



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
SPOR HEKİMLİĞİ ANABİLİM DALI

DİZ FLEKSÖR İLE DİZ EKSTANSÖR VE DİRSEK FLEKSÖR KAS
GRUPLARININ EKSENTRİK KARAKTERLİ EGZERSİZ İLE
OLUŞTURULAN KAS HASARI YANITLARI:
KAS YAPISININ ETKİSİ

Dr. S. Çağdaş ŞENİŞİK

UZMANLIK TEZİ

BURSA- 2010



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
SPOR HEKİMLİĞİ ANABİLİM DALI

DİZ FLEKSÖR İLE DİZ EKSTANSÖR VE DİRSEK FLEKSÖR KAS
GRUPLARININ EKSENTRİK KARAKTERLİ EGZERSİZ İLE
OLUŞTURULAN KAS HASARI YANITLARI:
KAS YAPISININ ETKİSİ

Dr. S. Çağdaş ŞENİŞİK

UZMANLIK TEZİ

Danışman: Doç. Dr. Bedrettin AKOVA

BURSA- 2010

İÇİNDEKİLER

Özet	ii
İngilizce Özet	iv
Giriş	1
Gereç ve Yöntem	5
1. Denekler	5
1.1 Deneklerin Testlere Hazırlanması.....	5
2. Ön Testler	6
2.1 Antropometrik Ölçümler.....	6
2.2 Kas Hacminin Manyetik Rezonans Görüntüleme ile Ölçülmesi.....	7
2.3 Kas Pennasyon Açılarının Ultrasonografi Görüntüleme ile Ölçümü.....	9
2.4 İzometrik Kuvvet Testi.....	10
3. Kas Hasarı Oluşturmak için Uygulanan Egzersiz Modeli	11
4. Biyokimyasal değerlendirmeler	13
5. Klinik Değerlendirmeler	13
5.1 Palpasyonla Subjektif Ağrı Skorunun Değerlendirmesi.....	13
5.2 Eklem Hareket Açıklığı (EHA) Değerlendirilmesi.....	14
6. İstatistiksel analiz	15
Bulgular	16
1. Deneklerin Fiziksel Özellikleri	16
2. Kas hasarı sonrası klinik bulgular	17
3. Kas hasarı sonrası kreatin kinaz, myoglobin kan düzeyleri	21
4. Kas hasarı sonrası izometrik kas kuvveti	25
Tartışma ve Sonuç	34
Kaynaklar	47
Teşekkür	51
Özgeçmiş	52

ÖZET

Bu çalışma ile aynı kişilerde diz fleksör kasları (DF), dirsek fleksör kasları (DrF) ve diz ekstansör kaslarında (DE) eksentrik egzersiz (EE) sonrasında oluşan kas hasar yanıtını ve kas hasarı üzerinde kas yapısının etkisini incelemeyi amaçladık.

Çalışmaya 20- 30 yaş arasında sağlıklı, 12 sedanter erkek denek gönüllü olarak katıldı. Deneklere ön testler olarak boy, kilo, vücut yağ yüzdesi ölçümü, test edilen her kas grubu için izometrik kuvvet testi, kas hacim ölçümü, kas pennasyon açıları ölçümü yapıldı. EE uygulamasından hemen önce, hemen sonra, 1. , 3. ve 7. günlerde subjektif ağrı düzeyi (GBKA) ve eklem hareket açıklığı (EHA) ölçüldü ve plazma kreatin kinaz (KK) ve myoglobin (Mb) düzeylerini değerlendirmek için deneklerden egzersizden hemen önce, egzersiz sonrası 1., 3., ve 7. günlerde kan alındı. EE uygulaması, deneklerin non-dominant taraf kas bölgeleri rastgele seçilerek, izokinetik dinamometrede 60°/sn'lik açısal hızda ve maksimal iş yükünde 10 kasılma içeren 6 setlik toplam 60 maksimal kasılma olacak şekilde uygulandı. EE sırasında diz ve dirsek EHA 120° olacak şekilde belirlendi. İstatistiksel değerlendirmede non parametrik Wilcoxon signed rank testi kullanıldı.

EE sonrası tüm dönemlerde KK ve Mb plazma düzeylerindeki artış DE ile karşılaştırıldığında, DrF ve DF kas grubunda benzer olarak daha fazlaydı ($p<0,01$). İzometrik kas kuvvetindeki düşüş, DE ile karşılaştırıldığında, DrF ($p<0,01$) ve DF ($p<0,05$) kas grubunda benzer şekilde anlamlı olarak daha fazlaydı. EHA'da azalma ve GBKA'da artış, EE sonrası hemen, 1. ve 3. günlerde DrF kas grubunda daha fazlaydı ($p<0,01$). DrF ve DF ile karşılaştırıldığında, DE kas grubunda pennasyon açısı daha yüksek ($p<0,01$), birim iş yükü ise daha düşük ($p<0,01$) saptandı.

Bu çalışmanın sonuçları, DE ile karşılaştırıldığında DF ve DrF kas gruplarında eksentrik egzersiz sonrası daha belirgin kas hasar yanıtları

oluşturduğunu göstermektedir. Bu çalışma ile, DE ve DrF kas grupları arasında daha önce gösterilmiş olan eksentrik egzersiz ile oluşan farklı kas hasar yanıtlarının daha çok kasların yapısal farklılıklarından etkilenebileceği söylenebilir.

Anahtar kelimeler: Eksentrik egzersiz, kas hasarı, kas yapısı, diz fleksör

SUMMARY

Eccentric Exercise Induced Muscle Damage Response of Knee Extensor, Elbow Flexor and Knee Flexor Muscles Groups: Effect of Muscle Architecture

The aim of this study was to compare the injury response pattern of the non-dominant knee extensor (KE), elbow flexor (EF) and knee flexor muscles (KF) occurring after a maximal eccentric exercise (EE) and to investigate the effect of muscle architecture on muscle damage- induced eccentric exercise.

Twelve sedentary and healthy male volunteers (mean age 25.6(1), range 20-30) participated to the study. Height, weight, body fat %, isometric peak torque, and volume and pennation angles of all muscles were measured at the pretest. Subjective pain scores (DOMS), elbow and knee range of motion (ROM) was evaluated before and immediately after exercise and at the 1st, 3rd and 7th day after and blood samples were taken to assess plasma creatin kinaz (CK) and myoglobin (Mb) concentration before and at the 1st, 3rd and 7th day after exercise. EE procedure was performed at 60°/s angular velocity which consists of 6 sets of 10 repetitions of eccentric actions with maximal intensity to the non-dominant muscles of subjects randomly on the isokinetic dynamometer. During eccentric exercise, knee and elbow ROM was determined to be 120 °. Wilcoxon signed ranks test was used to compare the results.

Increase in plasma CK and Mb levels at all periods post- exercise were higher for EF and KF muscles groups than KE ($p < 0,01$). Decrease in the isometric peak torque was higher for EF ($p < 0, 01$) and KF ($p < 0, 05$) muscles similarly than KE muscles. Decrease in the ROM and increase in the DOMS were significantly higher for EF muscles immediately after exercise, at 1st and 3rd day ($p < 0, 01$). The pennation angle of KE muscles group were higher ($p < 0, 01$); work load per unit of KE was lower than KF and EF muscles ($p < 0, 01$).

The results of this study demonstrate that the elbow flexor and knee flexor muscles groups exhibits more muscle injury response than knee extensors after an maximal eccentric exercise and the difference in the magnitude of muscle damage between KE and EF which was reported previously may be affected by difference of muscle architecture.

Key words: Eccentric exercise, muscle damage, muscle architecture, knee flexor.

GİRİŞ

Eksentrik kas kasılması kasın dirence karşı uzayarak kasılmasıdır. Konsentrik tipte kas kasılmaları sırasında kas boyu kısalırken, eksentrik tipte kas kasılmaları sırasında kas boyu uzayarak kuvvet üretildiği bilinmektedir. Konsentrik kas kasılmaları sıklıkla hareketi başlatmak, eksentrik kas kasılmaları ise hareketi yavaşlatmak ve/veya durdurmak için kullanılırlar (1).

Fonksiyonel olarak örnek verilecek olursa; yokuş aşağı yürüme ya da koşu sırasında yer çekimine karşı koyan kaslar (diz ekstansörleri, anterior ve posterior tibial kompartmanların kasları ve kalça ekstansörleri) eksentrik olarak çalışır.

Konsantrik veya izometrik kas kasılmaları sonrasında kasta oluşan değişiklikler kısa sürede geriler ve birkaç saat içinde kaslar tam fonksiyonlarına sorunsuz bir şekilde geri dönebilir. Bununla birlikte, eksentrik kasılmalardan sonra kaslar günlerce güçsüz kalarak gergin ve duyarlı hale gelmektedir (1). Egzersiz kaynaklı kas hasarının, daha çok eksentrik tipte egzersizleri takiben oluşması ilk olarak Hough tarafından tarif edilmiştir (2) ve eksentrik egzersiz ve kas hasarı konusu ve mekanizması daha sonraki bir çok çalışmanın konusu olmuştur (3-7).

Eksentrik egzersiz kaynaklı kas hasarının değerlendirilmesinde birçok gösterge kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları, kreatin kinaz (KK) ve myoglobin (Mb) gibi kas proteinleri düzeylerinin ölçümü (8, 9), kas kuvvet analizleri (8, 10, 11), geç başlangıçlı kas ağrısının değerlendirilmesi (GBKA) (12, 13), kas yapısında hücresel değişikliklerin incelenmesi (14, 15) ve eklem hareket açıklığı (EHA) değişiminin ölçülmesidir (8;10). Eksentrik egzersizin kas hasarı göstergeleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek için sıklıkla kullanılan kaslar diz ekstansörleri (DE) (16, 17) ve dirsek fleksörleri (DrF) olmuştur (8, 18, 19).

Üst ekstremitede ön kol fleksör kas gruplarında, maksimal eksentrik tipte kasılma içeren egzersizler sonrasında KK aktivitesinde 72–120 saat sonra artış saptanmış ve yaklaşık 10.000 IU/L seviyelerine ulaştığı gösterilmiştir (20). Başka bir çalışmada, diz ekstansör kaslarında, tekrarlayıcı

eksentrik tipte kasılmaların ağırlıklı olduğu yokuş aşağıya yürüme ya da koşu gibi egzersizlerden sonra KK aktivitesinde daha erken (0-12 saat içinde) ve daha az miktarda (1000 IU/L düzeylerinde) artış olduğu gözlenmiştir (10). Newham ve ark. (18) dirsek fleksörlerinde eksentrik egzersizden hemen ve 24 saat sonra, kas kuvvetinin %75 oranında azaldığını göstermiştir. V. Paschalis ve ark.'nın yaptığı diğer bir çalışmada (21) 12 sedanter bayan katılımcı üzerinde diz ekstansör kas grubuna eksentrik egzersiz uygulamasından sonra izometrik kuvvette %20 azalma olduğu gözlenmiştir.

Literatürde yokuş aşağı yürüme şeklindeki eksentrik kas kasılması içeren aktiviteler (10, 22) ya da diz ekstansör kaslarına yönelik eksentrik egzersiz (21, 23) kullanan çalışmalar karşılaştırıldığında, dirsek fleksör kaslarının eksentrik egzersizi sonrası (18, 20, 24) plazma kreatin kinaz düzeyindeki artışın daha büyük olduğu görülmektedir. Alt ekstremitte kaslarını kullanan çalışmalar (23, 25) ile karşılaştırıldığında, üst ekstremitte kaslarını kullanan çalışmalarda uygulanan eksentrik egzersiz sonrasında (18, 26) geç başlangıçlı kas yorgunluğunun daha fazla olduğu gözlenmiştir. Alt ekstremitte kaslarına oranla (16), üst ekstremitte kaslarında (8) eksentrik egzersiz takiben kas fonksiyonlarındaki toparlanmanın daha yavaş olduğu da belirtilmektedir.

Önceki çalışmalar ışığında, üst ekstremitte kaslarının eksentrik egzersize alt ekstremitte kaslarından daha duyarlı olduğu söylenebilir. Kol ve bacak kaslarının ayrı ayrı değerlendirdiği bu çalışmalarda eksentrik egzersize farklı yanıtların olası nedenleri, farklı egzersiz modelleri (yokuş aşağı koşu, ağırlık kaldırma gibi), farklı kas kasılma tipleri (izokinetik, izotonik gibi), farklı şiddet ve sayıda kas hareketleri ve farklı denek gruplarının kullanılmış olması olabilir. Literatür incelendiğinde bu noktaları açıklamak için yapılmış çalışma sayısının kısıtlı olduğu görülmektedir.

Aynı kişilerde kas hasarı ile ilişkili olarak üst ve alt ekstremitte kaslarının direkt karşılaştırıldığı iki çalışma elde edilmiştir. (27, 28). Bu çalışmalarda, diz ekstansörleri ile karşılaştırıldığında, dirsek fleksörlerinde eksentrik egzersizden sonra, kas hasarının boyutunun daha büyük olduğu ve kas fonksiyonunun toparlanmasının daha yavaş olduğu gözlenmiştir (27,

28). Genel anlamda bu iki çalışmanın sonucu yukarıda bahsedilen literatürdeki gözlemi destekler niteliktedir. Bu bulguların muhtemel nedenleri olarak, Jamurtas ve ark., (27) kas gruplarının günlük kullanımı arasındaki farklılığını öne sürerken, Saka ve ark. (28) dirsek fleksör ve diz ekstansör kas grupları arasındaki kas yapı farklılığının kas hasar yanıtı üzerinde etkili olabileceğini belirtmişlerdir. Jamurtas ve ark. (27), yokuş aşağı yürüme, merdiven inme gibi submaksimal eksentrik kas hareketlerini de kapsayan günlük aktivitelerin diz ekstansörleri üzerinde antrenman etkisi yaptığını ve bu nedenle diz ekstansörlerinin eksentrik egzersize daha az hasar yanıtı oluşturabileceğini belirtmektedirler. Saka ve ark. (28) tarafından bizim laboratuvarımızda yapılmış olan diğer çalışmada ise kas birimi başına düşen gerilimin dirsek fleksörlerinde diz ekstansörlerine göre daha büyük olduğu saptanmıştır. Bunun nedeninin, dirsek fleksör kasları ve diz ekstansör kasları arasındaki yapısal farklılık olabileceği ve bunun da, dirsek fleksörleri ile diz ekstansörleri arasında eksentrik egzersiz kaynaklı hasar yanıt farklılığının muhtemel sebebi olduğu düşünülmüştür.

Kas yapısı (ör. fusiform-biceps vs multipennat-kuadriseps) eksentrik egzersizi takiben oluşan kas hasarı bulgularını etkileyen bir faktör olarak bilinmektedir (15). Fusiform kasların eksentrik egzersiz ile oluşan kas hasarına pennat kaslardan daha hassas olduğu belirtilmektedir. Ayrıca lif tipi açısından, tip II kas liflerinin tip I kas liflerine göre eksentrik egzersizle oluşan kas hasarına daha hassas olduğu bildirilmiştir (13, 15).

Eksentrik egzersiz kaynaklı kas hasar yanıtında gözlenen farklılığı açıklamada yukarı da bahsedilen iki çalışmada (27, 28) öne sürülen nedenleri birlikte ele alabilmek amacı ile üst ve alt ekstremitede yapısal olarak benzeşen iki kas grubu ile yapısı farklı kas grubunun karşılaştırılmasının hasar yanıtı farklılığını açıklayabileceği düşünülmüştür. Bu açılardan, diğer çalışmalarda (27, 28) kullanılan diz ekstansör ve dirsek fleksör kas gruplarına ilave olarak bu çalışmaya diz fleksör kas grubu dahil edilmiştir. Diz fleksör kasları ve dirsek fleksör kasları, fusiform yapıda ve daha çok tip II lif dağılımına sahip iki kas grubudur. Diz ekstansör kasları ise multipennat yapıda ve ağırlıklı olarak tip I kas liflerinden oluşur. Alt ve üst

ekstremitelerde benzeşen iki kas grubunun kullanılması ile günlük aktivitelerin antrenman etkisi kontrol edilebilirken, yapısı farklı kas grubu çalışılarak kas yapısının eksentrik egzersiz nedenli kas hasarı üzerine etkisi açıklanabilir.

Bu bilgiler ışığında bu çalışma ile diz fleksör, dirsek fleksör, ve diz ekstansör kaslarında eksentrik egzersiz sonrasında oluşan kas hasarı göstergelerindeki değişiklikleri karşılaştırmak ve eksentrik egzersizle oluşan kas hasarı üzerinde kas yapısının etkisini incelemek amaçlanmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM

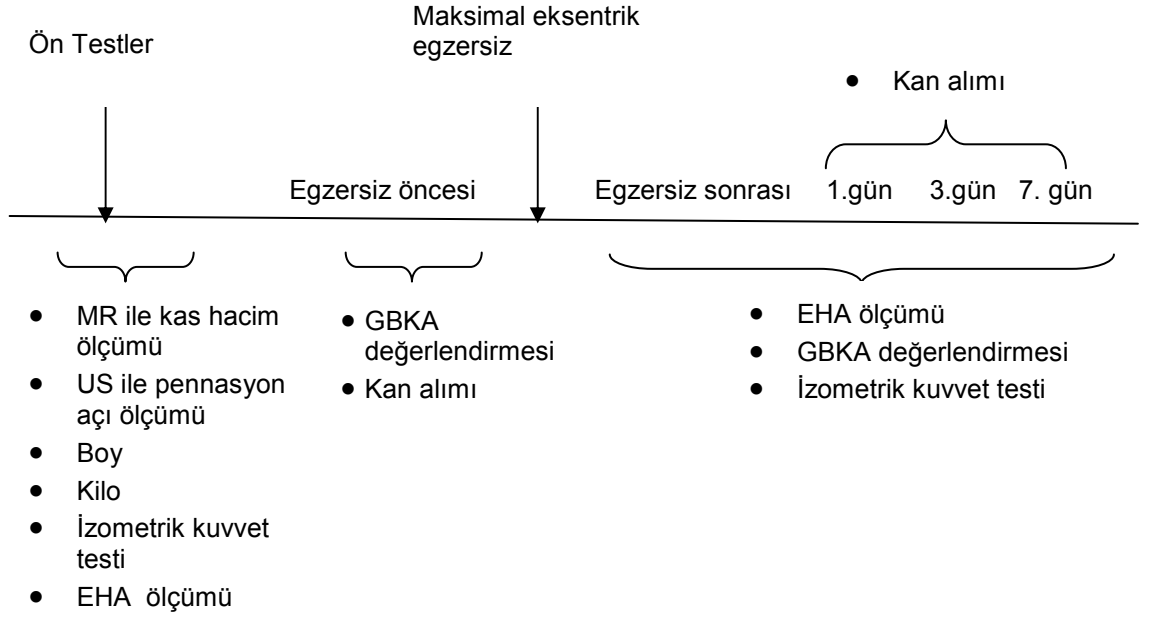
1. Denekler

Çalışmaya 20-30 yaş arasında sağlıklı, 12 sedanter erkek denek gönüllü olarak katıldı. Çalışmaya başlamadan önce denekler kalp-dolaşım sistemi ve kas iskelet sistemi başta olmak üzere genel fiziksel muayeneden geçirildi ve herhangi bir sağlık sorunu olmayan ve maksimal yüklenmeleri sağlık problemi yaratmadan rahatça kaldırabilecek olan deneklerin tamamı çalışmaya dahil edildi. Deneklere çalışma öncesinde çalışma hakkında ayrıntılı bilgi verilerek gönüllü katılımlarını içeren Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 01.07.2008 tarih ve 2008-13/14 no'lu kararı ile onaylanmış "Aydınlatılmış Gönüllü Onam formu" imzalatıldı.

1.1. Deneklerin Testlere Hazırlanması ve Çalışma Düzeni

Testler Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Spor Hekimliği Ana Bilim Dalı Laboratuvarı'nda yapıldı. Sirkadiyen ritmin sonuçlar üzerine olası etkilerini azaltmak için tüm testler sabah 08.00–11.00 saatleri arasında gerçekleştirildi. Denekler tüm çalışma boyunca herhangi bir ilaç kullanmamaları, testlerin uygulanacağı günler öncesinde ve süresince zorlu fiziksel aktivite yapmamaları, alkol, sigara, çay, kahve kullanmamaları konusunda uyarıldılar.

Eksentrik egzersizle hasar oluşturma uygulaması deneklerin non-dominant taraf dirsek fleksör, diz ekstansör ve diz fleksör kas grupları rastgele seçilerek başlatıldı. Kas hasar yanıtlarının toparlanması ve bazal değerlere dönmesi açısından bir test dönemi bitimini takiben 2 hafta sonra diğer kas grubu bölgesi çalışıldı. Çalışma düzeni Şekil-1'de gösterilmiştir.



Şekil-1: Çalışma düzeni.

2. Ön Testler

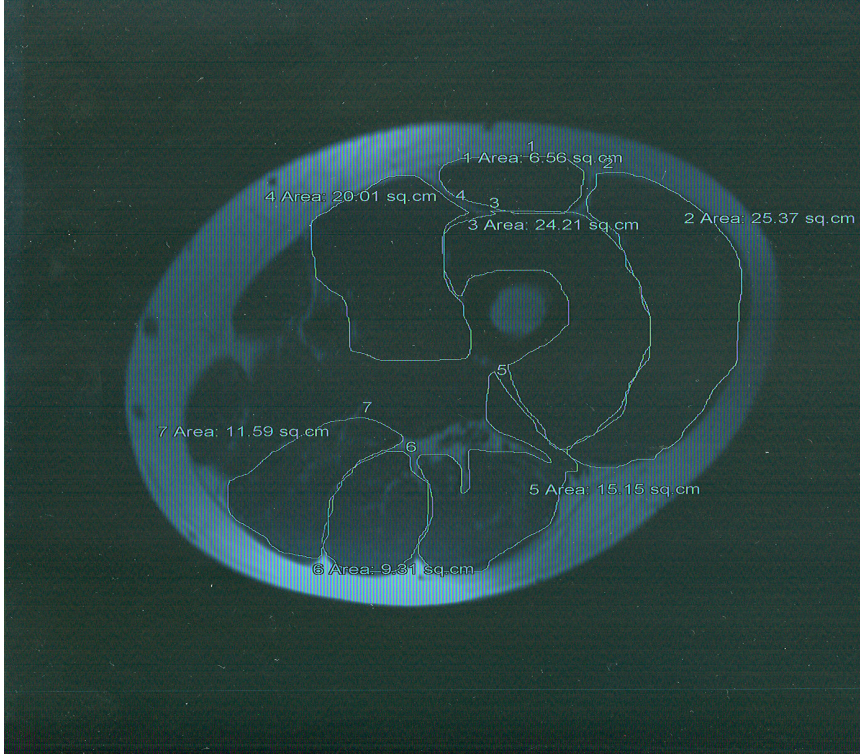
2.1. Antropometrik Ölçümler

Deneklerin boyları 1 mm duyarlılıkla ölçüm yapabilen antropometre seti ile (CPM Anthropological Instruments, Sieber Hegner Maschinen AG, İsviçre), kiloları ise 100 gr duyarlılıkla ölçüm yapabilen bir kantar ile (Man Tartı AŞ. ,Türkiye) üzerlerinde sadece spor malzemeleri varken ölçüldü. Biseps, triseps, subskapular ve suprailiak olmak üzere 4 farklı noktadan deri kıvrım kalınlıkları 0.2 mm duyarlılıkta ölçüm yapabilen skinfold aleti ile (Holtain, İngiltere) ölçülen deneklerin vücut yağ yüzdeleri Durnin ve Wommersley'in (30) tarif ettiği şekilde hesaplandı ve kaydedildi. Deneklerin dominant taraf kol (yazı yazılan el) ve bacakları (topa vuruş bacağı) sorgulanarak egzersiz protokolünün uygulanacağı non dominant taraflar belirlendi.

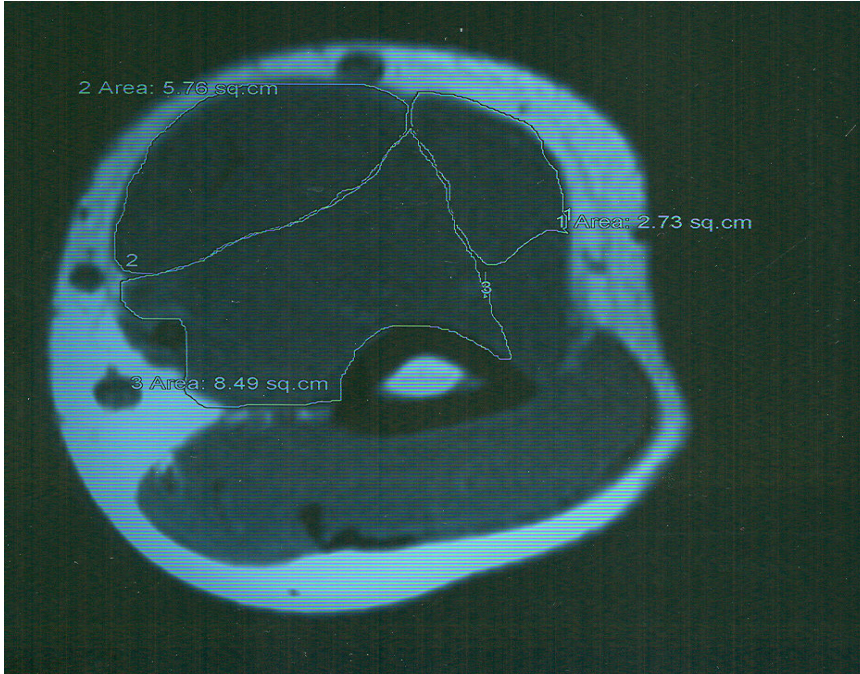
2.2. Kas Hacminin Manyetik Rezonans Görüntüleme ile Ölçülmesi

Non-dominant önkol fleksör, diz ekstansör ve diz fleksör kas grupları için manyetik rezonans görüntüleme ile kas hacim ölçümleri; Uludağ Üniversitesi Radyoloji Anabilim Dalı'nda 1.5 T MR cihazı (Siemens, Magnetom Vision Plus, Erlangen, Almanya) ile vücut sargısı kullanılarak yapıldı. Tüm olgularda T1-ağırlıklı spin eko (SE) sekansı tercih edildi (TR: 540-720 msn, TE: 14 msn; kol için kesit kalınlığı 10 mm, bacak için 15 mm ve kesitler arası mesafe her iki bölgede de 1 mm).

Denekler sargı içine supin pozisyonunda yatırıldı. El ve topuk nötral pozisyondaydı. Üst bacakta superior iliak spinadan patella alt sınırına kadar tüm diz ekstansör ve fleksör kas grubu içerilecek şekilde, üst kolda da korakoid prosten humerus epikondillerinin alt seviyesine kadar önkol fleksör kasları içerilecek şekilde aksiyel kesitler elde edildi. Tüm kesitlerde diz ekstansör, diz fleksör ve önkol fleksör kas grubu kesit alanı manuel olarak "region of interest" (ROI) ile işaretlendi. Alanlar cm^2 olarak belirlendi. Daha sonra her bir aksiyel kesitteki alan, kesitler arasındaki mesafe ile çarpıldı ve sonuçlar toplanarak cm^3 cinsinden kas gruplarının hacmi elde edildi (Şekil-2, Şekil-3).



Şekil-2: Diz ekstansör ve diz fleksör kaslarının MRI ile hacim ölçümlerinin görünümü.



Şekil-3: Dirsek fleksör kaslarının MRI ile hacim ölçümlerinin görünümü.

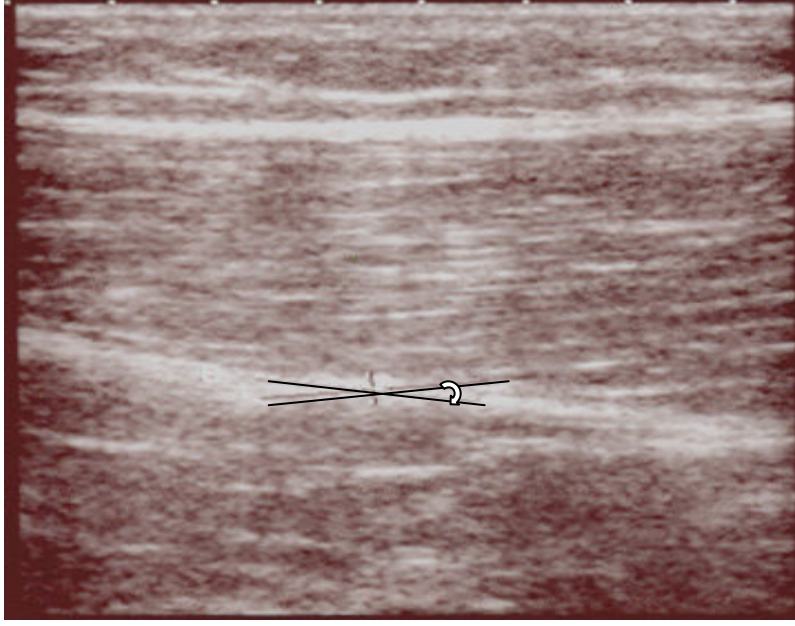
2.3. Kas Pennasyon Açılarının (PA) Ultrasonografi Görüntüleme ile Ölçümü

Non-dominant önkol fleksör, diz ekstansör ve diz fleksör kas grupları için ultrasonografi görüntüleme ile kas pennasyon açılarının ölçümleri; Uludağ Üniversitesi Radyoloji Anabilim Dalı'nda Ultrasonografi cihazı (Aplio 80 Toshiba, Japonya) kullanılarak yapıldı. Denekler önce supin pozisyonunda uzandı. El ve topuk nötral pozisyondaydı. Non dominant önkol fleksör (biceps braki (BB), brakialis (BM), brakioradialis (BR) kasları) ve diz ekstansör (rektus femoris (RF), vastus medialis (VM), vastus lateralis (VL), vastus intermedius (Vİ)) kaslarının pennasyon açıları 7,5 MHz dalga frekansında elektronik US probu kullanılarak ölçüldü. Görüntü elde etmek için ölçüm yapılan alanlara iletken jel sürüldü.

Ön kol fleksör ve diz ekstansör kas gruplarının pennasyon açıları ölçüldükten sonra denekler pron pozisyonunda uzandı. Aynı işlemler diz fleksör (biceps femoris (BF), semitendinöz (ST), semimembranöz (SM) kasları için tekrar edildi.

Kas fasikülleri arasındaki aralıklardan ve aponözdan yansıyan ekolar görsel olarak tanımlandıktan sonra, İki eko arasında, (biri derin aponöz ve diğeri fasiküllerden) kesişim noktası US üzerinde belirlendi ve pennasyon açısı olarak kaydedildi (Şekil-4).

Her kas grubu bölgesi için, o gruba ait kasların pennasyon açıları tek tek ölçüldükten sonra toplamlarının ortalamaları alındı. Tüm kasların US ile pennasyon açılarının ölçümü aynı radyolog tarafından 2 kez yapıldı. Sınıf içi korelasyon katsayısına göre gözlemiçi uyumluluk 0,865 ($p<0,01$) idi.



Şekil-4: Diz ekstansör kas grubundan Vastus Medialis kasına ait pennasyon açısının Ultrasonografik ölçümünün görünümü (beyaz ok pennasyon açısını göstermektedir (14°)).

2.4. İzometrik Kuvvet Testi

Dirsek fleksör, diz fleksör ve diz ekstansör kas gruplarının izometrik kuvvetleri izokinetik dinamometre cihazında (Humac Norm, ABD) ölçüldü. Testler deneklerin teste uyumunu sağlamak amacı ile farklı iki günde tekrarlandı. Her ölçüm öncesi dinamometre cihazının kalibrasyonu yapıldı.

Denekler dirsek fleksör kas grubunun izometrik kuvvet ölçümü için izokinetik dinamometre cihazının koltuğuna supin pozisyonunda uzandı. Dirsek ekleminin rotasyon aksının dinamometrenin kuvvet kolunun merkezine karşısına gelmesi sağlandı. Deneklerden non-dominant elleriyle kuvvet kolunu tutmaları istendi. Denekler bel bölgesinden bandaj kullanılarak masaya sabitlendi. Dirsek ekleminin izometrik test sırasında masa yüzeyinden kalkmamasına özen gösterildi. Bu pozisyonda deneklerin sırasıyla 30° , 90° ve 110° dirsek fleksiyon açılarında 3 denemeyi takiben 5 sn. süreli 3 maksimal kasılma yapmaları istendi. Her bir kasılma arasında 10 sn. ara verildi ve düzenli nefes alıp verilmesi istendi. Testin sonunda pik tork (Nm) değerleri izokinetik dinamometrenin software programı kullanılarak elde edildi.

Diz ekstansör ve fleksör kas grubu için denekler izokinetik dinamometre cihazının koltuğuna pron pozisyonunda yatırıldılar. Uyluk, pelvis ve gövde bantlar yardımıyla sabitlendi. Ayarlanabilir kuvvet kolu alt bacağa lateral malleolün proksimalinden bir pet ve bant ile sıkıca bağlandı. Kuvvet kolunun rotasyon aksı lateral femoral kondilin tam lateraline denk gelecek şekilde ayarlandı. Non-dominant diz ekstansör ve fleksör kas grubu için deneklerin sırasıyla 30°, 90°, ve 110° diz fleksiyon açılarında 3 denemeyi takiben 5 sn. süreli 3 maksimal izometrik kasılma yapmaları istendi. Her bir kasılma arasında 10 sn. ara verildi ve düzenli nefes alıp verilmesi istendi. Testin sonunda pik tork (Nm) değerleri izokinetik dinamometrenin software programı kullanılarak elde edildi.

3. Kas Hasarı Oluşturmak için Uygulanan Egzersiz Modeli

Kas hasarı oluşturmak için, İzokinetik dinamometrede (Humac Norm, ABD), maksimal eksentrik kasılmaların kullanıldığı bir egzersiz modeli uygulandı. Denekler rastgele önkol fleksör, diz ekstansör veya diz fleksör kas grupları için 60°/sn'lik açısal hızda maksimal iş kapasitesinde 10 kasılma içeren 6 set toplam 60 maksimal kasılma yaptılar ve her bir kasılma sırasında denekler sözlü olarak uyarıldılar. Denekler setler arasında 1 dakika dinlendirildiler. Her üç kas grubu için egzersiz sırasında kullanılan eklem hareket açıklığı 0°-120° olarak belirlendi. (Tam ekstansiyon açısı= 0°) İlk egzersiz uygulamasında 5 kişide diz ekstansör kas grubu, 3 kişide diz fleksör kas grubu, 4 kişide dirsek fleksör kas grubu çalışıldı. 2 hafta sonra yapılan 2. egzersiz uygulamasında 4 kişide diz ekstansör, 6 kişide diz fleksör, 2 kişide dirsek fleksör kas grubu çalışıldı. 3. egzersiz uygulamasında 3 kişide diz ekstansör, 3 kişide diz fleksör ve 6 kişide dirsek fleksör kas grubu çalışıldı.

Diz ekstansörleri için denekler önce izometrik testte tarif edilen pozisyonda izokinetik dinamometrede sabitlendi. Deneklerin egzersiz sırasında düzenli nefes alıp vermeleri istendi. Denekler prone pozisyonda ve diz eklemi son nokta fleksiyon açısında iken egzersiz başlatıldı ve ekstansiyona giderken bacak izokinetik dinamometrenin desteği ile kaldırıldı

ve deneklerin bu aşamada hiçbir kasılma yapmamaları istendi. Diz tam ekstansiyondan fleksiyona giderken, deneklerin diz ekstansörleri ile maksimal direnç göstermeleri istendi. Diz tam fleksiyona geldiğinde, ekstansiyona tekrar yardım kullanılarak getirilip aynı döngü tüm kasılmalar boyunca tekrarlandı.

Diz fleksör kas grubu için, denekler izometrik testte tarif edilen pozisyonda izokinetik dinamometrede sabitlendi. Deneklerin egzersiz sırasında düzenli nefes alıp vermeleri istendi. Denekler yatar pozisyonda ve diz eklemi tam ekstansiyonda iken egzersiz başlatıldı ve fleksiyona giderken bacak izokinetik dinamometrenin desteği ile kaldırıldı ve deneklerin bu aşamada hiçbir kasılma yapmamaları istendi. Diz fleksiyondan ekstansiyona giderken, deneklerin diz fleksörleri ile maksimal direnç göstermeleri istendi. Diz tam ekstansiyona geldiğinde, fleksiyona tekrar yardım kullanılarak getirilip aynı döngü tüm kasılmalar boyunca tekrarlandı.

Denekler önkol fleksör kas grubu için izokinetik dinamometreye daha önce izometrik test sırasında tarif edilen şekilde cihazının masasına supin pozisyonunda yatırıldı ve masaya bant kullanılarak sabitlendi. Deneklerin dirsek eklemleri ekstansiyona getirildiği zaman çalışma başlatıldı ve dirsek fleksiyona giderken izokinetik dinamometrenin desteği kullanıldı. Bu aşamada deneklerin hiçbir kasılma yapmamaları istendi. Dirsek fleksiyondan ekstansiyona hareket ederken kuvvet koluna maksimal direnç göstermeleri istendi. Dirsek tam ekstansiyona geldiğinde, fleksiyona tekrar yardım kullanılarak getirilip aynı döngü tüm kasılmalar boyunca tekrarlandı.

Her tekrardaki toplam iş kapasitesi daha sonra birim hacim başına düşen yük hesaplamalarında kullanılmak üzere kaydedildi. İş tork çarpı açısı olarak tanımlandı ($Iş = tork \times \text{açısal yer değiştirme}$). Ekstremitiyi 0°'den 120°'ye hareket ettiren eksentrik tork, ve bu eklem hareket aralığındaki açısal mesafe çarpılarak tekrar başına düşen iş elde edildi. Bundan sonra, 10 tekrarın her biri için yapılan iş, eksentrik egzersiz protokolünün her bir setinde yapılan işi hesaplamak için toplandı. Her bir set için bu hesaplamalar dinamometre programı ile otomatik olarak yapıldı. Total eksentrik iş, altı egzersiz setindeki işin toplamı olarak belirlendi. Total eksentrik iş ve MR

ölçümlerinden elde edilen total kas hacmi kullanılarak her kas grubu için birim kas hacmi başına düşen iş yükü hesaplandı. Birim kas hacmine düşen iş yükü, total eksentrik işin total kas hacmine oranlanması ile elde edildi (total eksentrik iş (joule)/total kas hacmi (cm³).

4. Biyokimyasal Değerlendirmeler

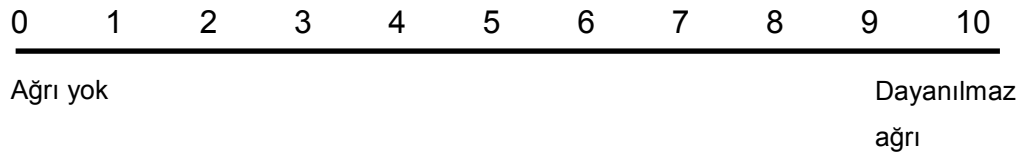
Biyokimyasal analizler U.Ü.T.F Merkez Biyokimya Laboratuvarı'nda yapıldı. Kan örnekleri 0,18×40mm boyutlarındaki iğne (Vacutainer, İngiltere) yardımı ile ön kol antekübital bölge venlerinden kuru tüp (Vacutainer 16×100mm, İngiltere) ve hemogram tüplerine (Vacutainer 13×75mm, İngiltere) alındı ve laboratuvarında ölçümleri yapıldı. Ayrıca kuru tüpteki kandan serum ayrıştırılarak boş tüpe ve diğer bir kuru tüpe konuldu. Elde edilen kan örneklerinden plazma Mb ve KK düzeyleri ölçüldü. Örnekler, myoglobin ölçümleri için -18°C'de derin dondurucuda saklandı. Myoglobin ölçümü için derin dondurucuda saklanan serum örnekleri haftada iki defa olmak üzere farklı günlerde çalışıldı. KK değerleri Abbott Aeroset (Amerika) cihazı kullanılarak immunoassay yöntemi ile ölçüldü, bu yöntemle göre KK için normal referans aralığı 29-200 IU/L idi. Myoglobin düzeyleri ise Abbott AxSYM System (Amerika) cihazı kullanılarak immunoassay yöntemi ile ölçüldü, bu yöntemle göre Mb normal referans aralığı <90 ng/ml idi.

5. Klinik Değerlendirmeler

5.1. Palpasyonla Subjektif Ağrı (GBKA) Skorunun Değerlendirmesi

Kas ağrısının değerlendirilmesi için üzerinde 0'dan 10'a kadar ardışık sayılar bulunan görsel ağrı skalası (GAS) kullanıldı (Şekil-5). Denekler supin pozisyonunda kaslar gevşemiş durumda yatarken dirsek fleksör ve diz ekstansör kas grubunun, pron pozisyonunda yatarken diz fleksör kas grubunun başlangıç ve bitiş noktalarını birleştiren çizginin orta noktası,

başlangıç noktasının ve bitiş noktasının 5 cm yakını belirlendi. Bu noktaların sırasıyla palpasyonu ile ve eklem pasif ekstansiyonu ve fleksiyonu sırasında kendi hissettikleri en uygun ağrı şiddetini bu skala üzerinde göstermeleri istendi ve değerler kaydedilerek ortalamaları alındı. GBKA Newton M.J ve ark.'nın (93) çalışmasında kullanılan yöntemle benzer bir yöntemle değerlendirildi.



Şekil-5: Görsel ağrı skalası.

5.2. Eklem Hareket Açıklığı Değerlendirilmesi (EHA)

Eklem hareket açıklığı, izokinetik dinamometrede ölçüldü. Diz ekstansör kas grubu için denekler pron pozisyonunda uzanırken ve ayarlanabilir kuvvet kolu alt bacağa lateral malleolün proksimalinden bir pet ve bant ile sıkıca bağlı iken değerlendirildi. Kuvvet kolu 20°/sn yavaş açısal bir hızda pasif olarak tam ekstansiyondan fleksiyona getirilirken deneklerin ağrı hissettiği eklem açısı ölçüldü ve ağrısız EHA olarak kaydedildi (27).

Diz fleksör kas gruplarında ağrının başladığı EHA değerlendirilmesi için, denekler izokinetik dinamometrede pron pozisyonunda uzanırken ilgili eklem 20°/sn yavaş açısal hızda pasif olarak tam fleksiyondan ekstansiyona getirilirken deneğin ağrı ifade ettiği açı ölçüldü ve ağrısız EHA olarak kaydedildi.

Dirsek fleksör kas gruplarında ağrının başladığı EHA değerlendirilmesi için, denekler izokinetik dinamometrede supin pozisyonunda yatırıldı. İlgili eklem 20°/sn yavaş açısal hızda pasif olarak tam fleksiyondan ekstansiyona getirilirken deneğin ağrı ifade ettiği açı ölçüldü ve ağrısız EHA olarak kaydedildi.

6. İstatistiksel Analiz

İstatistiksel değerlendirmede SPSS istatistik programı (versiyon 13,0) kullanıldı. Sonuçlar ortalama (standart hata) Şeklinde ifade edildi. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak kabul edildi. Dönemler arasındaki deęiŐimin (egzersiz öncesi, egzersiz sonrası, egzersiz sonrası 1. , 3. ve 7. gün) değerlendirilmesi yüzdesel değişim hesaplanarak yapıldı. Yüzdesel değişim farkının hesaplanmasında $[(\text{Son değer} - \text{İlk değer}) / \text{İlk değer}] * 100$ formülü kullanıldı. Her kas grubu için (diz ekstansör, diz fleksör ve dirsek fleksör kas grubu) dönemler arasındaki ölçüm parametrelerindeki değişim farklılığı (egzersiz öncesi, egzersiz sonrası, egzersiz sonrası 1. , 3. ve 7. gün) ve her bir dönemde  kas grubu arasındaki farklılık parametrik olmayan Wilcoxon eŐleŐtirilmiŐ iki örnekleme testi ile analiz edildi.

BULGULAR

1. Deneklerin Fiziksel Özellikleri

Deneklerin fiziksel özellikleri tablo-1'de özetlenmiştir.

Tablo-1: Deneklerin fiziksel özellikleri.

N=12	Ortalama	Minimum-maksimum
Yaş (yıl)	25,6 (1)	20 -30
Boy (cm)	173,6 (2)	165 -187
Kilo (kg)	77,5 (2,8)	62,5 -96
VYY (%)	14,3 (0,9)	10 -19

Değerler ortalama (standart hata) olarak verilmiştir. **DE**= Diz ekstansör kas grubu, **DF**= Diz fleksör kas grubu, **DrF**= Dirsek fleksör kas grubu, **VYY**= Vücut yağ yüzdesi ¹grup 1'den anlamlı istatistiksel farklılığı, ²grup 2'den anlamlı istatistiksel farklılığı, ³grup 3'ten anlamlı istatistiksel farklılığı göstermektedir. *p<0,05, **p<0,01 istatistiksel anlamlılık düzeyini göstermektedir.

DE, DF ve DrF' ye ait kas hacim ölçümleri, pennasyon açısı ölçümleri ve eksentrik egzersiz sırasında elde edilen total iş değerleri ve bu ölçümlerden elde edilen birim kas hacmi başına düşen iş yükü değerleri tablo-2'de gösterilmiştir. Diz ekstansör, diz fleksör ve dirsek fleksör kas gruplarının US ile ölçülen pennasyon açısı ölçümleri incelendiğinde, DE'ye ait ortalama PA'nın, DF ve DrF'ye ait PA'ya göre anlamlı daha yüksek olduğu gözlemlendi (p<0.01). DF ve DrF'nin PA ölçümleri arasında daha düşük düzeyde istatistiksel anlamlı farklılık vardı (p<0,05).

Diz ekstansör, diz fleksör ve dirsek fleksör kas gruplarının hacimleri birbirinden istatistiksel olarak anlamlı farklı idi (p<0.01). Eksentrik egzersiz sırasındaki total iş açısından, DE, DF ve DrF arasında anlamlı istatistiksel farklılık saptandı (p<0,01).

Diz ekstansörleri ile total iş/kas hacmi formülünden elde edilen birim iş yükü, diz ve dirsek fleksör kas grubunda istatistiksel olarak anlamlı daha

yüksekti ($p<0,01$). Diz fleksör ve dirsek fleksör kas gruplarına düşen birim iş yükü arasında anlamlı istatistiksel farklılık saptanmadı.

Tablo-2: Kas gruplarının eksentrik egzersiz sırasındaki iş yükü ve kas hacmi ve pennasyon açıları arasındaki ilişki.

	Diz ekstansör(1)	Diz fleksör(2)	Dirsek fleksör(3)
Pennasyon açısı	11,6 (0,2) ^{2(**),3(**)}	1,3 (0,1) ^{3(**)}	0,9 (0,1)
Kas hacmi (cm ³)	1984 (38) ^{2(**),3(**)}	754 (38) ^{3(**)}	390 (15)
Total iş (joule)	5737 (326,5) ^{2(**),3(**)}	2669 (197,7) ^{3(**)}	1667 (113,3)
Birim hacime düşen iş yükü (Jolule/cm ³)	2,9 (0,15) ^{2(**),3(**)}	3,6 (0,3)	4,3 (0,27)

Değerler ortalama (standart hata) olarak verilmiştir. ¹ grup 1'den anlamlı istatistiksel farklılığı, ² grup 2'den anlamlı istatistiksel farklılığı, ³ grup 3'ten anlamlı istatistiksel farklılığı göstermektedir, * $p<0.05$, ** $p<0.01$ istatistiksel anlamlı farklılığı göstermektedir.

2. Klinik Bulgular

Ağrının başladığı eklem hareket açıklığı, subjektif ağrı skorlarına ait değerler tablo-3'te verilmiştir.

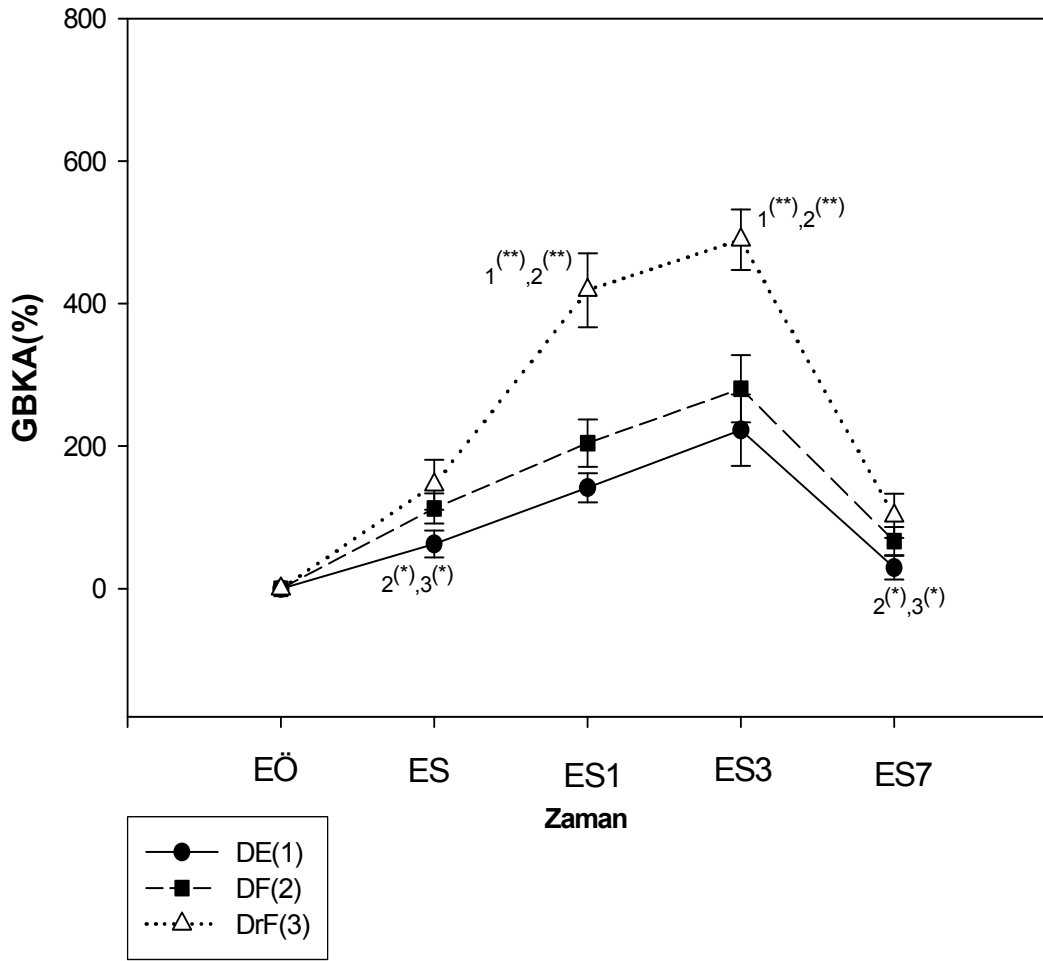
Tablo-3: Eksentrik egzersiz öncesi ve sonrası hemen, 1. , 3. , ve 7. günlerde ağrının başladığı eklem hareket açıklığı, subjektif ağrı skorlarına ait değerler.

	N=12	EÖ	ES	ES1	ES3	ES7
DE	0	1,6(0,2)**	2,4 (0,2)**	3,2 (0,5)**	1,3 (0,1)*	
GBKA	DF	0	2,1 (0,2)**	3 (0,3)**	3,8 (0,5)**	1,6 (0,2)*
	DrF	0	2,5 (0,3)**	5 (0,5)**	5,9 (0,4)**	2 (0,3)**
	DE	138	137 (1,6)	125 (5)**	119 (6)*	130 (4,5)
EHA	DF	138	131 (4)*	118 (5,5)**	117 (5)**	127 (5,8)*
	DrF	130**	107 (5)**	101 (2,8)**	95 (6,5)**	114 (5,8)*

Değerler, ortalama (Standart hata) olarak verilmiştir. $p<0,05^*$, $p<0,01^{**}$ egzersiz öncesi döneme göre istatistiksel anlamlılık düzeyini göstermektedir. **DE**= Diz ekstansör kas grubu, **DF**= Diz fleksör kas grubu, **DrF**= Dirsek fleksör kas grubu, **GBKA** = geç başlangıçlı kas ağrısı, **EHA**= eklem hareket aralığı, **EÖ** = egzersiz öncesi, **ES** = egzersiz sonrası, **ES1** = egzersiz sonrası 1. gün, **ES2** = egzersiz sonrası 2. gün, **ES3** = egzersiz sonrası 3. gün, **ES7** = egzersiz sonrası 7. gün

Diz ekstansör kas grubu, diz fleksör kas grubu ve dirsek fleksör kas grubunun palpasyonla oluşturulan subjektif ağrı skoru değerleri sonuçlarına baktığımızda, tüm kas gruplarında eksentrik egzersiz öncesi ile karşılaştırıldığında egzersiz sonrasında hemen, 1., 3. ($p < 0.01$) ve 7. (DE $p < 0.05$, DF $p < 0.05$; DrF $p < 0.01$) günlerde ağrı düzeyi istatistiksel olarak belirgin yüksekti.

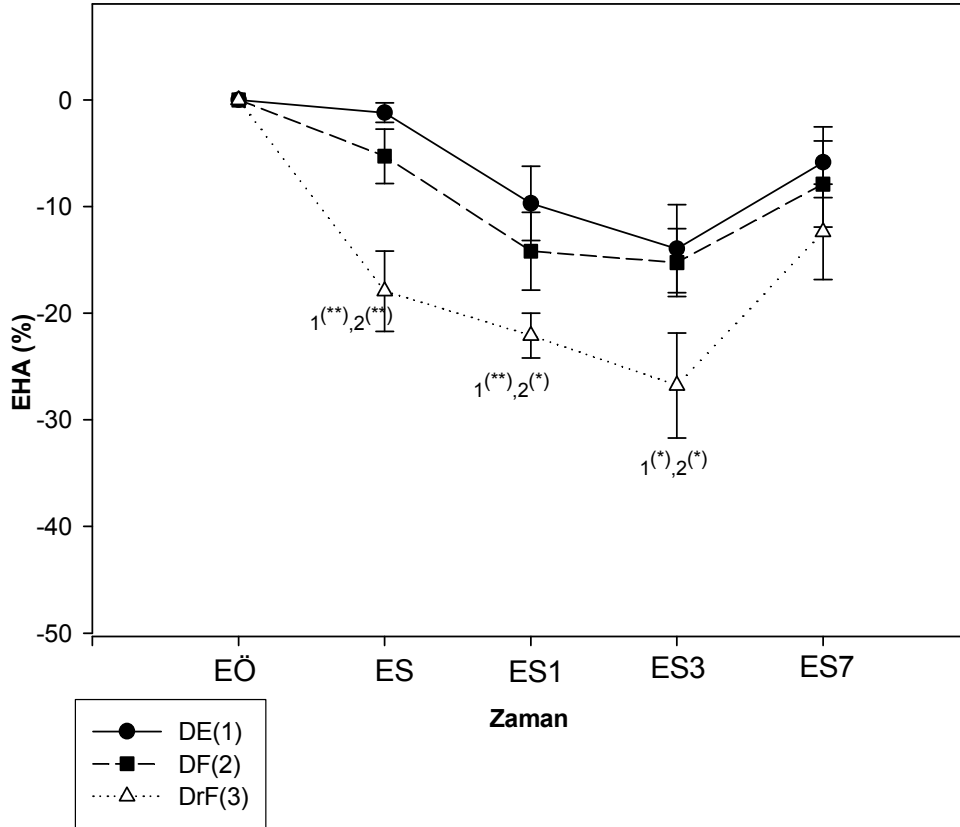
Şekil-6'da her üç kas grubuna ait GBKA yüzdesel değişim değerleri verilmiştir. Gruplar arasında GBKA yüzdesel değişim değerleri incelendiğinde, DF ve DrF ile karşılaştırıldığında DE' de ES hemen subjektif ağrı skorlarındaki artışın daha az ($p < 0.05$) olduğu gözlemlendi, DF ve DrF arasında ise bu dönemde anlamlı istatistiksel farklılık saptanmadı. ES1. ve ES3. günde DrF GBKA değerleri, DE ve DF ye göre belirgin daha yüksek saptandı ($p < 0.01$), DE ve DF arasında anlamlı istatistiksel farklılık yoktu. ES 7. günde DF ve DrF ile karşılaştırıldığında, DE GBKA değerleri daha düşüktü ($p < 0.05$), bu dönemde yine DF ve DrF arasında anlamlı istatistiksel farklılık bulunmadı.



Şekil-6: GBKA yüzdesel değişim değerleri. ¹ grup 1'den anlamlı istatistiksel farklılığı, ² grup 2'den anlamlı istatistiksel farklılığı, ³ grup 3'ten anlamlı istatistiksel farklılığı göstermektedir, * p<0.05, ** p<0.01 istatistiksel anlamlı farklılığı göstermektedir. **DE**= Diz ekstansör kas grubu, **DF**= Diz fleksör kas grubu, **DrF**= Dirsek fleksör kas grubu, **GBKA**= geç başlangıçlı kas ağrısı, **EÖ** = egzersiz öncesi, **ES**= egzersiz sonrası, **ES1**= egzersiz sonrası 1. gün, **ES2**= egzersiz sonrası 2. gün, **ES3** = egzersiz sonrası 3. gün, **ES7**= egzersiz sonrası 7. gün.

Eksentrik egzersiz sonrasında eklem hareket açıklığı her üç kas grubunda egzersiz öncesi dönemle karşılaştırıldığında ES1. ve 3. günlerde anlamlı olarak azalmıştır (p<0,01). Diz ekstansör kas grubunda ES7. günde EHA bazal değerlere dönerken, diz fleksör ve dirsek fleksör kaslarında bazal değerlere dönememiştir. Şekil-7'de her üç kas grubuna ait EHA yüzdesel

değişim değerleri verilmiştir. ES ($p<0,01$), ES1. ($p<0,05$) ve ES3. ($p<0,05$) günlerde, DrF'de EHA yüzdesel değişim değerlerindeki düşüş, DE ve DF' ye göre istatistiksel olarak belirgin daha yüksekti, ES7. günde ise üç kas grubu arasında anlamlı istatistiksel farklılık saptanmadı.



Şekil-7: EHA yüzdesel değişim değerleri. ¹ grup 1'den anlamlı istatistiksel farklılığı, ² grup 2'den anlamlı istatistiksel farklılığı, ³ grup 3'ten anlamlı istatistiksel farklılığı göstermektedir, * $p<0,05$, ** $p<0,01$ istatistiksel anlamlı farklılığı göstermektedir. **DE**= Diz ekstansör kas grubu, **DF**= Diz fleksör kas grubu, **DrF**= Dirsek fleksör kas grubu, **EHA**= eklem hareket aralığı, **EÖ**=egzersiz öncesi, **ES**= egzersiz sonrası, **ES1**= egzersiz sonrası 1. gün, **ES2**=egzersiz sonrası 2. gün, **ES3** = egzersiz sonrası 3. gün, **ES7** = egzersiz sonrası 7. gün

3. CK ve Mb Düzeyleri

Tablo-4' te eksentrik egzersiz öncesi ve sonrası dönemlerde, plazma KK ve Mb düzeyleri görülmektedir.

Tablo-4: Eksentrik egzersiz öncesi ve sonrası 1., 3., ve 7. günlerde plazma KK ve Mb düzeyleri.

N=12	EÖ	ES1	ES3	ES7	
	DE	121 (6,3)	946 (568)**	2831 (763)**	724 (181,5)**
KK	DF	120 (10)	2396 (795)**	4761 (889)**	1751(662,8)**
	DrF	130 (10)	2887 (707)**	6156(963,5)**	2533 (512)**
	DE	40,6 (4,8)	102,5 (29)**	413 (81,3)**	63 (12,2)*
Mb	DF	36,6 (2,5)	269 (53,4)**	539 (80,5)**	76,5 (10,8)**
	DrF	34,8 (3,3)	454,53 (60)**	607 (87,5)**	96,7 (14,3)**

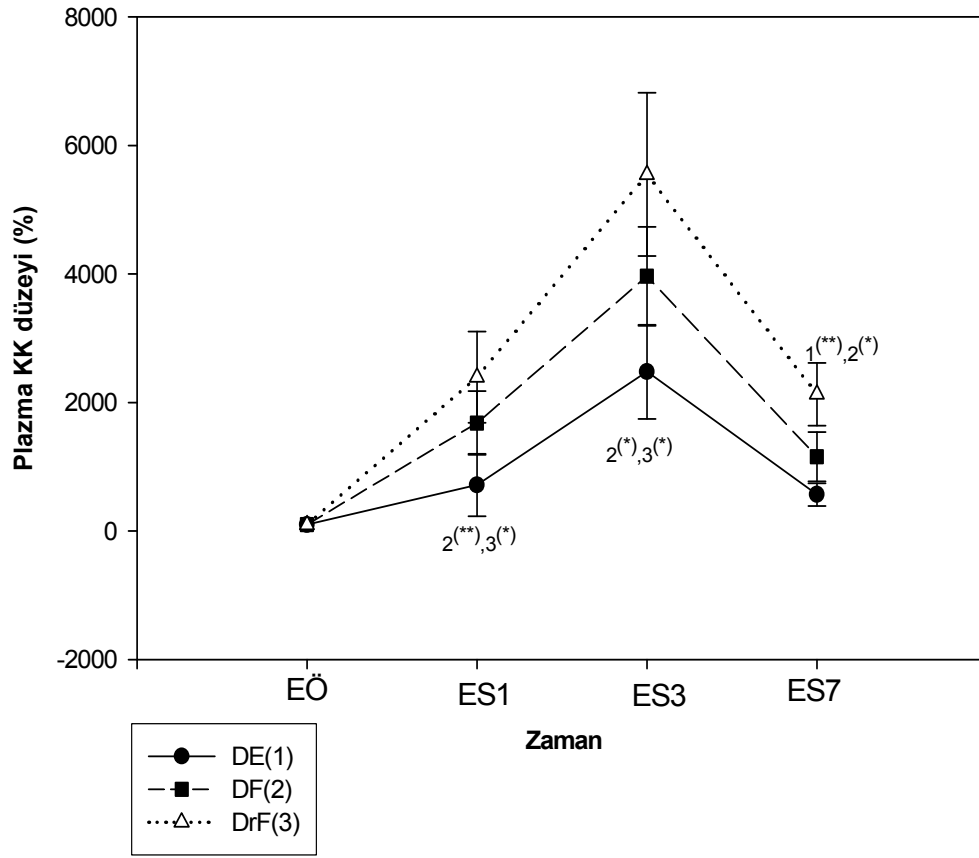
Değerler, ortalama (Standart hata) olarak verilmiştir. *p<0,05, **p<0,01 egzersiz öncesi döneme göre istatistiksel anlamlılık düzeyini göstermektedir. **DE**= Diz ekstansör kas grubu, **DF**= Diz fleksör kas grubu, **DrF**= Dirsek fleksör kas grubu, **KK**= Kreatin kinaz, **Mb**= myoglobin, **EÖ** = egzersiz öncesi, **ES1** = egzersiz sonrası 1. gün, **ES2** = egzersiz sonrası 2. gün, **ES3** = egzersiz sonrası 3. gün, **ES7** = egzersiz sonrası 7. gün

Eksentrik egzersiz sonrası plazma kreatin kinaz düzeyleri, her üç kas grubunda egzersiz öncesi dönemle karşılaştırıldığında egzersiz sonrası tüm dönemlerde belirgin olarak yüksekti (p<0.01).

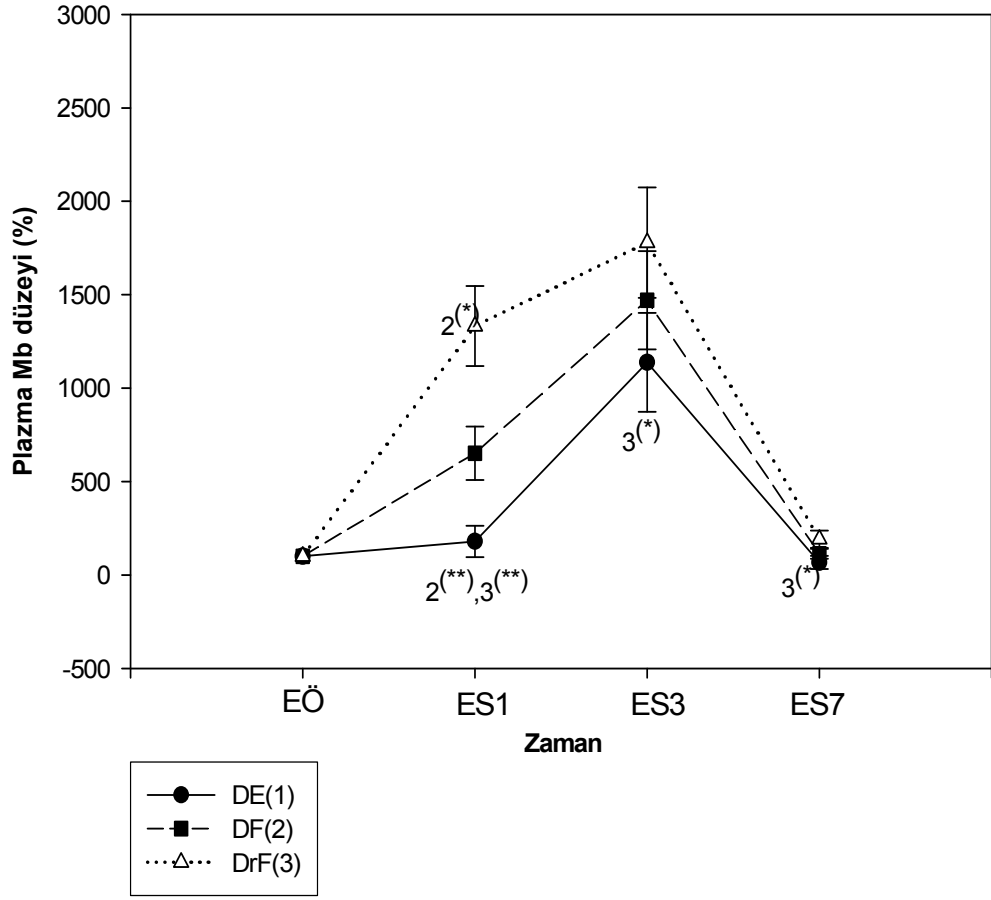
Eksentrik egzersiz sonrası plazma myoglobin düzeyleri değerlendirildiğinde, her üç kas grubunda egzersiz öncesi döneme göre egzersiz sonrasında tüm dönemlerde myoglobin plazma düzeylerinde anlamlı istatistiksel artış oldu (p<0.01, p<0.05).

Plazma KK ve Mb düzeylerine ait yüzdesel değişim değerleri Şekil-8 ve Şekil-9 izlenmektedir. ES1. ve ES3. günlerde, DE ile karşılaştırıldığında DF ve DrF kas gruplarında plazma KK düzeylerindeki artış istatistiksel olarak anlamlı daha yüksekti (p<0,05), bu dönemlerde DF ve DrF plazma KK düzeylerindeki değişim benzerdi. ES7. günde, DrF kas grubunda plazma KK düzeylerindeki azalma DE (p<0,01) ve DF'ye (p<0,05) göre daha azdı.

ES plazma myoglobin düzeylerinin yüzdesel değişimi, ES1. günde üç kas grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdi ($p<0,01$), diz fleksörleri ve dirsek fleksörleri arasındaki istatistiksel farklılık daha düşük düzeyde idi ($p<0,05$). ES3. günde DE ve DrF plazma Mb düzeylerinin yüzdesel değişimi arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardı, DE ile karşılaştırıldığında, DrF kas grubunda plazma Mb düzeyindeki yüzdesel değişim belirgin daha yüksekti ($p<0.05$). ES7. günde DE' de plazma myoglobin düzeylerindeki toparlanma, DF ve DrF' e göre anlamlı daha fazla idi ($p<0.05$), ES3. ve ES7. günde diz fleksörleri ve dirsek fleksörleri plazma Mb düzeyi yüzdesel değişimleri arasında anlamlı istatistiksel farklılık saptanmadı.



Şekil-8: Plazma KK düzeyi yüzdesel değişim değerleri. ¹ grup 1'den anlamlı istatistiksel farklılığı, ² grup 2'den anlamlı istatistiksel farklılığı, ³ grup 3'ten anlamlı istatistiksel farklılığı göstermektedir, * p<0.05, ** p<0.01 istatistiksel anlamlı farklılığı göstermektedir. **DE**= Diz ekstansör kas grubu, **DF**= Diz fleksör kas grubu, **DrF**= Dirsek fleksör kas grubu, **KK**= Kreatin kinaz, **EÖ** = egzersiz öncesi, **ES1** = egzersiz sonrası 1. gün, **ES2** = egzersiz sonrası 2. gün, **ES3** = egzersiz sonrası 3. gün, **ES7** = egzersiz sonrası 7. gün.



Şekil-9: Plazma Mb düzeyi yüzdesel değişim değerleri. ¹ grup 1'den anlamlı istatistiksel farklılığı, ² grup 2'den anlamlı istatistiksel farklılığı, ³ grup 3'ten anlamlı istatistiksel farklılığı göstermektedir, * p<0.05, ** p<0.01 istatistiksel anlamlı farklılığı göstermektedir. **DE**= Diz ekstansör kas grubu, **DF**= Diz fleksör kas grubu, **DrF**= Dirsek fleksör kas grubu, **Mb**= myoglobin, **EÖ** = egzersiz öncesi, **ES1** = egzersiz sonrası 1. gün, **ES2** = egzersiz sonrası 2. gün, **ES3** = egzersiz sonrası 3. gün, **ES7** = egzersiz sonrası 7. gün

4. İzometrik pik kas kuvveti (İPT)

Maksimal eksentrik egzersiz sonrası diz ekstansör, diz fleksör ve dirsek fleksör kas gruplarına ait izometrik pik tork değerleri tablo-5'te gösterilmiştir.

Tablo-5: Eksentrik egzersiz öncesi ve sonrası hemen, 1. , 3., ve 7. günlerde 30°, 90° ve 110° açılarda ölçülen izometrik pik tork değerlerinin görünümü.

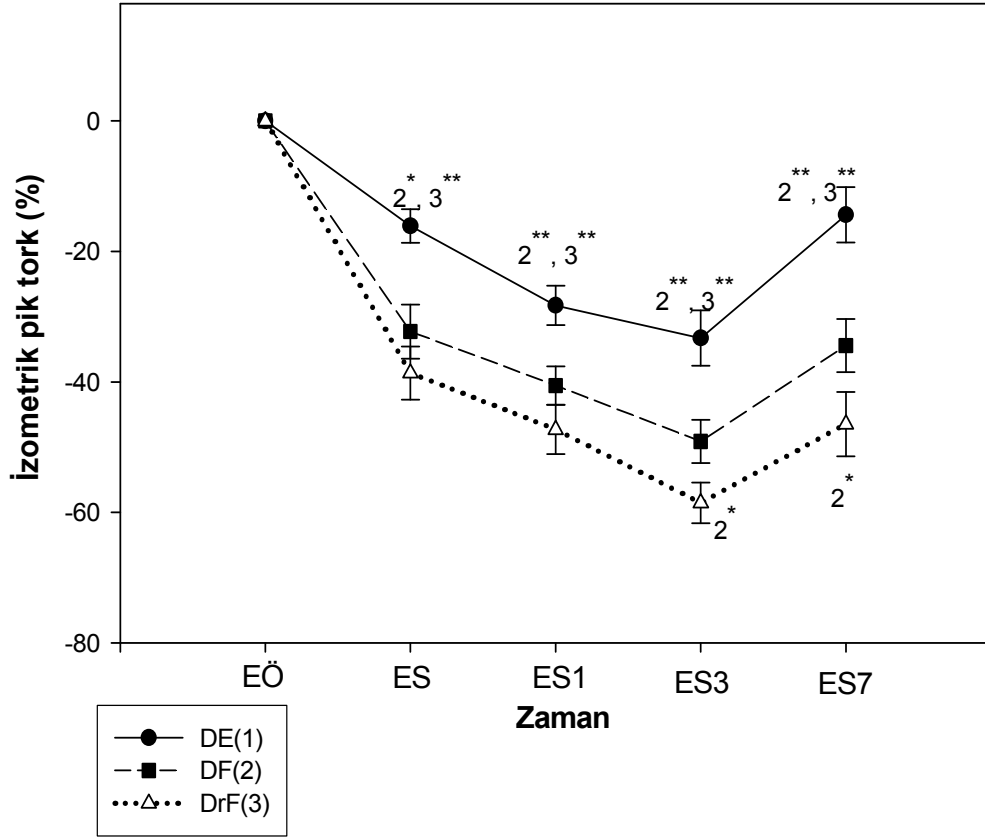
Pik tork (nm)	N=12	EÖ	ES	ES1	ES3	ES7
30°	DE	120 (8,6)	102,6 (9,4)**	86,2 (7,1)**	81,5 (9,2)**	100,8 (6,9)**
	DF	101,8 (7,3)	70,6 (6,7)**	61,7 (5,7)**	53,4 (5,7)**	68,8 (7,4)**
	DrF	57,4 (3,6)	35 (3,3)**	30,6 (3,5)**	24 (2,7)**	32,1 (4,5)**
90°	DE	224 (17)	186 (16,1)**	159 (16,3)**	128(13,2)**	186,3 (15)**
	DF	59,3 (3,8)	34,5 (4)**	30 (3,2)**	25,3 (3,3)**	34,5 (4,3)**
	DrF	67 (3,3)	39,3 (3,9)**	35,4 (3,6)**	27,6 (3,3)**	39,9 (4)**
110°	DE	162 (9,3)	123,3 (8)**	106 (8,1)**	93,6 (7,8)**	123,3 (7,8)**
	DF	30,9 (2,8)	20,6 (1,8)**	17 (1,2)**	15,3 (1,3)**	22 (2,5)**
	DrF	45,3 (2,4)	28,5 (1,8)**	24,9 (2)**	21,6 (1,9)**	30 (2,2)**

Değerler, ortalama (Standart hata) olarak verilmiştir. *p<0,05, **p<0,01 egzersiz öncesi döneme göre istatistiksel anlamlılık düzeyini göstermektedir. **DE**= Diz ekstansör kas grubu, **DF**= Diz fleksör kas grubu, **DrF**= Dirsek fleksör kas grubu, **EÖ** = egzersiz öncesi, **ES** = egzersiz sonrası, **ES1** = egzersiz sonrası 1. gün, **ES2** = egzersiz sonrası 2. gün, **ES3** = egzersiz sonrası 3. gün, **ES7** = egzersiz sonrası 7. gün.

Diz ekstansör kas grubunda, diz fleksör kas grubunda ve dirsek fleksör kas grubunda 30°, 90° ve 110°'de ölçülen izometrik pik kuvvet değerlerinde EÖ dönem ile karşılaştırıldığında ES tüm dönemlerde anlamlı istatistiksel azalma gözlemlendi (p<0.01).

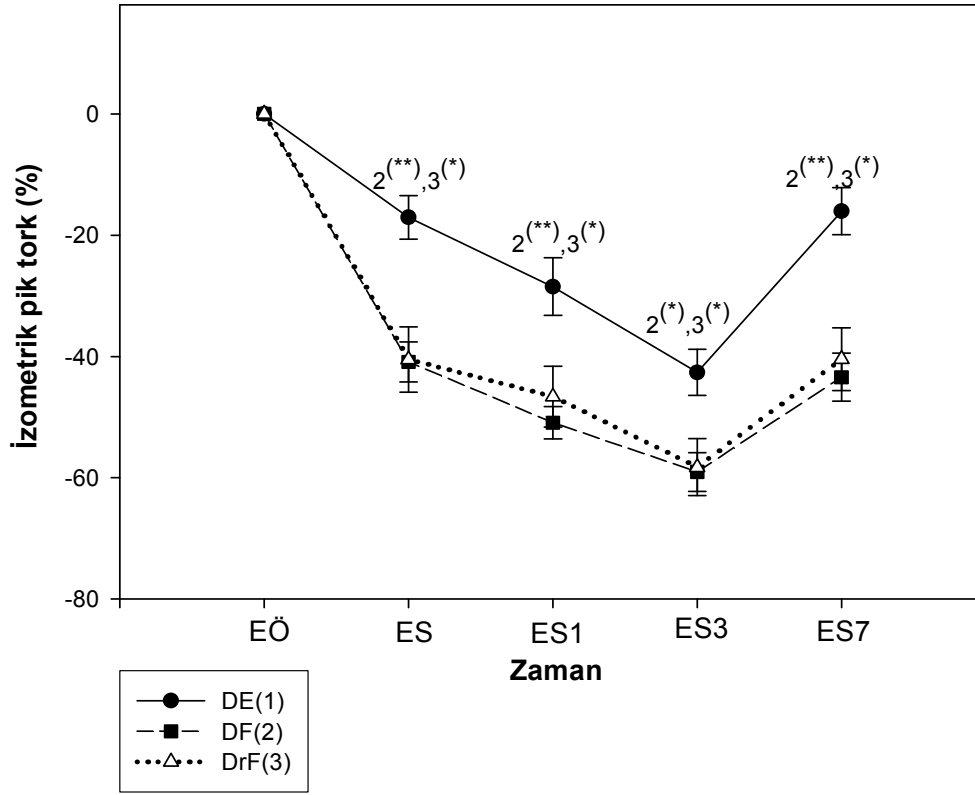
Diz ekstansör, diz fleksör ve dirsek fleksör kas grupları arasında 30° açıda ölçülen izometrik pik tork değerleri incelendiğinde (Şekil-10), ES ve ES1. günde diz ekstansörleri ile karşılaştırıldığında, diz fleksörleri (p<0,05) ve

dirsek fleksörlerinin ($p<0.01$) kuvvetinde istatistiksel olarak anlamlı daha fazla azalma gözlemlendi, bu dönemlerde diz ve dirsek fleksör kas grubunda kuvvette yüzdesel değişim değerleri açısından anlamlı istatistiksel farklılık yoktu. ES3. günde ve ES7. günde üç grubun kuvvet değerleri arasında istatistiksel anlamlı farklılık vardı. Diz ekstansörleri ile karşılaştırıldığında, diz fleksörleri ve dirsek fleksörlerinde kuvvet kaybı istatistiksel olarak anlamlı daha fazlaydı ($p<0,01$). Dirsek fleksör kas grubunda egzersiz sonrası kuvvet kaybı diz fleksörlerine göre de istatistiksel olarak daha yüksek bulundu ancak istatistiksel farklılık düzeyi daha düşüktü ($p<0,05$). Kuvvetteki düşüş, dirsek fleksör kas grubunda en fazla, diz ekstansör kas grubunda en azdı.



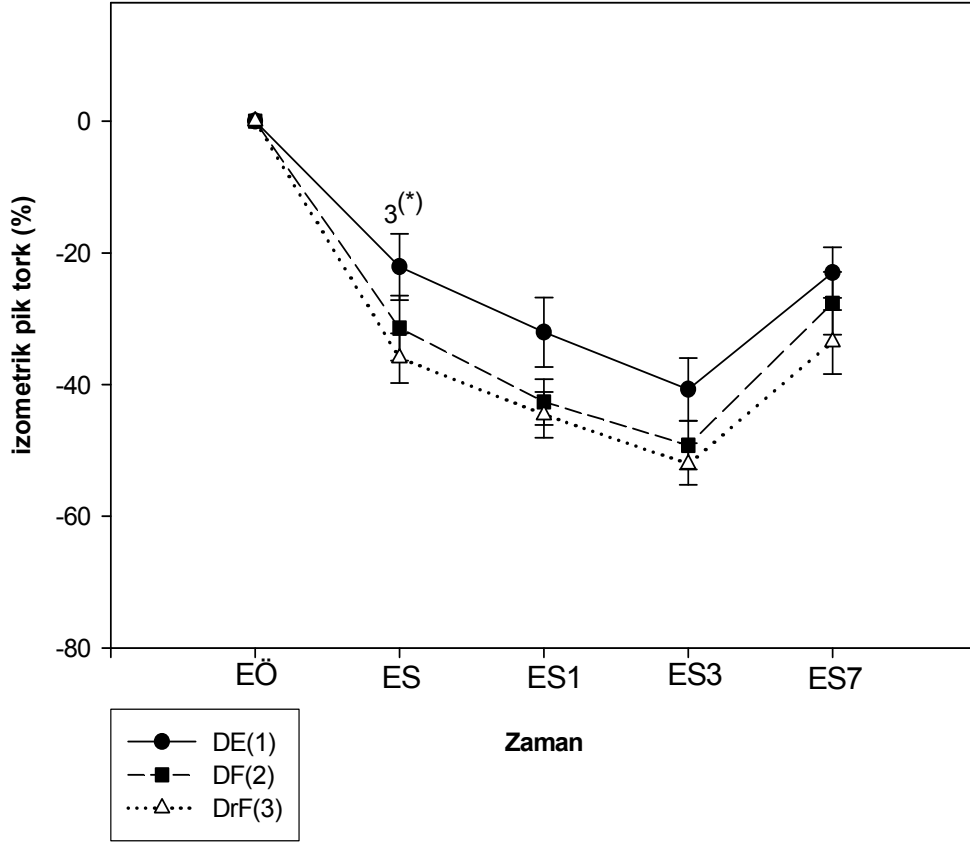
Şekil-10: 30° izometrik pik tork yüzdesel değişim değerleri. ¹ grup 1'den anlamlı istatistiksel farklılığı, ² grup 2'den anlamlı istatistiksel farklılığı, ³ grup 3'ten anlamlı istatistiksel farklılığı göstermektedir, * p<0.05, ** p<0.01 istatistiksel anlamlı farklılığı göstermektedir. **DE**= Diz ekstansör kas grubu, **DF**= Diz fleksör kas grubu, **DrF**= Dirsek fleksör kas grubu, **EÖ** = egzersiz öncesi, **ES1** = egzersiz sonrası 1. gün, **ES2** = egzersiz sonrası 2. gün, **ES3** = egzersiz sonrası 3. gün, **ES7** = egzersiz sonrası 7. gün.

Şekil-11'de üç kas grubunun 90° açıda izometrik pik kuvvet yüzdesel değişim değerleri görülmektedir. Eksentrik egzersiz sonrası tüm dönemlerde diz fleksör kas grubu (p<0.05) ve dirsek fleksör kas grubunda (p<0.01) kuvvet düşüşü diz ekstansör kas grubu ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı daha yüksekti. Egzersiz sonrası tüm dönemlerde DF ve DrF izometrik pik kuvvet yüzdesel değişim değerleri arasında istatistiksel anlamlı farklılık yoktu.



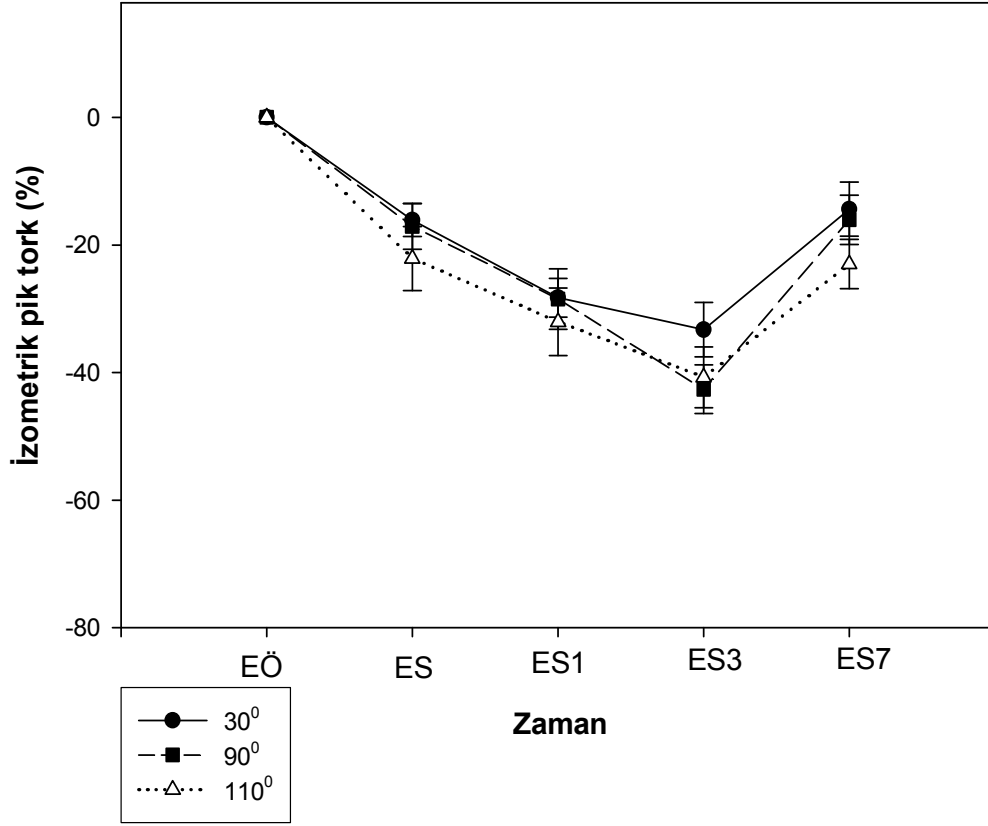
Şekil-11: 90⁰ izometrik pik tork yüzdesel değişim değerleri. ¹ grup 1'den anlamlı istatistiksel farklılığı, ² grup 2'den anlamlı istatistiksel farklılığı, ³ grup 3'ten anlamlı istatistiksel farklılığı göstermektedir, * p<0.05, ** p<0.01 istatistiksel anlamlı farklılığı göstermektedir. **DE**= Diz ekstansör kas grubu, **DF**= Diz fleksör kas grubu, **DrF**= Dirsek fleksör kas grubu, **EÖ** = egzersiz öncesi, **ES1** = egzersiz sonrası 1. gün, **ES2** = egzersiz sonrası 2. gün, **ES3** = egzersiz sonrası 3. gün, **ES7** = egzersiz sonrası 7. gün.

Üç kas grubunda 110° açıda bakılan izometrik pik tork yüzdesel değişim değerleri (Şekil-12) incelendiğinde, istatistiksel anlamlı farklılık sadece ES dönemde diz ekstansör kas grubu ve dirsek fleksör kas grubu arasında gözlemlendi (p<0.05). ES1., ES3. ve ES7. günde kas gruplarının yüzdesel kuvvet değişimleri arasında anlamlı istatistiksel farklılık gözlenmedi.

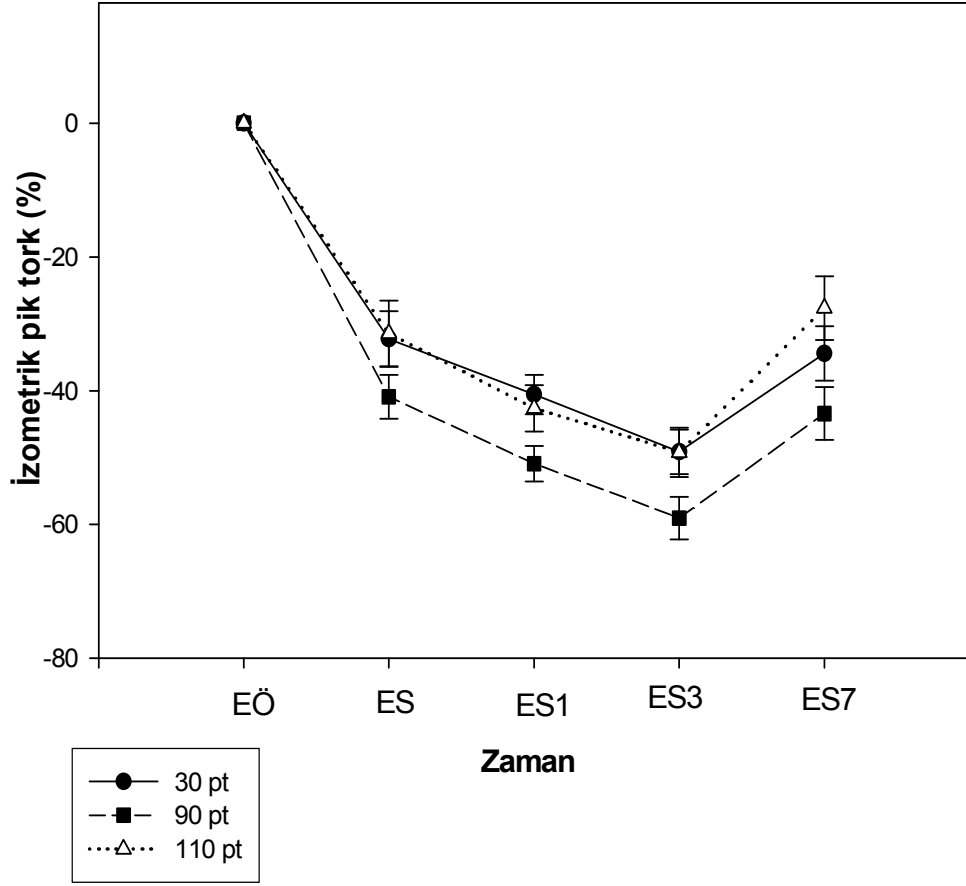


Şekil-12: 110⁰ izometrik pik tork yüzdesel değışim değeri. ¹ grup 1'den anlamlı istatistiksel farklılığı, ² grup 2'den anlamlı istatistiksel farklılığı, ³ grup 3'ten anlamlı istatistiksel farklılığı göstermektedir, * p<0.05, ** p<0.01 istatistiksel anlamlı farklılığı göstermektedir. **DE**= Diz ekstansör kas grubu, **DF**= Diz fleksör kas grubu, **DrF**= Dirsek fleksör kas grubu, **EÖ** = egzersiz öncesi, **ES1** = egzersiz sonrası 1. gün, **ES2** = egzersiz sonrası 2. gün, **ES3** = egzersiz sonrası 3. gün, **ES7** = egzersiz sonrası 7. gün.

Şekil-13'te diz ekstansör kas grubunun 30°, 90°, ve 110° açılarda ölçülen izometrik pik tork değeri yüzdesel değışim grafiği verilmiştir. DE kas grubunda kuvvette düşüş 90° ve 110° diz açılarında daha fazla idi ancak istatistiksel anlamlı farklılık saptanmadı.



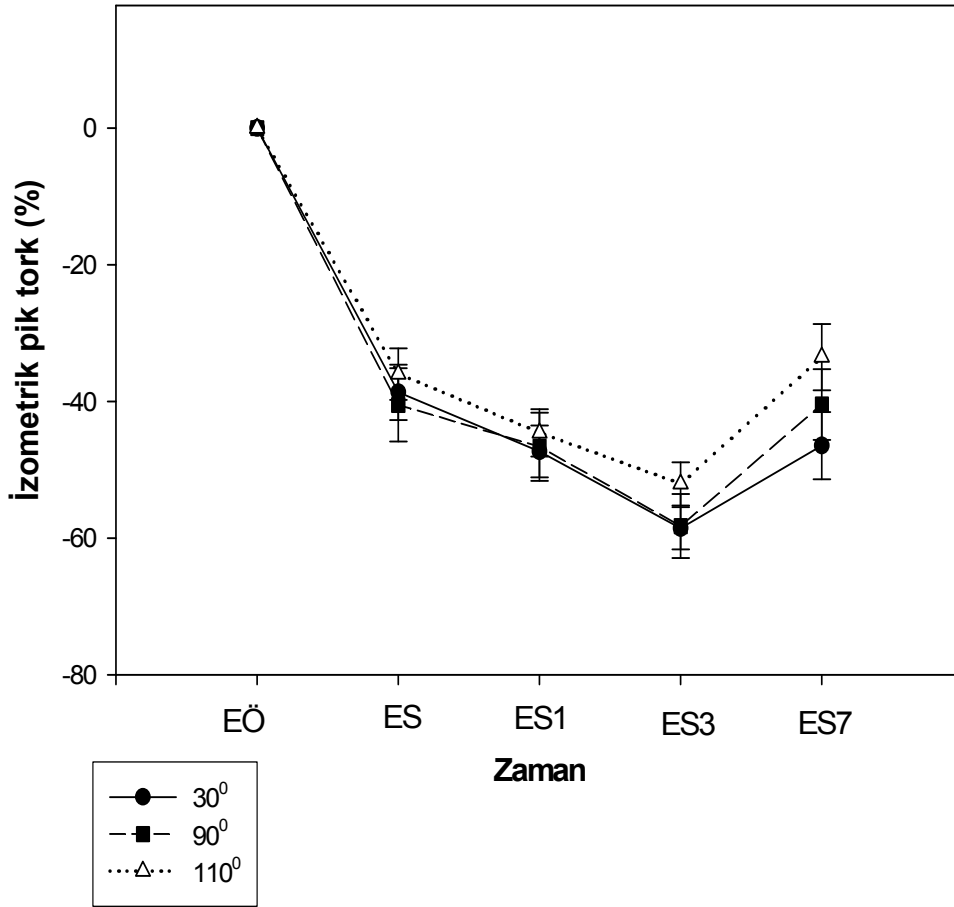
Şekil-13: DE'nin 30⁰, 90⁰, 110⁰, izometrik pik tork yüzdesel değışim değeri. **DE**= Diz ekstansör kas grubu, **EÖ** = egzersiz öncesi, **ES1** = egzersiz sonrası 1. gün, **ES2** = egzersiz sonrası 2. gün, **ES3** = egzersiz sonrası 3. gün, **ES7** = egzersiz sonrası 7. gün.



Şekil-14: DF'nin 30⁰, 90⁰, 110⁰ izometrik pik tork yüzdesel değişim değerleri. DF= Diz fleksör kas grubu, **EÖ** = egzersiz öncesi, **ES1** = egzersiz sonrası 1. gün, **ES2** = egzersiz sonrası 2. gün, **ES3** = egzersiz sonrası 3. gün, **ES7** = egzersiz sonrası 7. gün

Şekil-14'te diz fleksör kas grubunun 30°, 90°, ve 110° açılarda ölçülen izometrik pik tork değerlerinin yüzdesel değişim grafiği verilmiştir. DF kas grubunda kasın 90° diz açılarında kuvvet kaybı daha fazla idi, ancak istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmadı.

Şekil-15' te dirsek fleksör kas grubunun 30°, 90°, ve 110° açılarda ölçülen izometrik pik tork değerlerinin yüzdesel değişim grafiği görülmektedir. DrF kas grubunda kuvvette düşüş açısından 30° ve 90° dirsek açılarında daha fazla görünse de üç dirsek açısı arasında kuvvet kaybı açısından anlamlı istatistiksel farklılık yoktu.



Şekil-15: DrF'nin 30°, 90°, 110° izometrik pik tork yüzdesel değişim değerleri. **DrF**= Dirsek fleksör kas grubu, **EÖ** = egzersiz öncesi, **ES1** = egzersiz sonrası 1. gün, **ES2** = egzersiz sonrası 2. gün, **ES3** = egzersiz sonrası 3. gün, **ES7** = egzersiz sonrası 7. gün.

Tablo-6'da birim kas hacmi başına düşen iş yükü ve kasların pennasyon açıları ile eksentrik egzersiz sonrasında ve takip eden

dönemlerde kas kuvvetine, plazma KK ve Mb düzeylerine, subjektif ağrı düzeylerine ve EHA'ya ait yüzdesel değişim değerleri arasındaki korelasyon görülmektedir.

Tablo-6: Birim kas hacmi başına düşen iş yükü ve pennasyon açısı ile kas hasarı göstergelerinin yüzdesel değişiminin korelasyonu.

N=36	Dönem	İzometrik pik kuvvet			DOMS	EHA	CK	Mb
		30°	90°	110°				
Pennasyon Açısı	ES	0,37*	0,41*	0,37*	-0,30	0,45**	---	---
	ES1	0,35*	0,36**	0,31	-0,63**	0,35*	-0,36*	-0,56**
	ES3	0,56**	0,30	0,19	-0,46**	0,27	-0,23	-0,31
	ES7	0,65**	0,48**	0,06	-0,47**	0,27	-0,26	-0,37*
Birim İş Yükü	ES	-0,27	-0,43	-0,37*	0,05	-0,49**	---	---
	ES1	-0,35*	-0,40*	-0,27	0,38*	-0,53**	0,50**	0,47**
	ES3	-0,30	-0,38*	-0,29	0,41*	-0,45**	0,37**	0,35*
	ES7	-0,50**	-0,48**	-0,15	0,31	-0,23	0,57**	0,52*

*p<0,05, **p<0,01 istatistiksel anlamlı farklılığı göstermektedir, PA: pennasyon açısı, BİY: birim iş yükü, --- eksentrik egzersizden hemen sonraki dönemde KK ve Mb plazma düzeylerinin değerlendirilmediğini göstermektedir.

Pennasyon açısı ve kas hasar yanıtlarının korelasyonu incelendiğinde, pennasyon açısı ile kas kuvveti ve eklem hareket açıklığı arasında pozitif bir korelasyon varken; subjektif kas ağrısı ve plazma KK ve Mb düzeyleri arasında negatif bir korelasyon gözlemlendi. Düşük pennasyon açısı, eksentrik egzersiz sonrasında eklem hareket açıklığında ve kas kuvvetinde daha fazla azalma; plazma KK ve Mb düzeylerindeki ve subjektif ağrı skorlarındaki daha fazla artış ile ilişkili bulundu. Birim kas hacmi başına düşen iş yükü ile kas hasar yanıtlarının korelasyonu incelendiğinde, birim iş yükü ile kas kuvveti ve eklem hareket açıklığı arasında negatif; subjektif kas ağrısı ve plazma KK ve Mb düzeyleri arasında pozitif bir korelasyon gözlemlendi. Kas hacmi başına düşen iş yükünün fazla olması, kas kuvvetinde ve eklem hareket açıklığında daha fazla azalma ve subjektif kas ağrısı ve plazma KK ve Mb düzeylerinde daha fazla artış ile ilişkili saptandı.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Non-dominant üst ekstremite dirsek fleksör ve alt ekstremite diz ekstansör ve diz fleksör kas gruplarının maksimal tipte eksentrik egzersize kas hasarı yanıtlarının aynı bireylerde incelendiği bu çalışma sonucunda 1) her üç kas grubu kendi içinde değerlendirildiğinde, egzersiz öncesi dönemde karşılaştırıldığında egzersiz sonrası tüm dönemlerde plazma KK, Mb düzeylerinde ve subjektif kas ağrısında anlamlı artış; EHA ve kas kuvvetinde ise anlamlı azalma saptanmıştır. Her üç kas grubunda egzersiz sonrası 7. güne kadar devam eden belirgin kas hasar yanıtı oluşmuştur, 2) eksentrik egzersiz sonrası KK ve Mb plazma düzeylerindeki artış, diz ekstansör kas grubu ile karşılaştırıldığında, dirsek fleksör kas grubu ve diz fleksör kas grubunda benzer olarak daha fazla saptanmıştır, ES7. günde KK ve Mb düzeylerindeki toparlanmanın diz ekstansör kas grubunda daha belirgin olduğu gözlenmiştir, 3) egzersiz sonrasında izometrik kas kuvvetindeki düşüş, diz ekstansör kas grubu ile karşılaştırıldığında, dirsek ve diz fleksör kas grubunda benzer olarak anlamlı daha fazla saptanmıştır, 4) eksentrik egzersiz sonrası kas hasarının klinik bulguları açısından; eklem hareket açıklığındaki azalma ve subjektif ağrı skorlarında artış, en fazla dirsek fleksör kas grubunda gözlenirken, egzersiz sonrası 7. günde diz ekstansörleri ile karşılaştırıldığında diz ve dirsek fleksör kas grubunda subjektif ağrı skorlarındaki toparlanmanın daha düşük olduğu gözlenmiştir 5) üç kas grubunun US ile ölçülen pennasyon açıları değerlendirildiğinde, diz ekstansör kas grubunun pennasyon açısı diz fleksör ve dirsek fleksör kas grubuna göre belirgin daha yüksek bulunmuştur 6) birim kas hacmi başına düşen eksentrik iş yükü, diz ekstansör kas grubu ile karşılaştırıldığında, diz fleksör ve dirsek fleksör kas grubunda anlamlı olarak daha fazla saptanmıştır, diz ve dirsek fleksör kas gruplarının birim kas hacmi başına düşen iş yükü benzer bulunmuştur.

Çalışmamızın sonuçları, eksentrik egzersizle ilişkili kas hasarını değerlendirmek için kol veya bacak kaslarını kullanan çalışmaların sonuçları ile uyumludur. Yokuş aşağı koşu gibi bacak egzersizlerini kullanan (22, 29,

30) veya diz ekstansörlerine eksentrik egzersiz (18, 23, 31, 32) uygulayan çalışmalarla karşılaştırıldığında, dirsek fleksörlerinin kullanıldığı çalışmalarda (17, 24, 33-36) eksentrik egzersiz sonrasında plazmada KK aktivitesindeki artışın miktarı daha fazla bulunmuştur.

Çalışmalarda eksentrik egzersiz sonrası KK yanıtı değişkenlik göstermektedir (19, 31, 32, 37). Diz ekstansör kas grubunda izokinetik tipte maksimal eksentrik egzersizin etkisini inceleyen Serrao ve ark.'nın çalışmasında (32) egzersiz sonrası pik KK değerleri yaklaşık 150 IU/L, diğer bir çalışmada (37) 800 IU/L iken; Brown ve ark. (16) tarafından diz ekstansör kas grubuna izokinetik tipte maksimal eksentrik egzersiz uygulanan çalışmada ise egzersiz sonrası 3. gündeki plazma KK değeri 2815 ± 4144 IU/L saptanmıştır. Paschalis ve ark.'nın (11) yaptığı başka bir çalışmada diz ekstansörlerine uygulanan maksimal eksentrik egzersiz sonrasındaki pik plazma KK değerleri 2216.8 (935.9) IU/L bulunmuştur. Bizim çalışmamızda diz ekstansör kas grubunda kas hasarı sonrası elde ettiğimiz pik plazma KK değeri 2831 (763) IU/L (3. gün)'dir. Bizim çalışmamızdakine benzer egzersiz modeli kullanılan araştırmalarda (11, 16) diz ekstansörleri için elde ettiğimiz KK düzeylerine benzer KK yanıtı elde edilmiştir. Serrao ve ark.'nın (32) yaptığı çalışmada her ne kadar egzersiz öncesine göre egzersiz sonrası anlamlı KK yanıtı elde edilmiş ise de bu değerler normal KK değerlerinin üstünde değildir. Çalışmalar arasında KK yanıtındaki farklılığın olası nedenleri; farklı denek gruplarının (erkek, kadın ya da erkek ve kadın), farklı egzersiz şiddetlerinin (farklı açısal hızlar ve tekrar sayıları) kullanılması olabilir.

Dirsek fleksör kas gruplarının eksentrik egzersizi sonrasında kas hasar yanıtlarını değerlendiren çalışmalar incelendiğinde, Nosaka ve ark. (24), dirsek fleksörlerinin izokinetik maksimal eksentrik egzersizinden sonra 5549 IU/L pik KK düzeyi elde etmişlerdir. Dayanıklılık ve eksentrik egzersizin etkilerini karşılaştırdıkları çalışmada eksentrik egzersiz sonrasındaki pik KK düzeyi (5549 IU/L), dayanıklılık egzersizine göre (356 IU/L) belirgin yüksektir. Chen ve ark. (38) tarafından dirsek fleksörleri üzerinde farklı eksentrik egzersiz şiddetlerinin karşılaştırıldığı başka bir çalışmada %80 ve

%100 iş yükünde yapılan eksentrik egzersiz sonrasında elde edilen pik KK yanıtlarının belirgin daha yüksek olduğu bulunmuştur (yaklaşık 5000 IU/L ve 8000 IU/L). Newton ve ark.'nın (39) yaptığı başka bir çalışmada antrene ve sedanter erkek katılımcılar üzerinde dirsek fleksörlerinin maksimal eksentrik egzersizi sonrasında kas hasarı yanıtları incelenmiş ve antrene katılımcılarla (yaklaşık 1000 IU/L) karşılaştırıldığında, sedanter katılımcılarda (yaklaşık 4000 IU/L) anlamlı daha yüksek KK yanıtları gözlenmiştir. Bizim çalışmamızda da dirsek fleksörlerine uygulanan maksimal eksentrik egzersiz sonrası elde edilen pik KK değeri bu çalışmalarla benzerdir (6156 (963,5) IU/L). Chapman ve ark., (40) dirsek fleksörlerinin eksentrik egzersizinden sonra daha düşük KK düzeyleri (1780.1 (388.3) IU/L)) bildirmiştir. Ancak bu çalışmada kullanılan denek sayısı fazladır (41) ve eksentrik egzersiz sonrası plazma KK yanıtları 106 IU/L – 17.700 IU/L şeklinde bireysel değişkenlik göstermiştir.

Aynı kişiler üzerinde eksentrik egzersiz sonrasında kas hasarı yanıtlarını değerlendiren iki çalışmadan biri olan Jamurtas ve ark. 'nın (27) çalışmasında diz ekstansör ve dirsek fleksör kas gruplarına uygulanan hasarlayıcı egzersiz sonrası pik KK yanıtları sırasıyla 459 (161) IU/L ve 3670 (1531) IU/L saptanmıştır. Saka ve ark.'nın (28) laboratuvarımızda yaptıkları çalışmada ise diz ekstansör ve dirsek fleksör kas gruplarının eksentrik egzersizi sonrası pik KK düzeyleri sırasıyla 521 (272) IU/L ve 2431 (790) IU/L bulunmuştur. Bu değerler bizim çalışmamızda bulduğumuz pik KK yanıtları ile karşılaştırıldığında düşük kalmaktadır. Jamurtas ve ark. 'nın (27) çalışmasında egzersiz şiddeti maksimalin % 75'i olarak uygulanmıştır. Bizim çalışmamızda ise maksimal eksentrik egzersiz uygulanmıştır. Egzersiz şiddeti, kas hasarı yanıtlarını etkileyebilen bir faktör olabilir (38, 42). Saka ve ark.'nın (28) yaptığı çalışmada ise eksentrik egzersiz protokolünün uygulandığı eklem hareket açıklığı 0°-90° olarak belirlenmiştir. Bizim çalışmamızda ise eksentrik egzersizin uygulandığı eklem hareket açıklığı 0°-120°'dir. Kasların farklı uzunluklarında uygulanan egzersizler farklı kas hasar yanıtlarının oluşmasına neden olabilir (11). Bununla birlikte, her iki çalışmada da bizim çalışmamızın sonuçlarına benzer şekilde pik KK yanıtları, diz

ekstansörleri ile karşılaştırıldığında dirsek fleksörlerinde belirgin olarak daha yüksek bulunmuştur.

Diz fleksör kas grubu üzerinde, 4 hafta ara ile tekrarlanan eksentrik egzersiz dönemlerinin kas hasarı yanıtlarına etkisini inceleyen bir çalışmada plazma KK düzeyi 3. ve 4. günlerde daha fazla olmak üzere anlamlı artış göstermiştir, ikinci kez uygulanan eksentrik egzersizden sonra ise KK aktivitesinde anlamlı ancak daha az bir artış gözlenmiştir (43). Bizim çalışmamızda da diz fleksörlerine uygulanan eksentrik egzersiz sonrasında pik plazma KK seviyeleri (4761 IU/L (889)) 3. günde elde edilmiştir. Diz fleksör kas grubuna ait pik KK düzeyleri, diz ekstansör kas grubunun eksentrik egzersize KK yanıtından fazla, dirsek fleksörlerinin eksentrik egzersize KK yanıtından ise daha düşük bir düzeyde görünmektedir. Bununla beraber, egzersiz sonrası 1. ve 3. günlerde diz fleksörleri ve dirsek fleksörleri arasında KK düzeylerindeki yüzdesel değişim benzerdir.

Eksentrik egzersizle oluşan kas hasarının indirek göstergelerinden biri plazma myoglobin düzeyidir. Rowland ve ark. (44) plazma membranlarının kas proteinlerinin büyüklük farklarına göre değişik geçirgenliğe sahip olabileceklerini belirtmişlerdir. Myoglobinin moleküler ağırlığı daha az olduğu için KK düzeylerinden daha önce pik yaptığı belirtilmektedir (45). Çalışmamızda elde ettiğimiz myoglobin düzeyleri incelendiğinde egzersiz sonrası mutlak değerlerin KK ile karşılaştırıldığında erken dönemde daha fazla yükseldiği söylenebilir. Bununla birlikte, dirsek fleksör, diz fleksör ve diz ekstansör kas grupları arasında egzersiz sonrası myoglobin yanıtları plazma düzeyi biraz daha erken artmakla birlikte KK'da elde edilen sonuçlarla benzerdir. Bizim çalışmamızda KK ve myoglobin düzeyleri egzersiz sonrası 3. günde pik düzeylere ulaşmaktadır. Diz ekstansör kas grubu ile karşılaştırıldığında dirsek fleksör ve diz fleksör kas grubunda egzersiz sonrası Mb düzeylerindeki artışın anlamlı daha fazla olduğu; egzersiz sonrası 7. günde Mb düzeylerindeki toparlanmanın ise diz ve dirsek fleksör kas grubu ile karşılaştırıldığında diz ekstansör kas grubunda daha belirgin olduğu gözlenmiştir. Jamurtas ve ark.'nın (27) çalışmasında diz ekstansörleri ile karşılaştırıldığında dirsek fleksörlerinde eksentrik egzersiz

sonrası Mb düzeyindeki artış daha fazla saptanmıştır. Saka ve ark.'nın (28) yaptıkları çalışmada egzersiz sonrası tüm dönemlerde diz ekstansörleri ile karşılaştırıldığında, dirsek fleksörlerinde eksentrik egzersiz sonrası Mb düzeyindeki artış daha fazla; egzersiz sonrası 7. günde diz ekstansörlerindeki toparlanma daha belirgin olarak bulunmuştur. Her iki çalışmadaki bulgular bizim bulgularımızla benzerlik göstermektedir. Çalışmamızda eksentrik egzersiz sonrası, diz fleksör kas grubuna ait Mb ve KK düzeyindeki değişim, diz ekstansör kas grubundan çok dirsek fleksör kas grubu ile benzerlik göstermiştir.

Eksentrik egzersizin en belirgin etkilerinden birisi hasara neden olan egzersizden sonra günlerce devam eden akut kuvvet kaybıdır (12, 26, 46, 47) Westerblad ve ark. (48), sarkoplazmik retikulumdan kalsiyum salınımının azalmasının, izometrik kuvvette düşmeye yol açtığını belirtmişlerdir. Maksimum eksentrik egzersizi takiben izometrik kuvvetin azalması muhtemelen eksitasyon-kontraksiyon bağlantı kaybı ve kontraktıl elementlerde hasar sonucu gelişmektedir (6, 49). Kuvvet kaybının bir açıklaması olarak sarkomerlerin aşırı gerilmeye maruz kalması olabilir (50).

Warren ve ark. (51), kas kuvvetinde azalmanın, kas hasarının en iyi göstergelerinden biri olduğunu ifade etmişlerdir. Eksentrik egzersiz sonrasında izometrik kuvvetin azaldığını gösteren birçok çalışma bulunmaktadır. (27, 28, 42, 43, 48, 49) . Çalışmamızda eksentrik egzersiz sonrası kuvvet azalmasını değerlendirmek için literatürde daha yaygın olarak kullanılan üç ayrı açıda (30°, 90° ve 110°) izometrik pik tork ölçülmüştür. Her üç kas grubunda 30°, 90° ve 110° açılarda egzersiz öncesine göre egzersiz sonrasında belirgin kuvvet kaybı oluşmuştur. Diz ekstansör kas grubunda kuvvet düşüşü 110° de, diz fleksör ve dirsek fleksör kas grubunda ise 90° 'de daha fazla gözlenirse de, izometrik pik torkun ölçüldüğü üç açı arasında kuvvet düşüşü açısından anlamlı istatistiksel farklılık gözlenmemiştir. Bunun olası nedeni, çalışmamızda eksentrik egzersizin 0°-120° gibi tama yakın bir eklem hareket açıklığında uygulanmış olması ve dolayısı ile her kasın hareket açıklığının her açısında maksimal eksentrik iş yüküne maruz kalmasıdır. .

Brown ve ark.(16) 50 maksimal istemli eksentrik tipte kasılma sonrası diz ekstansör kas grubunun 3. günde 90° diz açısında ölçülen izometrik kuvvetinde egzersiz öncesine göre %40 düşüş gözlemlenmiştir. Başka bir çalışmada (11) diz ekstansör kas grubunun eksentrik egzersizi sonrasında 110° 'de ölçülen izometrik pik kuvvetin %30 azaldığı gözlenmiştir. Bizim çalışmamızda diz ekstansörlerinde eksentrik egzersiz sonrası gözlenen kuvvet kaybı, benzer egzersiz protokolü uygulayan bu çalışmalarla benzemektedir. Çalışmamızda eksentrik egzersiz sonrası diz ekstansör kas grubunda kuvvet kaybı sırasıyla 30° diz açısında %33, 90° diz açısında %42, 110° açıda %41 saptanmıştır. Bununla birlikte, Paschalis ve ark.'nın yaptığı diğer bir çalışmada (21) 12 sedanter bayan katılımcı üzerinde diz ekstansör kas grubuna eksentrik egzersiz uygulamasından sonra 90° diz fleksiyon açısında değerlendirilen izometrik kuvvette %20 azalma saptanmıştır. Eksentrik egzersize hasar yanıtlarını aynı kişiler üzerinde değerlendiren çalışmalarda (27, 28) eksentrik egzersiz sonrası diz ekstansör kas grubunda oluşan kuvvet kaybı da bizim çalışmamızın sonuçları ile karşılaştırıldığında daha düşük düzeydedir. Yukarıdaki çalışmalarda diz ekstansörlerine uygulanan eksentrik egzersiz protokolü kişiler oturur pozisyonda iken yapılmıştır. Farklı kas uzunluklarında uygulanan eksentrik egzersizin farklı kas hasarı bulgularına neden olduğu hayvan (52, 53) ve insan çalışmaları (18, 54, 55) ile gösterilmiştir.

Literatürde diz ekstansörleri ile karşılaştırıldığında, dirsek fleksörlerinde eksentrik egzersiz sonrası kuvvet kaybının daha belirgin olduğu görülmektedir (39, 40, 43). Dirsek fleksör kas grubunda eksentrik egzersiz sonrası izometrik kuvvet değişimini inceleyen bir araştırma sonucuna göre, izometrik kuvvetin hemen egzersiz sonrasında egzersiz öncesi dönem ile karşılaştırıldığında yaklaşık olarak %59 azaldığı saptanmış ve egzersiz sonrası 4. günde dahi kuvvetteki azalma belirgin düzeyde bulunmuştur (40). Newton ve ark.'nın (39) antrene ve antrene olmayan kişiler arasında dirsek fleksörlerinin eksentrik egzersize kas hasarı yanıtlarını karşılaştırdıkları diğer bir çalışmada eksentrik egzersizden sonra antrene kişilerde 90° dirsek açısında ölçülen izometrik kuvvet kaybının %25 olduğu;

antrene olmayan grupta ise eksentrik egzersiz sonrası izometrik kuvvetteki düşüşün %47 olduğu saptanmıştır. Aynı çalışmada antrene grupta kuvvet kaybındaki toparlanma 3. günde bazal değerlere dönerken, antrene olmayan kişilerde kuvvet kaybının 5. günde bile belirgin olduğu (%30) gözlenmiştir. Araştırmacılar dirsek fleksör kas grubunun izometrik pik torkunu değerlendirmek için 90° ve 150° dirsek açılarını kullanmışlar ve kuvvet kaybı açısından iki açı arasında fark bulmamışlardır. Diz fleksör kas grubunda da eksentrik egzersiz sonrası 90° diz fleksiyon açısında 4. güne kadar devam eden izometrik kuvvet kaybı Paschalis ve ark. (43) tarafından gösterilmiştir.

Bizim çalışmamızın sonuçları yukarıdaki çalışmaların sonuçları ile benzerdir. Çalışmamızda dirsek fleksörlerine uygulanan eksentrik egzersiz sonrası kuvvet kaybı %50-58 olarak saptanmış ve izometrik pik torkun değerlendirildiği üç açı arasında kuvvet kaybı açısından anlamlı farklılık gözlenmemiştir. Dirsek fleksörleri ile diz ekstansörlerinin aynı kişiler üzerinde eksentrik egzersize kas hasarı yanıtlarının değerlendirildiği çalışmalara (27, 28) benzer şekilde çalışmamızda diz ekstansörleri ile karşılaştırıldığında dirsek fleksörlerinde hasarlayıcı egzersiz sonrasında anlamlı daha belirgin bir kuvvet kaybı saptanmıştır. Çalışmamızda diz fleksör kaslarında eksentrik egzersiz sonrasında oluşan kuvvet düşüş oranlarının dirsek fleksör kas grubu ile benzer olduğu, diz ekstansör kas grubuna göre belirgin daha fazla olduğu gözlenmiştir.

Eksentrik egzersiz göstergelerinden gecikmiş başlangıçlı kas ağrısı, genellikle etkilenmiş kasın hareketi veya palpasyonu sırasında hissedilen, hassasiyet ve kas katılığının eşlik ettiği kas ağrısıdır. GBKA, eksentrik egzersiz sonrası birkaç saat sonra veya 24 saat sonra oluşur, sıklıkla 1.-3. günlerde pik yapar ve 7. güne kadar ağrı devam edebilir (33, 56, 57). 12 sağlıklı sedanter bayan katılımcı üzerinde diz ekstansör kas grubunun eksentrik egzersize kas hasarı yanıtını inceleyen bir çalışmada (21) egzersiz öncesine göre egzersiz sonrası kas ağrısının anlamlı olarak arttığı, 2. günde pik yaptığı ve 3. günde de devam ettiği gözlenmiştir. Çalışmada ağrı düzeyi, kişilerin kendi kaslarını palpe etmeleri ile belirlenmiştir. Dirsek fleksör kas grubu üzerinde eksentrik egzersiz sonrası kas hasar yanıtlarını inceleyen

diğer bir çalışmada (39) eksentrik egzersiz sonrası antrene ve antrene olmayan bireylerde kas ağrısının belirgin arttığı 1.-3. günlerde pik yaptığı gösterilmiştir. Çalışmada kas ağrısı ön kol ve üst kolun araştırmacı tarafından palpasyonu ve dirsek ekleminin pasif fleksiyonu ve ekstansiyonu sırasında değerlendirilmiştir (39). Lavender ve Nosaka'nın (58) yaptığı başka bir çalışmada da 10 genç erkek katılımcının dirsek fleksörlerine uygulanan eksentrik egzersiz sonrası dirseğin pasif ekstansiyona getirilmesi ile değerlendirilen kas ağrısının egzersiz öncesi değerlere göre anlamlı olarak arttığı gösterilmiştir.

Diz fleksör kas grubunda eksentrik egzersiz sonrası GBKA açısından, bir çalışmada 14 sağlıklı genç kadın katılımcının diz fleksör kas grubunda eksentrik egzersiz sonrası belirgin kas ağrısı olduğu ve ağrının 4. güne kadar devam ettiği bildirilmiştir (43). Çalışmamızda diz fleksör kas grubunda egzersiz sonrası kas ağrısı yanıtları incelendiğinde ise, egzersiz sonrası ağrının pik yaptığı 1.-3. günlerde diz ekstansör kas grubu ile benzer ağrı yanıtı oluşturduğu gözlenmiştir. Ancak egzersiz sonrası 7. günde diz ekstansör kas grubu ile karşılaştırıldığında ağrıdaki toparlanma diz ve dirsek fleksörlerinde belirgin olarak daha az olmuştur.

Bizim alışmamızda diz ekstansör, diz fleksör ve dirsek fleksör kas gruplarında egzersiz öncesi ile karşılaştırıldığında eksentrik egzersiz sonrasında 7. güne kadar devam eden belirgin kas ağrısı oluşmuştur. Saka ve ark.'nın (28) alışmasında bizim çalışmamızın sonuçlarına benzer şekilde dirsek fleksör kas grubunda egzersiz sonrası ağrı artışı diz ekstansrlerinden belirgin daha yüksek saptanmıştır. Jamurtas ve ark.'nın (27) alışmasında dirsek fleksör kas grubu ve diz ekstansör kas grubunda egzersiz öncesine göre egzersiz sonrası palpasyonla subjektif ağrı düzeyinde anlamlı artış olurken, her iki kas grubunda GBKA skorları arasında anlamlı farklılık saptanmamıştır. Jamurtas ve ark. egzersiz sonrası ağrı düzeyini diz ekstansörleri için oturma pozisyonunda ve katılımcıların kendilerinin sadece kas gövdesini palpe etmesi ile belirlemiştir (28). Bizim alışmamızda ise GBKA, tüm kas grupları için katılımcılar uzanmış ve kaslar tamamen gevşek durumda iken ve ilgili kasın 3 bölgeden palpasyonu ile ve pasif eklem

hareketi sırasında değerlendirilmiştir. Kasılma, germe ve palpasyon GBKA'yı değerlendirirken ağrı hissini etkileyebilen faktörlerdir (50). Ayrıca objektif diğer kas hasarı parametreleri ile karşılaştırıldığında subjektif olarak değerlendirilen GBKA'nın, kas hasarını değerlendirmek için halen tartışmalı bir gösterge olduğu literatürde belirtilmektedir. (36, 42).

Eksentrik egzersiz sonrası eklem hareket açıklığında azalma olduğu bir çok çalışmada gösterilmiştir. Chen ve ark. (59) 15 genç erkekte dirsek fleksörlerine tekrarlayan eksentrik egzersiz dönemlerinin etkisini değerlendirmişler ve egzersiz öncesi dönemle karşılaştırıldığında egzersizden sonra EHA'da anlamlı düzeyde azalma olduğunu; bu azalmanın ilk egzersiz uygulamasından sonra en fazla olduğunu ve EHA'nın 1. ve 2. egzersiz döneminden sonra 5. güne kadar bazal değerlerine dönmediğini bildirmişlerdir. 12 sağlıklı genç erkeğin diz ekstansör kas grubuna eksentrik egzersizin uygulandığı başka bir çalışmada egzersiz öncesine göre egzersizden sonra eklem hareket açıklığında 4. güne kadar devam eden belirgin ölçüde azalma olduğu gözlenmiştir (11). Başka bir çalışmada diz fleksörlerine eksentrik egzersiz uygulamasından sonra egzersiz öncesi ile karşılaştırıldığında EHA'da belirgin azalma olduğu ve EHA'nın egzersiz sonrası 4. güne kadar bazal değerlere dönmediği gösterilmiştir (43). Bizim alışmamızda da yukarıdaki çalışmalara benzer şekilde her üç kas grubunda egzersiz öncesi dönemle karşılaştırıldığında eksentrik egzersiz sonrası EHA'da anlamlı düzeyde azalma gözlenmiştir.

Aynı kişilerde diz ekstansör kas grubu ve dirsek fleksör kas grubu arasında eksentrik egzersiz sonrası kas hasarı yanıtlarını değerlendiren çalışmalar incelendiğinde, Saka ve ark.'nın (28) alışmasında sadece dirsek fleksörlerinde egzersiz öncesine göre egzersiz sonrası EHA'da anlamlı azalma olduğu; diz ekstansörleri ve dirsek fleksörleri arasında EHA'da egzersiz sonrası 2. ve 3. günde anlamlı farklılık olduğu bildirilmiştir. Jamurtas ve ark.'nın (27) alışmasında ise, her iki kas grubunda egzersiz sonrasında eklem hareket açıklığında anlamlı azalmanın olduğu ve bunun 4. güne kadar devam ettiği gözlenmiş ancak EHA' daki azalma açısından, diz ekstansörleri ve dirsek fleksörleri arasında anlamlı farklılık gözlenmemiştir. Bizim

çalışmamızda her üç kas kas grubunda EHA'da egzersiz sonrası 3. güne kadar devam eden azalma olmuş ve bu azalma, diz ekstansör kas grubu ve diz fleksör kas grubu ile karşılaştırıldığında, dirsek fleksör kas grubunda belirgin daha fazla bulunmuştur. Saka ve ark.'nın (28) çalışmasında diz ekstansör kas grubunda eksentrik egzersiz sonrası EHA'da anlamlı değişiklik olmaması araştırmacıların kendileri tarafından da eleştirilmiş ve olası neden katılımcıların izokinetik dinamometredeki oturma pozisyonuna bağlı olarak kuadriseps kasının yeteri kadar gerilmemesi olarak düşünülmüştür. Jamurtas ve ark.'nın (27) çalışmasında diz ekstansör ve dirsek fleksör kas gruplarının eksentrik egzersize EHA'da değişiklik yanıtı bizim çalışmamızdan ve Saka ve ark.'nın (28) çalışmasından farklıdır. Jamurtas ve ark.'nın (27) çalışmasında EHA'yı değerlendirmek için kullanılan yöntem, dirsek fleksörlerinin EE sini takiben EHA'da değişiklikleri (10) bildiren diğer çalışmalarinkinden farklıdır ancak bizim çalışmamızla benzerdir. Bu farklılığı açıklayabilecek olası neden egzersiz şiddetlerinin ve eksentrik egzersiz uygulanan dirsek eklem hareket açıklılığının farklılığı olabilir. Egzersiz şiddetinin EHA da dahil olmak üzere eksentrik egzersiz ile oluşan kas hasarı göstergelerini etkileyebildiği gösterilmiştir (38). Bizim çalışmamızda dirsek fleksörlerine eksentrik egzersiz uygulaması sırasında 0°-120° dirsek eklem hareket açıklığı kullanılırken Jamurtas ve ark. (27) 0°-135° dirsek eklem hareket açıklığında eksentrik egzersiz uygulamışlardır. Bu açı aralığı bizim çalışmamızla karşılaştırıldığında kasın egzersiz sırasında daha uzun boya gelmesine neden olabilir. Paschalis ve ark. (11) uzun kas uzunluğu ile karşılaştırıldığında kısa kas uzunluğunda eksentrik egzersiz sonrasında daha belirgin kas hasarı oluştuğunu, EHA'daki azalmanın kısa kas uzunluğunda yapılan eksentrik egzersiz sonrası daha fazla olduğunu göstermiştir.

Çalışmamızın sonuçlarının, literatürde aynı kişilerde diz ekstansör kas grubu ve dirsek fleksör kas grubunun eksentrik egzersiz hasar yanıtlarını inceleyen çalışmalarla (27, 28) benzer olduğunu söyleyebiliriz. Bizim çalışmamızda da dirsek fleksör kas grubunun eksentrik egzersize kas hasar yanıtları diz ekstansörlerine göre belirgin yüksek saptanmıştır. Jamurtas ve ark. (27) diz ekstansör ve dirsek fleksör kas grubu arasındaki farklılığın olası

nedeni olarak ekstremiteler arasında günlük kullanıma bağlı oluşan doğal antrenmanın etkisini öne sürmüşlerdir. Saka ve ark. (28) ise diz ekstansör kas grubunun ve dirsek fleksör kas grubunun MR ile kas hacimlerini ve eksentrik egzersiz sırasında her kas grubunun yapmış olduğu total işi kullanarak, kas birim hacmi başına düşen iş yükünü hesaplamışlar ve dirsek fleksörlerinde birim kas hacmi başına düşen iş yükünün daha fazla olduğunu göstererek daha ilginç bir bakış açısı getirmişlerdir. Biz her iki çalışmada öne sürülen hipotezleri değerlendirmek amacı ile diz ekstansör ve dirsek fleksör kas gruplarının yanında diz fleksör kas grubu olan hamstring kaslarını çalışmamıza dahil ettik. Üst ekstremitе kasları ile karşılaştırıldığında, alt ekstremitе kasları günlük kullanımdan daha fazla etkileniyor olabilir. Bacak kaslarının çoğunluğunu kapsayan yer çekimine karşı koyan kaslar, kas hasarına neden olan eksentrik egzersize kol kaslardan daha az hassas olabilir ve kol kasları günlük aktivitelerde eksentrik yüke daha az maruz kalabilir. Bu açıdan bakıldığında, diz ekstansörlerinin ve diz fleksörlerinin günlük aktivitelerce oluşan kas hasarı nedeniyle eksentrik egzersize antrene olmasını kabul etmek mantıklı görünebilir. Bununla beraber, çok iyi antrene bireyler bile onlar için yeni olan bir egzersiz yaparken kas ağrısı ve kas hasarı yaşayabilirler (13). Ayrıca Vincent ve Vincent tarafından yapılan bir çalışmada (60), kas ağrısı antrene olan sporcularda olmayan kontrollere oranla daha fazla saptanmıştır ve yorucu dirençli bir egzersizden sonra kuvvetteki azalma gruplar arasında benzer bulunmuştur. Bu bulgular dikkate alındığında, kol ve bacak kaslarının günlük kullanımındaki farklılığının, kas hasarındaki farklı yanıtlar için bir sebep olabileceği düşüncesi yeterli değildir.

Bununla birlikte kas yapısı (fusiform-biceps vs multipinnate-quadriceps) eksentrik egzersizi takiben kas hasar bulgularını etkileyen bir faktör olarak bilinmektedir (61). Saka ve ark. (28) diz ekstansör kas grubu ve dirsek fleksör kas grubu arasında eksentrik egzersiz sonrası kas hasar yanıtlarının farklı olmasının nedenini birim kas hacmi başına düşen iş yükünün her iki kas grubunda farklı olmasına bağlamışlar ve bunun da kasların yapısal farklılığından ileri geldiğini öne sürmüşlerdir. Bizim çalışmamızda kas hacmi ve eksentrik egzersiz sırasındaki total işi kullanarak

elde ettiğimiz kas birim hacmi başına düşen iş yükü, diz fleksör kas grubu ve dirsek fleksör kas grubunda benzer bulunmuştur. Her iki kas grubunda, birim kas hacmi başına düşen iş yükü diz ekstansör kas grubu ile karşılaştırıldığında anlamlı daha fazladır. Diz ve dirsek fleksör kas grubu, diz ekstansör kas grubu ile karşılaştırıldığında daha fusiform yapıya sahip kaslardır. Diz ekstansör kasları ise bir çok açıda düzenlenen kas liflerinden oluşan multipennat yapıda kaslardır. Çalışmamızda kaslar arasındaki yapısal farklılıkları değerlendirmek için US ile bir kas grubuna ait her kasın tek tek pennasyon açısı değerlendirilmiştir. Diz ekstansör kaslarının pennasyon açısı (11,6 (0,2)); diz fleksör kas grubunun (1,3 (0,1)) ve dirsek fleksör kas grubunun (0,9 (0,1)) pennasyon açılarına göre belirgin yüksek bulunmuştur. Bu açıdan değerlendirildiğinde diz fleksör kas grubunun, diz ekstansör kas grubundan çok dirsek fleksör kas grubu ile benzer kas yapısına sahip olduğu söylenebilir. Çalışmamızda, pennasyon açısı ve kas hasar yanıtlarının korelasyonu incelendiğinde, pennasyon açısı ile kas kuvvetindeki ve eklem hareket açıklığındaki azalma arasında pozitif bir korelasyon olduğu; subjektif kas ağrısı ve plazma KK ve Mb düzeyleri arasında negatif bir korelasyon olduğu gözlenmiştir. Daha düşük pennasyon açıları, eksentrik egzersiz sonrasında eklem hareket açıklığında ve kas kuvvetinde daha fazla düşme; plazma KK ve Mb düzeylerinde ve subjektif ağrı skorlarında daha belirgin artış ile ilişkili bulunmuştur; yani diz ekstansörleri ile karşılaştırıldığında, daha düşük pennasyon açısına sahip olan diz ve dirsek fleksör kas gruplarında eksentrik egzersizle daha büyük hasar yanıtları oluşmuştur.

Eksentrik egzersize kas hasar yanıtları üzerinde kas yapısının etkisini incelediğimiz çalışma sonuçlarımız incelendiğinde, Saka ve ark.'nın (28) çalışmasında öne sürülen hipotezi destekler niteliktedir. Öne sürüldüğü şekilde birim kas hacmi başına düşen iş yükü, kasların kuvvet üretim aksına göre düzenlenmesini ifade eden pennasyon açısı ile ilişkili görünmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma ile aynı kişilerde eksentrik egzersiz sonrası diz ekstansör ve dirsek fleksör kas grupları arasında eksentrik egzersizle oluşan farklı kas hasar yanıtlarının daha çok kasların yapısal farklılığına bağlı olarak oluşabileceği söylenebilir. Eksentrik egzersizler sonrasında kas hasarı

yanıtının büyüklüğündeki ve seyrindeki farklılıkları daha kesin olarak açıklayabilmek için, aynı kişilerde değişik egzersiz tiplerini, ve şiddetini ve kas biopsilerini içeren ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

1. Proske U, Morgan DL. Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *J Physiol* 2001; 537: 333-45.
2. Hough T. Ergographic studies in muscular soreness. *Am J Physiol* 1902; 7: 76-92.
3. Amstrong RB, Warren GL, Warren JA. Mechanisms of exercise induced muscle fibre injury. *Sports Med* 1991; 12: 184-207.
4. McHugh MP, Connolly DAJ, Eston RG, Gleim GW. Exercise induced muscle damage and potential mechanisms for the repeated bout effect. *Sports Med* 1999; 27: 157-70.
5. Morgan DL, Allen DG. Early events in stretch-induced muscle damage. *J App Physiol* 1999; 87: 2007-15.
6. Warren GL, Ingalls CP, Lowe DA, Amstrong RB. Excitation-contraction uncoupling: Major role in contraction-induced muscle injury. *Exer Sports Sci Rev.* 2001; 29: 82-7.
7. Allen DG. Eccentric muscle damage: mechanisms of early reduction of force. *Acta Physio Scand* 2001; 171: 311-9.
8. Nosaka K, Clarkson PM, Apple FS. Time course of serum protein changes after strenuous exercise of the forearm flexors. *J Lab Clin Med* 1991; 119: 183-8.
9. Sorichter S, Mair J, Koller A. Skeletal troponin-I as a marker of exercise-induced muscle damage. *J Appl Physiol* 1997; 83: 1076-82.
10. Nosaka K, Newton M. Difference in the magnitude of muscle damage between maximal and submaximal eccentric loading. *J Strength Cond Res* 2002; 16: 202-8.
11. Paschalis V, Koutedakis Y, Baltzopoulos V, Mougios V, Jamurtas AZ, Giakas G. Short vs. long length of rectus femoris during eccentric exercise in relation to muscle damage in healthy males. *Clinical Biomechanics* 2005; 20: 617-22.
12. Clarkson PM, Nosaka K, Braun B. Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. *Med Sci Sports Exerc* 1992; 24: 5: 512-20.
13. Jamurtas AZ, Fatouros IG, Buckenmeyer P, Kokkinidis E, Kambas A, Kyriazis G. Effects of plyometric exercise on muscle soreness and plasma creatine kinase levels and its comparison with eccentric and concentric exercise. *J Strength Cond Res* 2000; 14: 1: 68-74.
14. Friden J, Lieber RL. Eccentric exercise-induced injuries to contractile and cytoskeletal muscle fibre components. *Acta Physiol Scand* 2001; 171: 321-26.
15. Friden J. Changes in human skeletal muscle induced by long term eccentric exercise. *Cell Tissue Res* 1984; 236: 365-72.
16. Brown SJ, Child RB, Day SH, Donnelly AE. Indices of skeletal muscle damage and connective tissue breakdown following eccentric muscle contractions. *Eur J Appl Physiol* 1997; 75: 369-74.

17. Hortobagyi T, Houmard J, Fraser D, Dudek R, Lambert J, Tracey J. Normal forces and myofibrillar disruption after repeated eccentric exercise. *J App Physiol* 1998; 82: 492-8.
18. Newham DJ, Jones DA, Ghosh G, Aurora P, 1988. Muscle fatigue and pain after eccentric contractions at long and short length. *Clin Sci* 1984; 74: 553-7.
19. Paddon-Jones D, Abernethy PJ. Acute adaptation to low volume eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33: 1213-9.
20. Nosaka K, Clarkson PM. Changes in indicators of inflammation after eccentric exercise of the elbow flexors. *Med Sci Sports Exerc* 1996; 28: 953-61.
21. Paschalis V, Nikolaidis MG, Giakas G, Jamurtas AZ, Pappas A, Koutedakis Y. The effect of eccentric exercise on position sense and joint reaction angle of the lower limbs. *Muscle Nerve* 2007; 35: 496-503.
22. Sorichter S, Mair J, Koller A, Calzolari C, Huonker M, Pau B, Puschendorf B. Release of muscle proteins after downhill running in male and female subjects. *Scand J Med Sci Sports* 2001; 11: 1: 28-32.
23. Prou E, Guevel A, Benezet P, Marini JF. Exercise-induced muscle damage: absence of adaptive effect after a single session of eccentric isokinetic heavy resistance exercise. *J Sports Med Phys Fitness* 1999; 39: 3: 226-32.
24. Nosaka K, Newton M, Sacco P. Muscle damage and soreness after endurance exercise of the elbow flexors. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34: 6: 920-7.
25. Dolezal BA, Potteiger JA, Jacobsen DJ, Benedict SH. Muscle damage and resting metabolic rate after acute resistance exercise with an eccentric overload. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32: 7: 1202-7.
26. Clarkson PM, Tremblay I. Exercise-induced muscle damage, repair and adaptation in humans. *J Appl Physiol* 1988; 65: 1: 1-6.
27. Jamurtas AZ, Theocharis V, Tofas T, Tsiokanos A, Yfanti C, Paschalis V, Koutedakis Y and Nosaka K. Comparison between leg and arm eccentric exercises of the same relative intensity on indices of muscle damage. *Eur J App Physiol* 2005; 95: 179-85.
28. Saka T, Akova B, Yazici Z, Sekir U, Gür H, Ozarda Y. Difference in the magnitude of muscle damage between elbow flexors and knee extensors eccentric exercises. *J Sports Sci and Med* 2009; 8: 107-15.
29. Byrnes WC, Clarkson PM, White JS, Hsieh SS. Delayed onset muscle soreness following repeated bouts of downhill running. *J Appl Physiol* 1985; 59: 710-5.
30. Schwane JA, Johnson SR, Vandenakker CB, Armstrong RB. Delayed-onset muscle soreness and plasma CPK and LDH activities after downhill running. *Med Sci Sports Exerc* 1983; 15: 51-6.

31. Byrne C, Eston R. Maximal-intensity isometric and dynamic exercise performance after eccentric muscle actions. *J Sports Sci* 2002; 20: 951-9.
32. Serrao FV, Foerster B, Spada S, Morales MM, Monteiro-Pedro V, Tannus A, Salvini TF. Functional changes of human quadriceps muscle injured by eccentric exercise. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* 2003; 36: 781-6.
33. Cleak MJ, Eston R. Muscle soreness, swelling, stiffness and strength loss after intense eccentric exercise. *Br J Sports Med* 1992; 26: 267-72.
34. Newham DJ, Jones DA, Clarkson PM. Repeated high-force eccentric exercise: effects on muscle pain and damage. *J Appl Physiol* 1987; 63: 1381-6.
35. Lee J, Goldfarb AH, Rescino MH, Hegde S, Patrick S, Apperson K. Eccentric exercise effect on blood oxidativestress markers and delayed onset of muscle soreness. *Med Sci Sports and Exerc* 2002; 34: 443-8.
36. Rodenburg JB, Bar PR, De Boer RW. Relations between muscle soreness and biochemical and functional outcomes of eccentric exercise. *J of Appl Physiol* 1993; 74: 2976-83.
37. Byrne C, Eston RG, Edwards RHT. Characteristics of isometric and dynamic strength loss following eccentric exercise-induced muscle damage. *Scand J Med Sci Sports* 2001; 11: 134-40.
38. Chen TC, Nosaka K, Sacco P. Intensity of eccentric exercise, shift of optimum angle, and the magnitude of repeated-bout effect. *J Appl Physiol* 2007; 102: 992-9.
39. Newton MJ, Morgan GT, Sacco P, Chapman DW, Nosaka K. Comparison of responses to strenuous eccentric exercise of the elbow flexors between resistance-trained and untrained men. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2008, 22: 2: 597-607.
40. Chapman DW, Newton MJ, Zainuddin Z, Sacco P, Nosaka K. Work and peak torque during eccentric exercise do not predict changes in markers of muscle damage. *Br J Sports Med* 2008; 42: 585-91.
41. Ebbeling CB, Clarkson PM. Exercise-induced muscle damage and adaptation. *Sports Med* 1989; 7: 207-34.
42. Nosaka K, Newton M, Sacco P. Delayed-onset muscle soreness does not reflect the magnitude of eccentric exercise-induced muscle damage. *Scand J Med Sci Sports* 2002; 12: 337-46.
43. Paschalis V, Nikolaidis MG, Giakis G, Jamurtas AZ, Owolabi EO, Koutedakis Y. Position sense and reaction angle after eccentric exercise: the repeated bout effect. *Eur J Appl Physiol* 2008; 103: 9-18.
44. Rowland LP. Biochemistry of muscle membranes in Duchenne muscular dystrophy. *Muscle Nerve* 1980; 3: 3-20.
45. Rodenburg JB, De Boer RW, Schiereck P, Van Echteld CJA, Bar PR. Changes in phosphorus compounds and water content in

- skeletal muscle due to eccentric exercise. *Eur J Appl Physiol* 1994; 68: 205-13.
46. Sargeant AJ, Dolan P. Human muscle function following prolonged eccentric exercise. *Eur J Appl Physiol* 1987; 56: 704-11.
 47. Eston RG, Critchley N, Baltzopoulos V. Delayed-onset muscle soreness, strength loss characteristics and creatine kinase activity following uphill and downhill running. *J Sports Sci* 1994; 12: 135.
 48. Westerblad H, Allen DG, Bruton JD, Andrade FH, Lannergren J. Mechanisms underlying the reduction of isometric force in skeletal muscle fatigue. *Acta Physiol Scand* 1998; 162: 253-60.
 49. Ingalls CP, Warren GL, Williams JH, Ward CW, Armstrong RB. E-C coupling failure in Mouse EDL muscle after in vivo eccentric contractions. *J Appl Physiol* 1998; 85: 58-67.
 50. Proske U, Allen TJ. Damage to skeletal muscle from eccentric exercise. *Sport Sci Rev* 2005; 33: 98-104.
 51. Warren GL, Lowe DA, Armstrong RB. Measurement tools used in the study of eccentric contraction-induced injury. *Sports Med* 1999; 27: 43-59.
 52. Hunter KD, Faulkner JA, 1997. Plyometric contraction-induced injury of mouse skeletal muscle: effect of initial length. *J Appl Physiol* 1997; 82: 278-83.
 53. Macpherson PC, Dennis RG, Faulkner JA. Sarcomere dynamics and contraction-induced injury to maximally activated single muscle fibres from soleus muscles of rats. *J Physiol* 1997; 500: 2: 523-33.
 54. Jones DA, Newham DJ, Torgan C. Mechanical influences on long-lasting human muscle fatigue and delayed-onset pain. *J Physiol* 1989; 412: 415-27.
 55. Nosaka K, Sakamoto K. 2001. Effect of elbow joint angle on the magnitude of muscle damage to the elbow flexors. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33: 22-9.
 56. Nosaka K, Clarkson PM. Muscle damage following repeated bouts of high force eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1995; 27: 1263-9.
 57. Howell JN, Chlebourn G, Conaster R. Muscle stiffness, strength loss, swelling and soreness following exercise-induced injury in humans. *J Physiol* 1993; 464: 183-96.
 58. Lavender AP, Nosaka K. Responses of old men to repeated bouts of eccentric exercise of the elbow flexors in comparison with young men. *Eur J Appl Physiol* 2006; 97: 619-29.
 59. Trevor C, Chen HL, Lin MJ, Wu CJ, Nosaka K. Muscle damage responses of the elbow flexors to four maximal eccentric exercise bouts performed every 4 weeks. *Eur J Appl Physiol* 2009; 1016-7
 60. Vincent, H.K. and Vincent, K.R. The effect of training status on the serum creatine kinase response, soreness and muscle function following resistance exercise. *IJ Sports Med* 1997; 18, 431-37.

TEŞEKKÜR

Öncelikle, tez süresince bana destek veren Prof. Dr. Hakan Gür, Doç. Dr. Bedrettin Akova, Doç. Dr. Ufuk Őekir'e ve tüm Spor Hekimliği personeline, ayrıca, tezin uygulama aŐamasında benden desteğini esirgemeyen asistan arkadaşım Dr. Erdal Hancı'ya, tezin yazım aŐamasında bana destek olan eŐim Dr. Seçkin Şenişik'a ve her zaman yanımda olan ve yardımlarını esirgemeyen annem Nurten Uçar'a teŐekkürlerimi sunarım.

ÖZGEÇMİŞ

10.09.1981 tarihinde Adana'da doğdum. İlkokul öğretimimi Gaziantep'in Nizip ilçesinde İslim Sayın İlkokulunda; ortaokul ve lise öğretimimi Nizip Hasan Çapan Anadolu Lisesi'nde sene kaybım olmadan başarıyla tamamladım. 1998 yılında başladığım Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi'nden 2004 senesinde mezun oldum. Nisan 2005 tarihinde tıpta uzmanlık sınavını kazanarak, 27 Haziran 2005'te Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Spor Hekimliği Anabilim Dalı'nda araştırma görevlisi olarak göreve başladım. Spor Hekimliği Anabilim Dalı'ndaki uzmanlık eğitimime halen devam etmekteyim. Evli ve bir çocuk annesiyim.