieman DC, Williams AS, Shanely RA, Jin F, McAnulty SR, Triplett NT, Austin MD, Henson DA, 2010. Quercetin's influence on exercise performance and muscle mitochondrial biogenesis. *Med Sci Sports Exerc.* 42, 338-45.

Ota N, Soga S, Shimotoyodome A, 2016. Daily consumption of tea catechins improves aerobic capacity in healthy male adults: a randomized double-blind, placebo-controlled, crossover trial. *Biosci Biotechnol Biochem.* 80, 2412-17.

Pinna M, Roberto S, Milia R, Marongiu E, Olla S, Loi A, Migliaccio GM, Padulo J, Orlandi C, Tocco F, Concu A, Crisafulli A, 2014. Effect of beetroot juice supplementation on aerobic response during swimming. *Nutrients.* 6, 605-15.

Polat Y, 2011. Effects of zinc supplementation on hematological parameters of high performance athletes. *Afr J Pharm Pharmacol.* 5, 1436-40.

Powers SK, Jackson MJ, 2008. Exercise-induced oxidative stress: cellular mechanisms and impact on muscle force production. *Physiol Rev.* 88, 1243-76.

Reinke S, Taylor WR, Duda GN, von Haehling S, Reinke P, Volk HD, Anker SD, Doehner W, 2012. Absolute and functional iron deficiency in professional athletes during training and recovery. *Int J Cardiol.* 156, 186-91.

Richardson RS, Donato AJ, Uberoi A, Wray DW, Lawrenson L, Nishiyama S, Bailey DM, 2007. Exercise-induced brachial artery vasodilation: role of free radicals. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 292, 1516-22.

Romero-Pérez AI, Ibern-Gómez M, Lamuela-Raventós RM, de La Torre-Boronat MC, 1999. Piceid, the major resveratrol derivative in grape juices. *J Agric Food Chem.* 47, 1533-6.

Sakellariou GK, Jackson MJ, Vasilaki A, 2014. Redefining the major contributors to superoxide production in contracting skeletal muscle. The role of NAD(P)H oxidases. *Free Radic Res.* 48, 12-29.

Samman S, 2007. Zinc. *Nutr Diet.* 64, 131-134.

Sandhu J.S, Bhardwaj D, Shenoy S, 2010. Efficacy of Spirulina Supplementation on Isometric Strength and Isometric Endurance of Quadriceps in Trained and Untrained Individuals – a comparative study. *İbnosina J Med Bio Sci.* 2, 79-86.

Santos DA, Matias CN, Monteiro CP, Silva AM, Rocha PM, Minderico CS, Bettencourt Sardinha L, Laires MJ, 2011. Magnesium intake is associated with strength performance in elite basketball, handball and volleyball players. *Magnes Res.* 24, 215-19.

Santos SA, Silva ET, Caris AV, Lira FS, Tufik S, Dos Santos RV, 2016. Vitamin E supplementation inhibits muscle damage and inflammation after moderate exercise in hypoxia. *J Hum Nutr Diet.* 29, 516-22.

Setaro L, Santos-Silva PR, Nakano EY, Sales CH, Nunes N, Greve JM, Colli C, 2014. Magnesium status and the physical performance of volleyball players: effects of magnesium supplementation. *J Sports Sci.* 32, 438-45.

Shay J, Elbaz HA, Lee I, Zielske SP, Malek MH, Hüttemann M, 2015. Molecular Mechanisms and Therapeutic Effects of (-)-Epicatechin and Other Polyphenols in Cancer, Inflammation, Diabetes, and Neurodegeneration. *Oxid Med Cell Longev.* 9, 1-13.

Silva LA, Pinho CA, Silveira PC, Tuon T, De Souza CT, Dal-Pizzol F, Pinho RA, 2010. Vitamin E supplementation decreases muscular and oxidative damage but not inflammatory response induced by eccentric contraction. *J Physiol Sci.* 60, 51-7.

Sousa M, Teixeira VH, Soares J, 2014. Dietary strategies to recover from exercise-induced muscle damage. *Int J Food Sci Nutr.* 65, 151-63.



Teixeira VH, Valente HF, Casal SI, Marques AF, Moreira PA, 2009. Antioxidants do not prevent postexercise peroxidation and may delay muscle recovery. *Med Sci Sports Exerc.* 41, 1752-60.

Tennant DR, Davidson J, Day AJ, 2014. Phytonutrient intakes in relation to European fruit and vegetable consumption patterns observed in different food surveys. *Br J Nutr.* 112, 1214-25.

Trombold JR, Reinfeld AS, Casler JR, Coyle EF, 2011. The effect of pomegranate juice supplementation on strength and soreness after eccentric exercise. *J Strength Cond Res.* 25, 1782-8.

Urso ML, Clarkson PM, 2003. Oxidative stress, exercise, and antioxidant supplementation. *Toxicology.* 189, 41-54.

Veronese N, Berton L, Carraro S, Bolzetta F, De Rui M, Perissinotto E, Toffanello ED, Bano G, Pizzato S, Miotto F, Coin A, Manzato E, Sergi G, 2014. Effect of oral magnesium supplementation on physical performance in healthy elderly women involved in a weekly exercise program: a randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr.* 100, 974-81.

Wilkerson DP, Hayward GM, Bailey SJ, Vanhatalo A, Blackwell JR, Jones AM, 2012. Influence of acute dietary nitrate supplementation on 50 mile time trial performance in well-trained cyclists. *Eur J Appl Physiol.* 112, 4127-34.

Wootton-Beard PC, Moran A, Ryan L, 2011. Stability of the total antioxidant capacity and total polyphenol content of 23 commercially available vegetable juices before and after in vitro digestion measured by FRAP, DPPH, ABTS and Folin–Ciocalteu methods. *Food Res Int.* 44, 217-224.

Yi M, Fu J, Zhou L, Gao H, Fan C, Shao J, Xu B, Wang Q, Li J, Huang G, Lapsley K, Blumberg JB, Chen CY, 2014. The effect of almond consumption on elements of endurance exercise performance in trained athletes. *J Int Soc Sports Nutr.* 11,11-18.

Zaveri NT, 2006. Green tea and its polyphenolic catechins: medicinal uses in cancer and noncancer applications. *Life Sci.* 78, 2073-80.

Zimmermann MB, 2003. Vitamin and mineral supplementation and exercise performance. *Sportmed Sporttrav.* 5, 53-57.