



ARAŞTIRMA

F.Ü.Sağ.Bil.Vet.Derg.
2026; 40 (3): 222 - 226
http://www.fusabil.org

Arjin Murat KILINÇ^{1, a}
Engin BALIKCI^{1, b}

¹ Fırat Üniversitesi,
Veteriner Fakültesi,
İç Hastalıkları Ana Bilim Dalı,
Elazığ, TÜRKİYE

^a ORCID: 0009-0007-1691-691X

^b ORCID: 0000-0002-5548-1038

Yarış Atlarının Antrenman Öncesi ve Sonrası Bazı Biyokimyasal ve Oksidatif Stres Parametrelerinin Değerlendirilmesi^{*,**}

Bu çalışma, İngiliz yarış atlarında 15 dakika ısınma ve 800 metre galoptan oluşan antrenman protokolünün, bazı biyokimyasal parametreler ve oksidatif stres düzeyleri üzerindeki akut etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Çalışmada yaşları 3 ile 5 arasında değişen, eğitilmiş ve sağlıklı toplam 16 İngiliz yarış atı (8 erkek, 8 dişi) kullanılmıştır. Kan örnekleri, antrenmandan 30 dakika önce ve antrenmandan 30 dakika sonra olmak üzere iki kez juguler venden alınmıştır. Çalışma kapsamında kan örneklerinden elde edilen plazmalardan spektrofotometre ile oksidatif stres parametrelerinden malondialdehit (MDA), indirgenmiş glutatyon (GSH), glutatyon peroksidaz (GSH-Px) düzeyleri ve kas enzimlerinden aspartat aminotransferaz (AST), laktat dehidrogenaz (LDH), kreatin kinaz (CK) düzeyleri analiz edilmiştir.

Elde edilen bulgulara göre, antrenman sonrası plazma AST, LDH ve CK düzeylerinde antrenman öncesine kıyasla istatistiksel olarak anlamlı artışlar kaydedilmiştir ($p<0.01$, $p<0.01$ ve $p<0.05$). Oksidatif stresin bir göstergesi olan plazma MDA düzeylerinde bir artış gözlenmiştir, bu değişim istatistiksel açıdan anlamlı bulunmamıştır ($p>0.05$). Diğer taraftan, antioksidan savunma kapasitesini temsil eden GSH düzeylerinde ve GSH-Px aktivitelerinde istatistiksel olarak anlamlı azalmalar tespit edilmiştir ($p<0.001$).

Bulgular, safkan yarış atlarının egzersize bağlı akut oksidatif strese karşı güçlü bir antioksidan savunma sergilediğini göstermektedir. Bununla birlikte, gözlenen antioksidan tükenmesi, yüksek performanslı atlarda kas sağlığını korumaya yönelik takviye stratejilerinin araştırılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Antioksidan, kas enzimleri, oksidatif stres, yarış atı.

Evaluation of Some Biochemical and Oxidative Stress Parameters in Race Horses Before and After Training

This study aimed to determine the acute effects of a training protocol consisting of a 15-minute warm-up and an 800-meter gallop on certain biochemical parameters and oxidative stress levels in British racehorses. A total of 16 trained and healthy British racehorses (8 male, 8 female), aged between 3 and 5 years, were used in the study. Blood samples were taken twice from the jugular vein, 30 minutes before and 30 minutes after the training. Spectrophotometer analysis of plasma samples revealed oxidative stress parameters including malondialdehyde (MDA), reduced glutathione (GSH), and glutathione peroxidase (GSH-Px), as well as muscle enzymes such as aspartate aminotransferase (AST), lactate dehydrogenase (LDH), and creatine kinase (CK).

According to the findings, statistically significant increases were recorded in plasma AST, LDH, and CK levels after training compared to pre-training levels ($p<0.01$, $p<0.01$, and $p<0.05$). Although an increase was observed in plasma MDA levels, an indicator of oxidative stress, this change was not statistically significant ($p>0.05$). On the other hand, statistically significant decreases were detected in GSH levels and GSH-Px activities, which represent antioxidant defense capacity ($p<0.001$).

These findings demonstrate that thoroughbred racehorses exhibit a strong antioxidant defense against exercise-induced acute oxidative stress. However, the observed antioxidant depletion highlights the need to investigate supplementation strategies aimed at maintaining muscle health in high-performance horses.

Key Words: Antioxidant, muscle enzymes, oxidative stress, racehorse

Geliş Tarihi : 30.04.2026
Kabul Tarihi : 14.06.2026

Yazışma Adresi

Engin BALIKCI
Fırat Üniversitesi,
Veteriner Fakültesi,
İç Hastalıkları Ana Bilim
Dalı
Elazığ – TÜRKİYE

ebalikci@firat.edu.tr

Giriş

Sürekli egzersiz, atlarda hücresel, doku ve organ düzeylerinde çeşitli değişikliklere neden olmaktadır. Antrenmanın etkinliğini değerlendirmenin temel yöntemi, atların egzersizden veya yarıştan sonra kan parametrelerindeki değişiklikleri analiz etmektir. Kan bileşenleri, egzersiz esnasında artış gösteren metabolik taleplerin karşılanmasında ve aktif kas dokusuna oksijen, su, elektrolit, mineral ile hormonların kesintisiz iletiminde kritik bir rol oynamaktadır. Çeşitli egzersiz biçimlerinin neden olduğu hematokimyasal değişiklikleri anlamak önemlidir, çünkü bunlar çeşitli sistemlerin işlevlerinde ve kullanılan enerji türlerinde değişikliklere işaret etmektedir (1).

* Bu çalışma Arjin Murat KILINÇ'ın yüksek lisans tezinden özetlenmiştir.

** Silk Road 5. International Scientific Research Congress, 16-18 Ocak 2026, Antalya, Türkiye.

Normal koşullar altında, organizmada oksidan ve antioksidan sistemler arasında bir denge vardır. Oksidatif stres durumunda, bu denge bozulur ve oksidan sayısında artışa yol açar. Enzimatik (GSH ve GSH-Px vb.) ve enzimatik olmayan (örneğin E vitamini) antioksidanlar genellikle dokuları aşırı oksidatif hasardan korurlar. Antioksidan sistemlerden herhangi birinin tükenmesi, dokuların ve hücrel bileşenlerin reaktif oksijen türlerine karşı savunmasızlığını artırırken, dokular düzenli egzersize maruz kaldığında (yorucu olmayan) antioksidan savunmalarını artırmaktadır. Bu bağlamda kontrollü antrenman, fiziksel egzersiz yapan atların dokularındaki antioksidan savunmalarını artırmanın yollarından biridir (2). Düzenli fiziksel egzersizin yarış atları üzerinde faydalı etkileri olsa da akut ve yorucu egzersiz, oksidatif stresi tetikleyerek bu faydaları azaltabilmektedir (3). Kas hasarı, kas zarının geçirgenliğini ve kas liflerinin yırtılmasını artırmaktadır, bu da CK, AST ve LDH gibi biyobelirteçlerini serbest bırakabilmektedir (4).

Bu çalışmanın amacı, İngiliz yarış atlarında 15 dakika ısınma ve 800 metre galoptan oluşan antrenmandan 30 dk önce ve 30 dk sonra alınan kan örneklerinde oksidatif stres parametresi MDA, antioksidan parametreleri GSH ve GSH-Px ve kas enzimleri AST, CK ve LDH gibi biyokimyasal parametreler üzerindeki akut etkilerini belirlemektir.

Gereç ve Yöntem

Bu çalışma, Fırat Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu tarafından 06.11.2024 tarihli ve 2024/18-02 sayılı karar numarası ile deneysel olmayan klinik veteriner hekimlik uygulamaları kapsamında değerlendirildiğinden Etik Kurul izni alınmasına gerek olmadığı bildirilmiştir.

Bu çalışma, yaşları 3 ile 5 arasında değişen, düzenli antrenman programına dahil edilmiş ve kondisyonel düzeyleri standardize edilmiş, 8'i erkek ve 8'i dişi olmak üzere toplam 16 safkan İngiliz yarış atı üzerinde yürütülmüştür. Araştırmaya dahil edilen atların sağlık durumlarını doğrulamak amacıyla öncelikle detaylı bir fiziksel klinik muayene yapılmıştır. Bu muayene kapsamında temel yaşamsal parametreler olan vücut sıcaklığı (37.5-38.5°C), kalp atım hızı (28-44 atım/dakika) ve solunum sayısı (8-16 nefes/dakika) ile genel görünümleri değerlendirilmiş; klinik bulgular ışığında 16 yarış atının tamamının sağlıklı olduğu teyit edilmiştir. Çalışma süresince tüm atlar, kontrollü çevre ve standart beslenme koşulları altında barındırılmıştır. Antrenman, 15 dakika ısınma ve 800 metre galop olarak planlanmıştır. Daha sonra, atların juguler venlerinden standart tekniklere uygun olarak antrenmandan 30 dakika önce ve antrenmandan 30 dakika sonra olmak üzere iki defa kan örnekleri alınmış ve bu örnekler kas enzimleri ve oksidatif stres parametrelerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Kan örnekleri, plazma ekstraksiyonunu kolaylaştırmak için etilendiamintetraasetik asit (EDTA) içeren tüplerde 15 dakika süreyle dakikada 3.000 devir (rpm) hızında santrifüj edilmiştir. Plazma örnekleri, LPO'nun bir

göstergesi olan MDA seviyelerini değerlendirmek için kullanılmıştır. Tam kan örnekleri, GSH ve GSH-Px seviyelerinin belirlenmesi için kullanılmıştır. Örneklerde Plazma MDA düzeyleri, Placer ve ark. (5) tarafından tanımlanan spektrofotometrik yöntem kullanılarak belirlenmiştir. GSH seviyesi, Ellman ve ark. (6) tarafından tanımlanan yöntemle göre ve GSH-Px aktivitesi, Beutler (7) metoduna göre ölçülmüştür. Kas dokusu hasarını ölçmek için kullanılan biyokimyasal parametrelerden Plazma CK, LDH ve AST düzeyleri ise otoanalizör (Siemens, Advia 2400, ABD) kullanılarak belirlenmiştir.

Çalışmada elde edilen verilerin istatistiksel analizi SPSS programı 25 kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Veriler ortalama $\pm$ standart sapma olarak sunulmuştur. Verilerin normal dağılıma sahip olup olmadığı Shapiro Wilk testi ile değerlendirilmiştir. Normallik varsayımı karşılandığı için, antrenmandan önce ve sonraki parametreler Bağımlı Örneklem t-testi ile istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. İstatistiksel olarak $p < 0.05$ değeri önemli kabul edilmiştir (8).

Bulgular

Antrenman protokolünün İngiliz yarış atlarında kas dokusu ve karaciğer metabolizması üzerindeki akut etkilerini belirlemek amacıyla incelenen enzim aktivitelerine ait bulgular Tablo 1'de gösterildi. Yapılan analiz neticesinde yarış atlarında plazma AST ortalama düzeylerinde antrenman sonrası (317.50 ± 16.17 U/L) antrenman öncesine (304.82 ± 15.92 U/L) göre istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.01$) bir artış bulunmuştur. Benzer şekilde plazma LDH ortalama düzeylerinde antrenman sonrası (243.44 ± 15.85 U/L) antrenman öncesine (225.13 ± 15.97 U/L) göre istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.01$) bir artış saptanmıştır. Plazma CK ortalama düzeylerinde ise antrenman sonrası (202.88 ± 19.87 U/L) antrenman öncesine (185.81 ± 18.80 U/L) göre istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.05$) bir artış bulunmuştur.

Antrenmana bağlı olarak şekillenen lipid peroksidasyon düzeyini ve buna bağlı gelişen oksidatif stres durumunu belirlemek amacıyla ölçülen plazma MDA parametresine ait analiz sonuçları incelendiğinde plazma MDA ortalama düzeyinde antrenman sonrası (3.35 ± 0.59 nmol/mL) antrenman öncesine (3.12 ± 0.13 nmol/mL) göre bir artış bulunurken, bu artış istatistiksel olarak anlamlı ($p > 0.05$) bulunmamıştır (Tablo 1).

Antrenman esnasında artış gösteren serbest radikal yüküne karşı sergilenen savunma kapasitesini değerlendirmek amacıyla analiz edilen antioksidan parametrelerine ilişkin bulguların istatistiksel değerlendirmeleri neticesinde incelenen her iki antioksidan belirteci (GSH ve GSH-Px) ortalama düzeylerinde de antrenman öncesine (53.75 ± 1.43 μ mol/mL ve 356.31 ± 8.49 U/gHb) göre antrenman sonrası (41.32 ± 1.48 μ mol/mL ve 298.81 ± 5.12 U/gHb) istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.001$) bir azalış saptanmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Yarış atlarında antrenman öncesi ve sonrası bazı biyokimyasal parametrelerin ortalamaları

Parametre	Antrenman Öncesi (Ort.±S.S.)	Antrenman Sonrası (Ort.±S.S.)	p-değeri
AST (U/L)	304.82±15.92	317.50±16.17	0.0016
LDH (U/L)	225.13±15.97	243.44±15.85	0.0029
CK (U/L)	185.81±18.80	202.88±19.87	0.0182
MDA (nmol/mL)	3.12±0.13	3.35±0.59	0.1392
GSH (μmol/mL)	53.75±1.43	41.32±1.48	<0.0001
GSH-Px (U/gHb)	356.31±8.49	298.81±5.12	<0.0001

Tartışma

Yarış atlarının kanındaki oksidan/antioksidan ve kas enzimi düzeylerinin; atın ırkına, yaşına, antioksidan kapasitesine, takviye alıp almadığına, antrenman protokolüne ve egzersiz yoğunluğuna bağlı olarak değiştiği çok sayıda çalışmada bildirilmiştir (9-11). Bu çalışmada ise, İngiliz yarış atlarında antrenmandan 30 dakika önce ve 30 dakika sonra olmak üzere oksidatif stresi belirlemek için lipid peroksidasyonunun en önemli son ürünlerinden biri olan plazma MDA düzeyi, oksidatif stres kaynaklı kas dokusu hasarını ölçmek için plazma AST, LDH ve CK düzeyleri, kas dokusunu hasara karşı koruma görevi olan antioksidan seviyesini ölçmek için ise GSH ve GSH-Px aktiviteleri değerlendirilmiştir.

Egzersiz yoğunluğu ve çevresel faktörlerin oksidatif stres üzerindeki etkisini inceleyen Mills ve ark. (12), sıcak ve nemli koşullarda (30°C, %80 bağıl nem) yapılan uzun süreli egzersizlerin, serin koşullara (20°C, %40 bağıl nem) kıyasla atlarda çok daha yüksek lipid peroksidasyonuna yol açtığını saptamışlardır. Bu çalışmada antrenman sonrasında hücrel hasar belirteci olan MDA seviyelerinde anlamlı bir artış saptanmaması ve koruyucu antioksidan olan GSH düzeylerinde anlamlı bir düşüş belirlenmesi, Mills ve ark. (12)'nin bildirdiği yüksek sıcaklık ve nem koşullarındaki şiddetli oksidatif stres tablosu ile farklılık göstermektedir. Bu farklılığın; çalışmamızdaki mevcut çevresel koşulların ve antrenman şiddetinin atların fizyolojik tolerans sınırları içerisinde kalmasından kaynaklandığı, bu sayede glutatyon savunma sisteminin (GSH ve GSH-Px) devreye girerek lipid peroksidasyonunu (MDA artışı) engellemede başarılı olduğu düşünülmektedir.

Chiaradia ve ark. (2), 3 aylık eğitim programına tabi tutulan Maremmana aygırlarında artan yoğunluktaki egzersizin plazma MDA ve GSH düzeylerinde eş zamanlı artışa yol açtığını ayrıca plazma CK ve LDH aktivitelerindeki artışın hücrel doku hasarına işaret ettiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda da antrenman sonrasında plazma CK, LDH ve AST enzimlerinde saptanan istatistiksel olarak anlamlı artışlar, egzersizin yarattığı hücrel sızıntı ve doku hasarı bulguları açısından söz konusu araştırmanın sonuçlarıyla uyumluluk göstermektedir. Ancak oksidatif stres

parametreleri değerlendirildiğinde iki çalışma arasında belirgin farklılıklar mevcut olduğu tespit edilmiş olup, bunun nedeni olarak, atların kondisyon durumu (antrenman geçmişi) ile uygulanan egzersiz protokollerinin yoğunluk ve süresindeki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Kinnunen ve ark. (3), dayanıklılık atlarında 80 km'lik uzun süreli egzersizin hücrel hasar belirteçlerini değiştirmediklerini belirterek GSH-Px enziminin egzersiz kaynaklı oksidatif strese karşı temel koruyucu yanıtı oluşturduğunu vurgulamışlardır.

Al-Qudah ve Al-Majali (13), 120 km'lik dayanıklılık yarışına farklı seviyelerde (grup 1, 60 km'de, grup 2, 90 km'de ve grup 3, 120 km'de) katılan 60 dayanıklılık atında gerçekleştirdikleri çalışmada yarış öncesi, sonrası ve yarıştan iki hafta sonra aldıkları kan örneklerinde, yarışın sonunda tüm atlarda tiyobarbitürik asit reaktif maddeler (TBARS) ve CK seviyelerinin anlamlı şekilde arttığını, antioksidan GSH-Px'in ise azaldığını, yarışı tamamlayamayan atlarda hasar belirteçlerinin tamamlayanlara göre daha yüksek olduğunu ve iki hafta sonra tüm değerlerin normale döndüğünü tespit etmişlerdir.

De Moffarts ve ark. (14) koşu bandında ve yarış pistinde yapılan, yorgunluğa kadar koşu içeren standart koşu egzersiz testlerinin, sağlıklı ve eğitimli safsan atların her iki koşu egzersiz testinin GSH ve protein tiyol seviyesinde anlamlı şekilde azalışa yol açtığını, GSH-Px ve süperoksit dismutaz (SOD) belirteç seviyelerinde ise anlamlı bir etkisinin olmadığını gözlemlemişlerdir. Diğer taraftan De Moffarts ve ark. (15), 6 sağlıklı Standardbred at üzerinde eğitim ve egzersiz yoğunluğunun etkisini araştırdıkları çalışmalarında; SOD ve GSH-Px belirteçlerinin egzersizle birlikte anlamlı düzeyde arttığını, GSH, A vitamini, alfa-tokoferol ve çinko belirteçlerinin ise önemli ölçüde azaldığını tespit etmişlerdir. Smarsh ve Williams (16), 2,4-18 aylık standart koşu tayları ile 2,1-13 yaşındaki kısırakların 8 haftalık eğitim öncesi ve sonrası oksidatif stres düzeylerini ve antioksidan durumlarını inceledikleri çalışmalarında; başlangıçta tayların daha düşük oksidatif stres ve daha yüksek antioksidan seviyesine sahip olduğunu, ancak eğitim sonrası iki grup arasındaki farkın azaldığını tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, tayların yetişkinlere kıyasla aerobik metabolizmaya daha fazla güvenmeleri ve dolayısıyla daha fazla oksijen tüketmeleri nedeniyle egzersiz sırasında daha yüksek oksidatif stres seviyelerine sahip olabileceklerini bildirmişlerdir.

Lacerda ve ark. (17), dayanıklılık yarış atlarında SOD, katalaz (CAT) ve GSH-Px gibi antioksidan enzimler açısından zengin bileşiklerin ve fiziksel hazırlık egzersizlerinin antioksidan kapasite üzerinde olumlu etkiler gösterdiğini ortaya koymuşlar. Bu spor dalındaki atların sağlığını korumak için doğru fiziksel hazırlığın ve antioksidan takviyesinin hayati önem taşıdığını tespit etmişlerdir.

Arfuso ve ark. (10), düzenli olarak antrenman yapan iyi eğitilmiş yarış atlarında 1200, 1600 ve 2000 metrelik yarışların antioksidan ve oksidatif stres durumu

üzerine etkilerini inceledikleri çalışmalarında; atların yarış sırasında oksidatif strese maruz kalmalarına rağmen, sahip oldukları uygun antioksidan kapasitesinin yarış kaynaklı oksidatif stresle başa çıkma yeteneklerini artırdığını saptamışlardır.

Tkaczenco ve ark. (18), Polonya'nın Pomeranya bölgesindeki 15 sağlıklı İngiliz melez atı (7 kısırak, 8 aygır) üzerinde yaptıkları çalışmada egzersiz sonrası TBARS düzeylerinin hem kısıraklarda hem de aygırlarda anlamlı olmayan bir artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Literatürde oksidatif stres oluşmaması durumu, çalışmamızdaki safkan İngiliz yarış atlarında antrenman sonrası MDA seviyelerinde anlamlı bir artış saptanmaması ile benzer sonuç göstermektedir.

Krumrych (19), yarış, koşu, atlama ve binicilik atları üzerinde yaptığı çalışmada; GSH-Px aktivitesinin yoğun antrenmanlı atlarda yüksek değişkenlik gösterdiğini ve bu enzimin organizmayı reaktif oksijen türlerinden korumada kritik önem taşıdığını bildirmiştir. Araştırmacı, düzenli antrenmanlı atların düşük aktiviteli hayvanlara kıyasla ana antioksidan enzimler ve toplam antioksidan durumu açısından daha yüksek dinlenme değerlerine sahip olduğunu saptamıştır. Diğer taraftan Andriichuk ve ark. (20), iyi eğitilmiş Ukrayna sıcakkanlı atlarında düzenli egzersizin eritrosit TBARS seviyesini azaltırken kan ve plazmada değişikliğe yol açmadığını, buna karşılık GSH-Px'de artış meydana geldiğini ve bu parametreler arasında anlamlı bir korelasyon bulunduğunu tespit etmişlerdir. Krumrych (19) ve Andriichuk ve ark. (20)'nın belirttiği yüksek antioksidan savunma kapasitesinin aksine; çalışmamızda antrenman sonrası GSH ve GSH-Px düzeylerinde saptanan anlamlı düşüş, atların egzersiz kaynaklı şiddetli oksidatif stresle başa çıkmak için mevcut antioksidan rezervlerini (enzimatik kapasitelerini) yoğun bir şekilde tükettiğinden olabilir. Bu aktif savunma mekanizması sayesinde, Andriichuk ve ark. (20)'nın plazma düzeyinde bildirdiği stabiliteye benzer şekilde çalışmamızda da plazma MDA seviyelerinde anlamlı bir artış şekillenmemiş ve hücrel hasar engellenmiş olabilir.

Balogh ve ark. (21), pentatlon atlarında egzersiz öncesi ve hemen sonrası alınan kan örneklerini kıyasladıkları çalışmalarında, CK ve LDH aktivitelerinde belirgin artışlar saptamış ve bu parametrelerin 24 saatlik dinlenme sonrasında başlangıç değerlerine döndüğünü, Williams ve ark. (11), 80 km'lik bir sürüşte kondisyonun kas enzim aktiviteleri (CK ve AST) üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında sürüşü tamamlayamayan atların tüm ölçüm periyotlarında bitirenlere göre CK ve AST düzeylerinin arttığını, Piccione ve ark. (22), eğitilmiş safkan yarış atlarında fiziksel egzersiz ile oksidatif stres arasındaki ilişkiyi inceledikleri çalışmalarında yarıştan

hemen sonra LDH aktivitesinin dinlenme değerlerine kıyasla önemli ölçüde arttığını, Kruljc ve ark. (23), 6 saatlik yürüyüş temposundaki devriye görevinin polis atlarında AST ve CK aktivitelerinde istatistiksel olarak anlamlı arttığını, Zhang ve ark. (24), 20 km'lik dayanıklılık egzersizine tabi tutulan 12 genç Moğol atı üzerinde yaptıkları çalışmada egzersiz sonrası CK seviyelerinin arttığını, Atata ve ark. (25), yarış atlarında fiziksel müsabakaların (yarış öncesi, hemen sonrası, 30. dakika ve 24. saat) hemato-biyokimyasal ve oksidatif stres parametreleri üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında; LDH, CK, AST gibi kas hasarı belirteçlerinde yarış sonrası anlamlı arttığını, bu değişimlerin 30 dakika sürdüğünü ve 24 saat sonra normale döndüğünü, MDA, GSH-Px ve katalaz gibi oksidatif stres parametrelerinin ise değişmeden kaldığını tespit etmişlerdir. Bu bulgular ışığında, düzenli eğitim ve kondisyonun yarış atlarında oksidatif hasarı sınırlandıran adaptif mekanizmalar geliştirdiğini bildirmişlerdir. Bu adaptif mekanizma ve oksidatif hasarın sınırlandırılması bulgusu, çalışmamızdaki safkan İngiliz yarış atlarında antrenman sonrası plazma MDA seviyelerinde anlamlı bir artış görülmemesi ve plazma AST, LDH ve CK düzeylerindeki anlamlı artış ile benzer bulunmuştur.

Bununla birlikte, Mami ve ark. (26), kısa mesafe (1250 ve 1400 metre) yarışlarına katılan 3-6 yaş aralığındaki 6 adet erkek Arap atı üzerinde yürüttükleri çalışmada, kısa mesafe yarışlarına katılan Arap atlarında AST, LDH ve CK gibi kas hasarı belirteçlerinin referans aralıkları içerisinde kalarak "hasarsız bir yorgunluk" tablosu oluşturduğunu ve antioksidan kapasitenin (TAC ve CAT) egzersiz sonrası artarak akut bir adaptasyon sergilediğini rapor etmiştir. Demirel ve ark. (27), 20 safkan İngiliz atı üzerinde egzersizin oksidatif stres ve bazı biyokimyasal parametreler (AST, LDH, CK) üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında egzersize bağlı olarak AST, LDH, CK enzim aktivitelerinde anlamlı bir değişiklik olmadığını, buna karşın kan plazması nitrik oksit düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış şekillendiğini tespit etmişlerdir. Bu çalışmada, antrenman sonrasında kas hasarı ve metabolik aktiviteyi gösteren enzimlerde anlamlı artışlar meydana gelirken, antioksidan savunma sisteminde belirgin bir azalma olduğu belirlenmiştir. Bu durum, egzersizin oksidatif stres oluşumunu artırdığı ve antioksidan kapasite üzerinde baskılayıcı etki oluşturduğu tahmin edilmektedir.

Sonuç olarak; safkan yarış atlarının egzersize bağlı akut oksidatif strese karşı güçlü bir antioksidan savunma sergilediğini göstermektedir. Bununla birlikte, gözlenen antioksidan tükenmesi, yüksek performanslı atlarda kas sağlığını korumaya yönelik takviye stratejilerinin araştırılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Kaynaklar

1. Piccione G, Arfuso F, Giudice E, et al. Dynamic adaptation of hematological parameters, albumin, and non-esterified fatty acids in saddlebred and standardbred horses during exercise. *Animals* 2025; 15: 1-17.
2. Chiaradia E, Avellini L, Rueca F, et al. Physical exercise, oxidative stress and muscle damage in racehorses. *Comp Biochem Physiol* 1998; 119: 833-836.
3. Kinnunen S, Atalay M, Hyppa S, et al. Effects of prolonged exercise on oxidative stress and antioxidant

- defense in endurance horse. *J Sports Sci Med* 2005; 4: 415-421.
4. Brancaccio P, Maffulli N, Limongelli FM. Creatine kinase monitoring in sport medicine. *Br Med Bull* 2007; 81: 209-230.
 5. Placer ZA, Cushman LL, Johnson BC. Estimation of product of lipid peroxidation (malonyl dialdehyde) in biochemical systems. *Anal Biochem* 1966; 16: 359-364.
 6. Ellman GL, Courtney DK, Andres V, Featherstone RJ. A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochemical Pharmacology* 1961; 7: 88-95.
 7. Beutler E. A manual of biochemical methods. In: Beutler E, (Editor). *Red Cell Metabolism*. 3rd Edition, Philadelphia: Grune and Stratton, 1984.
 8. Karagöz Y. SPSS 22 Uygulamalı Biyoistatistik, Güncellenmiş 2. Baskı, Ankara: Nobel, 2015.
 9. Kirschvink N, de Moffarts B, Farnir F, Pincemail J, Lekeux P. Investigation of blood oxidant/antioxidant markers in healthy competition horses of different breeds. *Equine Vet J* 2006; 38: 239-244.
 10. Arfuso F, Rizzo M, Giannetto C, et al. Oxidant and antioxidant parameters'assessment together with homocysteine and muscle enzymes in racehorses: evaluation of positive effects of exercise. *Antioxidants* 2022; 11: 1176.
 11. Williams CA, Kronfeld DS, Hess TM, Saker KE. Comparison of oxidative stress and antioxidant status in endurance horses in three 80-km races. *Equine and Comparative Exercise Physiology* 2005; 2: 153-157.
 12. Mills PC, Smith NC, Casas I, et al. Effects of exercise intensity and environmental stress on indices of oxidative stress and iron homeostasis during exercise in the horse. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1996; 74: 60-66.
 13. Al-Qudah KM, Al-Majali AM. Status of biochemical and antioxidant variables in horses before and after long distance race. *Revue Med Vet* 2006; 157: 307-312.
 14. De Moffarts B, Kirschvink N, Art T, Pincemail J, Lekeux P. Effect of exercise on blood oxidant/antioxidant markers in standardbred horses: Comparison between treadmill and race track tests. *Equine Vet J* 2006; 36: 254-257.
 15. De Moffarts B, Kirschvink N, Art T, et al. Impact of training and exercise intensity on blood antioxidant markers in healthy standardbred horses. *Equine and Comparative Exercise Physiology* 2004; 1: 211-220.
 16. Smarsh DN, Williams CA. Oxidative stress and antioxidant status in standardbreds: Effect of age and acute exercise before and after training. *JEVS* 2016; 47: 92-106.
 17. Lacerda YG, do Nascimento AF, Alves F, et al. Physical preparation and antioxidant supplementation for endurance racehorses. *Revista Brasileira de Saude e Producao Animal* 2018; 19: 23-31.
 18. Tkaczhenko H, Aksonov I, Tkachova I, Kurhaluk N. Exercise-induced changes in lipid and protein oxidation in the blood of mares and stallions of english half-breed horses living in the pomeranian region (northern poland). *Scientific Bulletin of Natural Sciences (Biological Sciences)* 2023; 35: 46-59.
 19. Krumrych W. Blood antioxidant defence in horses during physical exercises. *Bull Vet Inst Pulawy* 2010; 54: 617-624.
 20. Andriichuk A, Tkachenko H, Kurhaluk N, et al. Oxidative stress biomarkers and erythrocyte hemolysis in trained ukrainian warmblood horses under the influence of exercise. *The Animal Biology* 2013; 15: 9-24.
 21. Balogh N, Gaal T, Ribiczeyne PS, Petri A. Biochemical and antioxidant changes in plasma and erythrocytes of pentathlon horses before and after exercise. *VCP* 2001; 30: 214-218.
 22. Piccione G, Fazio F, Giudice E. Oxidative stress in standardbred horses during official races of 1600 and 2000 meters. *Med Weter* 2007; 63: 1554-1557.
 23. Kruljc P, Cebulj-Kadunc N, Frangez R, Svete AN. Changes in blood antioxidant, biochemical and haematological parameters in police horses on duty. *Slovenian Veterinary Research* 2014; 51: 119-129.
 24. Zhang X, Liu Y, Li L, et al. Physiological and metabolic responses of mongolian horses to a 20 km endurance exercise and screening for new oxidative-imbalance biomarkers. *Animals* 2025; 15: 1-18.
 25. Atata JA, Ajadi A, Adam M, et al. Comparative evaluation of hemato-biochemical and oxidative parameters of racing horses. *Media Kedokteran Hewan* 2025; 36: 1-12.
 26. Mami S, Khaje G, Shahriari A, Gooraninejad S. Evaluation of biological indicators of fatigue and muscle damage in arabian horses after race. *J Equine Vet Sci* 2019; 78: 74-78.
 27. Demirel M, Eren M, Şentürk M. Atlarda egzersizin nitrik oksit interlöykin-10 düzeyleri ve kas paz aktivitesi ile bazı biyokimyasal parametrelere etkisi. *Sağlık Bilimleri Dergisi* 2022; 31: 204-209.