







Vücut Geliştirme Egzersizi Yapan Kas Obezite Yetişkin Bireylerde Tiyo/Disülfid Homeostazının İncelenmesi

Investigation of Thiol/Disulfide Homeostasis in Muscle Obese Adults Doing Bodybuilding Exercise

Mehmet Zahid TÜYSÜZ¹ , Hakim ÇELİK² , Şeyda Nur DAĞLI² , Mehmet KÜÇÜK² ,
Yakup AKTAŞ³ , Mehmet Ali EREN⁴ 

¹Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi, Biyofizik Anabilim Dalı, Şanlıurfa, TÜRKİYE

²Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fizyoloji Anabilim Dalı, Şanlıurfa, TÜRKİYE

³Harran Üniversitesi Beden eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Şanlıurfa, TÜRKİYE

⁴Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi, Endokrinoloji Anabilim Dalı, Şanlıurfa, TÜRKİYE

Öz.

Amaç: Bu çalışmada vücut geliştirme egzersizi yapan bireylerdeki oksidatif stres düzeylerinin, normal kilolu sedanter, aşırı kilolu ve obez bireyler ile düzenli fiziksel egzersiz yapan normal kilolu bireylerin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Materyal ve metod: Çalışmaya 18-45 yaşları arasında 122 gönüllü erkek katılımcı dahil edilmiş ve katılımcılar ilgilendikleri egzersizin şekline ve Vücut Kitle İndeksine göre 4 farklı gruba ayrılmıştır. Vücut geliştirme egzersizi yapan bireylerdeki oksidatif stres düzeyleri, normal kilolu sedanter, aşırı kilolu ve obez bireyler ile düzenli fiziksel egzersiz yapan normal kilolu bireylerle karşılaştırıldı. Oksidatif stres düzeylerini belirlemek için serum tiyo-disülfid parametreleri ölçülmüştür.

Bulgular: Normal kilolu, düzenli egzersiz yapan katılımcılarda dinamik tiyo / disülfid homeostazının sağlandığı, ancak vücut geliştirme egzersizi yapan grupta dinamik tiyo / disülfid homeostazının bozulduğunu gözlenmiştir.

Sonuç: Deney sonuçları vücut geliştirme egzersizi gibi ağır egzersizlerden kaçınılması, düzenli ve hafif egzersizlerin ise teşvik edilmesi gerektiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Egzersiz, Obezite, Oksidatif stres, Tiyo/disülfid, Vücut geliştirme egzersizi

Abstract

Background: In this study, it was aimed to compare the oxidative stress levels of individuals who do bodybuilding exercises, normal weight sedentary, overweight and obese individuals and normal weight individuals who do regular physical exercise.

Materials and Methods: 122 male volunteers aged between 18-45 years were included in the study. Participants were divided into 4 different groups according to the type of exercise they were interested in and their Body Mass Index. Oxidative stress levels in individuals doing bodybuilding exercises were compared with sedentary normal weight, obese individuals and normal weight individuals doing regular physical exercise. Serum thiol-disulfide parameters were measured to determine oxidative stress levels.

Results: It was observed that dynamic thiol / disulfide homeostasis was achieved in participants with normal weight and regular exercise, but dynamic thiol / disulfide homeostasis was impaired in the group doing bodybuilding exercise.

Conclusions: The results of the experiment show that we should avoid heavy exercises such as bodybuilding, and that regular and normal exercises should be encouraged.

Keywords: Exercise, Obesity, Oxidative stress, Thiol/disulfite, Bodybuilding exercise

Sorumlu Yazar / Corresponding Author

Dr. Mehmet Zahid TÜYSÜZ

Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi, Biyofizik Anabilim Dalı, Osmanbey Kampüsü, Şanlıurfa

E-mail: mz.tuysuz@harran.edu.tr

Geliş tarihi / Received: 01.04.2022

Kabul tarihi / Accepted: 08.04.2022

DOI: 10.35440/hutfd.1096781

Giriş

Fazla kilo ve obezite, sağlığı bozabilecek anormal veya aşırı yağ birikimi olarak tanımlanmaktadır. Dünya sağlık örgütü (WHO), dünya çapında obezite prevalansının 1975 ile 2016 arasında neredeyse üç katına çıktığını belirtmektedir. 2016 yılı verilerine göre 18 yaş ve üzeri yetişkin bireylerin %39'u (1,9 milyar kişinin) aşırı kilolu, %13'ünün (650 milyon kişinin) ise obez olduğu tahmin edilmektedir. 2017 yılında aşırı kilo veya obezite nedeniyle her yıl 4 milyondan fazla insanın ölümüne neden olan bu sorunun küresel salgın boyutlarına ulaştığı belirtilmektedir (1).

Obezitenin patogenezinde obez bireylerdeki oksidatif stresin (OS) ve yağ dokusu inflamasyonunun kritik bir rol oynadığı belirtilmektedir. Artan vücut yağı, çeşitli bozuklukları tetikleyen bir risk faktörüdür (2). Obezitede biriken yağ dokusu, proinflamatuvar sitokinlerin yanı sıra reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşumunu artıran "adipokinler" adı verilen biyoaktif maddelerin sentezini uyarır (3). Adipositokinler, obezite ile ilişkili lokal ve sistemik inflamasyondan sorumludur (4). Aşırı miktarda yağ dokusu, proinflamatuvar sitokinlerin (TNF- α , IL-1 veya IL-6) kaynağı olarak işlev görür ve obezitenin düşük dereceli kronik inflamasyon yoluyla ROS seviyelerinde bir artışa neden olduğunu ve oksidatif stresi indükler (4, 5). İnflamasyon, oksidatif stres ve mitokondriyal disfonksiyon, insülin direnci, Kardiyovasküler bozukluklar, hipertansiyon, bazı kanser türleri, astım ve T2D dahil olmak üzere metabolik bozuklukların patogenezinde katkıda bulunur (3,6).

Oksidatif stres (OS), reaktif oksijen türlerini (ROS) nötralize etmede hücrel antioksidan savunma sisteminin yetersizliği ve homeostatik dengenin bozulması olarak tanımlanır (6). Uzun süreli oksidatif stres maruziyeti, DNA'da oksidatif hasarı, mitokondriyal disfonksiyonu tetikler ve sonuçta lipit birikimine ve insülin direncine neden olan bir kısır döngüye neden olur (3).

Tiyoller önemli antioksidanlardır ve ROS'un enzimatik olmayan yollar ile yok edilmesinde rol oynarlar. OS geliştiğinde, proteinlerdeki tiyol grupları disüflitlere dönüştürülür. Daha sonra, disülfid köprüleri belirli antioksidanlar tarafından geri dönüşümlü olarak tiyol gruplarına indirgenebilir. Böylece dinamik bir tiyol/disülfid dengesi sürdürülebilir (7).

Vücut kitle indeksi (VKİ), 30 kg/m²'yi geçen bir kişi obez olarak kabul edilir. Son zamanlarda yapılan araştırmalar, obezite ile ilişkili risk faktörlerinin aşırı vücut ağırlığına değil, daha çok yağ dokusunun bölgesel dağılımına bağlı olduğunu ortaya koymuştur (5). Bununla birlikte, bu indeks yağsız yağlı kütle oranını değerlendirmez (3). Vücut geliştirme egzersizi yapan kas obezi bireyler ile aşırı yağ dokusuna sahip obez bireylerdeki oksidatif stres düzeylerinin nasıl bir değişim gösterdiği tam olarak bilinmemektedir. Bu nedenle kas obezi bireyler ile aşırı yağ dokusuna sahip obez bireyler arasındaki oksidatif stres düzeylerinin tiyol-disülfid parametreleri yardımıyla incelenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metod

Bu çalışma, Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji ana bilim dalı laboratuvarında gerçekleştirilmiş olup, çalışmaya sağlıklı, yetişkin 122 erkek birey (Yaş: 27,73±5,47 yıl; Kilo: 80,70±11,38 kg; ve Boy: 177,78±5,93 cm) katılmıştır. Tüm denekler çalışmanın amaçları hakkında bilgilendirilmiş ve projeye katılım için onayları alınmıştır. Bu çalışma Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulu tarafından 05/04/2018 tarih ve 39 sayılı karar ile onaylanmıştır. Çalışma Helsinki Deklarasyonu ve İyi Klinik Uygulama yönergelerine uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışmamıza 18-45 yaşları arasında 122 gönüllü erkek katılımcı dahil edildi. Katılımcılar ilgilendikleri egzersiz şekline ve Vücut Kitle İndeksine (VKİ) göre 4 farklı gruba ayrıldı.

1. Kontrol Grubu (NKS): Düzenli spor yapmayan ve VKİ'si normal olan (22,70) 29 sağlıklı erkek gönüllü dahil edilmiştir.
2. Düzenli Spor Yapan Grup (NKDE): Tempolu yürüyüş ve hafif koşu tarzında düzenli egzersiz yapan ve VKİ'si normal olan (22,56) 32 sağlıklı erkek gönüllü dahil edilmiştir.
3. Obezite Grubu (AKOS): Düzenli spor yapmayan ve VKİ'si normalden yüksek olan (28,75) 30 sağlıklı erkek gönüllü dahil edilmiştir.
4. Vücut Geliştirme Egzersizi Yapan Grup (VGE): Düzenli vücut geliştirme egzersizi yapan ve VKİ'si normalden yüksek olan (28,11) 31 sağlıklı erkek gönüllü dahil edilmiştir.

Kan Alma ve Numune Toplama:

Tüm gönüllü katılımcılardan, gerekli demografik ölçümler yapıldıktan sonra analizlerinde kullanılmak üzere 5 ml kadar venöz kan numunesi alındı. Kanlar santrifüj edilerek serumlar ayrıldı. Eppendorf tüplere konularak analizler yapılmaya kadar -86°C'de derin dondurucuda saklandı. Kit ve sarf malzemeler temin edildikten sonra serum örnekleri uygun koşullarda eritilerek Harran Üniversitesi Fizyoloji Anabilim Dalı Laboratuvarımızda ilgili analizler yapıldı.

Tiyol/Disülfid Hemeostaz (TDH) Parametreleri:

Serum TDH parametreleri, Erel ve Neşelioğlu (8) tarafından geliştirilen kolorimetrik bir ölçüm tekniği kullanılarak çalışıldı. Başlangıçta, serum doğrudan DTNB ile tepkimeye sokularak doğal tiyol seviyeleri ölçüldü. Daha sonra ise toplam tiyol seviyelerini ölçmek için, serum numunelerindeki disülfid bağları sodyum borohidrit (NaBH₄) kullanılarak serbest tiyol gruplarına indirgendirildi. Daha sonra, kullanılmayan NaBH₄'ü tamamen ortamdan uzaklaştırmak için formaldehit kullanıldı. Ardından DTNB kullanılarak hem indirgenmiş ve hem de doğal olarak serumda bulunan tiyol grupları (total tiyol) ölçüldü. Bir disülfid bağının indirgenmesi ile iki ayrı tiyol grubu ortaya çıktığından, dinamik disülfid bağlarının miktarı total tiyol ve natif tiyol arasındaki farkın yarısı şeklinde hesaplandı. Ayrıca, disülfid / natif tiyol, disülfid / total tiyol ve natif tiyol / total tiyol'ün yüzdelik oranları hesaplandı.

İstatistiksel Analizler:

İstatistiksel analizler için IBM SPSS 25.0 (IBM SPSS Inc, Chicago, IL, USA) paket programı kullanıldı. Verilerin normal dağılımı Shapiro Wilk testi kullanılarak değerlendirildi. Normal dağılıma uyan sayısal veriler ortalama \pm standart sapma olarak, normal dağılıma uymayan sayısal veriler ise medyan [çeyrek değerler aralığı] olarak ifade edildi. Gruplar arasında, normal dağılıma uymayan veriler Kruskal Wallis H testi (grup içi karşılaştırmalar için Mann Whitney U testi) ve normal dağılıma uyan veriler ise tek yönlü varyans analizi (grup içi karşılaştırmalar için de Tukey testi) kullanılarak değerlendirildi. Analizlerde güven aralığı %95 olarak kabul edildi. $P < 0,05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

Bulgular

Çalışılan gruplara ilişkin demografik veriler incelendiğinde boy, kilo yaş ve albümin değerleri açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık saptanmamıştır. Vücut kitle indeksi haricindeki diğer tüm veriler normal dağılım göstermektedir (Tablo 1).

Çalışmada, Tablo 2’de incelendiğinde istatistiksel olarak istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların düzenli spor yapan grup ile vücut geliştirme egzersiz yapan grup üzerinde toplandıkları görülmektedir. Düzenli spor yapan grubun doğal tiyol seviyesi diğer tüm gruplardan daha yüksek ve tüm gruplar ile arasında anlamlı bir fark olduğu görülmektedir. Toplam tiyol seviyeleri değerlendirildiğinde ise düzenli spor yapan grubun daha yüksek toplam tiyol seviyelerine sahip oldukları, kontrol grubu ve obezite grupları ile aralarında istatistiksel olarak anlamlı farklar olduğu göze çarpmaktadır. Disülfid, Disülfid/Doğal Tiyol, Disülfid/Toplam Tiyol ve Doğal Tiyol/Toplam Tiyol düzeyleri incelendiğinde ise kontrol grubu olan normal kilolu sedanter bireyler grubuna kıyasla, Vücut geliştirme egzersiz yapan kişiler istatistiksel olarak anlamlı farkların olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular, normal kilolu düzenli egzersiz yapan katılımcılarda dinamik tiyol / disülfid homeostazının sağlandığı, ancak vücut geliştirme egzersiz yapan grupta dinamik tiyol / disülfid homeostazının bozulduğunu göstermektedir.

Tablo 1. Çalışılan gruplara ilişkin demografik veriler

	VKİ <25		VKİ >30		P
	Kontrol Grubu	Düzenli Spor Yapan Grup	Obezite Grubu	Vücut Geliştirme Egzersiz Grubu	
	NKS (n=29)	NKDE (n=32)	AKOS (n=30)	VGE (n=31)	
Boy (cm)	176,45 \pm 6,63	177,21 \pm 5,28	178,00 \pm 5,90	179,38 \pm 5,68	0,244
Kilo (kg)	87,62 \pm 7,17	71,34 \pm 7,40	91,22 \pm 8,34	72,62 \pm 6,11	<0,001
Yaş (yıl)	28,55 \pm 4,84	27,10 \pm 5,98	28,67 \pm 5,49	26,63 \pm 5,52	0,357
VKİ (kg/m ²)	27,96 [1,52]	23,29 [3,35]	28,53 [1,70]	22,50 [2,17]	
Albümin (gr/dl)	3,999 \pm 0,366	3,966 \pm 0,283	3,900 \pm 0,372	4,035 \pm 0,283	0,422

Parametreler ortalama \pm SD veya medyan [IQR] olarak ifade edildi. SD: Standart sapma; IQR: Çeyrek değerler aralığı; VKİ: Vücut kitle indeksi; NKS: Normal kilolu sedanterler grubu; NKDE: Normal kilolu düzenli egzersiz grubu AKOS: Aşırı kilolu ve obez sedanterler grubu ve VGE: Vücut geliştirme egzersiz grubu.

Tablo 2. Çalışılan gruplardaki Tiyol/Disülfid Hemeostaz parametreleri

	VKİ <25		VKİ >30		P
	Kontrol Grubu	Düzenli Spor Yapan Grup	Obezite Grubu	Vücut Geliştirme Egzersiz Grubu	
	NKS (n=29)	NKDE (n=32)	AKOS (n=30)	VGE (n=31)	
Doğal Tiyol (μ mol/L)	396,25 \pm 46,52	423,44 \pm 33,08 ^{a,b}	376,20 \pm 33,95	397,15 \pm 38,37 ^d	<0,001
Toplam Tiyol (μ mol/L)	432,20 \pm 51,84	464,21 \pm 33,20 ^{a,b}	412,25 \pm 35,14	442,20 \pm 42,91 ^e	<0,001
Disülfid (μ mol/L)	17,9 \pm 6,07	20,4 \pm 5,96	18,0 \pm 5,44	22,5 \pm 8,24 ^{c,e}	0,021
Disülfid/ Doğal Tiyol (%)	4,54 \pm 1,42	4,86 \pm 1,54	4,84 \pm 1,55	5,71 \pm 2,10 ^c	0,045
Disülfid/ Toplam Tiyol (%)	4,13 \pm 1,19	4,40 \pm 1,28	4,37 \pm 1,28	5,07 \pm 1,67 ^c	0,055
Doğal Tiyol/ Toplam Tiyol (%)	91,74 \pm 2,37	91,21 \pm 2,56	91,25 \pm 2,57	89,87 \pm 3,35 ^c	0,055

Parametreler ortalama \pm SD veya medyan [IQR] olarak ifade edildi. SD: Standart sapma; IQR: Çeyrek değerler aralığı; NKS: Normal kilolu sedanterler grubu; NKDE: Normal kilolu düzenli egzersiz grubu; AKOS: Aşırı kilolu ve obez sedanterler grubu; VGE: Vücut geliştirme egzersiz grubu. a: NKDE ile NKS, b: NKDE ile AKOS, c: VGE ile NKS, d: VGE ile NKDE, e: VGE ile AKOS arasında anlamlı fark vardır.

Tartışma

Bu çalışma ile vücut geliştirme egzersizi yapan bireylerdeki oksidatif stres düzeylerinin, normal kilolu, aşırı kilolu (obez) bireyler ve düzenli fiziksel egzersiz yapan normal kilolu bireyler ile karşılaştırarak araştırılması amaçlanmıştır. Vücut geliştirme egzersizi yapan bireylerde oksidatif stres düzeylerini araştıran çalışmaların sayısı çok sınırlıdır.

Tartışma kısmında literatürde sınırlı veri bulunması nedeniyle vücut geliştirme egzersizine en yakın branş olmasından dolayı halter ve direnç egzersizleri dikkate alınmıştır. Bildiğimiz kadarıyla, vücut geliştirme egzersizi yapan kas obezi bireylerde oksidatif stres biyobelirteci olan "tiyol-disülfid" düzeylerini araştıran literatürde başka çalışma bulunmamaktadır.

Temel bulgularımız normal kilolu düzenli spor yapan grubun daha yüksek antioksidan (tiyol) düzeyine sahip olduğu gösterirken, vücut geliştirme egzersizi yapan grubun daha yüksek oksidatif stres parametrelerine sahip olduğunu göstermektedir.

OS olarak tanımlanan, ROS üretiminin antioksidan savunma kapasitesini aştığı durumda, ateroskleroz, yaşlanma, kanser, metabolik sendrom, obezite ve diğer inflamatuvar hastalıklar gibi birçok patolojik durum ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, oksidan-antioksidan dengesinin stabilitesi, organizmaların genel sağlığı için hayati bir konudur (7).

Düzenli fiziksel egzersiz, kardiyovasküler hastalık, kanser ve diyabet riskinde azalma ile birlikte tüm nedenlere bağlı ölüm riskini azaltma gibi birçok sağlık yararına sahiptir. Paradoksal olarak, kasılmış iskelet kaslarının serbest radikaller oluşturduğu ve uzun süreli ve yoğun egzersizin hücresel bileşenlerde oksidatif hasara neden olabileceği bilinmektedir (12).

Oksidatif stres, oksidan üretimi ile antioksidan yanıtlar arasındaki dengesizliktir. Ağır egzersizin oksidatif stres biyobelirteçlerini akut olarak arttırdığı ve böyle bir egzersizi takiben uzun süreli pro-oksidan redoks durumunun eşlik ettiği saptanmıştır (13-17).

Egzersiz sırasında, en az 3 ana ROS/RNS kaynağı, hücresel redoks dengesinin önemli varyasyonlara uğramasına neden olur: (i) mitokondriyal metabolizma, (ii) sitozol reaksiyonları (XO aktivitesi gibi) ve (iii) membrana bağlı azalmış NADPH oksidazın (Nox) (aktivasyonu) (18). Egzersiz sırasında/sonrasında eş zamanlı olarak demir homeostazında bozulmalar da gözlemlenmiştir. "Serbest" demir iyonları, daha agresif ROS/RNS üreten daha fazla serbest radikal reaksiyonlarını katalize etme kapasitesi nedeniyle biyolojik sistemlerde özellikle zararlıdır. Polotow ve ark. halter çalışan 11 kişi ile yaptıkları çalışmada, maksimum güç testinde, büyük miktarda demir iyonu salınımı nedeniyle plazmadaki antioksidan kapasitenin tükenmesine neden olduğunu rapor etmişlerdir (19).

Yoğun veya yorucu egzersiz, maksimum gücü azaltabilir (20, 21) ve kas hasarını, oksidatif stresi, inflamasyonu artırabilir, bu da egzersiz yapma ve bir antrenman programına bağlı kalma yeteneğini azaltabilir (22). Yoğun egzersizi ise genellikle günler veya haftalarca sürebilen bir güçsüzlük ve ağır

dönemi izler ve zirve genellikle egzersizi takiben 24 ila 48 saat arasında gerçekleşir (20, 23).

Anaerobik eşik yoğunluğuna yakın yapılan ve kısa süreli maksimal efor harcanan sprint ve kuvvet egzersizleri gibi egzersizin hemen ardından lipid peroksidasyon belirteçlerinin arttığı bildirilmiştir. Bu yüksek yoğunluklu egzersizleri takiben 48 saate kadar redoks pertürbasyonlarının devam ettiği belirtilmiştir (13, 15-17).

Çok yoğun bir kuvvet antrenmanı türü olarak bilinen olimpiik halter egzersizleri de bu durumdan etkilenmektedir (24, 25). Lui et al. (24) ve Pettersson. (25), hem uzun süreli egzersiz antrenmanı hem de bir haftalık yoğun direnç antrenmanı yapan elit haltercilerde oksidatif stresin, kas hasarının ve hücre hasarını arttırdığını rapor etmişlerdir. Bu nedenle yoğun antrenman sonrası uygun dinlenmenin toparlanma için önemli olduğu belirtilmiştir (20).

Ammar ve arkadaşları, olimpiik bir halter seansından hemen sonra kas hasarı, oksidatif stres ve inflamasyon belirteçlerinin, akşam ve öğleden sonra seanslarına kıyasla sabahları daha yüksek artış olduğunu tespit etmişler. Ayrıca 48 saatin bu parametrelerin çoğu için (özellikle sabah seansından sonra) dinlenim değerlerine ulaşmak için yeterli olmadığını göstermişlerdir (16, 20)

Genel olarak, ağırlık kaldırma egzersizi, aerobik egzersizden çok daha fazla iltihaplanma ve/veya kaslarda hasara neden olmakta ve bu fenomen, halterin neden olduğu kas hasarı olarak bilinmektedir (27, 31). Yakın kızılötesi spektroskopi kullanarak, daha önce insan deneklerde ağırlık kaldırma egzersizi sırasında kaslarda nispeten anoksik bir durumun meydana geldiğini saptamıştır (30). Bu durumda, venöz kan çıkışının kısıtlanması, ağır dirençli tekrarlayan kas kasılmalarından kaynaklanmıştır ve egzersizden hemen sonra kan akışında hızlı bir artış, "kasta iskemi-reperfüzyon benzeri bir durum" ile sonuçlanmıştır (29, 30). İskemi-reperfüzyon durumu ROS üretir ve ROS'un neden olduğu doku hasarı bilinmektedir (26, 28, 32).

Uchiyama ve arkadaşları, sıçan modeli kullanarak, ağırlık kaldırma egzersizi sırasında oksidatif stres kaynaklı kas hasarının oluşup oluşmadığını incelemişler. İlk pikte, üç antioksidan enzimin (SOD, GPX, CAT) hepsinde egzersizden hemen sonra gözlenirken, ikinci pik egzersizden 24-72 saat sonra gözlemlendiği rapor edilmiştir. Antioksidan enzim aktivitesindeki ilk artışın, ağırlık kaldırma egzersizi sırasında tekrarlanan iskemi-reperfüzyon benzeri durumdan kaynaklandığı ve bu iskemi-reperfüzyon durumunun ROS üretimine neden olabileceği belirtilmiştir. Makrofajlar, nötrofiller ve diğer fagositik hücrelerin nekrotik alanların ortadan kaldırılmasına yardımcı olduğu bilinmektedir. İkinci pikin ise bu hücrelerin kasın hasarlı kısmına göçüne ve fagositik aktivitesine bağlı olabileceği belirtilmektedir (26).

Sonuç

Vücut geliştirme egzersizi yapan bireylerde, ağır egzersiz nedeniyle oksidatif stresin arttığı, tiyol / disülfid homeosta-

zının bozulduğu görülmektedir. Düzenli egzersiz yapan normal kilolu bireylerde ise oksidatif stresin azaldığı, tiyo / disülfid homeostazının korunduğu görülmüştür. Bu sonuçlar bize vücut geliştirme egzersizi gibi ağır egzersizlerden kaçınmamızı, düzenli ve hafif egzersizlerin ise teşvik edilmesi gerektiğini göstermektedir.

Etik onam: Bu çalışma için Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulundan 05/04/2018 tarih ve 39 sayılı karar ile etik onam alınmıştır.

Yazar Katkıları:

Konsept: M.Z.T., H.Ç., Y.A.

Literatür Tarama: H.Ç., M.Z.T.

Tasarım: M.Z.T., H.Ç., Y.A.

Veri toplama: M.K., Ş.N.D.

Analiz ve yorum: M.Z.T., H.Ç., M.A.E.

Makale yazımı: M.Z.T., H.Ç.

Eleştirel incelenmesi: M.Z.T., H.Ç.

Çıkar Çatışması: Herhangi bir çıkar çatışmamız bulunmamaktadır.

Finansal Destek: Araştırma kapsamında herhangi bir kurum ya da kuruluştan finansal destek sağlanmamıştır.

Kaynaklar

- World Health Organization. Obesity and overweight: WHO. Last accessed date: 2018. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- Mengen E, Uçaktürk SA, Kocaay P, Kaymaz Ö, Neşelioğlu S, Erel Ö. The Significance of Thiol/Disulfide Homeostasis and Ischemia-modified Albumin Levels in Assessing Oxidative Stress in Obese Children and Adolescents. *J Clin Res Pediatr Endocrinol.* 2020 Mar 19;12(1):45-54. doi: 10.4274/jcrpe.galenos.2019.2019.0039. Epub 2019 Aug 15. PMID: 31414586; PMCID: PMC7127896.
- Lefranc C, Friederich-Persson M, Palacios-Ramirez R, Nguyen Dinh Cat A. Mitochondrial oxidative stress in obesity: role of the mineralocorticoid receptor. *J Endocrinol.* 2018 Sep;238(3):R143-R159. doi: 10.1530/JOE-18-0163. Epub 2018 Jun 6. PMID: 29875164.
- Elmas B, Karacan M, Dervişoğlu P, Kösecik M, İşgüven ŞP, Bal C. Dynamic thiol/disulphide homeostasis as a novel indicator of oxidative stress in obese children and its relationship with inflammatory-cardiovascular markers. *Anatol J Cardiol.* 2017 Nov;18(5):361-369. doi: 10.14744/AnatolJCardiol.2017.7740. Epub 2017 Jul 25. PMID: 28761018; PMCID: PMC5731286.
- Epingeac, M. E., Gaman, M. A., Diaconu, C. C., Gad, M., & Gaman, A. M. (2019). The evaluation of oxidative stress levels in obesity. *Rev Chim (Bucharest)*, 70, 2241-2244.
- Söğüt, İ., Aydın, A. Ş., Gökmen, E. S., Atak, P. G., Erel, Ö., & DeGrigo, U. G. (2018). Evaluation of Oxidative Stress and Thiol-Disulfide Parameters According to the Body Mass Index in Adult Individuals. *Erciyes Medical Journal/Erciyes Tıp Dergisi*, 40(3).
- Celik H, Kilic T, Kaplan DS, Eren MA, Erel O, Karakilcik AZ, Bagci C. The effect of newly initiated exercise training on dynamic thiol / disulphide homeostasis in sedentary obese adults. *An Acad Bras Cienc.* 2019 Dec 2;91(4):e20180930. doi: 10.1590/0001-3765201920180930. PMID: 31800697.
- Erel O, Neselioglu S. A novel and automated assay for thiol/disulphide homeostasis. *Clin Biochem.* 2014 Dec;47(18):326-32. doi: 10.1016/j.clinbiochem.2014.09.026. Epub 2014 Oct 7. PMID: 25304913.
- Storey AG, Birch NP, Fan V, Smith HK. Stress responses to short-term intensified and reduced training in competitive weightlifters. *Scand J Med Sci Sports.* 2016 Jan;26(1):29-40. doi: 10.1111/sms.12400. Epub 2015 Jan 31. PMID: 25640639.
- Sevindi, T. (2020). Investigation of thiol/disulfide balance and IMA value before and after training in elite female weightlifters. *Progress In Nutrition*, 22.
- Celik, H., Kucuk, M., Aktas, Y., Zerir, M., Erel, O., Neselioglu, S., & Sinan, D. (2019). The protective effects of pistachio nut (pistacia vera l.) On thiol/disulfide homeostasis in young soccer players undergoing a strenuous exercise training program. *Acta Medica*, 35, 893.
- Powers SK, Jackson MJ. Exercise-induced oxidative stress: cellular mechanisms and impact on muscle force production. *Physiol Rev.* 2008 Oct;88(4):1243-76. doi: 10.1152/physrev.00031.2007. PMID: 18923182; PMCID: PMC2909187.
- Ammar A, Turki M, Hammouda O, Chtourou H, Trabelsi K, Bouaziz M, Abdelkarim O, Hoekelmann A, Ayadi F, Souissi N, Bailey SJ, Driss T, Yaich S. Effects of Pomegranate Juice Supplementation on Oxidative Stress Biomarkers Following Weightlifting Exercise. *Nutrients.* 2017 Jul 29;9(8):819. doi: 10.3390/nu9080819. PMID: 28758938; PMCID: PMC5579613.
- Finaud J., Lac G., Filaire E. Oxidative stress: Relationship with exercise and training. *Sports Med.* 2006;36:327–358. doi: 10.2165/00007256-200636040-00004.
- Ammar A., Chtourou H., Souissi N. Effect of time-of-day on biochemical markers in response to physical exercise. *J. Strength Cond. Res.* 2017;31:272–282. doi: 10.1519/JSC.0000000000001481.
- Ammar A., Chtourou H., Hammouda O., Trabelsi K., Chiboub J., Turki M., AbdelKarim O., El Abed K., Ben Ali M., Hoekelmann A., et al. Acute and delayed responses of C-reactive protein, malondialdehyde and antioxidant markers after resistance training session in elite weightlifters: Effect of time of day. *Chronobiol. Int.* 2015;32:1211–1222. doi: 10.3109/07420528.2015.1079215.
- Ammar A, Chtourou H, Hammouda O, Turki M, Ayedi F, Kallel C, Abdelkarim O, Hoekelmann A, Souissi N. Relationship between biomarkers of muscle damage and redox status in response to a weightlifting training session: effect of time-of-day. *Physiol Int.* 2016 Jun 1;103(2):243-261. doi: 10.1556/036.103.2016.2.11. PMID: 28639862.
- Sakellariou GK, Jackson MJ, Vasilaki A. Redefining the major contributors to superoxide production in contracting skeletal muscle. The role of NAD(P)H oxidases. *Free Radic Res.* 2014 Jan;48(1):12-29. doi: 10.3109/10715762.2013.830718. Epub 2013 Oct 7. PMID: 23915064.
- Polotow TG, Souza-Junior TP, Sampaio RC, Okuyama AR, Gannini D, Vardaris CV, Alves RC, McAnulty SR, Barros MP. Effect of 1 Repetition Maximum, 80% Repetition Maximum, and 50% Repetition Maximum Strength Exercise in Trained Individuals on Variations in Plasma Redox Biomarkers. *J Strength Cond Res.* 2017 Sep;31(9):2489-2497. doi: 10.1519/JSC.0000000000001703. PMID: 27806005.
- Ammar A, Turki M, Chtourou H, Hammouda O, Trabelsi K, Kallel C, Abdelkarim O, Hoekelmann A, Bouaziz M, Ayadi F, Driss T, Souissi N. Pomegranate Supplementation Accelerates

- tes Recovery of Muscle Damage and Soreness and Inflammatory Markers after a Weightlifting Training Session. *PLoS One*. 2016 Oct 20;11(10):e0160305. doi: 10.1371/journal.pone.0160305. PMID: 27764091; PMCID: PMC5072630.
21. Gibala MJ, MacDougall JD, Tarnopolsky MA, Stauber WT, Elorriaga A. Changes in human skeletal muscle ultrastructure and force production after acute resistance exercise. *J Appl Physiol*. 1995; 78(2):702–8.
 22. Sousa M, Teixeira VH, Soares J. Dietary strategies to recover from exercise-induced muscle damage. *Int J Food Sci Nutr*. 2014; 65(2):151–63. doi: 10.3109/09637486.2013.849662
 23. Trombold JR, Reinfeld AS, Casler JR, Coyle EF. The effect of pomegranate juice supplementation on strength and soreness after eccentric exercise. *J Strength Cond Res*. 2011; 25(7):1782–8. doi: 10.1519/JSC.0b013e318220d992
 24. Liu JF, Chang WY, Chan KH, Tsai WY, Lin CL, Hsu MC. Blood lipid peroxides and muscle damage increased following intensive resistance training of female weightlifters. *Ann N Y Acad Sci*. 2005 May;1042:255-61. doi: 10.1196/annals.1338.029. PMID: 15965070.
 25. Pettersson J, Hindorf U, Persson P, Bengtsson T, Malmqvist U, Werkström V et al. Muscular exercise can cause highly pathological liver function tests in healthy men. *Br J Clin Pharmacol*. 2008; 65: 253–259 doi: 10.1111/j.1365-2125.2007.03001.x
 26. Uchiyama S, Tsukamoto H, Yoshimura S, Tamaki T. Relationship between oxidative stress in muscle tissue and weight-lifting-induced muscle damage. *Pflugers Arch*. 2006 Apr;452(1):109-16. doi: 10.1007/s00424-005-0012-y. Epub 2006 Jan 10. PMID: 16402246.
 27. Tamaki T, Uchiyama S, Uchiyama Y, Akatsuka A, Yoshimura S, Roy RR, Edgerton VR. Limited myogenic response to a single bout of weight-lifting exercise in old rats. *Am J Physiol Cell Physiol*. 2000 Jun;278(6):C1143-52. doi: 10.1152/ajpcell.2000.278.6.C1143. PMID: 10837342.
 28. Duarte JA, Appell HJ, Carvalho F, Bastos ML, Soares JM. Endothelium-derived oxidative stress may contribute to exercise-induced muscle damage. *Int J Sports Med*. 1993 Nov;14(8):440-3. doi: 10.1055/s-2007-1021207. PMID: 8300269.
 29. O'Neill CA, Stebbins CL, Bonigut S, Halliwell B, Longhurst JC. Production of hydroxyl radicals in contracting skeletal muscle of cats. *J Appl Physiol* (1985). 1996 Sep;81(3):1197-206. doi: 10.1152/jappl.1996.81.3.1197. PMID: 8889754.
 30. Reid MB, Shoji T, Moody MR, Entman ML. Reactive oxygen in skeletal muscle. II. Extracellular release of free radicals. *J Appl Physiol* (1985). 1992 Nov;73(5):1805-9. doi: 10.1152/jappl.1992.73.5.1805. PMID: 1335453.
 31. Aoi W, Naito Y, Sakuma K, Kuchide M, Tokuda H, Maoka T, Toyokuni S, Oka S, Yasuhara M, Yoshikawa T. Astaxanthin limits exercise-induced skeletal and cardiac muscle damage in mice. *Antioxid Redox Signal*. 2003 Feb;5(1):139-44. doi: 10.1089/152308603321223630. PMID: 12626126.
 32. Liu J, Yeo HC, Overvik-Douki E, Hagen T, Doniger SJ, Chyu DW, Brooks GA, Ames BN. Chronically and acutely exercised rats: biomarkers of oxidative stress and endogenous antioxidants. *J Appl Physiol* (1985). 2000 Jul;89(1):21-8. doi: 10.1152/jappl.2000.89.1.21. Erratum in: *J Appl Physiol* 2002 Apr;92(4):following table of contents. Chu DW [corrected to Chyu DW]. PMID: 10904031.