

C Vitamini İlavesinin Egzersiz Performansına ve Kas Hasarına Etkisi

Effects of Vitamin C Supplementation on Exercise Performance and Muscle Damage

Hayriye ÇAKIR ATABEK^a
Filiz ÖZDEMİR^b

^a Anadolu Üniversitesi,
Beden Eğitimi ve Spor Yüksek-
okulu, Eskişehir

^b Anadolu Üniversitesi,
Eczacılık Fakültesi, Biyokimya
A.B.D., Eskişehir

Geliş Tarihi/Received: 01.07.2010
Kabul Tarihi/Accepted: 20.09.2010

Yazışma Adresi/Correspondence:
Hayriye ÇAKIR ATABEK
Anadolu Üniversitesi Beden Eği-
timi ve Spor Yüksekokulu,
İki Eylül Kampüsü, 26555
Eskişehir
TÜRKİYE/TURKEY
hayriyecakir@anadolu.edu.tr
hari03123@hotmail.com

ÖZET: Vitamin ilavelerinin egzersiz performansını arttırdığı yönünde yaygın bir inanç vardır. Bununla birlikte vitamin ilavesinin performansı neden arttırması gerektiği ile ilgili teorik temel açık değildir. Kullanımının yaygın olmasından dolayı, bu derleme sadece C vitamini ilavesinin egzersiz performansına ve kas hasarına etkisini inceleyen araştırmalar ile sınırlandırılmıştır. Konu ile ilgili araştırma sonuçları çelişkilidir, bu nedenle kesin bir yargıya ulaşmak güçtür. Sonuç olarak, C vitamini ilavesi dayanıklılık ve kuvvet performansında artışa neden olmamaktadır, ancak C vitamini ilavesi oksidatif stresi, dolayısıyla kas hasarını ve kas ağrısını azaltabilir. Belirli koşullar altında C vitamini ilavesinin oksidatif stresi ve hücrel hasarı şiddetlendirdiği, lipid peroksidasyon seviyesini arttırdığı gösterilmiştir. Geliş güzel alınacak C vitamini ilavesi pro-oksidan etki gösterebilir. C vitamini ilavesi almak yerine, her koşulda yeterli ve dengeli besin tüketilmelidir.

Anahtar Kelimeler: C vitamini, antioksidan ilave, oksidatif stres, egzersiz, pro-oksidan etki.

ABSTRACT: It is believed that vitamin supplements enhance exercise performance. Furthermore, the theoretical basis related with why vitamin supplements should increase sports performance is not clear. Because of the frequent use of vitamin C, this review is limited to studies focusing on the effects of vitamin C supplementation on exercise performance and muscle damage. The results of the studies are conflicted so it is difficult to make the final conclusion. In conclusion, vitamin C supplementation doesn't improve endurance and strength performance, furthermore it may attenuate oxidative stress and also muscle damage and soreness. It has been demonstrated that, under some conditions, vitamin C supplementation exacerbates oxidative stress and cellular damage, and increases the lipid peroxidation level. The indiscriminate use of vitamin C supplement may react as pro-oxidant. Instead of using vitamin C supplements, in all cases, adequate and well-balanced diet should be consumed.

Key Words: Vitamin C, antioxidant supplementation, oxidative stress, exercise, pro-oxidant effect

Vitaminler insan organizmasında sentezlenemeyen, hücrelerin fonksiyonları için gerekli olan ve bu nedenle mutlaka besinlerle birlikte alınması gereken organik bileşiklerdir¹. Vitaminler enerji kaynağı olarak kullanılmazlar, ancak enerji oluşumunda besin öğelerinin elverişli bir şekilde kullanılmasına yardımcı olurlar^{2,3}. Bunun yanı sıra sinir ve sindirim sisteminin normal çalışmasına, büyümeye ve vücut direncine yardımcı olmak gibi görevleri de vardır². Vitaminler genel anlamda vücuttaki bileşiklerin bir parçası olmaktan ziyade düzenleyici fonksiyon gösterirler. Bu yönleri ile hormonlara benzerler ve metabolik olaylarda katalizör rolü oynarlar^{2,3}.

Birçok kişi genel sağlık durumunu iyileştirmek, daha dinç ve enerjik hissetmek amacıyla, bazı koşullarda da yaşlanma sürecini geciktirmek amacıyla, düzenli olarak vitamin ilavesi (supplements) almaktadır. Örneğin; E vitamini (α - tokoferol), C vitamini (askorbik asit), A vitamini (β -karoten) ve B grubu (tiyamin, riboflavin, niyasin, pantotenik asit, piridoksin, kobalamin) vitaminleri tek başına ya da multi-vitamin tableti şeklinde tüketilmektedir.

Vitamin ilavelerinin spordaki kullanım amacı ise daha iyi performans sergilemektir. Bu nedenle vitamin ilaveleri sporcular tarafından en sık kullanılan maddelerdir. Profesyonel sporcuların katıldığı bir araştırmada (n=582), multi-vitamin/mineral tüketiminin %13.5 ve C vitamini tüketiminin %6.4 olduğu rapor edilmiştir⁴. Adölesan sporcular arasında yapılan bir başka araştırmada ise (n=742) katılımcıların %38'inin vitamin/mineral ilavesi aldığı ve çoğunun (%62), özellikle erkeklerin, vitamin/mineral tüketiminin sportif performansı geliştirdiğine inandığı kaydedilmiştir⁵. Ülkemizde profesyonel güreşçilerin katıldığı bir araştırmada da benzer şekilde, %92.8 oranında vitamin ilavesinin performansı arttırdığına inanıldığı bulunmuştur⁶. Tüm ilave madde çeşitlerinin içinde vitamin ve antioksidan tüketiminin %84 olduğu rapor edilmiştir⁷. Bu araştırma sonuçları, vitamin ilavesinin performansı arttırdığına dair inancın yaygın olduğunu göstermektedir^{4,5,6,7}.

Vitamin eksikliğinin sportif performansı olumsuz yönde etkilediği ya da azalttığı konusunda görüşler vardır^{8,9}, ancak vitamin eksikliğinin per-

formansı bozuyor olması, vitamin ilavesinin performansı arttıracığı anlamına da gelmez⁹. Bununla birlikte vitamin ilavesinin performansı neden arttırması gerektiği ile ilgili teorik temel açık değildir^{10,11}.

Tarihsel süreç incelendiğinde başlangıçta asil odak noktanın vitamin ilavelerinin egzersiz performansını arttırıp arttırmayacağı sorusu olduğu dikkati çekmektedir. Bu nedenle öncelikle solunum ve kardiovasküler sistem ile ilişkili parametreler incelenmiştir¹². Konu ile ilgili araştırmalar devam etmektedir. Vitaminlerin antioksidan savunma sistemi içindeki rolünün belirlenmesinden sonra araştırmalar vitamin ilavelerinin oksidatif stres ve antioksidan savunma sistemine etkilerini, dolayısıyla kas hasarına ve toparlanma sürecine etkilerini incelemeye yönelmiştir. Araştırma sonuçları çelişkilidir ve egzersize bağlı olarak vitamin ilavelerine gerçekten ihtiyaç var mıdır sorusu halen cevaplandırılmış değildir^{11,13}.

Kullanımının yaygın olmasından dolayı, bu derlemede sadece C vitamini ilavesinin egzersiz performansına ve kas hasarına etkisi incelenmiştir. Öncelikle C vitaminin organizma için öneminden ve sporda kullanım amaçlarından bahsedilmiştir. Daha sonra serbest radikal, antioksidan savunma sistemi ve oksidatif stres kavramları tanımlanmıştır. Egzersizin oksidatif strese etkisinden bahsettikten sonra, C vitamini ilavesinin egzersiz performansına ve kas hasarına etkisini inceleyen araştırmalar derlenmiştir.

C Vitamini (Askorbik Asit)

C vitamini; kıvrıkdak ve kemik gelişiminde, immünte ve yaraların iyileşmesinde, demir emiliminde ve stres durumunda bazı hormonların salınımında etkilidir^{9,14}. E vitamini ile birlikte antioksidan etki gösterir ve güçlü bir indirgeyicidir^{2,3,9,14}. Diyete ek olarak tüketilmesi koroner kalp hastalığı ve kanser gibi bazı hastalıkların riskini azalttığı belirtilmiştir¹. Organizmada belirtilen yararlı etkilerinin yanı sıra antioksidan etkili C vitaminin sporcular tarafından kullanım amaçları şu şekilde sıralanabilir;

- Daha iyi performans sergilemek,

— Yorucu bir egzersiz sonrasında daha çabuk ve tamamen toparlanmak,

— Daha sert ve şiddetli (kaliteli) antrenman yapmak,

— Antioksidan etkisi dikkate alındığında da, egzersizin neden olduğu serbest radikal üretimini azaltmak, oksidatif stresi ve dolayısıyla kas hasarını azaltmak.

Serbest Radikaller

Serbest radikaller, aerobik metabolizmanın fizyolojik ürünüdür ve sinyalizasyon, programlanmış hücre ölümü (apoptosis), antioksidan savunma sistemini aktive etmek gibi birçok farklı görev için organizma tarafından kullanılmaktadırlar¹⁵. Kontrolsüz bir şekilde üretildiklerinde nükleik asit, protein ve lipid gibi biyomolekülleri oksitler ve genetik bilginin (DNA) değişmesine, protein yapısının bozulmasına, enzim aktivitesinin engellenmesine ve hücre membranının zedelenmesine neden olurlar^{16,17}.

Antioksidan Savunma Sistemi ve Oksidatif Stres

Serbest radikallerin zarar verici etkilerine karşı koymak için antioksidan savunma sistemi geliştirilmiştir. Antioksidan savunma sistemi; katalaz (CAT), süperoksit dismutaz (SOD), glutatyon peroksidaz (GSH-Px) gibi enzimleri, A vitamini (karotenoid), E vitamini (α -tokoferol), C vitamini (askorbik asit), glutatyon, ubikinon ve flavonoidler gibi enzimatik olmayan antioksidanları içerir¹³.

Antioksidanlar; temizleyici (scavenging), bastırıcı (quencher), onarıcı (repair) ve zincir kırıcı (chain breaking) olarak etki gösterebilirler¹⁴. A vitamini ve ubikinoller temizleyici antioksidanlara, α -tokoferol ise zincir kırıcı antioksidanlara örnek verilebilir^{16,18}. Lipit hidroksil radikali'ni (ROO•) indirgeyen α -tokoferol kendisi radikal hale gelir ve yeniden radikal olmayan yapıya geri dönüşünde C vitamini görev alır (denklem 1 ve 2). C vitamini, süperoksit (O₂•) ve hidroksil radikali (OH•) ile kolayca reaksiyona girerek onları temizler^{11,16,18}.

ROO• + α -tokoferol (E vitamini) \rightarrow ROOH + E vitamini radikali
(denklem 1)

E vitamini radikali + C vitamini \rightarrow E vitamini + C vitamini radikali
(denklem 2)

Normal koşullar altında antioksidan savunma sistemi ve serbest radikal üretimi arasında denge vardır. Ancak, dengenin bozulması ve serbest radikallerin üretimi yönüne kayması durumunda oksidatif stres meydana gelir^{16,19,20}.

Egzersiz ve Oksidatif Stres

Fiziksel aktivitenin sağlık üzerine birçok yararlı etkisi olduğu bilinmektedir. Ancak akut aerobik ve anaerobik egzersizlerin serbest radikal üretimini arttırdığı, antioksidan savunma sistemini farklı şekillerde etkilediği ve oksidatif stres oluşturduğu, dolayısıyla hücre hasar meydana getirdiği rapor edilmiştir^{17,19,20,21,22,23,24}.

Akut egzersizlerin oksidatif strese neden olduğu belirlenmiş olmasına rağmen^{25,26}, düzenli olarak uzun süreli uygulanan aerobik ve anaerobik (direnc) egzersizlerin lipit peroksidasyon [*malondialdehit (MDA)*, *tiyobarbiturik asit reaktif substans (TBARS)*] seviyesini azalttığı^{27,28,29,30} ve antioksidan enzim aktivitelerini (SOD, GSH-Px, CAT) arttırdığı belirlenmiştir^{31,32,33}. Bu olgu egzersizin neden olduğu adaptasyonların bir sonucudur¹⁵.

Burada vurgulanması gereken üç önemli nokta vardır:

— Oksidatif stres terimi, serbest radikal saldırısı doku hasarı ile sonuçlandığı durumda veya doku için hasar verici başka bileşiklerin oluşumu durumunda kullanılmaktadır.

— Oksidatif stres doğrudan (elektron spin – elektron paramagnetik rezonans yöntemi ile) yada dolaylı olarak değerlendirilebilir^{13,34}. Lipit peroksidasyon [lipit hidroperoksit (LOOH), MDA], protein oksidasyon ve DNA oksidasyon ürünleri ile antioksidan enzim aktivitesi (SOD, CAT ve GSH-Px) ve antioksidan bileşiklerin [okside glutatyon (GSSG), redükte glutatyon (GSH)] seviyesinde meydana gelen değişim oksidatif stresin dolaylı olarak değerlendirilmesinde kullanılmaktadır.

— Gecikmiş kas ağrısı [delayed onset muscle soreness (DOMS)] egzersizin neden olduğu kas hasarının bir göstergesidir^{11,13,35} bu nedenle bazı ça-

lışmalarda C vitamini ilavesinin kas ağrısını azaltıp azaltmayacağı araştırılmıştır. Bunun yanı sıra azalan kas gücü (izometrik ve dinamik) ve eklem hareket açısı (range of motion - ROM) kas hasarının dolaylı belirteçleri olarak değerlendirilir³⁵. Bunlara ek olarak kreatin kinaz (CK) ve laktat dehidrogenaz (LDH) kas hasarının en yaygın belirteçleridir.

C Vitamini İlavesinin Egzersiz Performansına ve Kas Hasarına Etkisi

Amaç “kazanmak” ve “her koşulda daha iyi performans sergilemek” olduğunda, çeşitli ilave maddelerin sportif performansı olumlu yönde etkileyip etkilemediğinin tartışılması çok doğaldır. C vitamini ilavesinin performansa etkisini inceleyen ilk çalışma 1937 yılında yayınlanmıştır¹², 1970’li yıllarda hız kazanmış ve güncelliğini hala korumaktadır.

On iki haftalık antrenman döneminde 1000 mg/gün C vitamini ilavesinin hava kuvvetleri elemanlarında yürü/koş saha testi performansını artırmadığı belirtilmiştir³⁶. Bir başka çalışmada 2 haftalık 1000 mg/gün C vitamini ilavesinin, bisiklet ergometresinde şiddeti giderek artan egzersiz testinde uygulanan toplam iş miktarını etkilemediği tespit edilmiştir¹². Fakat C vitamini ilavesinin 170 kalp atım hızı/dk (KAH/dk) şiddetindeki fiziksel çalışma kapasitesini önemli miktarda arttırdığı rapor edilmiştir. C vitamini alan bireylerde belirli submaksimal iş yükünde daha düşük KAH kaydedilmiş olması, egzersiz sırasında daha ekonomik kalp fonksiyonlarının işaretidir¹². C vitamini ilavesinin anaerobik performans üzerine yararlı etkisinin olmadığını gösteren çalışma bulguları vardır^{37, 38}.

Buzina ve Subaticanec’in (1985) yapmış oldukları çalışma C vitamini ilavesinin performans üzerine neden farklı etkilere sahip olabileceği konusunda ipucu sağlamaktadır³⁹. Yapılan çalışmada C vitamininin aerobik kapasite ile ilişkili olduğu gösterilmiştir, fakat bu ilişki plazma C vitamini seviyesi düşük olan bireylerde daha yüksek bulunmuştur. C vitamini eksikliği olan bireylerde, C vitamini ilavesi egzersiz performansını olumlu yönde etkilemiştir³⁹. Buna karşın Vander Beek ve

ark.’nın (1990) yaptığı çalışma sonuçları bu görüşü desteklememektedir⁴⁰. C vitamini kısıtlamasının [ilk 3 hafta 10 mg/gün, sonraki 4 hafta 25 mg/gün] kan C vitamini seviyesini önemli miktarda azalttığı bulunmuştur (p<0.01). Buna rağmen sağlık, aerobik güç (VO₂maks) ve kan laktat birikiminin başladığı nokta (Onset of Blood Lactate Accumulation - OBLA) üzerine zararlı etkiye neden olmadığı kaydedilmiştir. Sadece OBLA noktasında yüksek KAH rapor edilmiştir. Bunun sonucunda kısa süreli belirgin C vitamini eksikliğinin, fiziksel performansı etkilemeyeceği belirtilmiştir⁴⁰.

Egzersiz ve oksidatif stres konusunda araştırma bulguları arttıkça ve fiziksel aktivitelerin oksidatif stresi artırdığı yönünde bulgular çoğaldıkça, C vitamini ilavesinin egzersizin neden olduğu oksidatif stresi azaltıp azaltmayacağı araştırılmıştır.

C vitamini ilavesinin kas ağrısını ve dolayısıyla kas hasarının gelişimini azaltacağını öneren teorik temeller vardır. Hasara karşı oluşan vücuttaki yanıtın bir kısmı hasarlı dokuya doğru makrofajların süzülmesi işlemidir. Bu makrofajlar daha büyük hasara neden olan serbest radikalleri ortaya çıkarmaktadırlar. Artan antioksidan miktar teorik olarak bu radikalleri etkisizleştirebilir ve böylece kas hasarını ve kas ağrısını azaltabilir¹³.

Jakeman ve Maxwell (1993) 21 gün boyunca 400 mg C vitamini alan bireylerde kas hasarına neden olan egzersiz sonrasında daha az kuvvet kaybı meydana geldiğini ve kontraktıl fonksiyonların, 400 mg E vitamini ya da plasebo alan bireylerden daha hızlı toparlandığını kaydetmişlerdir⁴¹. C vitaminin sarkoplazmik retikulum gibi hücresel yapıları serbest radikal hasarına ve oksidatif strese karşı korumuş olabileceği öne sürülmüştür⁴¹. Thompson ve ark. (2001) fiziksel aktif bireylere (n=9) 90 dk’lık aralıklı mekik koşusu testinden 2 saat önce tek doz 1000 mg C vitamini veya plasebo vermişlerdir⁴². C vitamini ilavesi test öncesi ve test sırasındaki plazma C vitamini konsantrasyonunu arttırmıştır. Testten sonra kas ağrısı, kas hasarının yaygın belirteci CK seviyesi ve lipid peroksidasyon (MDA) seviyesi her iki durumda benzer şekilde artmıştır⁴². Egzersizden 2 saat önce alınan tek doz C vitamini ilavesi yararlı etkiye neden olmamıştır.

Direnç egzersizlerin neden olduğu kas hasarına antioksidan ilavenin etkisini inceleyen ilk çalışma Kaminsky ve Boal (1992) tarafından yapılmıştır⁴³. Antrenmansız bireyler (n=19) 5 dk'lık bisiklet egzersizinden (isotonik plantar fleksiyon hareketinden) önce 3 gün ve egzersizden sonra 4 gün boyunca 3 gr/gün C vitamini ya da plasebo almışlardır. C vitamini alan bireylerde gecikmiş kas ağrısı (DOMS) 48, 58 ve 72 saat sonrasındaki ölçüm zamanlarında daha düşük kaydedilmiştir ve egzersiz sonrası kas ağrısı şiddetinde yaklaşık %33'ten fazla azalma meydana gelmiştir⁴³.

Bir başka çalışmada dominant olmayan kol ile 70 eksentrik dirsek ekstansiyon hareketi uygulanmıştır. Uygulamadan 2 hafta önce ile 4 gün sonrasında ya plasebo ya da 3 g/gün C vitamini ilavesi tüketilmiştir⁴⁴. Eklem hareket açısının (ROM) ve kas gücünün her iki grupta azaldığı, kas ağrısının her iki grupta arttığı belirlenmiştir. Ancak C vitamini ilavesinin kas ağrısını ilk 24 saat içinde azalttığı gözlenmiştir. Oksidatif stresin önemli bir belirteci olan okside glutasyon ve toplam glutasyon oranının (GSSG/TGSH) plasebo grubunda önemli miktarda arttığı, buna karşın C vitamini alan grupta bu değişimin gözlenmediği kaydedilmiştir⁴⁴. Bu veriler C vitamini ilavesinin kas ağrısını azaltabileceğini ve kan glutasyon oksidasyonunu önleyebileceğini göstermektedir. Bu çalışma sonuçları ile paralel olarak, C vitamini ilavesinin verilen doza bağlı olarak (2 hafta, 500mg/gün veya 1000mg/gün) egzersizin neden olduğu protein oksidasyon seviyesini azaltabileceği belirtilmiştir⁴⁵.

C vitamini ilavesinin belirtilen olumlu etkilerinden (azalan kas ağrısı ve oksidatif stres hasarı)^{43, 44, 45} farklı olarak Childs ve ark. (2001) C vitamini ilavesinin pro-oksidan etkisinin de olabileceğini göstermişlerdir⁴⁶. Bu çalışmada antrenmansız bireyler (n=14, VA: 78.0 ± 10.8 kg) dirsek fleksiyon egzersizinden (bir tekrarlı maksimal kuvvetin (1TMK) % 80 şiddeti ile 10 tekrar, 3 set) hemen sonra ya plasebo yada vücut ağırlığının kilogramı başına 12.5 mg/gün C vitamini ve 10 mg/gün antioksidan N-asetil sistein (NAC) almışlardır. Antioksidan ilave egzersizden 7 gün sonra da devam etmiştir. Egzersiz sonrası DOMS ve ROM değerlerinde gruplar arasında anlamlı fark bulunmamıştır.

Ancak egzersizden 2, 3, 4, ve 7 gün sonra plazma toplam antioksidan durumu, plazma SOD ve GSH-Px enzim aktivitesi C vitamini+NAC ilavesi alan grupta önemli miktarda yüksek bulunmuştur. Lipit peroksidasyon (LOOH), CK ve LDH seviyelerinin egzersizden sonra her iki grupta önemli miktarda arttığı kaydedilmiştir (p<0.0001) ancak plasebo grubu ile karşılaştırıldığında, antioksidan ilavesi alan grupta LOOH, CK ve LDH değerleri daha yüksek bulunmuştur⁴⁶. Bu çalışmada kullanılan C vitamini miktarı Kaminsky ve Boal (1992)'un çalışmasında kullanılan miktarın neredeyse üçte bir oranındadır ve antioksidan ilave egzersizden hemen sonra verilmiştir. Veriler, antioksidan ilavenin oksidatif stresi ve hücre hasarını şiddetlendirmiş olabileceğini göstermektedir. Belirli koşullar altında C vitamininin geçiş metalleriyle reaksiyona girerek pro-oksidan etki gösterebileceği belirtilmiştir^{14, 46, 47}.

Eksentrik egzersizin hasar veren doğal yapısı sonucunda serbest demir artmış olabilir ve demir C vitamini ile reaksiyona girerek askorbat radikali ve Fe⁺² oluşturabilir (denklem 3). Böylece Fe⁺² hidrojen peroksit (H₂O₂) ile reaksiyona girerek daha da reaktif olan hidroksil radikali (OH•) oluşturabilir (denklem 4). OH•'in membran lipitlerine saldırdığı, lipid peroksidasyon zincir reaksiyonunu ilerlettiği ve membran bütünlüğünün bozulmasına neden olduğu bilinmektedir⁴⁸.

Fe⁺³ + C vitamini → Fe⁺² + C vitamini radikali (denklem 3)
Fe⁺² + H₂O₂ → OH• (denklem 4)

Bu bilgiler ışığında C vitaminin egzersizden önce düzenli olarak kullanımının egzersizden (hasarın oluşmasından) hemen sonraki kullanımından daha fazla koruyucu etkiye sahip olduğu söylenebilir^{36, 47}.

Bryant ve ark.'nın (2003) yaptığı çalışma sonuçları⁴⁹ Childs ve ark.'nın (2001) yaptığı çalışma sonuçları ile uyumludur. Bu çalışmada iyi antrene edilmiş 7 bisikletçi 3 hafta süreyle C vitamini ilavesi (1000mg/gün) almıştır. Uygulamanın sonunda VO₂maks'in %70 şiddetinde 90 dk'lık egzersiz testi uygulanmıştır ve C vitamini ilavesinin egzersiz öncesi ve egzersiz sonrası MDA seviyesini arttırdığı rapor edilmiştir. Tek başına C vitamini ilavesinin

egzersizin neden olduğu oksidatif stresi azaltmada etkili olmadığı öne sürülmüştür. Ayrıca egzersiz performansında bir artış kaydedilmemiştir⁴⁹.

C vitamini ilavesinin oksidatif stresi şiddetlendirdiği^{46,49} yönündeki araştırma bulguları ile çelişen araştırmalar da vardır⁵⁰. Fiziksel aktif bireylere 90 dk'lık mekik koşusu testi uygulanmıştır⁵⁰. Testten hemen sonra ve takip eden 2 gün içinde bir grup su içinde eritilmiş 400 mg/gün C vitamini ve diğer grup sadece su tüketmiştir. Egzersiz sonrası fizyolojik cevaplar (KAH, test sırasında sarf edilen çaba, test sonrası kan laktat ve glukoz konsantrasyonu, plazma hacim değişimi) her iki grupta benzer bulunmuştur. Serum CK ve plazma MDA seviyesi testten sonra her iki grupta önemli miktarda artmıştır fakat gruplar arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Bacak fleksörlerin maksimal izometrik gücü her iki grupta benzer şekilde azalmıştır⁵⁰. Bu çalışmada kullanılan 400 mg'lık C vitamini ilavesi daha önceden kullanılan 1000 mg'lık miktarın^{46,49} yarısından daha azdır. Verilen dozun az olması, uygulanan egzersiz türünün farklı olması (direnc egzersizi yerine dayanıklılık egzersizi) ve fiziksel aktif bireylerin çalışmaya dâhil edilmesi çelişkili sonuçları açıklayabilir.

C vitamini ilavesinin, incelenen değişkenler üzerinde etkisinin olmadığını rapor eden çalışmalar da vardır^{51,52}. Yirmi dört kişi dirsek ekstansiyonu egzersizinden 3 gün önce ve 5 gün sonrasında 3 x 1000 mg/gün C vitamini, ya da 3 x 50 mg plasebo almıştır. DOMS her iki grupta meydana gelmiştir ve kuvvet kaybı, dirsek fleksiyon ROM, sübjektif ağrı dikkate alındığında gruplar arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Sekiz günlük C vitamini ilavesinin DOMS'un seçili belirteçlerine karşı koruyucu etkiye sahip olmadığı sonucuna varılmıştır⁵¹. Bir başka çalışmada fiziksel aktif bireyler egzersizden [00 eğimde VO₂maks'in %60 ile 15 dk koşu, ardından -180 eğimde aynı hızda 30 dk koşu] 14 gün önce ve 3 gün sonraki dönem içinde 400 mg/gün C vitamini ya da laktöz tüketmişlerdir. Egzersiz sırasında ve sonrasında kaydedilen fizyolojik cevaplar (VO₂maks, KAH, kan laktat konsantrasyonu, plazma hacim değişimi) her iki grupta benzer bulunmuştur. Egzersizden sonra bacak ekstansörlerindeki kas ağrısı ve serum CK

aktivitesi her iki grupta önemli miktarda artmıştır, ayrıca kas fonksiyonu her iki grupta bozulmuştur. İncelenen değişkenler açısından gruplar arasında anlamlı fark bulunmamıştır⁵². Cholewa ve ark.'nın (2008) yaptığı çalışmada benzer sonuçlar ortaya konulmuştur⁵³. İyi antrene edilmiş basketbol oyuncularını 21 gün süreyle 240 mg/gün C vitamini ilavesi ya da plasebo almışlardır. Antioksidan uygulamadan önce ve sonra bisiklet ergometresinde şiddeti giderek artan maksimal test uygulanmıştır. C vitamini ilavesi antioksidan enzim aktivitesini (SOD, GSH-Px, CAT ve glutatyon redüktaz), düşük moleküler ağırlıklı antioksidan seviyesini (GSH ve ürik asit), serum MDA seviyesini ve VO₂maks'i etkilememiştir. Diğer çalışma sonuçları ile uyumlu olarak C vitamini ilavesi, plazma C vitamini konsantrasyonunu önemli miktarda artırmıştır^{50,52,53}. Ancak bu çalışmada vurgulanması gereken bir diğer nokta ise C vitamini alan bireylerde toplam antioksidan kapasitenin 21 gün sonra azaldığı, buna karşın plasebo grubunda arttığıdır⁵³. C vitamini ilavesinin DOMS, kas hasarı belirteçleri, antioksidan enzim aktivitesi ve aerobik kapasite üzerine etkisinin olmadığı gösterilmiştir^{51,52,53}.

Sekiz gün süreyle 1000 mg/gün C vitamini ilavesinin fiziksel yorgunluğu (bisiklet ergometresinde sabit iş yükünde 2 saat x 2 yorucu egzersiz uygulamasında) hafifletmediği⁵⁴ ve 1000mg/gün C vitamini ilavesinin antrenman ile ilişkili olarak VO₂maks'ı geliştirmedeği ancak VO₂maks'in gelişimini kısmen azalttığı rapor edilmiştir⁵⁵. Sedanter bireylerden (VO₂maks < 43mL.dk⁻¹.kg⁻¹, fiziksel aktivite indeksi < 2000 kcal/hafta) oluşan 2 grup 8 hafta boyunca haftada 3 gün düzenli olarak bisiklet ergometresinde 40 dk'lık egzersiz (%65- 80 VO₂maks) uygulamıştır. Bir grup buna ilave olarak 1000 mg/gün C vitamini tüketmiştir. Antrenman periyodunun sonunda VO₂maks C vitamini ilavesi almayan grupta %22.0 oranında artmıştır. Buna karşın C vitamini alan grupta bu değer %10.8 olarak kaydedilmiştir⁵⁵. Belirtilen çalışmada C vitamini ilavesinin VO₂maks artışına, dayanıklılık kapasitesine ve iskelet kas mitokondrial biyogenez üzerine etkisi, hem insanlarda hem de hayvanlarda incelenmiştir. Antrenman yapan hayvanlarda dayanıklılık kapasitesi %186.7 oranında artmıştır,

ancak C vitamini ilavesi alan ve antrenman yapan hayvanlarda bu değer %26.5 olarak kaydedilmiştir. C vitamini ilavesinin bazı hücrel adaptasyonları önlediği, bu nedenle antrenman etkinliğini azalttığı ve dayanıklılık kapasitesini engellediği sonucuna varılmıştır⁵⁵. Bunlara ek olarak C vitamini ilavesinin (egzersizden 2 saat önce ve 14 gün sonraki dönemde 1000 mg/gün) egzersizin neden olduğu kas ağrısını azaltmadığı, fakat kas fonksiyonlarının toparlanma sürecini engellediği ve toparlanma sürecini geciktirdiği gösterilmiştir⁵⁶.

Ne Yapmalıyız?

Spor yapan bireyler, C vitamini ilavesi almayı düşünmeden önce yeterli ve dengeli beslendiklerinden emin olmalıdırlar. Günlük tüketilmesi tavsiye edilen C vitamini miktarını (60 mg/gün) öncelikle besinlerden temin etmelidirler. Enfeksiyon, sigara, irtifa ve aşırı sıcak gibi bazı fizyolojik stresörler C vitamini ihtiyacını arttırmaktadır. Fiziksel aktivitenin de C vitamini ihtiyacını arttırabileceği ifade edilmiştir⁵⁷. Bununla birlikte C vitamini ilavesinin egzersiz performansına ve kas hasarına etkisini inceleyen araştırmalarda kullanılan C vitamini miktarlarının tavsiye edilen miktarın çok üzerinde olduğu dikkati çekmektedir (en düşük 240 mg/gün – en yüksek 3000mg/gün).

Çelişkili sonuçlar konu ile ilgili olarak kesin bir yargıya ulaşmamızı zorlaştırmaktadır. Ama mutlaka bir şey yapılmak isteniyorsa Uluslararası Olimpiyat Komitesi (IOC), Amerikan Spor Tıp Koleji (ACSM) ve Avustralya Spor Enstitüsü (AIS) gibi egzersiz ve Spor Bilimine yön veren organizasyonların önerileri dikkate alınabilir. Her koşulda mesaj açıktır; sporcular, her türlü ilaveler ile ilgili olarak sporda beslenme alanında vasıflı diyetisyenlerin desteğini almalıdırlar. Böylece bireye özgü beslenme önerileri yapılabilir⁵⁸.

SONUÇ

Vitamin ilavelerinin egzersiz performansını arttırdığına dair yaygın bir inanç vardır. Ancak vitamin ilavelerinin performansı neden arttırması gerektiği ile ilgili teorik temel açık değildir. Bu yazıda konu ile ilgili araştırmaların derlenmesi amaçlanmıştır. Kullanımının yaygın olmasından dolayı bu derleme sadece C vitamini ilavesinin egzersiz performansına ve kas hasarına etkisini inceleyen araştırmalar ile sınırlandırılmıştır.

Sonuç olarak C vitamini ilavesinin dayanıklılık ve kuvvet performansında artışa neden olmadığı gösterilmiştir. Egzersiz performansında artış beklemek bir yana, son yıllarda yapılan iki çalışma^{55, 56} C vitamini ilavesinin performans gelişimini olumsuz etkileyebileceğini göstermektedir. Buna karşın C vitamini ilavesinin oksidatif stresi, dolayısıyla kas hasarını ve kas ağrısını azalttığı gösterilmiştir. Konu ile ilgili çelişkili sonuçların bireylerin farklı antrenman durumundan, farklı egzersiz türlerin ve şiddetlerin kullanılmış olmasından ve oksidatif stresin farklı belirteçler ile yorumlanmasından¹³ kaynaklanabileceği belirtilmiştir.

C vitamini ilavesine ihtiyaç olduğu düşünülüyorsa, hekim ve diyetisyen desteğinin alınması en uygun yol olarak görünmektedir. Gelişi güzel alınacak vitamin ilavelerinin pro-oksidan etkisi unutulmamalıdır. C vitamini ilavesinin bazı koşullarda oksidatif stresi ve hücrel hasarı şiddetlendirdiği, lipit peroksidasyon seviyesini arttırdığı gösterilmiştir.

KAYNAKLAR

1. Özer NK. Vitaminler ve mineraller. Onat T, Emerk K, Sözmen EY, editörler. İnsan biyokimyası. Ankara: Palme yayıncılık; 2002. s. 513- 519.
2. Pehlivan A. Sporda beslenme. Morpa Kültür Yayınları Ltd. Ş: İstanbul; 2005.
3. Tayar M, Haşıl Korkmaz N. Beslenme ve sağlıklı yaşam. Akmat: Bursa; 2004
4. Erdman KA, Fung TS, Doyle-Baker PK, Verhoef MJ, Reimer RA. Dietary supplementation of high performance Canadian Athletes by age and gender. *Clin J Sport Med.* 2007; 17(6): 458-464.
5. Sobal J, Marquart LF. Vitamin/mineral supplement use among high school athletes. *Adolescence.* 1994; 29(116): 835-843.
6. Arslan C, Gönül B, Dinçer S, Kaplan B, Çevik C. Güreşçilerde C vitamini yüklemesinin serum demir ve total demir bağlama kapasitesine etkisi. *F.U. Sağlık Bil Dergisi.* 2004; 18(4): 215-221.
7. Maughan RJ, Depiesse F, Geyer H. The use of dietary supplements by athletes. *J Sports Sci.* 2007; 25(S1): 103-113.
8. Turnagöl H, Başoğlu S. Beslenme ve sportif performans. Ergen E, editör. *Egzersiz fizyolojisi.* Ankara: Nobel yayınları; 2002. s. 95- 132.
9. Güner R. Sporda ergojenik yardım. Ergen E, editör. *Egzersiz fizyolojisi.* Ankara: Nobel yayınları; 2002. s. 139-150.
10. Finaud J, Lac G, Filaire E. Oxidative stress: relationship with exercise and training. *Sports Med.* 2006; 36(4): 327-358.
11. Clarkson PM, Thompson HS. Antioxidants: what role do they play in physical activity and health? *Am J Clin Nutr.* 2000; 72(2 suppl): 637-646.
12. Howald H, Segesser B, Körner WF. Ascorbic acid and athletic performance. *Ann N Y Acad Sci.* 1975; 258: 458-464.
13. Urso ML, Clarkson PM. Oxidative stress, exercise, and antioxidant supplementation. *Toxicology.* 2003; 189: 41-54.
14. Akkuş İ. Serbest radikaller ve fizyopatolojik etkileri. *Mimosa yayınları;* 1996.
15. Radak Z, Chung HY, Goto S. Systemic adaptation to oxidative challenge induced by regular exercise. *Free Radic Biol Med.* 2008; 44(2): 153-159.
16. Matsuo M, Kaneko T. The chemistry of reactive oxygen species and related free radicals. In: Radak Z, editors. *Free radicals in exercise and aging.* USA: Human Kinetics; 2000. p. 1-33.
17. Packer L. Oxidants, antioxidant nutrient and the athletes. *J Sports Sci.* 1997; 5: 353-363.
18. Carmeli E, Lavian G, Reznick AZ. The role of antioxidant nutrition in exercise and aging. In: Radak Z, editors. *Free radicals in exercise and aging.* USA: Human Kinetics; 2000. p. 73-115.
19. Bloomer RJ, Goldfarb AH. Anaerobic exercise and oxidative stress: A review. *Can J Appl Physiol.* 2004; 29(3): 245-263.
20. Inal M, Akyüz F, Turgut A, Getsfrid WM. Effect of aerobic and anaerobic metabolism on free radical generation swimmers. *Med Sci Sports Exerc.* 2001; 33: 564-567.
21. Radak Z, Asano K, Inoue M, Kizaki T, Oh-Ishi S, Suzuki K, et al. Superoxide dismutase derivative reduces oxidative damage in skeletal muscle of rats during exhaustive exercise. *J Appl Physiol.* 1995; 79(1): 129-135.
22. McBride JM, Kraemer WJ, Triplett-McBride T, Sebastianelli W. Effect of resistance exercise on free radical production. *Med Sci Sports Exerc.* 1998; 30: 67-72.
23. Groussard C, Rannou-Bekono F, Machefer G, Chevanne M, Vincent S, Sergeant O, et al. Changes in blood lipid peroxidation markers and antioxidants after a single sprint anaerobic exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2003; 89(1): 14-20.
24. Manna I, Jana K, Samanta PK. Intensive swimming exercise – induced oxidative stress and reproductive dysfunction in male wistar rats: protective role of alpha - tocopherol succinate. *Can J Appl Physiol.* 2004; 29(2): 172-185.
25. Marzatico F, Pansarasa O, Bertorelli L, Somenzini L, Della Vale G. Blood free radical antioxidant enzymes and lipid peroxides following long-distance and lactacidemic performances in highly trained aerobic and sprint athletes. *J Sports Med Phys Fitness.* 1997; 37(4): 235-239.
26. Lovlin R, Cottle W, Pyke I, Kavanagh M, Belcastro AN. Are indices of free radical damage related to exercise intensity. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1987; 56(3): 313-316.
27. Vincent KR, Vincent HK, Braith RW, Lennon SL, Lowenthal DT. Resistance exercise training attenuates exercise-induced lipid peroxidation in the elderly. *Eur J Appl Physiol.* 2002; 87: 416-423.
28. Vincent HK, Bourguignon C, Vincent KR. Resistance training lowers exercise-induced oxidative stress and homocysteine levels in overweight and obese older adults. *Obesity.* 2006; 14: 1921-1930.
29. Fatouros IG, Jamurtas AZ, Villiotou V, Poulipoulou S, Fotinakis P, Taxildaris K, et al. Oxidative stress responses in older men during endurance training and detraining. *Med Sci Sports Exerc.* 2004; 36(12): 2065-2072.
30. Çakır-Atabek H, Demir S, Pınarbaşı RD, Gündüz N. Effects of different resistance training intensity on indices of oxidative stress. *J Strength Cond Res.* 2010; 24(9): 2491-2497.
31. Kostaropoulos IA, Nikolaidis MG, Jamurtas AZ, Ikonoumou GV, Makrygiannis V, Papadopoulos G. Et al. Comparison of the blood redox status between long distance and short distance runners. *Physiol Res.* 2006; 55(6): 611-616.
32. Elosua R, Molina L, Fito M, Arquer A, Sanchez-Quesada JL, Covas MI. et al. Response of oxidative stress biomarkers to a 16-week aerobic physical activity program, and to acute physical activity, in healthy young men and women. *Atherosclerosis.* 2003; 167(2): 327-334.
33. Parise G, Phillips SM, Kaczor JJ, Tarnopolsky MA. Antioxidant enzyme activity is up-regulated after unilateral resistance exercise training in older adults. *Free Radic. Biol Med.* 2005; 39: 289-295.
34. Jenkins RR. Exercise and oxidative stress methodology: a critique. *Am J Clin Nutr.* 2000; 72(2 suppl): 670-674.
35. Bloomer RJ. The role of nutritional supplements in the prevention and treatment of resistance exercise – induced skeletal muscle injury. *Sports Med.* 2007; 37(6): 519- 532.
36. Gey GO, Cooper KH, Bottenberg RA. Effect of ascorbic acid on endurance performance and athletic injury. *J Am Med Assoc.* 1970; 211: 105.
37. Keith RE, Merrill E. The effects of vitamin C on maximum grip strength and muscular endurance. *J Sports Med Phys Fitness.* 1983; 23(3): 253-256.
38. Keren G, Epstein Y. The effect of high dosage vitamin C intake on aerobic and anaerobic capacity. *J Sports Med Phys Fitness.* 1980; 20(2): 145-148.
39. Buzina R, Suboticanec K. Vitamin C and physical working capacity. *Int J Vitam Nutr Res Suppl.* 1985; 27: 157-166.
40. Vander Beek EJ, Van Dokkum W, Schrijver J, Westra A, Kistemaker C, Hermus RJ. Controlled vitamin C restriction and physical performance in volunteers. *J Am Coll Nutr.* 1990; 9(4): 332-339.
41. Jakeman P, Maxwell S. Effect of antioxidant vitamin supplementation on muscle function after eccentric exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1993; 67(5): 426-430.
42. Thompson D, Williams C, Kingsley M, Nicholas CW, Lakomy HK, McArdle F, et al. Muscle soreness and damage parameters after prolonged intermittent shuttle-running following acute vitamin C supplementation. *Int J Sports Med.* 2001; 22(1): 68-75.
43. Kaminsky M, Boal R. An effect of ascorbic acid on delayed-onset muscle soreness. *Pain* 1992; 50(3): 317-321.
44. Bryer SC, Goldfarb AH. Effect of high dose vitamin C supplementation on muscle soreness, damage, function, and oxidative stress to eccentric exercise. *Int J Sports Nutr Exerc Metab.* 2006; 16(3): 270-280.

45. Goldfarb AH, Patrick SW, Bryer S, You T. Vitamin C supplementation affects oxidative-stress blood markers in response to a 30-minute run at 75% VO₂max. *Int J sports Nutr Exerc Metab.* 2005; 15(3): 279-290.
46. Childs A, Jacobs C, Kaminski T, Halliwell B, Leeuwenburgh C. Supplementation with vitamin C and N-acetyl-cysteine increases oxidative stress in humans after an acute muscle injury induced by eccentric exercise. *Free Rad Biol Med.* 2001; 31(6): 745-753.
47. Halliwell B. The antioxidant paradox. *Lancet.* 2000; 355: 1179-80.
48. Alessio HM. Lipid peroxidation in healthy and diseased models: influence of different types of exercise. In: Sen CK, Packer L, Hanninen O, editors. *Handbook of oxidants and antioxidants in exercise.* Amsterdam: Elsevier Science, 2000: 115-27
49. Bryant RJ, Ryder J, Martino P, Kim J, Craig BW. Effects of vitamin E and C supplementation either alone or in combination on exercise-induced lipid peroxidation in trained cyclists. *J Strength Cond Res.* 2003; 17(4): 792-800.
50. Thompson D, Williams C, Garcia-Roves P, McGregor SJ, McArdle F, Jackson MJ. Post-exercise vitamin C supplementation and recovery from demanding exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2003; 89: 393- 400.
51. Connolly DA, Laozon C, Agnew J, Dunn M, Reed B. The effects of vitamin C supplementation on symptoms of delayed onset muscle soreness. *J Sports Med Phys Fitness.* 2006; 46(3): 462-467.
52. Thompson D, Bailey DM, Hill J, Hurst T, Powell JR, Williams C. Prolonged vitamin C supplementation and recovery from eccentric exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2004; 92: 133-138.
53. Cholewa J, Poprzecki S, Zajac A, Waskiewicz Z. The influence of vitamin C on blood oxidative stress parameters in basketball players in response to maximal exercise. *Science Sports.* 2008; 23: 176-182.
54. Ataka S, Tanaka M, Nozaki S, Mizuma H, Mizuno K, Tahara T. et al. Effects of Applephenon® and ascorbic acid on physical fatigue. *Nutrition.* 2007; 23: 419-423.
55. Gomez-Cabrera MC, Domenech E, Romagnoli M, Arduini A, Borrás C, Pallardo FV, et al. Oral administration of vitamin C decreases muscle mitochondrial biogenesis and hampers training-induced adaptations in endurance performance. *Am J Clin Nutr.* 2008; 87: 142-149.
56. Close GL, Ashton T, Cable T, Doran D, Holloway C, McArdle F, et al. Ascorbic acid supplementation does not attenuate post-exercise muscle soreness following muscle-damaging exercise but may delay the recovery process. *Br J Nutr.* 2006; 95(5): 976-981.
57. Lukaski HC. Vitamin and mineral status: effects on physical performance. *Nutrition.* 2004; 20(7-8): 632-644.
58. Williams SL, Strobel NA, Lexis LA, Coombes JS. Antioxidant requirements of endurance athletes: implications for health. *Nutr Rev.* 2006; 64(3): 93-108.

