

## ORTA ŞİDDETLİ EKZENTRİK EGZERSİZ DİĞER HASAR BELİRTEÇLERİNİ ETKİLEMEKSİZİN PLAZMA KREATİN KİNAZ DÜZEYİNİ ARTTIRIR \*

Sultan HARBİLİ\*\*

Ercan GENCER\*\*\*

Gülriz ERSÖZ\*\*\*

Haydar A. DEMİREL\*\*\*\*

### ÖZET

Ekzentrik egzersiz kaynaklı kas hasarı kas kuvvetinde azalma, ağrı ve artmış serum enzim düzeyleri ile karakterizedir. Bu çalışmanın amacı orta şiddette yapılan ekzentrik egzersizle oluşturulan hasar belirteci olarak fizyolojik ve biyokimyasal parametreleri değerlendirmektir.

On bir sağlıklı erkek denek (ortalama yaş: 21.45±0.93 yıl) çalışmaya katıldı. Deneklere izometrik dinamometrede 60 der/sn hızda, diz eklemi 180 derece tam ekstansiyondan 90 derece fleksiyona gelecek şekilde 6 set 8 tekrar maksimal ekzentrik egzersiz yaptırıldı. Kan örnekleri, egzersizden önce, hemen sonra ve egzersizi takip eden 2., 3., 5., ve 7. günlerde alındı. Kan örneklerinden serum kreatin kinaz (KK), laktat dehidrogenaz (LDH), aspartat aminotransferaz (AST) ve alanin aminotransferaz (ALT) enzimleri 7 gün boyunca, ADP ve Kollajen ile indüklenen trombosit agregasyonu ise egzersizi hemen takiben değerlendirildi. Diz eklemının ekstansör ve fleksör izometrik pik tork ölçümleri 90 derecelik açıda egzersiz sonrası 2., 3., 5., ve 7. günlerde gerçekleştirildi.

Egzersizden hemen sonra ve egzersiz sonrası günlerde izometrik fleksör kuvvette değişim olmazken izometrik ekstansör pik tork 5. ve 7. günlerde artış gösterdi ( $p<0.05$ ). KK değerlerinin egzersiz sonrası 3. günde en yüksek seviyeye ulaştığı gözlenirken ( $p<0.05$ ), LDH, AST ve ALT seviyelerinde değişim gözlenmedi ( $p>0.05$ ). ADP ve Kollajen ile indüklenen trombosit agregasyonunun egzersiz öncesi ile egzersiz sonrası arasında fark bulunmadı ( $p>0.05$ ).

Bu çalışmada orta şiddette yapılan ekzentrik egzersizin, hasarın fizyolojik göstergesi olan kuvvet kaybı ve hasar sonrası inflamasyonun bir göstergesi olan trombosit agregasyonu üzerinde bir değişime yol açmadığı, ancak hasarın biyokimyasal parametrelerinden yalnızca KK seviyesinde bir artışa neden olduğu sonucuna varılmıştır. Bu sonuçlar bir yandan hasar belirteci olarak KK'ın daha duyarlı bir parametre olabileceğini gösterirken yalnız başına KK sonuçlarını değerlendirmenin diğer belirteçlerde bir artma olduğu anlamına gelmeyeceğini de ortaya koymaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Ekzentrik egzersiz, Kas hasarı, KK, LDH, AST, ALT, Trombosit agregasyonu

### Moderate Intensity Eccentric Exercise results in Increases in Plasma CK Level without effecting any other damage indicators

#### ABSTRACT

Muscular damage induced by eccentric exercise is characterized by decrease in muscular strength, muscular pain and elevated levels of serum enzymes. The purpose of this study was to evaluate parameters of physiological and biochemical as indicator of muscle damage induced moderate intensity eccentric exercise.

Eleven healthy male subjects (mean age: 21.45±0.93 years) participated in this study. Subjects performed 6 sets of 8 maximal eccentric exercise, the knee joint through a range of motion from 180 degrees to 90 degrees (180 degrees = full extension), at the velocity 60 degrees.s<sup>-1</sup> on an isokinetic dynamometer. Blood samples were taken just prior, immediately after, and 2, 3, 5, and 7 days post-exercise. Plasma levels of creatine kinase (CK), lactate dehydrogenase (LDH), aspartat aminotransferase (AST) and alanin aminotransferase (ALT) enzymes during seven days, platelet aggregation induced by collagen and ADP were evaluated from collected blood samples immediately after exercise.

The measurement of isometric peak torques of flexors and extensors of the knee joint was performed at 90 degrees 2, 3, 5, and 7 days post-exercise. Although there was no change in isometric flexor strength immediately after and post-exercise, isometric extensor peak torque increased on days fifth and seventh ( $p<0.05$ ). While level of serum CK reached the highest on 3 day post exercise ( $p<0.05$ ), an increase was not observed in levels of LDH, AST and ALT ( $p>0.05$ ). Pre and post-

\* Bu çalışma, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Spor Bilimleri ve Teknoloji Programında yapılan Doktora tezinden üretilmiştir

\*\* Selçuk Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, KONYA

\*\*\* Ankara Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Fizyoloji A.B.D., ANKARA

\*\*\*\* Hacettepe Üniversitesi, Tıp Fakültesi Spor Hekimliği A.B.D., ANKARA

exercise no difference between ADP and platelet aggregation induced by collagen was observed ( $p > 0.05$ ).

In this study, moderate intensity eccentric exercise did not cause a change on loss of strength physiological indicator of muscle damage and on trombosit aggregation a indicator of inflammation after muscle damage, however it has been concluded that it caused an increase at level of serum CK from biochemical parameters of muscle damage. This findings show that serum CK levels could be the most sensitive indicator of muscle damage. On the other hand by evaluating only CK levels may not reflect any changes in other muscle damage parameters measured.

**Key words:** Eccentric exercise, muscle damage, CK, LDH, AST, ALT, trombosit aggregation

## GİRİŞ

Ekzentrik egzersiz kaynaklı kas hasarı kastan biyopsi alınması veya manyetik görüntüleme gibi direkt yöntemlerle değerlendirilebildiği gibi, dolaylı olarak kabul edilen kas kuvvetinde azalma, ödem, ağrı, kas enzimlerinin serum seviyesinin ve bazı inflamasyon göstergelerinin artması gibi belirteçlerle de ortaya konabilir. Uygulamadaki zorluklarından dolayı direkt yöntemler sıklıkla tercih edilmezken, ekzentrik kas hasarının değerlendirilmesinde daha çok kas kuvvetindeki ve serum enzimlerindeki değişimlerin kullanıldığı görülmektedir.

İzometrik kuvvet ölçümleri kas hasarının önemli bir fonksiyonel belirteçdir ve genellikle izometrik maksimal istemli kasılma ile ölçülebilir (Warren ve ark 1999). Ekzentrik egzersiz sonrası kas kuvvetinin azaldığı birçok çalışmada gösterilmiştir (Chen ve Hsieh 2001, Lee ve ark 2002, Nosaka ve Newton 2002, Sayers ve Clarkson 2003). Literatürde izometrik kuvvetteki azalmanın egzersizden hemen sonra başladığı (Newham ve ark 1983), genellikle egzersizi takip eden 1. ve 2. günler içinde daha yüksek şiddetli olduğu (Gibala ve ark 1995, Hortobagyi ve ark 1998), hatta 1 hafta ve daha uzun bir süre devam edebileceği belirtilmektedir (Cleak ve Eston 1992). Ancak bu çalışmalarda uygulanan egzersiz şiddeti, egzersizin türü, egzersiz uygulanan bölge vb. etkilerden dolayı farklı sonuçlara rastlanmaktadır.

Kas hasarının değerlendirilmesinde kullanılan diğer bir belirteç ise kreatin kinaz (KK), laktat dehidrogenaz (LDH), aspartat aminotransferaz (AST) ve alanin aminotransferaz (ALT), gibi kas enzimlerinin serum düzeylerinin artmasıdır. Bu enzimlerin ekzentrik egzersiz kaynaklı kas hasarı sonrasında arttığı farklı çalışmalarda gösterilmiştir (Friden ve ark 1989). Kanda bu proteinlerin artması membran yırtılmaları sonucunda enzimlerin kas liflerinden dışarı çıkarak dolaşıma karışmalarından kaynaklanmaktadır (Clarkson ve ark 1992, Nosaka ve ark 2001, Sayers ve ark 2000). Bu parametreler içinde KK hasar boyutlarını belirlemede en çok çalışılan ve kabul gören enzimdir. Bu çalışmalarda egzersizin şiddeti ve türüne bağlı olarak KK'nın % 36 ile % 351 arasında değiştiği gösterilmiştir (Evans ve Cannon 1991).

Yukarıdaki belirteçlere ilaveten kas hasarı sonrasında inflamasyon sürecinde etkili olan bazı parametrelerde değişim beklenmektedir. Aterosklerozis ve kardiyovasküler hastalıkların oluşumunda önemli bir rol oynadıklarından dolayı fiziksel egzersizlerin trombositler

üzerindeki etkisi birçok çalışmada araştırılmıştır (Eston ve ark 1996, Fıçıcılar ve ark 2003, Fıçıcılar ve ark 2006, Kestin ve ark 1993). Akut ve kronik egzersiz programlarının oksidatif strese ve oksidan/antioksidan dengesinde değişikliğe yol açarak trombosit fonksiyonlarını etkilediği bilinmektedir. Egzersiz sonrası trombosit agregasyonunun arttığı birçok araştırmada gösterilmiştir (Ersöz ve ark 2002, Kestin ve ark 1993, Naesh ve ark 1990, Wang ve ark 1994). Şiddetli egzersize bağlı olarak trombosit yanıtlarında meydana gelen değişimin artan serbest radikaller nedeniyle oksidatif olarak modifiye olmuş LDL ile ilişkili olduğu ileri sürülmektedir (Tozzi-Ciancarelli ve ark 2002). Egzersiz sonrası trombosit yanıtlarının değiştiği birçok çalışmada ortaya konulmuş olmasına rağmen orta şiddetli egzersizlerde organizma daha düşük bir oksidatif strese maruz kaldığı için LDL'nin oksidatif modifikasyonu etkilenmemektedir. Bu açıdan bakıldığında egzersizin şiddeti kadar uygulanan egzersiz türünün de trombosit yanıtlarında etkili olabileceği düşünülmektedir. Egzersiz sonrası trombosit yanıtlarının değiştiği (Fıçıcılar ve ark 2003, Tozzi-Ciancarelli ve ark 2002) birçok çalışmada ortaya konulmuş olmasına rağmen ekzentrik egzersiz sonrası trombosit cevapları ile ilgili yapılan tek bir çalışma mevcuttur. Bahsedilen çalışmada maksimal ekzentrik egzersizi takiben trombosit aktive edici faktörün arttığı trombosit agregasyonunun kas hasar sürecinde etkili olduğu belirtilmiştir (Miliias ve ark 2005). Kas hasarı ile birlikte inflamasyon sürecinde rol alan trombositlerin hasar süreciyle ilişkisinin açık bir şekilde ortaya konulması önemlidir.

Bu çalışmada orta şiddette yapılan ekzentrik egzersizin, hasarın fizyolojik göstergesi olan kuvvet kaybı, serum enzim düzeyleri ve hasar sonrası inflamasyonun bir göstergesi olan trombosit agregasyonu üzerinde etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

### **MATERYAL VE METOT**

**Deney grubu:** Çalışmaya son 6 ay içinde hiç bir kuvvet egzersizi yapmamış, son iki haftada herhangi bir ilaç almamış, sigara içmeyen 11 sağlıklı erkek denek (ortalama yaş:  $21.45 \pm 0.93$  yıl) gönüllü olarak katılmıştır.

**Ekzentrik egzersiz protokolü:** Ekzentrik egzersiz ve izometrik kas kuvveti ölçümlerinde izokinetik dinamometre (Cybex-Norm, CSMI, USA) kullanılmıştır. Maksimal ekzentrik egzersiz protokolü, 60 derece/sn açılma hızında, diz eklemi 180 derece tam ekstansiyondan 90 derece fleksiyona gelecek şekilde 90 derecelik hareket genişliğinde 6 set 8 tekrar ve setler arası 1 dk dinlenme verilerek gerçekleştirilmiştir.

**İzometrik kuvvet ölçümleri:** Ekzentrik egzersizlerin oluşturduğu kas hasarının fizyolojik göstergelerinden birisi olan kas kuvvetinde azalmanın olup olmadığını saptamak için deneklerin izometrik kuvvetleri egzersiz öncesi takip eden 2., 3., 5., ve 7. günlerde ölçülerek değerlendirildi. Deneklerin fiziksel özelliklerine uygun mekanik ayarlar yapıldıktan sonra 90

derecelik diz eklem açısında quadriceps kaslarının ekstensör ve fleksör izometrik kuvvetleri ölçülmüştür. Her ölçüm için 2 denemeyi takiben 3 ölçüm yapılmış olup en iyi derece alınmıştır.

Kan örnekleri: Egzersiz öncesinde, egzersizden hemen sonra ve egzersizi takip eden 2., 3., 5. ve 7. günlerde deneklerin antekübital venlerinden 5 ml venöz kan örnekleri EDTA'lı ve % 3.8 Na sitrat içeren silikonize iki ayrı tüpe alınmıştır. Alınan örnekler dakikada 2500 devirde 10 dakika santrifüj edilerek plazmaları izole edilmiş ve çalışılincaya kadar -20 derecede saklanmıştır. Egzersiz öncesi ve egzersizi takip eden günlerde elde edilen plazma örneklerinden kas enzim düzeyleri değerlendirilirken trombosit agregasyonu sadece egzersiz öncesi ve sonrasında incelenmiştir.

Enzim seviyesi ölçümü: Kreatin kinaz (CK), laktat dehidrogenaz (LDH), aspartat aminotransferaz (AST) ve alanin aminotransferaz (ALT) enzim aktiviteleri Spektrofotometrede (Spectro Max pro 4.6.), kit (Spinreact, S.A) prosedürlerine uygun olarak 340 nm dalga boyunda değerlendirilmiştir.

Trombosit agregasyonu: Trombosit agregasyonu Agregometre cihazında (Whole-Blood Aggro-Meter Model 560 Chrono-Log Corporation, PA, USA) impedans tekniği ile bakılmıştır. Teknik, örneğe daldırılan iki platin elektrot arasında oluşan direncin ölçümüne dayanır. Önce iki elektrot üstüne trombositler bir tabaka halinde yapışır. Agonist madde ile aktive olan trombositler elektrotlar üzerinde tabakalaşarak kümelenmekte ve artan trombosit sayısı elektrotlar arasında direnci artırmaktadır (Cardinal ve Flower 1980).

900 µl trombosit zengin plazma ya da trombosit süspansiyonu 1000 µl'lik silikonize küvetlere alınmış ve örnekler konulan teflon kaplı karıştırıcılar dakikada 1000 devir hızıyla döndürülmüştür. Cihaz, grafik üzerinde 8 cm 20 ohm'luk dirence karşılık gelecek şekilde ayarlanırken, trombosit agregasyonu da ADP (10 µmol), kollajen (2 µg/ml) Chronolog Reagent ile indüklenmiş ve elde edilen eğri üzerinde maksimum ve minimum dirençler arasındaki fark ohm cinsinden agregasyonun şiddeti olarak değerlendirilmiştir.

İstatistiksel Analiz: Deneklerin egzersizden önce, egzersizden hemen sonra ve tekrarlayan ölçümleri arasındaki farklar tek yönlü varyans analizi ile değerlendirilmiştir. İstatistiksel farklılığın gösterilmesi için post hoc Bonferroni düzeltmesi kullanılmıştır.

## **BULGULAR**

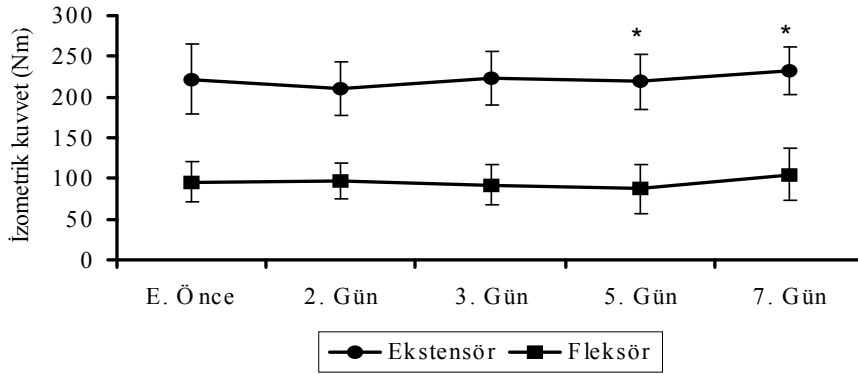
Yapılan çalışmada uygulanan ekzentrik egzersiz protokolünün kas hasarı meydana getirip getirmediği ekstansör ve fleksör izometrik kuvvet ve KK, LDH, ALT, AST enzim aktivitesi ile değerlendirilirken ekzentrik egzersize verilen inflamasyon cevapları ADP ve kollajenle indüklenen trombosit agregasyon ölçümleri ile değerlendirilmiştir.

Tablo 1. Egzersizden önce ve tekrarlayan ölçümlerde ekstensör ve fleksör kuvvet (Nm) ortalama ( $\bar{X}$ ) ve standart sapma (Ss) değerleri

Tork (Nm)	E.Ö.	2. Gün	3. Gün	5. Gün	7. Gün
Ekstensör	221.82±42.75	210.73±33.31	223.09±32.62	218.91±34.34*	232.09±29.53*
Fleksör	95.82 ± 24.33	96.82 ± 22.23	91.73 ± 24.80	86.91 ± 30.06	104.45±31.99

\*p&lt;0.05 Egzersiz 2. günden farklı

Tablo 1’de deneklerden elde edilen kuvvet değerleri görülmektedir. Buna göre, izometrik ekstensör kuvvetin 5. ve 7. günlerde egzersizin 2. gününden farklı olduğu [ $F_{(4-40)} = 1.93$ ,  $p < 0.05$ ], izometrik fleksör kuvvetin ise [ $F_{(4-40)} = 1.81$ ,  $p > 0.05$ ] egzersiz sonrasında değişmediği bulunmuştur.



Şekil1. İzometrik kuvvet değişimleri

Tablo 2. Egzersizden önce ve tekrarlayan ölçümlerde KK, LDH, ALT, AST enzim miktarı (U/L) ortalama ( $\bar{X}$ ), standart sapma (Ss) değerleri ve tek yönlü ANOVA sonuçları.

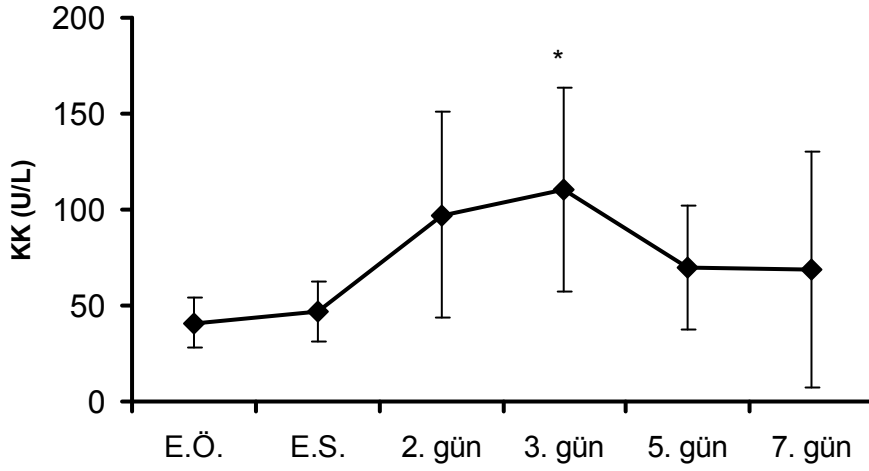
Enzim Miktarı (U/L)	E.Ö.	E.S.	2. Gün	3. Gün	5. Gün	7. Gün
KK	40.76±12.91	46.94±15.84	97.33±53.39	110.40±52.82*	69.70±32.09	68.9±61.25
LDH	98.71±20.23	97.72±32.42	116.25±42.68	122.80±30.20	103.96±27.75	112.47±25.47
ALT	4.45±1.77	4.92±1.29	5.20±3.64	4.11±1.24	4.72±2.81	3.96±1.83
AST	6.20±3.86	8.23±3.20	9.02±4.57	7.31±2.99	6.54±2.95	5.83±1.92

\*p&lt;0.01 E.Ö.’den farklı

Tablo 2’de KK, LDH, ALT ve AST enzim aktiviteleri incelendiğinde egzersiz öncesi sonrası ve tekrarlayan ölçümler arasında KK enzim aktivitesinde fark bulunurken [ $F_{(5-50)} = 5.87$ ,  $p < 0.01$ ], diğer enzim aktivitelerinde herhangi bir değişim bulunmadı LDH [ $F_{(5-50)} = 1.29$ ,  $p > 0.05$ ], ALT [ $F_{(5-50)} = 0.78$ ,  $p > 0.05$ ], AST [ $F_{(5-50)} = 2.13$ ,  $p > 0.05$ ].

Şekil 2’de KK enzim düzeyleri görülmektedir. Egzersiz sonrası KK enziminin egzersiz

sonrası 2. günden itibaren arttığı, 3. gün KK değerlerinin egzersiz öncesi KK değerlerinden yüksek olduğu, egzersiz sonrası 5. ve 7. günlerde başlangıç seviyelerine döndüğü görülmektedir.

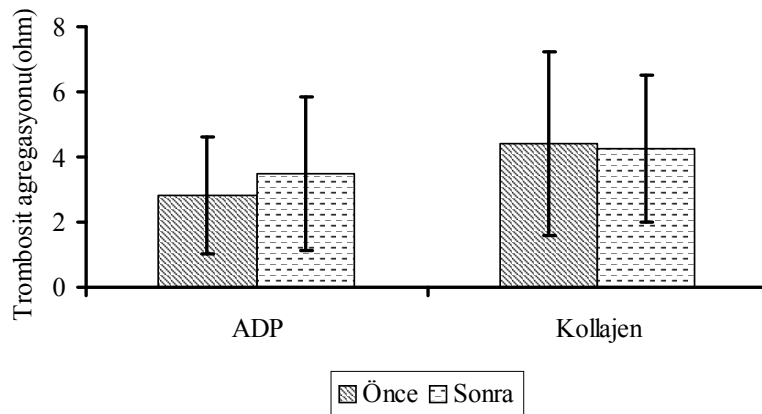


Şekil 2. KK enziminin egzersiz öncesi ve egzersiz takip eden günlerdeki plazma düzeyleri

Tablo 3 ve şekil 3'de görüleceği üzere, egzersiz öncesi ve egzersiz sonrası hem ADP ile indüklenen hem de kollajen ile indüklenen trombosit agregasyon değerleri arasında fark bulunmamıştır; ADP ( $Z = -0.67$ ,  $P > 0.05$ ) kollajen ( $Z = -0.07$ ,  $P > 0.05$ ).

Tablo 3. Egzersizden önce ve egzersiz sonra trombosit ADP ve trombosit Kollajen hızı (ohm) ortalama ( $\bar{X}$ ), standart sapma ( $S_s$ ) ve Wilcoxon eşleştirilmiş iki örnek test sonuçları.

Trombosit agregasyonu (ohm)	E.Ö.	E.S.	Z	P
ADP	2.83 ± 1.80	3.50 ± 2.35	-0.67	0.49
Kollajen	4.42 ± 2.81	4.25 ± 2.26	-0.07	0.93



Şekil 3. Ekzentrik egzersizin trombosit agregasyonu üzerine etkisi

## TARTIŞMA ve SONUÇ

Yapılan çalışmada uygulanan ekzentrik egzersiz protokolünün kas hasarı belirteçlerinden ekstensör ve fleksör izometrik kuvvet, KK, LDH, AST, ALT enzim düzeyleri ve trombosit agregasyonu üzerine etkisi aşağıda tartışılmıştır.

Bu çalışmada egzersiz öncesi ve tekrarlayan ölçümler arasında izometrik ekstensör kuvvetin 5. ve 7. günlerde egzersizin 2. gününden anlamlı derecede yüksek olduğu, izometrik fleksör kuvvetin ise ekzentrik egzersiz sonrası 2., 3., 5. ve 7. günlerde değişmediği bulunmuştur (Şekil.1). Egzersiz ekstensör kaslara uygulanmasına rağmen egzersiz sonrası ekstensör kuvvette görülen düşme anlamlı olmamakla birlikte 5. ve 7. günlerde ortaya konan kuvvete göre daha düşük düzeydedir ( $p<0,05$ ). Ekzentrik egzersizin kuvvet kayıplarına neden olduğu birçok çalışmada gösterilmiştir (Chen ve Hsieh 2001, Lee ve ark 2002, Nosaka ve Newton 2002, Sayers ve Clarkson 2003). Literatürde izometrik kuvvetteki azalmanın egzersizden hemen sonra başladığı (Newham ve ark 1983), genellikle egzersizi takibeden 1. ve 2. günler içinde daha yüksek şiddetli olduğu (Gibala ve ark 1995, Hortobagyi ve ark 1998), hatta 1 hafta ve daha uzun bir süre devam edebileceği belirtilmektedir (Cleak ve Eston 1992). İzometrik kuvvette her ne kadar 1. saatte azalmalar kaydedilse de genel olarak egzersizin hemen ardından ortaya çıkan kuvvet kayıplarının merkezi sinir sistemi aktivasyonunda meydana gelen bir bozukluktan kaynaklandığı ve hasarlı kas liflerinde kasılmadan sakınma olarak nitelendirilebilecek olan bir "bypass" söz konusu olabileceği EMG çalışmalarında gösterilmiştir (Newham 1988). Bu çalışmada uygulanan ekzentrik egzersiz şiddetinin izometrik kuvvet kayıplarına neden olacak kadar yüksek olmadığı görülmüştür.

Literatürde ekzentrik egzersiz sonrası plazma KK düzeylerinin arttığı gösterilmiştir (Clarkson ve Tremblay 1988, Lee ve ark 2002, Sayers ve Clarkson 2003). Bu çalışmada uygulanan egzersiz protokolü 60 derece/sn açısal hızda 6x8 maksimal istemli ekzentrik diz fleksiyonundan (90 derece) oluşmuştur. Benzer bir çalışmada aynı egzersiz türü ve aynı kas grubu kullanılarak 60 derece/sn açısal hızda 60 (6x10) ekzentrik diz fleksiyonunun KK seviyesini arttırdığı rapor edilmiştir (Paschalis ve ark 2006). Başka bir çalışmada ise izokinetik dinamometrede 50 maksimal istemli ekzentrik kasılma sonrası KK enziminin egzersizin 3. gününde arttığı bildirilmiştir (Brown ve ark 1997). Bunun yanında tekrar sayısı arttığında KK değerlerinin daha yüksek olduğu ve daha kısa sürede dolaşım konsantrasyonunun anlamlı olarak yükseldiği bildirilmiştir (Byrne ve Eston 2002). Bahsi geçen çalışmada çok tekrarlı ekzentrik egzersiz sonrası KK aktivitesinin egzersizden sonraki 1. saatte yaklaşık % 150 arttığı, 1. günde ise bu artışın % 600 civarında olduğu gösterilmiştir. Bu açıdan bakıldığında uygulanan egzersiz protokolü KK cevapları için önemlidir. KK'ın maksimal ekzentrik egzersiz sonrası 2-4 günde zirve değerlere ulaşırken, yüksek şiddetli ekzentrik egzersiz sonrası 5. günde, tepe aşağı koşu sonrası ise daha erken zirve değerlere ulaştığı ve maksimal ve yüksek şiddetli ekzentrik egzersize göre daha düşük seviyede

olduğu bildirilmektedir (Eston ve ark 1996). Farklı egzersiz modellerinde zirve KK cevabının zamansal farklılıklar sergilemesi, egzersiz modeline bağlı olarak kas hasarının farklı formlar sergilediğini düşündürmektedir. Bununla birlikte hasar yapıcı ekzentrik egzersiz çalışmalarında genellikle maksimal istemli kasılma protokollerinin kullanıldığı (Brown ve ark 1997, Byrne ve Eston 2002, Croisier ve ark 1999, MacIntyre ve ark 2001, Mc Hugh ve ark 2000, Paschalis ve ark 2006, Stupka ve ark 2001), böylelikle kas hasarının belirleyicisinin daha çok tekrar sayısı olduğu dikkat çekmektedir. Keza literatürde 10 tekrardan 300 tekrara (Brown ve ark 1997, Byrne ve Eston 2002, MacIntyre ve ark 2001) uzanan ve çalışmanın amacına bağlı olarak değişen tekrar sayıları dikkati çekmektedir. Bu çalışmada çok yüksek tekrarlı bir ekzentrik egzersiz modeli seçilmemiş olmasına rağmen uygulanan tekrar sayısının kas hasarı yaratacak düzeyde olduğu KK değerlerindeki artışla gösterilmiştir. Literatürde özellikle tekrar sayısı daha fazla olan ekzentrik kasılmaların daha şiddetli KK cevaplarına neden olduğu bildirilmektedir (Clarson ve Tremblay 1988).

Bu çalışmada LDH, ALT ve AST enzimlerinin egzersiz sonrası değişim göstermediği gözlenmiştir (Tablo 2). LDH enzimi kas hasarının değerlendirilmesinde kullanılan bir başka enzimdir. Ekzentrik egzersiz sonrası LDH enziminin arttığı gösterilirken (Chen ve Hsieh 2001, Kayashima ve ark 1995, Van der Meulen ve ark 1991), KK ile aynı zaman diliminde zirve değere ulaştığı bildirilmiştir (Brown ve ark 1997). Bu çalışmaya benzer bir şekilde ekzentrik egzersiz sonrası ALT ve AST enzimlerin değişmediği (Jones ve newham 1986), veya ekzentrik egzersiz sonrası arttığını gösteren (Kayashima ve ark 1995, Van der Meulen ve ark 1991) çalışmalar mevcuttur.

Ekzentrik egzersize verilen trombosit agregasyon cevapları incelendiğinde egzersiz sonrası ve tekrarlayan ölçümlerde hem ADP hem de kollajenle indüklenen trombosit agregasyonunun egzersiz sonrasında değişmediği görülmüştür (Tablo 3). Literatürde akut şiddetli egzersizin trombosit aktivasyonunu arttırdığı yönünde çalışmalar görülmektedir (Tozzi-Ciancarelli ve ark 2002). Sıçanlarda yapılan bir çalışmada koşu bandında gerçekleştirilen akut şiddetli egzersizin trombosit sekresyonunu arttırdığı (Fıçıcılar ve ark 2003), aynı araştırmacılar tarafından sıçanlarda yapılan başka bir çalışmada ise kısa süreli antrenmanın trombosit sekresyonunu azalttığı gösterilmiştir (Fıçıcılar ve ark 2006). Bu çalışmalarda trombosit aktivasyonunun total antioksidan kapasite ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. Artan şiddette üst ekstremitelerde yapılan bir çalışmada ise trombosit sekresyonunda artış olmaksızın özellikle kollajenle indüklenen agregasyonun egzersizle arttığı gösterilmiştir (Ersöz ve ark 2002). Tek bir kez uygulanan şiddetli egzersizin de, hem ADP hem de kollajen ile indüklenen trombosit agregasyonunu arttırdığı belirtilmiştir (Di Massimo ve ark 2004). Bütün bu çalışmalar egzersizin trombosit agregasyonu üzerinde etkili olduğunu göstermekle birlikte egzersiz genellikle koşu bandı ve bisiklet ergometresinde



yapılmıştır. Öte yandan, bizim çalışmamıza benzer şekilde ekzentrik bir model kullanılarak yapılan bir çalışmada 36 tekrarlı maksimal ekzentrik kol egzersizinin trombosit aktive edici faktörü arttırdığı gösterilmiştir (Miliyas ve ark 2005). Çalışmamızda uygulanan ekzentrik egzersiz modeli yukarıda bahsedilen araştırmadan farklı olarak alt ekstremitte egzersizdir. Keza çalışmamızda uygulanan ekzentrik egzersizin şiddetinin daha düşük şiddette olduğu tahmin edilmektedir. Nitekim adı geçen çalışmada KK enzim aktivitesinin egzersizi takip eden 48. saatte yaklaşık 100 kat arttığı gösterilmiştir. Çalışmamızda elde edilen kas hasar belirteçlerinden olan enzim düzeylerinin literatür değerlerine göre daha düşük olması da bunu kanıtlar niteliktedir.

Sonuç olarak uyguladığımız ekzentrik egzersiz şiddeti trombosit agregasyonunda bir artışa yol açmamaktadır. Bu bulgu, oksidatif stresin çok daha az düzeylerde oluştuğunun da dolaylı bir göstergesi olabilir.

Bu çalışmada orta şiddette yapılan ekzentrik egzersizin, hasarın fizyolojik göstergesi olan kuvvet kaybı ile hasar sonrası inflamasyonun bir göstergesi olan trombosit agregasyonu üzerinde bir değişime yol açmadığı, hasarın biyokimyasal parametrelerinden ise yalnızca KK düzeylerinde bir artışa neden olduğu sonucuna varılmıştır. Bu sonuçlar bir yandan KK'ın daha duyarlı bir parametre olduğunu gösterirken diğer yandan yalnızca bu parametre ile kas hasarı oluştuğunu ileri sürmenin tartışmalı olabileceğini ortaya koymaktadır.

## KAYNAKLAR

- Brown SJ, Child RB, Day SH, Donnelly AE. Exercise-Induced Skeletal Muscle Damage and Adaptation Following Repeated Bouts of Eccentric Muscle Contractions. *J Sports Sci.* 1997;15(2):215-22.
- Byrne C, Eston R. The Effect of Exercise-Induced Muscle Damage on Isometric and Dynamic Knee Extensor Strength and Vertical Jump Performance. *J Sports Sci.* 2002; 20(5):417-25.
- Cardinal DC, Flower RJ. The Electronic Aggregometer: A Novel Device for Assessing Platelet Behaviour in Blood. *J Pharmacol Met* 1980; 3: 135-158.
- Chen TC, Hsieh SS. Effects of a 7-Day Eccentric Training Period on Muscle Damage and Inflammation. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33(10):1732-8.
- Clarkson PM, Nosaka K, Braun B. Muscle Function After Exercise-Induced Muscle Damage and Rapid Adaptation. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1992b; 24(5):512-20.
- Clarkson PM, Tremblay I. Exercise-Induced Muscle Damage, Repair and Adaptation in Humans. *J. Appl. Physiol.* 1988;65(1): 1-6.
- Cleak MJ, Eston RG. Muscle Soreness, Swelling, Stiffness and Strength Loss After Intense Eccentric Exercise. *Br J Sports Med.* 1992;26(4):267-72.
- Croisier JL, Camus G, Venneman I, Deby-Dupont G, Juchmes-Ferir A, Lamy M, Crielaard JM, Deby C, Duchateau J. Effects of Training on Exercise-Induced Muscle Damage and Interleukin 6 Production. *Muscle Nerve.* 1999;22(2):208-12.
- Di Massimo C, Scarpelli P, Tozzi-Ciancarelli MG. Possible Involvement of Oxidative Stress in Exercise-Mediated Platelet Activation. *Clin Hemorheol Microcirc.* 2004;30(3-4):313-6.
- Ersöz G, Zergeroglu AM, Ficicilar H, Ozcan H, Oztekin P, Aytac S, Yavuzer S. Effect of Submaximal and Incremental Upper Extremity Exercise on Platelet Function and The Role of Blood Shear Stress. *Thromb Res.* 2002;15;108(5-6):297-30.
- Eston RG, Finney S, Baker S, and Baltzopoulos V. Muscle tenderness and peak torque changes after downhill running following a prior bout of isokinetic eccentric exercise. *Journal of Sports Science.* 1996;14, 291-299.
- Evans WJ and Cannon JG. The Metabolic Effects of Exercise-Induced Muscle Damage. *Exerc Sport*

- Sci Rev. 1991;19:99-125. Review.
- Ficicilar H, Zergeroglu AM, Ersoz G, Erdogan A, Ozdemir S, Tekin D. The Effects of Short-Term Training on Platelet Functions and Total Antioxidant Capacity in Rats. *Physiol Res*. 2006;55(2):151-6.
- Ficicilar H, Zergeroglu AM, Tekin D, Ersoz G. The Effects of Acute Exercise on Plasma Antioxidant Status and Platelet Response. *Thromb Res*. 2003;111(4-5):267-71.
- Friden J, Sfakianos PN, Hargens AR. Blood Indices of Muscle Injury Associated with Eccentric Muscle Contractions. *J Orthop Res*. 1989;7(1):142-5.
- 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.
- Hortobagyi T, Houmard J, Fraser D, Dudek R, Lambert J, Tracy J. Normal Forces and Myofibrillar Disruption After Repeated Eccentric Exercise. *J Appl Physiol*. 1998;84(2):492-8.
- Jones DA, Newham DJ. Experimental Human Muscle Damage: Morphological Changes in Relation to Other Indices of Damage. *J. Physiology*. 1986;375:435-448.
- Kayashima S, Ohno H, Fujioka T, Taniguchi N, Nagata N. Leucocytosis as a Marker of Organ Damage Induced By Chronic Strenuous Physical Exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1995;72(1-2):187-8.
- Kestin AS, Ellis PA, Barnard MR, Erichetti A, Rosner BA, Michelson AD. Effect of Strenuous Exercise and Moderate Exercise on Platelet Activation State and Reactivity. *Circulation*. 1993; 88:1502-11.
- Lee J, Goldfarb AH, Rescino MH, Hegde S, Patrick S, Apperson K. Eccentric Exercise Effect on Blood Oxidative-Stress Markers and Delayed Onset of Muscle Soreness. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34(3):443-8.
- MacIntyre DL, Soricther S, Mair J, Berg A, McKenzie DC. Markers of Inflammation and Myofibrillar Proteins Following Eccentric Exercise in Humans. *Eur J Appl Physiol*. 2001;84(3):180-6.
- Mc Hugh MP, Connolly DAJ, Eston RG, Kremenic IJ, Nicholas SJ and Gleim G. Electromyographic Analysis of Exercise Resulting in Symptoms of Muscle Damage. *Journal Of Sports Sciences*, 2000;18, 163-172.
- Milias GA, Nomikos T, Fragopoulou E, Athanasopoulos S, Antonopoulou S. Effects of Eccentric Exercise-Induced Muscle Injury on Blood Levels of Platelet Activating Factor (PAF) and Other Inflammatory Markers. *Eur J Appl Physiol*. 2005;95(5-6):504-13.
- Naesh O, Hindberg I, Trap-Jensen J, Lund JO. Post-Exercise Platelet Activation-Aggregation and Release in Relation to Dynamic Exercise. *Clin Physiol*. 1990; 10: 221-30.
- Newham DJ, Jones DA, and Edwards RH. Large Delayed Plasma Creatine Kinase Changes After Stepping Exercise. *Muscle and Nerve*. 1983; 6, 380-385.
- Newham DJ. The Consequences of Eccentric Contractions and Their Relationship to Delayed Onset Muscle Pain. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1988.;57(3):353-9.
- Nosaka K and Newton M. Repeated Eccentric Exercise Bouts Do Not Exacerbate Muscle Damage and Repair. *J Strenght Cond res*. 2002b;16 (1): 117-122.
- Nosaka K, Sakamoto K, Newton M, Sacco P. The Repeated Bout Effect of Reduced-Load Eccentric Exercise on Elbow Flexor Muscle Damage. *Eur J Appl Physiol*. 2001b; 85 (1-2):34-40.
- Paschalis V, Giakas G, Baltzopoulos V, Jamurtas AZ, Theoharis V, Kotzamanidis C, Koutedakis Y. The Effects of Muscle Damage Following Eccentric Exercise on Gait Biomechanics. *Gait Posture*. 2006: 19.
- Sayers SP, Clarkson PM, Lee J. Activity and immobilization after eccentric exercise: II. Serum CK. *Med. Sci. Sports Exerc*. 2000; 32(9):1593-7.
- Sayers SP, Clarkson PM. Short-Term Immobilization After Eccentric Exercise. Part: Creatine Kinase and Myoglobin. *Med. Sci. Sports Exerc*. 2003; 35: 762-768.
- Stupka N, Tarnopolsky MA, Yardley NJ, Phillips SM. Cellular Adaptation to Repeated Eccentric Exercise-Induced Muscle Damage. *J Appl Physiol*. 2001;91(4):1669-78.
- Tozzi-Ciancarelli MG, Penco M, Di Massimo C. Influence of Acute Exercise on Human Platelet Responsiveness: Possible Involvement Of Exercise-Induced Oxidative Stress. *Eur J Appl Physiol*. 2002;86(3):266-72.
- Van der Meulen JH, Kuipers H, Drukker J. Relationship Between Exercise-Induced Muscle Damage and Enzyme Release in Rats. *J Appl Physiol*. 1991;71(3):999-1004.
- Wang JS, Jen CJ, Kung HC, Lin LJ, Hsiue TR, Chen HI. Different Effects of Strenuous Exercise and Moderate Exercise on Platelet Function in Men. *Circulation*. 1994;90(6):2877-85.
- Warren GL, Lowe DA and Armstrong RB. Measurement Tools Used in The Study of Eccentric Contraction-Induced Injury. *Sports Medicine*. 1999; 27, 163-172.