



Sporcularda Egzersiz Sonrası Gecikmiş Kas Ağrısı (DOMS) ve Beslenme Müdahaleleri

Delayed Muscle Soreness (DOMS) and Nutritional Interventions After Exercise in Athletes

Gözde ŐENTÜRK¹, Pınar GÖBEL²

¹Gençlik ve Spor Bakanlığı, Spor Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Sporcu Sağlığı, Performansı ve Hizmet Kalite
Standartları Daire Başkanlığı, Ankara

• gozde.senturk@gsb.gov.tr • ORCID > 0000-0002-8705-6765

²Ankara Medipol Üniversitesi, Saęlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Ankara
• pinar.gobel@ankaramedipol.edu.tr • ORCID > 0000-0001-7152-1581

Makale Bilgisi / Article Information

Makale Türü / Article Types: Derleme Makalesi/Review Article

Geliř Tarihi / Received: 20 Ağustos / August 2021

Kabul Tarihi / Accepted: 17 Kasım / November 2021

Yıl / Year: 2022 | Cilt – Volume: 13 | Sayı – Issue: 1 | Sayfa / Pages: 101-115

Atıf/Cite as: Őentürk, G. ve Göbel, P. "Sporcularda Egzersiz Sonrası Gecikmiş Kas Ağrısı (DOMS) ve Beslenme Müdahaleleri - Delayed Muscle Soreness (DOMS) and Nutritional Interventions After Exercise in Athletes: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Spor ve Performans Araştırmaları Dergisi - Ondokuz Mayıs University Journal Of Sports And Performance Researches 13(1), April 2022: 101-115

SPORCULARDA EGZERSİZ SONRASI GECİKMİŞ KAS AĞRISI (DOMS) VE BESLENME MÜDAHALELERİ

ÖZ

Egzersiz sonrası gecikmiş kas ağrısı, akut kas ağrısına nazaran egzersizden sonraki ilk 24 saat içinde hissedilen, 1 ve 3 gün arasında pik yapan etkisi 5-7 gün sonra tamamen azalan bir ağrı türüdür. Gecikmiş kas ağrısına yönelik ilgi ve araştırmalar giderek artmaktadır. Gecikmiş kas ağrısı üzerinde farklı oluşum mekanizmaları bulunmakla birlikte oluşum mekanizmaları tam olarak açıklanamamıştır. Beslenme müdahaleleri gecikmiş kas ağrısını azaltmanın önleyici ve/veya tedavi edici yollarından biridir. Çalışmalar beslenme müdahalelerinin gecikmiş kas ağrısını azaltabileceğini bildirmiştir. Pek çok çalışma kafein, omega-3 yağ asitleri, taurin, polifenoller ve kurkuminin gecikmiş kas ağrısı üzerindeki etkisini bildirmiştir. Antioksidanlar, L-karnitin, BCAA, allisin gibi takviyeler ile yapılan küçük müdahalelerden ise tutarlı veriler bildirilmemiştir. Gecikmiş kas ağrısı sporcular üzerinde daha çok çalışmaya ihtiyaç duyulan bir alandır. Hasarın ciddiyeti, bireysel tepki, kullanılan doz- cevap ilişkisi, alım süresi ve etkilendikleri belirteçler gibi daha çok faktör dikkate alınarak bu faktörlerin incelendiği daha çok çalışmaya ihtiyaç vardır. Bu derlemenin amacı gecikmiş kas ağrısının tedavisi ve önlenmesinde etkili olabileceği düşünülen beslenme müdahalelerine değinmek ve gecikmiş kas ağrısı ile beslenme arasındaki ilişkiyi ele almaktır.

Anahtar Kelimeler: Beslenme, doms, gecikmiş kas ağrısı.

DELAYED MUSCLE SORENESS (DOMS) AND NUTRITIONAL INTERVENTIONS AFTER EXERCISE IN ATHLETES

ABSTRACT

Delayed post-exercise muscle pain is a type of pain that is felt within the first 24 hours after exercise, peaks between 1 and 3 days, compared to acute muscle pain, and its effect decreases completely after 5-7 days. There is increasing interest and research into delayed muscle pain. Although there are different formation mechanisms on delayed muscle pain, the formation mechanisms have not been fully explained. Nutritional interventions are one of the preventive and/or therapeutic ways to reduce delayed muscle soreness. Studies have reported that nutritional interventions can reduce delayed muscle soreness. Many studies have reported the effect of caffeine, omega-3 fatty acids, taurine, polyphenols, and curcumin on delayed muscle soreness. Consistent data have not been reported from minor interventions with supplements such as antioxidants, L-carnitine, BCAA, allisin. Delayed muscle soreness is an area that needs more study in athletes. There is a need for more studies examining these factors by considering more factors such as the severity of

the damage, individual response, the dose-response relationship used, the duration of intake and the markers they are affected by. The aim of this review is to address nutritional interventions that are thought to be effective in the treatment and prevention of delayed muscle pain and to discuss the relationship between delayed muscle pain and nutrition.

Keywords: *Nutrition, doms, delayed muscle soreness.*

GİRİŞ

Kas ağrısı, aşırı fiziksel aktivitenin bir sonucu olarak ortaya çıkar ve akut veya gecikmeli olabilir. Akut kas ağrısı, serbest sinir uçlarını etkileyen metabolizmanın biyokimyasal son ürünlerine veya kas iskemisine bağlı geçici hipoksiye bağlı olabilir. Bu ağrı kısa sürer ve aktivite durduğunda kaybolur. Aksine, gecikmiş başlangıçlı kas ağrısı (GKA/DOMS), genellikle alışılmadık fiziksel aktiviteye katıldıktan sonra, egzersizden sonraki ilk 24 saat içinde ağrı hissedilen ve yoğunluğu 24 ila 72 saat arasında artan ağrı, kaslarda rahatsızlık ve sertlik hissidir. Daha sonra egzersizden 5-7 gün sonra yok olacak şekilde azalır (Cleak ve Eston, 1992; Lewis ve ark., 2012).

DOMS kişinin egzersiz yaptıktan sonraki 24-72 saat içinde hissettiği ağrıdır ve iyileşme 4-6 gün içinde gerçekleşir (Dokumacı ve Atabek, 2016; Harahap ve Siregar, 2021; Yoon ve ark., 2020). DOMS, “herhangi bir kasta etkisini gösterebilen, elle muayene veya hareket sırasında hissedilen, aynı zamanda kasların duyarlılığı ya da ağrısı ve kas lifi içerisindeki zayıf miyofibrillerde oluşan mikro yırtıklar nedeni ile hissedilen” birinci seviye kas hasarları şeklinde tanımlanabilmektedir. DOMS egzersizin tipine bağlı olduğu kadar, egzersiz süresine ve şiddetine de bağlıdır (Dokumacı ve Atabek, 2016). DOMS’li bir kişi egzersiz rutinini takip edemeyebilir ve psikolojik olarak olumsuz etkilenebilir. Sporculardaki performansı veya antrenman kalitesini de düşürebilir (Dokumacı ve Atabek, 2016; Yoon ve ark., 2020).

DOMS ile ilişkili ağrı, 1902’den beri çeşitli araştırmacı grupları tarafından incelenmiştir ve durumu açıklamak için bir dizi hipotez ortaya atılmıştır (Cleak ve Eston, 1992). DOMS ile ilgili belirli ajanlar, birçok potansiyel suçlu öne sürülmesine rağmen, spesifik olarak tanımlanmamıştır (Armstrong, 1984). Mevcut fikir birliği tek bir teorinin süreci açıklamak için yetersiz olduğu yönündedir; bunun yerine, birlikte çalıştıkları savunulmaktadır (Lewis ve ark., 2012). Son zamanlarda egzersizin yol açtığı serbest radikal (SR) ve oksidatif stres hasarının, kas hasarına neden olan ve bu durumu hücresele seviyede açıklayabilen en olası mekanizma olduğu belirtilmektedir. Egzersiz sırasında aktif olan kas dokuda SR üretiminin arttığını, artan SR’lerin gen transkripsiyonunu aktivite eden nükleer faktör kappa B (NF-KB)’yi aktive ettiğini ve bunun da kas ağrısına neden olduğunu gösteren araştırmalar zamanla artmaktadır (Dokumacı ve Atabek, 2016).

Egzersizden sonra oluşan DOMS; eklem hareket genişliği (ROM), kas fonksiyonunda ve kuvvetinde yaşanan düşüşün belirlenmesi, bireyin algıladığı ağrı seviyesinin belirlenmesi, kreatinin kinaz (KK), laktat dehidrogenaz (LDH) ve miyoglobulin (Mb) gibi bazı kas proteinlerinin kanda artışı ile değerlendirilmektedir. Özellikle KK, kas hasarı için kullanılan en yaygın belirteçtir. KK'nın kabul edilebilir plazma konsantrasyonu yaklaşık 100 IU/L civarında iken, eksantrik bir aktiviteden sonra 40.000 IU/L olarak tespit edilmiştir. Bu enzimin kandaki artışı kas membran hasarının ya da plazma membran geçirgenliğinin hasar boyutunu göstermektedir. Kas hasarı oluşturacak antrenmanların uzun süre yapılmasının kasta çok çabuk bir adaptasyon sağlandığını vurgulanmaktadır (Dokumacı ve Atabek, 2016). Laktik asit teorisine göre ise kaslarda laktik asit birikiminin, halk tarafından gecikmiş ağrıya neden olduğu düşünülmektedir. Varsayım, Asmussen (1956) tarafından incelenmiştir. Sonuçları, aşırı metabolik madde üretiminin DOMS'nin nedeni olma ihtimalinin düşük olduğunu göstermiştir, konsantrik veya pozitif çalışmada meydana gelen yüksek metabolizma derecesi, gecikmiş ağrıya neden olmamıştır, sadece akut kas ağrısı ve yorgunluğa neden olmuştur. Daha sonraki araştırmalar araştırmacının fikirlerini doğrular niteliktedir (Asmussen, 1956). Laktik asit, yoğun egzersiz sonrası yorgunluğa bağlı akut ağrıya neden olabilese de, egzersiz sırasında üretilen laktik asidin 24-48 saat sonra ortaya çıkan gecikmiş ağrıya nasıl neden olduğunu tatmin edici bir şekilde açıklayacak kanıt bulunmamaktadır (Cleak ve Eston, 1992). Hough (1902), gecikmiş ağrının kaslardaki mekanik gerilimlerle yakından ilişkili olduğunu bildirmiş, ağrının 'kasın kendi içindeki bir tür kopuştan kaynaklandığını öne sürmesine yol açmıştır. Son kanıtlar, iskelet kası hasarının kas ağrısına katkıda bulunan birincil mekanizma olabileceğini göstermektedir (Armstrong, 1984; Newham ve ark., 1983). Bu teoriye göre egzersiz sonrası örnekler, kasta Z bandı bozulması ve akıştan oluşan miyofibriler bozukluklar gösterdiği yönündedir (Cleak ve Eston, 1992). Gulick ve Kimura tarafından ortaya atılan teorilerden biri ise "enzim aklı teorisi"dir. Bu teoride, Ca²⁺ iyonunun aktif şekilde kas hücre zarına geri salınımını sağlayan adenozin trifosfat (ATP)'in yeniden üretilmesinden sorumlu olan hücre solunum mekanizmasının mitokondriyal seviyede inhibe edildiği düşünülmektedir. Ayrıca, geri salınımı gerçekleşmeyen Ca²⁺ iyonunun fosfolipazları ve proteazları da aktive ettiği varsayılmaktadır. Proteaz ve fosfolipaz aktivitesinin artması ile birlikte protein yapıya sahip olan Z-bandında kas proteinlerinin yıkımı artmaktadır (Dokumacı ve Atabek, 2016). Aynı zamanda kötü programlanmış antrenman, tekrarlanan antrenman veya aşırı antrenman yaralanmalara neden olabilir. Kontrolsüz egzersiz; kas hasarına, iltihaplanmaya ve kas ağrısına yol açabilir (Harahap ve Siregar, 2021).

Özellikle elit sporlarda, DOMS'yi indükleyen egzersizlerden sonra iyileşme müdahaleleri önemli bir rol oynayabilir, çünkü DOMS'nin önlenmesi ve tedavisi ve dolayısıyla egzersize bağlı kas hasarından (EIMD) kurtulma, kas gücü ve performans seviyelerini geri kazanmanın ayrılmaz bir parçasıdır. DOMS'un tedavisi

ve önlenmesinde tartışılan müdahalelere yapılandırılmış genel bakış Tablo 1'de verilmiştir (Heiss ve ark., 2019).

Tablo 1. DOMS'un tedavisi ve önlenmesinde tartışılan müdahalelere yapılandırılmış genel bakış

Termal Terapi	Soğuk Suya Daldırma Tedavisi (CWI) Tüm Vücut Kriyoterapisi Isı Tedavisi
Kompresyon	Egzersiz Sırasında Kompresyon Tedavisi Egzersiz Sonrası Kompresyon Tedavisi Aralıklı Kompresyon Tedavisi
Aktif Rejenerasyon Biçimleri	Düşük Yoğunluklu Egzersiz Germe Köpük Haddleme Diş İpi Kullanmak
Fizik Tedavi ve Akupunktur	Titreşim Tedavisi Terapötik Ultrason Ekstrakorporeal Şok Dalgası Tedavisi (ESWT) Elektromiyostimülasyon (EMS) Masaj Terapisi Akupunktur
Oral İlaçlar ve Beslenme	Non-Steroidale Antiinflatuar İlaçlar (NSAID'ler) D Vitamini Dallı Zincirli Amino Asitler (BCAA'lar) Omega-3 Yağ Asitleri Antioksidan Takviyeler

Bu tedavi biçimleri arasında beslenme müdahalesi, hem sporcular hem de genel popülasyon arasında DOMS'yi azaltmak veya önlemek için yaygın olarak kullanılan bir yöntemlerdir (Yoon ve ark., 2020).

Gecikmiş Kas Ağrısı ve Beslenme Müdahaleleri

Sporculara yapılan beslenme müdahaleleri, sağlığı korumak, egzersiz sonrası toparlanmayı hızlandırmak, vücut kompozisyonunu geliştirmek, sakatlık riskini

azaltmak, sakatlık sürecinde iyileşme süresini kısaltmak ve performansı artırmak için yaygın olarak kullanılan bir stratejidir (Silva ve ark., 2017).

Sporcular kendi sağlıkları, performansları, hızlı toparlanma süreçleri ve sakatlık, kas ağrıları gibi durumlar için kendi Özel beslenme gereksinimlerinin farkında olmalıdır ve herhangi bir takviye kullanıp kullanmama konusunda akıllı, bilinçli ve doğru bir seçim yapmalıdır (Garthe ve Ramsbottom, 2020). Beslenme müdahalesi, DOMS'yi azaltmanın önleyici veya tedavi edici yollarından biridir. DOMS'yi azaltmaya yönelik prosedürleri araştırmak için kapsamlı araştırmalar yapılmıştır ve birçok çalışma, beslenme müdahalelerinin DOMS deneyimlerini azaltabileceğini bildirmiştir. Yaygın olarak bilinen beslenme müdahaleleri arasında kafein, omega-3 yağ asitleri, taurin ve polifenoller bulunur (Kim ve Lee, 2014; Nakhostin-Roohi ve ark., 2016).

1. Kafein: Yakın zamanda yapılan çalışmalarda, kafeinin egzersiz sonrası DOMS'yi azaltmak için etkili bir besin maddesine sahip olduğunu bildirmiştir. Kafeinin DOMS'yi azaltması için önerilen bir mekanizma, adenosin reseptörü ile yakından ilgilidir. Kafein, adenosin reseptörünü bloke edebilir çünkü bir adenosin antagonisti görevi görür. Adenosin reseptörü üzerindeki bloke edici etki, merkezi sinir sistemini devre dışı bırakarak DOMS'yi azaltabilir (Kim ve Lee, 2014). Yakın zamanda yapılan araştırmalara bakarak vücut ağırlığı başına 5 mg kafein alımının egzersizden sonra DOMS'yi azaltacağı önerilmektedir (Kim ve Lee, 2014; Heiss ve ark., 2019).

2. Polifenol: Birçok bitkide bulunan fitokimyasalların bir bileşenidir. Polifenolün başlıca biyolojik işlevleri, antioksidan kapasitesi ve anti-inflamasyondur. Antosiyaninler ve flavonoidler gibi polifenolün belirli bileşenlerinin antioksidan ve antiinflamatuvar aktivitelere hizmet ettiği bilinmektedir. Önceki çalışmalara göre, polifenol ile alım yoluyla DOMS'yi azaltmanın potansiyel bir mekanizması, peroksil radikal aktivasyonunu inhibe ederek membran stabilitesi ve azaltılmış lipid peroksidasyonu üzerindeki etkisidir. Ek olarak, hem hayvan hem de insan çalışmaları, polifenolün egzersize bağlı kas hasarı modelinde anti-enflamatuvar etkisini göstermiştir (Kim ve Lee, 2014). Polifenol, nar, kiraz ve yaban mersini bakımından zengin birçok beslenme müdahalesi arasında aşağıdaki çalışmalarda incelenmiştir. Trombold ve ark. (2010) ve Connolly ve ark. (2006) yaptığı çalışmalarda 9 gün boyunca nar ve kiraz suyunun tüketiminin plasebo gruplarına göre anlamlı düzeyde DOMS'ü azaltmada etkili olduğu bildirmiştir. Bununla birlikte, yaban mersini tüketimi ile ilgili başka bir çalışma, DOMS üzerindeki azaltıcı etkiyi göstermediği saptanmıştır (Kim ve Lee, 2014; Trombold ve ark., 2010). McLeay ve ark. (2012), egzersizden 5-10 saat önce, hemen sonra, egzersizden 12-36 saat sonra 200 g yaban mersini içeceğinin alımının, yaban mersini tüketimi ile bacak eksantrik egzersizden sonra plasebo grupları arasında DOMS açısından herhangi bir fark yaratma-

dığını bildirmiştir. Bu nedenle, polifenolün DOMS üzerindeki farklı etkisi önceki çalışmalarda gösterilen spesifik egzersize, kullanılan doza ve/veya alım sürelerine bağlanabilir (McLeay ve ark., 2012).

3. Kurkumin: Araştırmalara göre kurkumin, anti-enflamatuar, antioksidan, analjezik, anti-kanser ve anti-diyabet olmak üzere birçok biyofonksiyonel aktiviteye sahiptir. Testlerden elde edilen kanıtlar, bazı durumlarda, kurkuminin nonsteroid anti-inflamatuvar ilaçların (NSAID'ler) bazılarında benzer antiinflamatuvar aktiviteye sahip olduğunu göstermektedir. Yapılan çalışmalar ayrıca kurkumin takviyesinin DOMS kaynaklı ağrılarda azalmaya neden olduğunu göstermektedir. Verilere göre, farklı miktarlarda alınan kurkumin takviyelerinin, egzersizden sonra 48 ve 72 saat sonra ağrı azalmasını, KK(kreatin kinaz)'yi (Nakhostin-Roodi ve ark., 2016; Nicol ve ark., 2015; Yoon ve ark., 2020) ve dört duygu durum kategorisinin değerlendirildiği (disfori, düşmanlık, kaygı ve olumlu duygular) (Araz ve Asan, 2011) Görsel Analog Ölçeği'ni (VAS) önemli ölçüde düşürdüğünü bildirmişlerdir. Bu çalışmaların sonuçları, yoğun eksantrik egzersizden sonra akut kurkumin takviyesinin yalnızca antioksidan kapasite tepkilerini yüksek tutmakla kalmayıp aynı zamanda insanlarda kas hasarını ve ağrıyı azaltmayı da sağladığını göstermektedir (Nakhostin-Roodi ve ark., 2016; Nicol ve ark., 2015; Yoon ve ark., 2020). Benzer şekilde Kawanishi ve arkadaşları kurkumin takviyesinin, yokuş aşağı koşu egzersizlerinde meydana gelen kas hasarını ve oksidatif stresi azalttığını göstermişlerdir (Kawanishi ve ark., 2013). Kurkumin takviyesinin DOMS'yi azaltabileceği en olası mekanizma, egzersiz sonrası iyileşme aşamasında ortaya çıkan inflamatuvar tepkileri azaltmaktır. Kurkumin, iltihaplanmanın önemli bir aracı olan nükleer faktör kapp B'yi (NF-κB) etkisiz hale getirerek pro-enflamatuar sitokin mRNA ve proteinler dahil olmak üzere diğer enflamatuar araçların seviyelerinde azalmaya yol açabilmektedir (Yoon ve ark., 2020).

Birkaç çalışma, egzersizden önce ve sonra kurkumin takviyesi almanın DOMS'yi azalttığını bildirmiştir. Nicol ve ark. (2015) 17 erkeğe egzersizden 2 gün önce başlayıp egzersizden 3 gün sonra biten 5 g kurkumin (doz başına 2,5 g, günde iki doz) almaları talimatını verdi. Eksantrik tek ayaklı pres egzersizinden sonraki 24-48 saat içinde kurkumin almanın tek bacaklı çömelme, gluteal germe ve çömelme atlama egzersizleri sırasında alt ekstremiteelerde DOMS'yi azalttığını bildirdiler. Ek, DOMS'yi azaltmanın yanı sıra, tek bacaklı sıçrama performansını da artırarak, DOMS zayıflamasının performansı olumlu yönde etkilediğini ve iyileşmeyi desteklediğini öne sürülmüştür (Nicol ve ark., 2015). Mallard ve ark. (2020) 28 erkeğe alt ekstremiteelerde yorgunluk noktasına kadar direnç egzersizi yapmadan önce ve sonra 450 mg kurkumin almaları sağlanmış; kurkumin takviyesi grubunun, egzersizden 48 ve 72 saat sonra plasebo grubuna göre anlamlı derecede daha düşük DOMS seviyelerine sahip olduğunu bildirilmiştir (Mallard ve ark., 2020).

Amalraj ve ark. (2020) egzersizden önce veya sonra tek doz kurkumin takviyesinin DOMS üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmada, egzersizden 1 saat önce 500 mg kurkumin ile tek doz takviyenin yokuş aşağı koşudan sonra DOMS'yi önemli ölçüde azalttığını bildirmiştir (Amalraj ve ark., 2020). Mallard ve ark. (2020) ve Amalraj ve ark. (2020) yaptıkları çalışmalar, kurkumin takviyesinin egzersize bağlı kas hasarından sonra ortaya çıkan inflamatuvar yanıt üzerinde bir etkisi olduğunu desteklemektedir.

Çalışmalardaki bulgularına dayanarak, kurkumin takviyesinin egzersizden sonra 3-4 güne kadar egzersizden önce ve sonra yapılması önerilmektedir. Son olarak, kurkumin düşük biyoyararlanımı ve emilimini iyileştirmek için piperin ile desteklenebilirken, bu takviye yönteminin DOMS zayıflamasını iyileştirip iyileştirmede açık değildir. Bugüne kadarki çalışma bulgularına dayanarak, kurkumin, piperin olmadan alındığında bile egzersiz sonrası DOMS'yi yeterince azalttığı gösterilmiştir (Amalraj ve ark., 2020; Mallard ve ark., 2020; Yoon ve ark., 2020).

Egzersiz yapmaya yeni başlayan, egzersize devam eden veya egzersiz programlarında kademeli iyileştirmeler arayan kişiler, kurkumin takviyeleri almayı düşünebilirler. Elit sporcuları içeren bir çalışmada, kurkumin takviyelerinin DOMS'yi önemli ölçüde etkilemediği bulunmuştur (Yoon ve ark., 2020).

4. Probiyotikler: Harnett JE ve ark., tarafından yapılan bir çalışmada probiyotik takviyesinin, rugby sporcularında antrenman sonrası algılanan kas ağrılarını azalttığını belirtmiştir. *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* cinsinin suşa Özgü türleri ve C-reaktif protein (CRP) dâhil olmak üzere iltihaplanma ve ağrı fizyolojisinde rol oynayan birkaç akut faz reaktanını modüle eder. Bazı probiyotik türlerin nörotansmitter sentezini artırarak kas ağrısını azaltabileceğini, ancak bu alan için daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğu belirtilmektedir (Harnett ve ark., 2020).

5. Taurin: Taurin, iskelet kasında bulunan organik bir asittir ve membran stabilizasyonu, antioksidan kapasite, osmoregülasyon ve kalsiyum homeostaz regülasyonu gibi birçok biyolojik fonksiyona sahiptir. Da Silva ve ark. (2014)'nin yaptığı çalışmada 21 gün boyunca (eksantrik egzersizden 14 gün önce ve 7 gün sonra) 50 mg taurin alımının, DOMS ve oksidatif stres belirteçlerinde egzersizden sonra önemli bir azalma gösterdiğini bildirilmiştir. Benzer bir çalışmada ise 18 gün boyunca günde üç kez taurin (2,0 g) ve dallı zincirli amino asit (BCAA, 3,2 g) ile kombine alım incelenmiş olup; DOMS ve oksidatif stres belirteçlerinde kontrol grubuna göre anlamlı bir azalma ile sonuçlanmıştır. Benzer çalışmalarda da benzer sonuçlar olarak, hem sadece taurin alımı hem de taurin ve BCAA'nın kombine alımının, yüksek kuvvetli eksantrik egzersizi takiben DOMS'yi azalttığı bildirilmiştir (Kim ve Lee., 2014; Heiss ve ark., 2019).

6. Omega-3 yağ asitleri: Balık yağlarının, eikosanoid yolunun değiştirilmesi yoluyla inflamatuvar yanıtı modüle ettiği gösterilmiştir (Leen ve ark., 2002). Ome-

ga-3 yağ asidi, dokosaheksaenoik asit (DHA) ve eikosapentaenoik asit (EPA) gibi eikosanoidler içeren balık yağları bakımından zengin esansiyel yağ asitlerinden biridir. Eikosanoidlerin enflamatuvar yanıtı düzenlediği bildirilmiştir. Birkaç çalışma, omega-3 yağ asidinin DOMS üzerindeki olumlu etkisini bildirmiştir. Farklı dozlarda alınan birkaç çalışma egzersiz sonrası proinflamatuvar faktörleri azalttığı, eksantrik kasılmaları takiben DOMS ve C-reaktif proteini (CRP) azaltabileceğini bildirmiştir (Kim ve Lee., 2014). Benzer çalışmalar, omega-3 yağ asidi alımının DOMS üzerinde etkili olduğunu da göstermiştir. 27 erkek arasında 1,8 g omega-3 yağ asidi alımı ile yapılan bir çalışma, eksantrik egzersizin ardından DOMS'nin azaldığını göstermiştir (Tartibian ve ark., 2009). Benzer bir çalışmada 3 erkek ve 8 kadın 7 gün boyunca 3 g omega-3 yağ asidi almış ve eksantrik egzersizi takiben DOMS önemli ölçüde azaldığı belirtilmiştir (Jouris ve ark., 2011). Bu nedenle, 1,8-3 gr omega-3 yağ asidi alımı, egzersizden sonra DOMS'yi azaltmada etkili olabileceği yazarlar tarafından bildirilmiştir (Heiss ve ark., 2019; Tsuchiya ve ark., 2021). Omega-3 yağ asidi alımının, DOMS'u azaltmak için oksidatif stresten çok inflamatuvar yanıtla ilişkili olduğu öne sürülmektedir (Tsuchiya ve ark., 2021). Yapılan bazı çalışmalarda ise balık yağı takviyesinin egzersiz sonrası DOMS ve malondialdehit (MDA) seviyesini önemli ölçüde düşürmediğini bildirilmiştir (Leen ve ark., 2002; Kim ve Lee, 2014).

Diyetlerini 990 mg eikosapentaenoik asit (EPA) ve 660 mg dokosaheksaenoik asit (DHA) içeren 3000 mg/gün balık yağı (jel kapsüller) ile takviye eden 22 eğitimli erkek sporcu üzerinde çift kör, randomize kontrollü bir çalışmada (n=11) 28 gün boyunca 3000 mg/gün zeytinyağı plasebo (n=11) olarak verilmiştir. Katılımcılara, baskın kollarında başarısızlık ve kol çevresi, tamamlanan tekrar sayısı ve DOMS / yorgunluk skorları egzersizden 0,24 ve 48 saat sonra, takviyeden önce ve sonra kaydedilene kadar baskın kollarında 3 set curl aktivitesi yaptırılmıştır. Bununla birlikte, takviye sonrası DOMS, 24 saatte (p = 0,005) ve 48 saatte (p=0,002) önemli ölçüde daha düşük olduğu ve yorgunluk durumu egzersiz sonrası 24 saatte (p=0,043) ve 48 saatte (plasebo grubuna kıyasla n-3 yağ asidi grubunda p <0,001) omega 3 grubunda anlamlı derecede daha düşük bulunmuştur. Bu bulgular, n-3 yağ asidi takviyesinin, elit erkek sporcularda iyileşmeyi teşvik etme ve ardından atletik performansı artırma potansiyeline sahip olduğunu ve yararlı bir ergojenik yardımcı olabileceğini göstermektedir (Benson ve Mushtaq, 2015). Bir çalışmada, 2 hafta boyunca günlük 2.000 mg EPA ve 1.000 mg DHA alımının sonuçlarının, iki set curl aktivitesinden sonra (tükenene kadar) üst koldaki DOMS'yi %120 yorgunlukta dambıl kullanarak dirsek fleksiyonları yoluyla önemli ölçüde azalttığını bildirmiştir (Tsuchiya ve ark., 2021).

7. Antioksidanlar: Antioksidan takviyesi, yüksek lipid peroksidasyonu ile karakterize edilen egzersizle uygulanan oksidatif stresi inhibe eder (De Oliveira ve ark., 2019). Yapılan çalışmaların bir kısmı askorbik asit (C vitamini) üzerine bir kısmı E vitamini üzerine bir kısmı ise ikisinin aynı anda kullanımını üzerine dur-

muştur. Yapılan bazı çalışmalarda C vitamini takviyesinin DOMS zirvede iken en büyük etkiyi gösterdiğini, bazıları DOMS'u azalttığını bazı çalışmalar ise DOMS üzerinde etkisi olmadığını bildirmiştir. Verilerdeki tutarsızlıklar kullanılan dozlara, kişi sayısına, kısa vadeli kullanıldığına, takviyenin zamanlaması ve bu gibi nedenler ile sonuçlarda tutarsızlık olabileceğine değinmişlerdir. Bu iddiaları güçlendirmek için daha büyük örneklem büyüklüklerinin kullanıldığı daha kapsamlı çalışmalara ihtiyaç olduğu vurgulanmaktadır (Kaminski ve Boal, 1992; Connolly ve ark., 2003; Connolly ve ark., 2006).

C ve E vitamininin birlikte alındığı çalışmalarda ise yine çelişkili sonuçlar gözleniyor. Bir çalışmada yokuş aşağı koşan 22 genç erkek sporcuya 2 hafta boyunca 1000 mg C vitamini ve 400 IU E vitamini/gün verilmiş ve DOMS ve kreatinin kinaz (KK) seviyelerinin anlamlı düzeyde azaldığı, oksijen radikal absorpsiyon kapasitesi (ORAC) seviyesinin ise arttığı görülmüştür (Papanikolaou ve ark., 2020). Bir çalışmada ise verilen C ve E vitamini takviyelerinin ise plazma KK konsantrasyonlarını ve DOMS'yi önemli ölçüde etkilemediği, sporcuların performansını değiştirmedeği ve oksidatif stres azalmış olsa bile kuvvet, çeviklik veya güç üzerinde herhangi bir ergojenik etki göstermediği belirtiliyor (De Oliveira ve ark., 2019). Bir çalışmada eksantrik aktivitelerden iki hafta önce ve aktiviteden sonra dört gün boyunca yüksek doz (3 g/gün) C vitamini takviyesi uygulanmasının antioksidan kapasiteyi artırdığı, kas hasarını azalttığı ve KK seviyesindeki artışı geciktirdiği saptanmıştır (Dokumacı ve Atabek, 2016).

Yazarlar, E vitamini desteğinin KK'nin azalmasından sorumlu olduğu, oksidatif stresi düşürmesine rağmen performans artışı göstermediği, DOMS'u önemli ölçüde etkilemediği sonucuna varmışlardır. Literatürdeki takviye çalışmalarıyla ilgili potansiyel bir zorluk, takviyenin zamanlamasıdır bu yüzden E vitamini, lipid peroksidasyonu ve kas hasarı arasındaki ilişki daha fazla araştırmayı gerektirmektedir (Connolly ve ark., 2003; Dokumacı ve Atabek, 2016; Shafat ve ark., 2004). Yazarlar, yüksek doz antioksidan desteğinin egzersiz sonrası 6 saate kadar veya egzersizden 24, 48, 72 ve 96 saat sonra kas ağrısında klinik olarak anlamlı bir azalmaya yol açtığına dair orta ila düşük kaliteli kanıt olduğu sonucuna varmışlardır. Tartışmalı bir şekilde, yakın zamanda yayınlanan bir çalışmada, yarı maratonu tamamlayan 21 sporcuda polifenol bakımından zengin yaban mersini suyunun tüketiminden sonra egzersize bağlı DOMS ve c-reaktif proteinde küçük ila orta düzeyde bir artış bildirmiştir (Heiss ve ark., 2019).

8. Allisin: Sarımsakta zengin olan allisinin antiinflamatuvar ve antioksidan kapasiteye sahip olduğu iyi bilinmektedir. Allisin, enflamatuvar hücre aktivasyonunda kritik bir rol oynadığı bilinen adhezyon molekülü-1'in ekspresyonunu inhibe edebilir ve enflamatuvar yanıt veya T hücreleri ile ilgili birkaç proteini aşağı regüle edebilir (Sela ve ark., 2004; Son ve ark., 2006). Allisin, lipid peroksidasyonunu önleyerek ve hidroksil radikallerini temizleyerek bir antioksidan kapasitesine

sahiptir. Yapılan bir çalışmada egzersizden 2 hafta öncesinden egzersizden 2 gün sonrasına kadar günlük 80 mg allisin kapsül alımının DOMS ve IL-6 seviyelerini anlamlı düzeyde düşürdüğünü gösteriyor (Kim ve Lee, 2014). Bir başka çalışmada, iyi antrenmanlı kişiler eksantrik egzersizden iki hafta önce allisin antioksidan desteği almaya başlamışlardır ve takviye alanların plasebo grubuna göre daha düşük plazma KK, interlökin-6, kasa Özel KK, kas ağrı algısı ve egzersizden iki gün sonra daha yüksek total antioksidan kapasite düzeyi görülmüştür. Aynı zamanda, eksantrik egzersizin el fleksör kaslarında oluşturduğu kas ağrısı takviye alan grupta iki ve üçüncü günlerde daha düşük, aynı zaman diliminde performansları daha yüksek bulunmuştur (Dokumacı ve Atabek, 2016). Daha çok çalışma yapılarak bu bulgular desteklenmelidir.

9. Safran: Safran desteği bir çalışmada, 300 mg safran ile 10 günlük takviyenin KK ve LDH konsantrasyonlarını önemli ölçüde azalttığını göstermiştir. Mevcut yeni araştırmadan elde edilen sonuçlar, eski baharat safranı takviyesinin 10 günlük alımı, indometasin (ağrı kesici) ile karşılaştırıldığında DOMS üzerinde üstün önleyici etki göstermiştir. Safranın DOMS üzerindeki ilgili mekanizmaları ve doza bağlı etkisini ortaya çıkarmak için daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Safranın anti-enflamatuvar ve antioksidan etkileri büyük olasılıkla sorumludur. Safranın sporcular üzerindeki etkinliğini ortaya çıkarmak için sporcular üzerinde benzer araştırmalar yapılması gerekmektedir (Meamarbashi ve Rajabi, 2015).

10. Sitrülin: Sitrülin (8 g sitrülin malat) takviyeleri, egzersiz sonrası 24 saat ve 48 saat sonra kas ağrısını, kan laktat seviyelerini etkilemeden önemli ölçüde azaltmıştır. L-sitrülin, esas olarak karpuzda (*Citrullus vulgaris*) bulunan esansiyel olmayan amino asitlerden biridir. Böbrekteki L-sitrülin, nitrik oksit sentaz (NOS) için bir substrat olan L-arginin'e dönüştürülebilir. L-argininin aksine, L-sitrülin bağırsak veya hepatik eliminasyonu atlar. Önceki çalışmalar sitrülin desteğinin nitrik oksit (NO) sentezi için kandaki NO seviyelerini ve plazma arginin kullanılabilirliğini artırdığını göstermiştir. NO kas kasılma fonksiyonu ve onarımında rol oynadığından sitrülin takviyesi yoluyla artan NO üretimi kas ağrısını azaltabilir. Rhim ve ark., yaptıkları sistematik incelemenin ve meta analizlerinin sonuçları, sitrülin takviyelerinin kas ağrısını azaltmadaki etkinliğini desteklemektedir. Sporcular, egzersiz sonrası yorgunluklara direnmek veya kas ağrılarını hafifletmek için egzersizden 1 saat önce L-sitrülini veya sitrülin malatı (CM) tüketmekten faydalanabilirler. Dayanıklılık sporcuları arasında sitrülin desteğinin etkinliğini doğrulamak için daha fazla kanıt ihtiyacı vardır (Rhim ve ark., 2020).

11. BCCA: Lösin, izölösün ve valin, dallı zincirli aminoasitlerdir. Son çalışmalar, serbest BCAA'ların, Özellikle lösinin, protein metabolizmasında çok önemli bir rol oynadığını göstermiştir; protein sentezini teşvik eder ve protein yıkımını inhibe eder. Yapılan çalışmalar, skuat egzersizinden önce BCAA takviyesinin, egzersizden birkaç gün sonra meydana gelen geç başlangıçlı kas ağrısını (DOMS) ve

kas yorgunluğunu azalttığını göstermiştir. Bu bulgular, BCAA'ların egzersiz sonrası kas iyileşmesi için yararlı olabileceğini düşündürmektedir (Shimomura ve ark., 2010). Aynı zamanda BCAA'nın egzersizle ilişkili sitokin üretimi üzerinde olumlu etkileri olduğu düşünülmüştür. 11 çalışmayı içeren bir sistematik inceleme, BCAA desteğinin egzersize bağlı kas hasarının klinik sonuçlarında etkili olabileceği sonucuna varmıştır. İnceleme, BCAA'ların, Özellikle kas hasarının kapsamı, uzun bir süre boyunca yüksek günlük BCAA alımı (>200 mg/kg/gün) ile birleştirildiğinde, düşük-orta düzeydeyse, olumlu etkilere sahip olduğunu göstermiştir (>10 gün). BCAA alımı, egzersiz öncesi tüketildiğinde Özellikle etkili olduğu belirtilmiştir (Heiss ve ark., 2019).

12. Karbonhidrat ve Protein: Karbonhidrat (CHO) ve protein takviyeli içeceklerin, kaslara zarar veren egzersiz aktivitesinin öncesinde değil sonrasında tüketildiğinde yararının en fazla olduğu görülmektedir. Çift kör bir çalışmada, protein takviyesi, uzun süreli fiziksel egzersizden sonra kas ağrılarını ve yorgunluğu azaltmada plasebo içeceğini anlamlı düzeyde geçmiştir (Lewis ve ark., 2012). Benzer çalışmalarda da egzersiz sonrası protein alımının kas ağrılarını azalttığı belirtilerek bu çalışmaları destekler niteliktedir (Flakoll ve ark., 2004). Yapılan bir çalışmada ise, protein ve karbonhidrat sağlayan yarım yağlı çikolatalı sütün ve süt bazlı protein ve karbonhidrat takviyelerinin egzersiz kaynaklı kas hasarında (EIMD) ve KK'da anlamlı düzeyde azalışlara neden olduğu görülmüştür. Protein ve CHO'nun bir kombinasyonunun, protein dengesi üzerinde olumlu bir etki ortaya çıkarmak için optimal olduğu bulunmuştur. Bu nedenle, bir protein-CHO (CHO-P) takviyesinin tüketimi, kas performansındaki düşüşleri ve kas içi enzimlerde ve DOMS'ta artışları azaltabilir. Bir çalışmada ise protein ve karbonhidrat takviyesinin DOMS üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı, EIMD'de ise azalış olduğu belirtilmiştir. Bu sonuçtan yola çıkarak DOMS'un Öznel olduğu ve birçok alt etkeni olmasından kaynaklı gruplar arasında gözlenen farklılıkların olmamasının nedeni olabileceği belirtilmiştir. Bu çalışmada, protein ve CHO kombinasyonunun, EIMD'yi zayıflatmak için anahtar besin faktörü olduğu görülmektedir. Sonuçlar, bir sporcunun süttten veya süt bazlı bir protein-CHO içeceğinden fayda sağlayabileceğini göstermektedir. Bu, yüksek bir ekzantrik egzersiz bileşenini içeren yeni bir antrenman programına başlayan veya ekzantrik kas hareketlerini içeren egzersiz yoğunluğunu artıran sporcular için geçerli olduğu belirtilmiştir (Cockburn ve ark., 2008). Bir çalışmada protein ve karbonhidrat içerikli antioksidan takviyesinin birlikte kullanımının DOMS biyo-ışaretleri olan KK ve Mb konsantrasyonlarının egzersizden sonra 48. saatte plasebo grubuna göre daha düşük olduğu kaydedilmiştir. C vitamini kullanımının protein oksidasyonunu engelleme Özelliğine sahip olduğu da belirtilmiştir (Dokumacı ve Atabek, 2016).

Araştırılan ek takviyeler arasında olan glutamin, panax ginseng, kreatin, l-karnitin gibi takviyelerin DOMS üzerindeki sonuçları hala tartışmalıdır. DOMS üzerinde etkili olup olmadığını söylemek için daha kapsamlı araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır (Connolly ve ark., 2003; Street ve ark., 2011; Kim ve Lee, 2014).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu derlemede, DOMS'yi önlemek veya tedavi etmek için çeşitli beslenme müdahaleleri ile besin destekleri tartışılmıştır. Pek çok çalışma kafein, omega-3 yağ asidi, taurin, polifenoller ve kurkuminin DOMS üzerindeki etkisini bildirmiştir. Antioksidanlar, l-karnitin, bcaalar, allisin, glutamin, probiyotik, sitrulline, safran gibi küçük müdahaleler de ise tutarlı veriler bildirilmemiştir. Beslenme müdahalelerinin çoğu, enflamatuvar yanıt ve DOMS'yi azaltmak için antioksidan kapasitesi ile yakından ilgilidir, ancak bu durumun desteklenmesi için daha çok çalışmaya ihtiyaç vardır.

Hipotezleri tanımlamak için ölçülecek çalışma tasarımı, kullanılan doz, alım süresi ve belirteçler gibi birçok faktör sonuçları etkileyebilir. Antioksidan tedavi gibi bazı tedaviler umut verici görünse de, daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir. Hasarın ciddiyeti ve bireysel tepki dikkate alınmalıdır. Gelecekteki çalışmalar, takviyelerin kas fonksiyonu üzerindeki doz-cevap ilişkisini incelemeli, sporcular üzerindeki kas hasarı öncesi ve sonrası etkileri değerlendirilmelidir.

Yazar Katkıları

Çalışma dizaynı : GŞ, PG

Veri toplama : GŞ

İstatistiksel analiz : GŞ

Makalenin hazırlanması: GŞ, PG

Çıkar Çatışması

Makalenin yazarları arasında, çalışma kapsamında herhangi bir kişisel ve finansal çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKLAR

- Amalraj, A., Divya, C., Gopi, S. (2020) The Effects of bioavailable curcumin (Cureit) on delayed onset muscle soreness induced by eccentric continuous exercise: a randomized, placebo-controlled, double-blind clinical study. *J Med Food*. 23, 545-53. doi: 10.1089/jmf.2019.4533
- Araz, A. A. A., & Asan, A. A. (2011). Görsel analog ölçeği ve duyu kafesi: kültürümüze uyarlama çalışması. *Türk Psikolojileri Yazıları*, 14(27), 1-13.
- Armstrong, R.B. (1984). Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness: A brief review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 16, 529-38.
- Asmussen, E. (1956). Observations on experimental muscle soreness. *Ada Rheumatologica Scandinavica*, 2, 109-116. doi: 10.3109/rhet.1956.2.issue-1-4.12
- Benson, L., & Mushtaq, S. (2015). Dietary supplementation with n-3 fatty acids (n-3 FA) for 4 weeks reduces post-exercise fatigue and delayed onset muscle soreness (DOMS) in trained male athletes. *Proceedings of the Nutrition Society*, 74(OCE5). doi: 10.1017/S0029665115003274

- Cleak, M. J., & Eston, R. G. (1992). Delayed onset muscle soreness: mechanisms and management. *Journal of sports sciences*, 10(4), 325-341. doi: 10.1080/02640419208729932
- Cockburn, E., Hayes, P. R., French, D. N., Stevenson, E., & St Clair Gibson, A. (2008). Acute milk-based protein-CHO supplementation attenuates exercise-induced muscle damage. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 33(4), 775-783.
- Connolly, D. A., Sayers, S. P., & McHugh, M. P. (2003). Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness. *Journal of strength and conditioning research*, 17(1), 197-208.
- Connolly, D. A. J., Lauzon, C., Agnew, J., Dunn, M., & Reed, B. (2006). The effects of vitamin C supplementation on symptoms of delayed onset muscle soreness. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 46(3), 462.
- De Oliveira, D. C., Rosa, F. T., Simões-Ambrósio, L., Jordao, A. A., & Deminice, R. (2019). Antioxidant vitamin supplementation prevents oxidative stress but does not enhance performance in young football athletes. *Nutrition*, 63, 29-35. doi: 10.1016/j.nut.2019.01.007
- Dokumacı, B., & Atabek, H. Ç. (2016). Gecikmiş Kas Ağrısı ve Oluşum Mekanizmaları: Oksidatif Stres ile İlişkisi. *Türkiye Klinikleri J Sports Sci*, 8(1), 22-34. doi: 10.5336/sportsci.2015-48189
- Flakoll, P. J., Judy, T., Flinn, K., Carr, C., & Flinn, S. (2004). Postexercise protein supplementation improves health and muscle soreness during basic military training in Marine recruits. *Journal of Applied Physiology*, 96(3), 951-956. doi: 10.1152/jappphysiol.00811.2003
- Garthe, I., & Ramsbottom, R. (2020). Elite athletes, a rationale for the use of dietary supplements: a practical approach. *PharmaNutrition*, 100234. doi: 10.1016/j.phanu.2020.100234
- Harahap, N. S., & Siregar, N. S. (2021, March). Effect Stretching and Recovery on Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS) After Exercise. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1811, No. 1, p. 012113). IOP Publishing.
- Harnett, J. E., Pyne, D. B., McKune, A. J., Penm, J., & Pumpa, K. L. (2020). Probiotic supplementation elicits favourable changes in muscle soreness and sleep quality in rugby players. *Journal of science and medicine in sport*. doi: 10.1016/j.jsams.2020.08.005
- Heiss, R., Lutter, C., Freiwald, J., Hoppe, M. W., Grim, C., Poetgen, K., & Hotfiel, T. (2019). Advances in delayed-onset muscle soreness (DOMS)-part II: treatment and prevention. *Sportverletzung- Sportschaden*, 33(01), 21-29. doi: 10.1055/a-0810-3516
- Jouris KB, McDaniel JL, Weiss EP. (2011). The effect of omega-3 fatty acid sup-plementation on the inflammatory response to eccentric strength ex-ercise. *J Sports Sci Medicine*, 10:432-438.
- Kaminski, M., & Boal, R. (1992). An effect of ascorbic acid on delayed-onset muscle soreness. *Pain*, 50(3), 317-321. doi: 10.1016/0304-3959(92)90037-C
- Kawanishi, N., Kato, K., Takahashi, M., Mizokami, T., Otsuka, Y., Imaizumi, A., et al. (2013). Curcumin attenuates oxidative stress following downhill running-induced muscle damage. *Biochem Biophys Res Commun* 441(3), 573-8. doi: 10.1016/j.bbrc.2013.10.119
- Kim, J., & Lee, J. (2014). A review of nutritional intervention on delayed onset muscle soreness. Part I. *Journal of exercise rehabilitation*, 10(6), 349. doi: 10.12965/jer.140179
- Lenn, J. O. N., Uhl, T. I. M. O. T. H. Y., Mattacola, C. A. R. L., Boissonneault, G. I. L. B. E. R. T., Yates, J. A. M. E. S., Ibrahim, W. I. S. S. A. M., & Bruckner, G. E. Z. A. (2002). The effects of fish oil and isoflavones on delayed onset muscle soreness. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(10), 1605-1613. doi: 10.1249/01.MSS.0000031099.08661.90
- Lewis, P. B., Ruby, D., & Bush-Joseph, C. A. (2012). Muscle soreness and delayed-onset muscle soreness. *Clinics in sports medicine*, 31(2), 255-262. doi: 10.1016/j.csm.2011.09.009
- Mallard, A. R., Briskey, D., Richards, BExSSc. A., Rao, A. (2020). Curcumin improves delayed onset muscle soreness and postexercise lactate accumulation. *J Diet Suppl*. 1-12. doi: 10.1080/19390211.2020.1796885
- McLeay, Y., Barnes, M. J., Mundel, T., Hurst, S. M., Hurst, R. D., Stannard, S.R. (2012). Effect of New Zealand blueberry consumption on recovery from eccentric exercise-induced muscle damage. *J Int Soc Sports Nutr* 9, 19.
- Meamrabashi, A., & Rajabi, A. (2015). Preventive effects of 10-day supplementation with saffron and indomethacin on the delayed-onset muscle soreness. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 25(2), 105-112. doi: 10.1097/JSM.0000000000000113
- Nakhostin-Roohi, B., Nasirvand Moradlou, A., Mahmoodi Hamidabad, S., & Ghanivand, B. (2016). The effect of curcumin supplementation on selected markers of delayed onset muscle soreness (DOMS). *Annals of Applied Sport Science*, 4(2), 25-31. doi: 10.18869/acadpub.aassjournal.4.2.25

- Newham, D.J., McPhail, G., Mills, K.R. and Edwards, R.H.T. (1983b). Ultrastructural changes after concentric and eccentric contractions of human muscle. *Journal of Neurological Science*, 61, 109-122. doi: 10.1016/0022-510X(83)90058-8
- Nicol, M., L., Rowlands, D., S., Fazakerly, R., Kellett, J. (2015). Curcumin supplementation likely attenuates delayed onset muscle soreness (DOMS). Springer Link, 115:1769-1777.
- Papanikolaou, K., Veskoukis, A. S., Draganidis, D., Baloyiannis, I., Deli, C. K., Poullos, A., ... & Fatouros, I. G. (2020). Redox-Dependent Regulation of Satellite Cells Following Aseptic Muscle Trauma: Implications for Sports Performance and Nutrition. *Free Radical Biology and Medicine*. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2020.10.001
- Rhim, H. C., Kim, S., Park, J., & Jang, K. M. (2020). Effect of citrulline on post-exercise rating of perceived exertion, muscle soreness, and blood lactate levels: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sport and Health Science*. doi: 10.1016/j.jshs.2020.02.003
- Sela U, Ganor S, Hecht I, Brill A, Miron T, Rabinkov A, Wilchek M, Mirelman D, Lider O, Hershkovitz R. (2004). Allicin inhibits SDF-1-induced T cell interactions with fibronectin and endothelial cells by down-regulating cytoskeleton rearrangement, Pyk-2 phosphorylation and VLA-4 ex-pression. *Immunology*, 111:391-399. doi: 10.1111/j.0019-2805.2004.01841.x
- Shafat, A., Butler, P., Jensen, R. L., & Donnelly, A. E. (2004). Effects of dietary supplementation with vitamins C and E on muscle function during and after eccentric contractions in humans. *European journal of applied physiology*, 93(1-2), 196-202.
- Shimomura, Y., Inaguma, A., Watanabe, S., Yamamoto, Y., Muramatsu, Y., Bajotto, G., ... & Mawatari, K. (2010). Branched-chain amino acid supplementation before squat exercise and delayed-onset muscle soreness. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 20(3), 236-244. doi: 10.1123/ijsnem.20.3.236
- Silva, V. R., Belozo, F. L., Micheletti, T. O., Conrado, M., Stout, J. R., Pimentel, G. D., & Gonzalez, A. M. (2017). -hydroxy-methylbutyrate free acid supplementation may improve recovery and muscle adaptations after resistance training: a systematic review. *Nutrition Research*, 45, 1-9. doi: 10.1016/j.nutres.2017.07.008
- Son EW, Mo SJ, Rhee DK, Pyo S. (2006). Inhibition of ICAM-1 expression by gar-lic component, allicin, in gamma-irradiated human vascular endothe-lial cells via downregulation of the JNK signaling pathway. *Int Immunopharmacol*, 6:1788-1795. doi: 10.1016/j.intimp.2006.07.021
- Street, B., Byrne, C., & Eston, R. (2011). Glutamine supplementation in recovery from eccentric exercise attenuates strength loss and muscle soreness. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 9(2), 116-122. doi: 10.1016/S1728-869X(12)60007-0
- Tartibian B., Maleki BH, Abbasi, A. (2009) The effects of ingestion of omega-3 fatty acids on perceived pain and external symptoms of delayed onset muscle soreness in untrained men. *Clin J Sport Med*, 19:115-119. doi: 10.1097/JSM.0b013e31819b51b3
- Trombold, J. R., Barnes, J. N., Critchley, L., Coyle, E. F. (2010). Ellagitannin consumption improves strength recovery 2-3 d after eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc* 42, 493-498. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181b64edd
- Tsuchiya, Y., Ueda, H., Yanagimoto, K., Kato, A., & Ochi, E. (2021). 4-week eicosapentaenoic acid-rich fish oil supplementation partially protects muscular damage following eccentric contractions. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 18(1), 1-10.
- Yoon, W. Y., Lee, K., & Kim, J. (2020). Curcumin supplementation and delayed onset muscle soreness (DOMS): effects, mechanisms, and practical considerations. *Physical Activity and Nutrition*, 24(3), 39. doi: 10.20463/pan.2020.0020