

EGZERSİZE BAĞLI İSKELET KASI HASARININ GÜÇ, SÜRAT VE DENGE PERFORMANSINA ZAMANA BAĞLI ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Yılmaz UÇAN¹, İsmail Can DEMİRBAŞ², Elif YASA³, Abdullah BEZER³,
Ritvan ÖZCAN³, Erbil Murat AYDIN¹

¹Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu,

²Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü Beden Eğitimi ve Spor ABD, İstanbul

³Serbest Araştırmacı

Geliş Tarihi: 28.02.2018

Kabul Tarihi:02.04.2018

SPORMETRE, 2018,16(2),51-59

Öz: Bu çalışmanın amacı; kas hasarı oluşturan bir egzersiz uygulamasının genç erkeklerin güç, sürat ve denge performansları üzerine zamana bağlı etkilerini araştırmaktır. Çalışmaya, kronik bir rahatsızlığı olmayan 10 erkek (yaş ortalaması 21,1 ± 3,4 yıl, boy ortalaması 171,2 ± 6,1 cm, vücut ağırlığı 64,1 ± 4,7 kg) gönüllü olarak katıldı. Çalışmanın ilk günü katılımcıların boy, vücut ağırlığı, kas ağrısı, kreatin kinaz (CK), denge, güç ve sürat testi normal değerleri alındı. İkinci gün egzersiz protokolü uygulandı ve protokol sonrasında 1, 24, 48 ve 72'nci saatlerde kas ağrısı, denge, güç, sürat testleri ve CK değerleri ölçüldü. Verilerin analizinde SPSS 19 paket programı kullanıldı. Veriler tekrarlı ölçümler için ANOVA testi ile değerlendirildi. Egzersiz protokolü sonrası, 1, 24, 48 ve 72'inci saatlerde CK ve kas ağrısı değerlerinin normal değerlere göre anlamlı şekilde yüksek olduğu (p<0,05), denge ve güç değerlerinde anlamlı bir değişiklik olmadığı (p>0,05), sürat değerlerinde ise 24 ve 72'nci saatlerde anlamlı şekilde (p<0,05) artışlar olduğu görüldü. Kas hasarına neden olan egzersiz uygulamasının, CK ve kas ağrısı değerlerini artırırken sürat performansını olumsuz etkilediği bunun yanında denge ve güç performanslarına herhangi bir etki göstermediği sonuçlarına ulaşıldı.

Anahtar Kelimeler: Kreatin kinaz, eksantrik kasılma, kas ağrısı, kas hasarı.

EXAMINATION OF TIME-COURSE EFFECT OF EXERCISE INDUCED SKELETAL MUSCLE DAMAGE ON THE POWER SPEED AND BALANCE PERFORMANCE

Abstract: The purpose of this study was to investigate the time-course effects of an exercise that creates muscle damage on muscle strength, power, speed and balance performance of young male subjects. Ten male subjects (age mean 21.1 ± 3.4 years, height 171.2 ± 6.1 cm, body weight 64.1 ± 4.7 kg) voluntarily participated in the study. On the first day of the study, participants' height and body weight measurements and muscle pain, Creatine Kinase (CK), balance, power and speed test baseline values obtained. On the second day, a training protocol was performed and the muscle pain, balance, power and speed tests, and CK values were measured at 1, 24, 48 and 72 hours after the protocol. SPSS 19 package program was used to analyze the data. The data were evaluated using the ANOVA test for repeated measures. CK and muscle pain values at 1, 24, 48 and 72 hours after exercise protocol were significantly higher than baseline (p<0.05). There was no significant change in balance and power values at any measurement time (p>0.05). The speed values were statistically significantly higher at 24 and 72 hours after exercise compared to the baseline values (p<0.05). As a result; muscle damage exercise protocol, increased CK and muscle pain scores, adversely affected the speed performance but had no effect on balance and power performance of the subjects.

Key Words: Creatin kinase, eccentric contraction, muscle damage, muscle soreness,

GİRİŞ

İskelet kası olağanüstü bir dokudur. Kuvvet üretme ve esneme yeteneğinden dolayı, nefes alıp yürüyebilir, günlük yaşantımızda gerekli olan tüm fiziksel aktiviteleri yerine getirebiliriz. Bir iskelet kası travma veya alışık olunmayan egzersizler sebebiyle hasar gördüğünde acı hisseder ve bu durumda önemli günlük görevleri gerçekleştirme kabiliyetimizin bir kısmını kaybederiz (Tiidus, 2008). İskelet kası hasarı, rekreasyonel egzersizlerin yanı sıra rekabetçi sporun sonucunda oluşan yaygın bir olaydır ve genellikle kontüzyon, zorlanma veya aşırı yüklenmeden kaynaklanan yaralanmanın bir sonucudur (Tiidus, 2010). Kastaki kontüzyon hasarı sıklıkla bölgeseldir. Alışık

olunmayan egzersize bağılı ya da plyometrik egzersiz gibi yüksek eksenrik kasılmaları (uzayarak kasılma) içeren uygulamalardan sonra oluşan hasar ise kasın geniş bir alanı üzerinde yaygın olarak hissedilir ve yerleşmiştir (Lovering ve ark., 2009; Hyldahl ve Hubal, 2014). Egzersiz yoğunluğu ve süresi gibi faktörlere ek olarak, egzersiz modu egzersiz sonrası metabolizma için kritik bir rol oynayabilir. Eksenrik tip egzersiz sonrası kas hasarı konsantrik ya da izometrik egzersizle karşılaştırıldığında daha fazla görülmektedir (Hunter ve Faulkner, 1997; Dolezal ve ark., 2000; Kendall ve Eston, 2002). Kuvvet oluşumu esnasında kas liflerinin uzadığı eksenrik kas kontraksiyonu, kas liflerinde yüksek gerilim yaratır ve kasılmaya bağılı kas hasarıyla sonuçlanma olasılığı daha yüksektir (Yanagisawa ve ark., 2015). Bu tür bir kasılma sırasında, kasın kendisi kasılmaya çalışılırken kas uzunluğu artar. Konsantrik kasılmalarla karşılaştırıldığında, eksenrik egzersiz esnasında daha az motor ünite aktif olduğundan kas lifi başına mekanik zorlanma, daha yüksektir (Clarkson ve Sayers, 1999). Bu durum ilgili dokularda yüksek bir stres oluşturur ve büyük olasılıkla kas hasarı oluşumunun temel bir faktörüdür (Eston ve ark., 1995; Kendall ve Eston, 2002). Eksenrik kasılma ya da aşırı yüklenme kaynaklı kas hasarının histolojik kanıtı, genellikle kas sarkomeralarının bozulması, düzensiz şeritlenme, z-çizgisi bozulması ve parçalanması ile desmin ve distrofin gibi yapısal proteinlerin kaybı olarak kendini gösterir (Jarvinen ve ark., 2005; Radaelli ve ark., 2012). Bu hasar literatürde mikro travma, mikro yaralanma ve kas hasarı terimleri ile ifade edilmektedir.

Egzersize bağılı iskelet kası hasarının tespitinde değişik yöntemler kullanılmaktadır. Hasar doğrudan hücresel seviyede ve dolaylı olarak kas fonksiyonunun çeşitli göstergelerinde meydana gelen değişikliklerden (azalmış kas kuvveti, kas ağrısı vb.) gözlenebilir (Clarkson ve Sayers, 1999). Manyetik rezonans (MR), ultrasonografi gibi görüntüleme teknikleri yanında kas hasarına bağılı olarak yükselen kan ve kastaki bazı proteinler de kas hasarı hakkında bize bilgi vermektedir (Clarkson ve Hubal, 2002; Hunter ve ark., 2012). Özellikle Kreatin Kinaz (CK) enziminin plazmadaki seviyesinin artması kas doku hasarının bir göstergesidir (Foley ve ark., 1999; Sorichter ve ark., 1998; Kendall ve Eston, 2002; Dinesh ve ark., 2008; Baird ve ark., 2012). Yüksek yoğunluklu sprint, yüksek yoğunluklu direnç egzersizleri, yokuş aşağı koşu ve derinlik sıçramaları gibi egzersizler, ağır bir eksenrik bileşeni olan ve dolayısıyla kas hasarına neden olan egzersiz örnekleridir (Ebbeling ve Clarkson, 1989). Bu tür spor aktiviteleri ve eksenrik kas aksiyonuna ihtiyaç duyulan hareketlerle hayat boyunca sıkça karşılaştığımızdan, egzersize bağılı kas hasarı bireylerin fazlaca karşılaştıkları bir deneyimdir. Temel biyo-motorik özellikler egzersiz ve sportif performansı etkilemektedir. Bu araştırma kas hasarı oluşturan bir egzersiz sonrası, birçok sportif performans için önemli olan sürat, güç ve denge gibi biyo-motorik özelliklerin nasıl etkilendiğini ve bu etkinin zamana bağılı değişimini ortaya koymak amacıyla tasarlandı.

MATERYAL VE METOT

Araştırma Gurubu

Araştırmaya son 3 ayda yüksek şiddette fiziksel zorlanmaya dayalı aktivite yapmamış ve kronik bir rahatsızlığı olmayan 10 erkek [ortalama \pm ss: yaş (yıl): 21,1 \pm 3,4; boy (cm): 171,2 \pm 6,1; vücut ağırlığı (kg): 64,1 \pm 4,7] gönüllü olarak katıldı.

Araştırma Dizayını

Araştırmaya başlamadan önce araştırma grubuna uygulanacak tüm ölçüm ve testlerin tanıtımı yapıldı çalışmayla ilgili bilgi verildi ve testlere alışmaları için ön ölçümlerden önce deneklerin testi farklı günlerde en az üç kere uygulamaları sağlandı. Ölçümlerin birinci gününde deneklerin önce boy ve vücut ağırlığı ölçümleri, normal kas ağrısı

değerleri ile kas hasarı belirleyicisi olan kreatin kinazın (CK) normal değerleri daha sonra denge, güç ve sürat testi normal değerleri alındı. Güç değerleri, bacak gücünün dikey sıçrama testi kullanılarak ölçülmesi ile belirlendi. Ölçümlerin ikinci gününde önce kas hasarı egzersiz protokolü uygulandı ve protokol sonrasında 1, 24, 48 ve 72'nci saatlerde kas ağrısı, denge, güç ve sürat testleri ile CK değerleri tekrar ölçüldü. Araştırma grubundan test öncesi son 24 saat içinde hiçbir fiziksel aktivite yapmamaları istendi ve tam bir dinlenme ile testlere gelmeleri sağlandı. Testler öncesi son öğünün en az 3 saat önce yenilmesi sağlandı ve son öğünle test arasında sadece su içilmesine izin verildi. Çalışmada kullanılan ölçme araçlarının özellikleri ve ölçme yöntemleri aşağıda belirtilmiştir.

Veri Toplama Araçları

Boy ve Vücut Ağırlığı Ölçümleri

Boy ve vücut ağırlığı ölçümlerinin tamamı laboratuvar şartlarında ve ölçümden en az üç saat öncesine kadar bir şey yiyip içmeden, şort ve tişört giyinmiş halde, 50 gr ağırlık ve 1 mm uzunluk hassasiyeti olan mekanik tartı (Seca 700; Seca GmbH & Co. KG., Hamburg, Germany) ile yapıldı.

Sürat Ölçümleri

Deneklerin sürat değerleri, 30 metre Sürat Koşusu Testi ile Newtest 1000 sprint zamanlama sistemi (Newtest 1000, Oulu, Finlandiya) kullanılarak kapalı alanda ahşap zeminde ölçüldü. Zamanlama sistemi olarak elektronik ışık geçidi kullanıldı. Başlangıç çizgisi, pistin her iki ucundaki elektronik zamanlama kapıları çizgisinin 1 metre gerisinden işaretlendi. Deneklerden 10 dakikalık ısınmanın ardından maksimum bir çabayla 30 metrelik sprinti tamamlaması istendi. Test 5 dakika ara ile iki kez gerçekleştirildi. Saniye değeri olarak en hızlı kaydedilen zaman, değerlendirme için kullanıldı.

Güç Ölçümleri

Deneklerin güç ölçümleri için Bosco Ergo Jump Sistemi (Byomedic, S.C.P., Barcelona, İspanya) kullanıldı. Sistem, dikey sıçrama sırasında uçuş süresini ölçmektedir. Denekler her iki ayak üzerinde eşit ağırlık dağılımı ile çorap veya çıplak ayak, dizler 90 derece bükülene kadar gövdeyi düz tutarak çömeldi. Sıçrama anında eller belde tutuldu. Cihaz sıfırlandığında, denek mümkün olduğunca dikey olarak sıçradı. Test iki kez tekrarlandı ve en iyi skor kaydedildi. Deneklerin bacak gücünü değerlendirmek için aşağıda verilen Harman formülü kullanıldı (Harman ve ark., 1991).

$$\text{Sıçrama Yüksekliği (cm)} = [(\text{Uçuş Süresi}/2)^2 \times (9,8066/2)] \times 100$$

$$\text{Tepe gücü (W)} = (61,9 \times \text{sıçrama yüksekliği (cm)}) + (36 \times \text{vücut ağırlığı (kg)}) + 1822$$

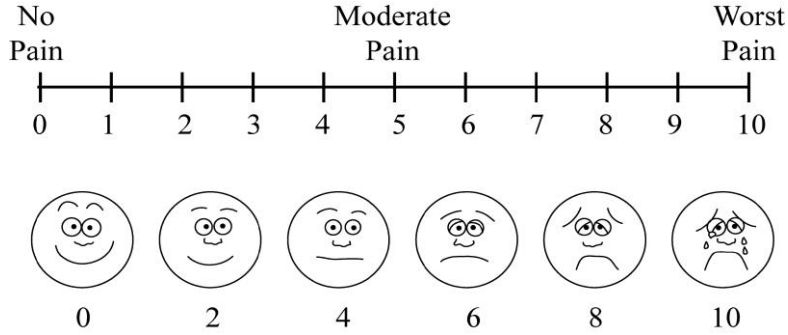
Denge Ölçümleri

Deneklerin denge ölçümleri, Tetrax sistemi (Tetrax Ltd, Ranmat Gan, İsrail) ile ölçüldü. Tetrax sistemi denek ayakta durma pozisyonunda iken cihaz üzerindeki kuvvet plakalarına aktarılan basıncı değerlendirerek kişinin vücut dengesini ölçmektedir.

Kreatin Kinaz (CK) Ölçümleri: Plazma CK ölçümü için; antekubital bölge ven damarından alınan kan (5ml) santrifüj edildi. CK-NAC kitleri (CK-NAC Archem Diagnostics Ind.) kullanılarak spektrofotometrik olarak ölçüldü (Shimadzu Spectrophotometer UV 1201V, Kyoto, Japan).

Algılanan Kas Ağrısı Ölçümleri

Algılanan kas ağrısını belirlemek için “0 – 10” dereceli “Görsel Analog Skala” (GAS) kullanıldı (Şekil 1.). Deneklere, eller belde ve diz fleksiyonu 90 derece olacak şekilde squat pozisyonunda ağrı düzeylerini belirtmek için hazırlanan skala gösterilerek 0 (Ağrı Yok) ila 10 (Hareket Edemeyecek Düzeyde Şiddetli Ağrı) arası numaralardan ağrı düzeylerini belirtmeleri istendi. Bu teknik daha önce yapılan çeşitli çalışmalarda kullanılmıştır (Jakeman ve ark., 2010).



Şekil 1. Görsel Analog Skala (GAS)

Kas Hasarı Egzersiz Protokolü

Egzersiz protokolü 5 set 20 tekrarlı 60 cm yükseklikten yapılan toplam 100 derinlik sıçramasından oluşmaktadır. Sıçramalar 10 sn ara ile gerçekleştirilmiş olup setler arası dinlenme 2 dk olarak uygulandı (Kirby ve ark., 2012). Araştırma tasarımı Tablo 1’ de gösterilmiştir.

Tablo 1. Araştırma uygulama çizelgesi

Ön Test	Kas Hasarı Egzersiz Protokolü	Egzersiz Sonrası			
		1. Saat	24. Saat	48. Saat	72. Saat
Normal Değer	5 set x 20 Tekrar Derinlik Sıçraması Çalışması	CK	CK	CK	CK
CK(IU/L)		GAS	GAS	GAS	GAS
GAS(mm)		Denge Testi	Denge Testi	Denge Testi	Denge Testi
Denge Testi		Güç Testi	Güç Testi	Güç Testi	Güç Testi
Güç Testi (W)		Sürat Testi	Sürat Testi	Sürat Testi	Sürat Testi
Sürat Testi(sn)					

CK = Creatin kinaz; GAS = Görsel Analog Skala; IU = Uluslararası birim; W = Watt; sn = Saniye

Verilerin Analizi

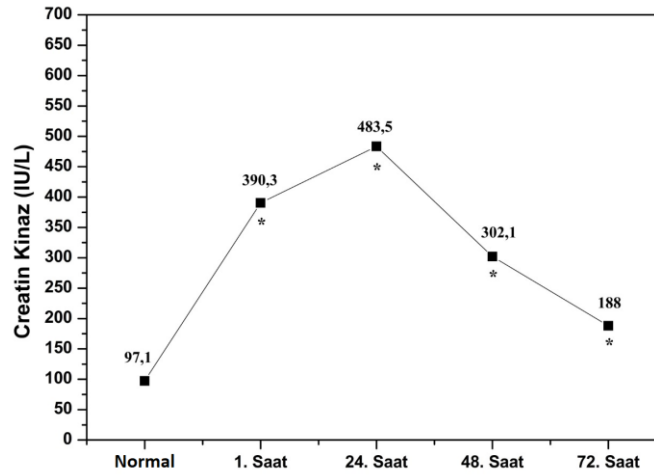
Veriler ortalama ve standart sapma (ort. \pm SS) olarak sunulmuştur. Tüm verilerin normallik dağılımı Shapiro-Wilk testi ile kontrol edilmiştir. CK dışındaki veriler göre normal dağılım göstermişlerdir. Bu nedenle CK dışındaki veriler, tekrarlanan ölçümlerde tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA for Repeated Measures) kullanılarak analiz edilmiştir. Tekrarlanan ölçümlerde tek yönlü varyans analizinde fark çıkması durumunda farkın hangi ölçümler arasında olduğunu saptamak için Bonferroni post-hoc testi kullanılmıştır. CK düzeyleri arasındaki farkların saptanması için de parametrik olmayan testlerden Wilcoxon testi kullanılmıştır. Bu çalışma için istatistiksel anlamlılık $p < 0,05$ olarak belirlenmiştir.

BULGULAR

Araştırma grubunun kas hasarı protokolü öncesi ve sonrasına ait, CK, kas ağrısı, denge, güç ve sürat testi değerleri aşağıdaki tablolarda sunulmuştur.

Kas Hasarı Ölçüm Bulguları

Analiz sonuçları, deneklere ait kas hasarı egzersiz protokolü sonrasında 1. saate ait serum CK değerlerinin ($390,30 \pm 112,76$ IU/L), genel popülasyon için normal değerler olarak kabul edilen 35-175 IU/L (Gagliano ve ark., 2009) değerlerin üzerinde olduğu görülmektedir (Şekil 2). Benzer şekilde; algılanan kas ağrısı değerleri de 24. saatte zirve yapmış ve 1. saat ($4,4 \pm 2,27$), 24. saat ($5,9 \pm 2,37$), 48. saat ($4,4 \pm 2,11$) ve 72. saat ($2,9 \pm 1,72$) değerleri normal değerle (0 ± 0) karşılaştırıldığında anlamlı bir şekilde yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$) (Tablo 3).



Şekil 2. Kreatin Kinaz değişkeni ortalama değerleri

Tablo 2. Kas hasarı egzersiz protokolü sonrası Kreatin Kinaz değişkeni medyan değerleri

Değişken	Normal	1. saat	24. saat	48. saat	72. saat
CK (IU/L)	80,5	354,0*	463,5**	297,5**§	189,0**§+

* Normal değere göre istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p < 0,05$).

1. saat değerine göre istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p < 0,05$).

§ 24. saat değerine göre istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p < 0,05$).

+ 48. saat değerine göre istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p < 0,05$).

CK = Kreatin kinaz; IU = Uluslararası birim; L = Litre.

1, 24, 48, 72 saat sonraki CK değerleri normal değere göre anlamlı derecede büyüktür ($z=2,803$, $p=0,005$, $r=0,63$). 24. saatteki CK değeri 1. saatteki CK değerinden anlamlı derecede büyüktür ($z=2,803$, $p=0,005$, $r=0,63$). 48. saatteki CK değeri 1. saatteki CK değerinden anlamlı derecede küçüktür ($z=-2,599$, $p=0,009$, $r=-0,58$). 72. saatteki CK değeri 1. saatteki CK değerinden anlamlı derecede küçüktür ($z=-2,803$, $p=0,005$, $r=-0,63$). 48. ve 72. saatteki CK değeri 24. saatteki CK değerinden anlamlı derecede küçüktür ($z=-2,803$, $p=0,005$, $r=-0,63$). 72. saatteki CK değeri 48. saatteki CK değerinden anlamlı derecede küçüktür ($z=-2,805$, $p=0,005$, $r=-0,63$) (Tablo 2).

Tablo 3. Kas hasarı egzersiz protokolü sonrası Kas Ağrısı, Denge, Güç (Peak Power) ve Sürat Koşusu, değerleri

Değişkenler	Normal	1. saat	24. saat	48. saat	72. saat
Kas Ağrısı(mm)	0±0	4,4±2,27*	5,9±2,37*	4,4±2,11*	2,9±1,72*
Denge	27,8±19,98	26,8±24,71	27,4±24,71	35,2±29,59	29,2±14,55
Güç (W)	6301,99±354,03	6107,83±300,10	6180,96 ± 386,95	6163,73 ± 341,61	6258,32± 49,05
Sürat (sn)	4,13±0,15	4,13±0,12	4,43±0,23**	4,18±0,14§	4,38±0,14**+

* Normal değere göre istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0,05$).

1. saat değerine göre istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0,05$).

§ 24. saat değerine göre istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0,05$).

+ 48. saat değerine göre istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0,05$).

Test: Tekrarlı Ölçümler İçin Tek Yönlü Varyans Analizi.

Performans Testleri Ölçüm Bulguları

Yapılan analiz sonuçlarına göre; deneklerin denge performansı ölçüm değerleri, normal değerle (27,8±19,98) karşılaştırıldığında en kötü değer 48. saate (35,2±29,59) olduğu görülmesine rağmen, hiçbir ölçüm değeri ile anlamlı bir farklılık göstermemiştir ($p>0,05$) (Tablo 3). Kas hasarı protokolü deneklerin denge performansı üzerinde herhangi bir etki göstermemiştir. Benzer durum güç değerleri içinde gözlenmiştir. Normal değer (6301,99±354,03 W), egzersiz protokolü sonrası 1. saatte 6107,83±300,10 Watt değerine düşmüş, 2. saatte 6180,96±386,95 Watt, 48. saatte 6163,73±341,61 Watt ve 72. saatte 6258,32±49,05 Watt olarak ölçülmüştür. Kas hasarı egzersiz protokolü sonrasında hiçbir ölçüm değerinde anlamlı bir değişim görülmemiştir ($p>0,05$) (Tablo 3). Araştırma kapsamında bakılan performans testlerinden biri olan sürat değerleri normal değerle (4,13±0,15 sn) karşılaştırıldığında, 1. saatte anlamlı bir değişim görülmezken (4,13±0,12 sn), performansın en kötü olduğu ölçüm zamanının 24. saatte (4,43±0,23 sn) olduğu görülmektedir. Sürat performansında 48. saatte (4,18±0,14 sn) 24. saatteki değerle (4,43±0,23 sn) karşılaştırıldığında anlamlı bir iyileşme görülmesine rağmen bu iyileşme 72. Saatte (4,38±0,14 sn) anlamlı şekilde tekrar bozulmuştur ($p<0,05$) (Tablo 3). Sürat performansı 72. saatte bile normal değerlere dönmemiştir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Egzersiz bağlı kas hasarının sürat, güç ve denge performansı üzerine etkilerini incelemek için yapılan bu çalışma sonucunda algılanan kas ağrısı, sürat koşu zamanları ve CK değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmış, denge ve güç performans değerlerinde ise anlamlı farka rastlanmamıştır. Literatürde kas hasarının atletik performans üzerine etkilerini inceleyen çalışmalar yer almaktadır (Twist ve ark., 2005; Highton ve ark., 2009; Nguyen ve ark., 2009; Burt ve Twist, 2011; Akdeniz ve ark., 2012). Highton ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada bireylere 100 derinlik sıçraması

yaptırarak kas hasarı meydana getirmişlerdir. Kas hasarı sonrasında bireylerin 5 m. ve 10 m. sürat koşu zamanlarında, çeviklik testi sürelerinde 48. saatte zirve yapan bir artış saptamışlardır. Ayrıca izokinetik torkta 24. ve 48. saatte istatistiksel olarak anlamlı bir azalma saptamışlardır. Yapılan bu çalışma sonucunda 100 derinlik sıçraması ile meydana gelen kas hasarının sürat koşu zamanını olumsuz etkilediği bulunmuştur. Bu sonuç bizim çalışma sonuçlarımızda görülen sürat performansı bulguları ile benzerlik göstermektedir.

Kanda CK miktarının normal değerler üzerinde olması kas hasarının endirekt göstergesi olarak kabul edilmektedir (Baird ve ark., 2012). Çalışma bulgularımız, kas hasarı egzersiz protokolü sonrasında CK değerlerinin normal kabul edilen değerlere göre (35-175 IU/L) (Gagliano ve ark., 2009) yüksek olduğunu ($390,30 \pm 112,76$ IU/L); (Şekil 2.) dolayısıyla deneklerde kas hasarı olduğunu göstermektedir. Bizim çalışma bulgularımıza göre; egzersiz sonrası CK seviyesi 24. saatte zirve yapmış ve 72. saatte bile normal değerlere dönmemiştir. Kreatin Kinaz yanında maksimal eksantrik egzersiz sonrasında gecikmiş kas ağrısının da olduğu belirtilmektedir (Clarkson ve Hubal, 2002; Kendal ve Eston, 2002; Kanda ve ark., 2013). Chen ve ark. (2011) yaptıkları çalışmada 17 sedanter erkek deneye diz fleksiyon, diz ekstansiyon; dirsek fleksiyon, dirsek ekstansiyon olmak üzere, 6 tekrarlı 5 set maksimal izokinetik egzersiz yaptırmışlardır. Çalışma bulgularına göre; plazma CK aktivitesinin eksantrik egzersiz sonrası tüm egzersiz uygulamalarında anlamlı şekilde yükseldiğini ve dirsek eklemi egzersizlerinin diz eklemi egzersizlerinden anlamlı şekilde daha yüksek CK aktivitesi gösterdiğini ve CK seviyesindeki yükselmenin egzersiz sonrası üçüncü ve dördüncü güne kadar devam ettiğini belirtmişlerdir. Kas ağrısının ise, ikinci gün zirve yaptığını ve dördüncü gün bile normal değerlere dönmediğini belirtmişlerdir. Aynı çalışma bulguları maksimum eksantrik güç değerlerinde ön testle karşılaştırıldığında tüm testlerde (1-5 gün arası) anlamlı azalma bulunmuştur.

Howatson (2010) 12 gönüllü denegin katıldığı çalışmasında, dirsek fleksör kasları üzerinde 45 tekrarlı maksimal eksantrik kasılma yaptırmıştır. Egzersizden hemen sonra, 48 saat sonra ve 96 saat sonra kas hasarı göstergeleri olarak, maksimum izometrik ve izokinetik tork, CK ve kas ağrısı değerlerini ölçmüştür. Çalışma bulgularına göre; kas hasarı göstergesi olarak bakılan tüm değerlerde anlamlı farklar görülmüştür. Kreatin kinaz değerleri normal değerle karşılaştırıldığında hem 48. saat ölçümü hem de 96. saat ölçümünde anlamlı şekilde yüksek bulunmuştur. Aynı şekilde kas ağrısı değerleri 48. saatte zirve yapmış 96. saatte bile normal değerlere dönmemiştir. İzometrik tork değerleri ise 48. saatte anlamlı bir azalma gösterirken 96. saatte anlamlı bir fark göstermemiştir.

Hunter ve ark. (2012) 19 katılımcıyla yaptıkları çalışmada, dirsek fleksör kaslarında kas hasarı oluşturan eksantrik egzersiz uygulaması sonrasında CK değerlerinin normal değerlerle karşılaştırıldığında 1. günden 6. gün ölçümlerine dek anlamlı şekilde yüksek olduğunu bulmuşlardır. Aynı çalışmada kas ağrısı değerlerinin 48. saatte zirve yaptığı ve 6. güne kadar anlamlı şekilde yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Highton ve ark. (2009) egzersize bağlı kas hasarının, çabukluk ve sürat koşu performansına olan etkilerini araştırmak üzere bir çalışma yapmışlar. Çalışmaya 12 sağlıklı genç birey katılmıştır. Denekler kontrol ve deney grubu olarak iki gruba ayrılmıştır. Deney grubuna 100 pliometrik sıçramadan oluşan bir egzersiz protokolü uygulanmıştır. Tüm deneklerin normal, 24 saat, 48 saat ve 168 saat sonrasında algılanan

kas ağrısı, diz ekstansör kası zirve kuvveti, çabukluk testi ve sürat koşu testi değerleri ölçülmüştür. Çalışma bulgularına göre; deney grubunun kas ağrısı anlamlı şekilde artmış, izokinetik güç değerleri 24. ve 48. saatlerde normal değere göre anlamlı şekilde azalmıştır. Her iki değişken değeri de 168. saatte normal değerlere dönmüştür. Aynı zamanda sürat testi ve çabukluk testi zamanlarında da 24 ve 48. saatlerde anlamlı düşmeler görülmüştür. Araştırmacılar, bu bulguların egzersize bağlı kas hasarının sürat ve çabukluk performansını kötüleştirdiğini gösterdiğini belirtmişlerdir.

Khan ve ark. (2016) 15 erkek futbolcu ile yaptıkları bir başka çalışmada; deneklere futbola özgü kas hasarı oluşturan sprint protokolü uygulamışlardır. Kas hasarı göstergesi olarak kas ağrısı, eklem hareket açıklığı, kas kuvveti, CK ve lactat dehidrogenaz enzimi değerlerini; fiziksel performans olarak, sürat, çabukluk, güç ve statik ve dinamik denge değerlerini sprint protokolü öncesinde (normal değer) ve 24, 48, 72 saat sonrasında ölçmüşlerdir. Araştırma bulgularına göre; kas ağrısı, CK ve laktat değerleri normal değerlerle karşılaştırıldığında anlamlı şekilde yüksek bulunmuştur. Ayrıca deneklerin sürat, çabukluk, güç ve denge değerleri kas hasarı oluşturulan spora özgü sprint protokolü uygulamasından olumsuz etkilenmiştir.

Sonuç olarak; bizim çalışmamızda, kas hasarı egzersiz uygulaması kas hasarı göstergeleri olan kas ağrısı ve CK değerlerinde egzersiz sonrası 48 ve 72. saatlere kadar uzayan olumsuz bir etki göstermiştir. Aynı zamanda fiziksel performans değerleri olarak ölçülen sürat performansını olumsuz etkilemiş ancak denge ve güç performansı üzerinde anlamlı herhangi bir etkisi olmamıştır. Özellikle güç performansı bulgularının literatürle farklı olmasının sebebi ölçüm yöntemimizin indirek ölçüm olması olabilir, genellikle güç ölçümü izotonik makineler ile direk ölçülmektedir. Çalışma bulguları ve literatüre bakarak sporcularda eksantrik kasılma içeren yada alışık olunmayan egzersiz uygulamalarının özellikle yarışma döneminde uygulanmasının kan CK düzeyini artıracak, kas ağrısına neden olabileceği ve eklem hareket açıklığında azalmaya neden olarak sportif performansı olumsuz etkileyebileceğinden dolayı uygulanmamasını önermekteyiz.

KAYNAKLAR

1. Akdeniz Ş, Karlı Ü, Daşdemir T, ve ark. (2012): Impact of exercise induced muscle damage on sprint and agility performance. Nigde University Journal of Physical Education and Sport Sciences, 6(2), 152-160.
2. Baird MF, Graham SM, Baker JS, et al. (2012): Creatine-kinase and exercise-related muscle damage implications for muscle performance and recovery. Journal of Nutrition and Metabolism, 20(12), 1-13.
3. Burt DG, Twist C (2011): The effects of exercise-induced muscle damage on cycling time-trial performance. The Journal of Strength & Conditioning Research, 25, 2185-2192.
4. Chen TC, Lin KY, Chen HL, et al. (2011): Comparison in eccentric exercise induced muscle damage among four limb muscles. Eur J Appl Physiol, 111(2), 211-223.
5. Clarkson PM, Sayers SP (1999): Etiology of exercise-induced muscle damage. Can J Appl Physiol, 24(3), 234-248.
6. Clarkson PM, Hubal MJ (2002): Exercise-induced muscle damage in humans. Am J Phys Med Rehabil, 81, 52-69.
7. Dinesh K, William P, Brett D (2008): Validity of serum creatine kinase as a measure of muscle injury produced by lumbar surgery. Clinical Spine Surgery, 21(1), 49-54.
8. Dolezal BA, Potteiger JA, Jacobsen DJ, et al. (2000): Muscle damage and resting metabolic rate after acute resistance exercise with an eccentric overload. Med Sci Sports Exerc, 32(7), 1202-1207.
9. Ebbeling CB, Clarkson PM (1989): Exercise-induced muscle damage and adaptation. Sports Med, 7(4), 207-234.

10. Eston RG, Mickleborough J, Baltzopoulos V (1995): Eccentric activation and muscle damage: biomechanical and physiological considerations during downhill running. *British journal of sports medicine*, 29(2), 89-94.
11. Foley JM, Jayaraman RC, Prior BM, et al. (1999): MR measurements of muscle damage and adaptation after eccentric exercise. *J Appl Physiol*, 87(6), 2311-2318.
12. Gagliano M, Corona D, Giuffrida G, et al. (2009): Low-intensity body building exercise induced rhabdomyolysis: a case report. *Cases Journal*, 2(7).
13. Harman EA, Rosenstein MT, Frykman PN, et al. (1991): Estimation of human power output from vertical jump. *J Appl Sport Sci Res*, 5(3), 116-120.
14. Highton MJ, Twist C, Eston R (2009): The effects of exercise-induced muscle damage on agility and sprint running performance. *Journal of Exercise Science and Fitness*, 7(1), 24-30.
15. Howatson G (2010): The impact of damaging exercise on electromechanical delay in biceps brachii. *J Electromyogr Kinesiol*, 20(3), 477-481.
16. Hunter AM, Galloway S, Smith JI, et al. (2012): Assessment of eccentric exercise-induced muscle damage of the elbow flexors by tensiomyography. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22, 334-341.
17. Hunter KD, Faulkner JA (1997): Pliometric contraction-induced injury of mouse skeletal muscle: effect of initial length. *J Appl Physiol* 82(1), 278-283.
18. Hyldahl RD, Hubal MJ (2014): Lengthening our perspective: morphological, cellular, and molecular responses to eccentric exercise. *Muscle Nerve*, 49(2), 155-170.
19. Jakeman J, Byrne C, Eston R (2010): Lower limb compression garment improves recovery from exercise-induced muscle damage in young active females. *Eur J Appl Physiol*, 109, 1137-1144.
20. Järvinen TAH, Järvinen TLN, Kääriäinen M, et al. (2005): Muscle injuries biology and treatment. *The American Journal of Sports Medicine*, 33(5), 745-764.
21. Kanda K, Sugama K, Hayashida H, et al. (2013): Eccentric exercise-induced delayed-onset muscle soreness and changes in markers of muscle damage and inflammation. *Exerc Immunol Rev*, 19, 73-85.
22. Kendall B, Eston R (2002): Exercise-induced muscle damage and the potential protective role of estrogen. *Sports Med*, 32(2), 103-123.
23. Khan MA, Moiz JA, Raza S, et al. (2016): Physical and balance performance following exercise induced muscle damage in male soccer players. *J Phys Ther Sci*, 28, 2942-2949.
24. Kirby T, Triplett N, Haines T, et al. (2012): Effect of leucine supplementation on indices of muscle damage following drop jumps and resistance exercise. *Amino Acids*, 4, 1987-1996.
25. Lovering RM, McMillan AB, Gullapali RP (2009): Location of myofiber damage in skeletal muscle after lengthening contractions. *Muscle Nerve*, 40, 589-594.
26. Nguyen D, Brown LE, Coburn JW, et al. (2009): Effect of delayed-onset muscle soreness on elbow flexion strength and rate of velocity development. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(4), 1282-1286.
27. Radaelli R, Bottaro M, Wilhelm EN, et al. (2012): Time course of strength and echo intensity recovery after resistance exercise in women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(9), 2577-2584.
28. Sorichter S, Mair J, Koller A, et al. (1998): Early assesment of exercise induced skeletal muscle injury using plasma fatty acid binding protein. *Br J Sports Med*, 32, 121-124.
29. Tiidus PM (2010): Skeletal Muscle Damage and Repair: Classic Paradigms and Recent Developments, *Journal of Musculoskeletal Pain*, 18:4, 396-402.
30. Tiidus PM (ed.) (2008): *Skeletal Muscle Damage and Repair: Champaign, IL. Human Kinetics.*
31. Twist C, Eston R (2005): The effects of exercise-induced muscle damage on maximal intensity intermittent exercise performance. *Eur J Appl Physiol*, 94, 652-658.
32. Yanagisawa O, Sakuma J, Kawakami Y, et al. (2015): Effects of exercise-induced muscle damage on muscle hardness evaluated by ultrasound real-time tissue elastography. *SpringerPlus*, 4, 308.