

# Farklı Kontraksiyonlarla Yapılan Direnç Egzersizleri Sonrası Elektromiyografi Yanıtlarının İncelenmesi

## Investigation of Electromyography Responses Following Resistance Exercises Done with Different Contractions

Tamer ÇANKAYA,<sup>a</sup>  
Ümid KARLI,<sup>b</sup>  
Nuriye ÖZENGİN<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Abant İzzet Baysal Üniversitesi  
Kemal Demir Fizik Tedavi ve  
Rehabilitasyon Yüksekokulu,  
<sup>b</sup>Abant İzzet Baysal Üniversitesi  
Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu,  
Bolu

Geliş Tarihi/Received: 02.02.2016  
Kabul Tarihi/Accepted: 31.08.2016

Yazışma Adresi/Correspondence:  
Tamer ÇANKAYA  
Abant İzzet Baysal Üniversitesi  
Kemal Demir Fizik Tedavi ve  
Rehabilitasyon Yüksekokulu, Bolu,  
TÜRKİYE/TURKEY  
tamercankaya@hotmail.com

Bu çalışma, VII. Ulusal Spor Fizyoterapistleri  
Kongresi (7-9 Kasım 2013, Ankara)'nde  
poster olarak sunulmuştur.

**ÖZET Amaç:** Konsentrik, eksentrik ve izometrik kontraksiyonlarla yapılan tek set maksimum yüklenmeli yorucu direnç egzersizleri sonrası toparlanma sürecini elektromiyografi yanıtlarıyla değerlendirmek. **Gereç ve Yöntemler:** Araştırmaya 15 (ortalama yaş: 22,40±2,52 yıl; vücut kütlesi: 70,18±9,43 kg; boy uzunluğu: 173,53±5,30 cm) futbolcu gönüllü olarak katılmıştır. Egzersiz sonrası toparlanma sürecinin değerlendirilmesi için m. vastus medialis ve m. rectus femoris kaslarından egzersiz öncesi (bazal) ve sonrası (1 dk arayla 8 dk boyunca) elektromiyografi aktiviteleri maksimum ve güç değişkenleri olarak kayıt edilmiştir. Tek set maksimum yüklenmeli yorucu direnç egzersizi konsentrik, eksentrik veya izometrik egzersizlerden oluşmuştur. **Bulgular:** Tek set maksimum yüklenmeli direnç egzersizi öncesi ve sonrası m. vastus medialis ve m. rectus femoristen kayıt edilen elektromiyografi maksimum ve güç değerlerine uygulanan tekrarlı ölçümlerde iki yönlü varyans analizine göre, zaman içindeki değişimde anlamlı fark görülmüştür (p<0,05). Kontraksiyon tipleri fark etmeksizin bazal ölçümlerle karşılaştırıldığında maksimum yüklenmeli direnç egzersizi sonrası elektromiyografi aktivitelerinde 8 dk boyunca anlamlı düşüş gözlenmiştir. Ancak, maksimum yüklenmeli direnç egzersizi sonrası elektromiyografi verilerinin zamana bağlı değişimleri bakımından kontraksiyon tipleri arasında fark olmadığı bulunmuştur (p>0,05). **Sonuç:** Egzersiz öncesi bazal değerlerle kıyaslandığında, egzersizden hemen sonra elektromiyografi değerleri düşmüş ve bu düşüş 8 dk boyunca devam etmiştir. Kontraksiyon tipleri arasında herhangi bir fark gözlenmemiştir. Elektromiyografi aktivitelerinden yola çıkılarak, maksimum yüklenmeli yorucu direnç egzersizi sonrası sportif performansta düşüş olduğu ve 8 dk sonunda dahi tam toparlanmaya ulaşılamadığı sonucuna varılmıştır. İlgililerin antrenmanlarda şiddetli direnç egzersizleri sonrasında dinlenme periyotlarını planlamaları sırasında bu duruma dikkat etmeleri önerilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Konsentrik; eksentrik; izometrik; toparlanma

**ABSTRACT Objective:** The aim of this study was to evaluate recovery period by using electromyography responses following a single set maximum loading strenuous resistance exercises applied with concentric, eccentric and isometric contractions. **Material and Methods:** Fifteen soccer players (mean age: 22.40±2.52 yr; body mass: 70.18±9.43 kg; height: 173.53±5.30 cm) were participated in this study as volunteer. In order to evaluate the recovery period following the exercise pre (baseline) and post-exercise (8 minute course with one minute intervals) electromyography activity was recorded as maximum and power variables from m. vastus medialis and m. rectus femoris. Single set maximum loading strenuous resistance exercise was composed of concentric, eccentric or isometric exercises. **Results:** Two way ANOVA with repeated measures applied to electromyography maximum and power values recorded from m. vastus medialis and m. rectus femoris before and after single set maximum loading resistance exercise showed significant main effect for time (p<0.05). No matter the type of contraction significant decline was observed in electromyography activities along the eight minute time period following maximum loading resistance exercise compared to baseline measurements. However, no significant difference was observed between contraction types with respect to variation of electromyography responses during time following maximum loading resistance exercise (p>0.05). **Conclusion:** Electromyography scores were reduced immediately after exercise compared to pre-exercise baseline scores and the reduction was continued along the eight minute time period. Any difference was not observed among the types of contractions. In the light of electromyography activities it is concluded that there was a decrease in athletic performance following a maximum loading strenuous resistance exercise and the full recovery was not be achieved even after eight minutes. Relevant are advised to pay attention to this case while planning the rest periods in the work outs following intensive resistance exercises.

**Key Words:** Concentric; eccentric; isometric; recovery

doi: 10.5336/sportsci.2016-50667

Copyright © 2016 by Türkiye Klinikleri

Türkiye Klinikleri J Sports Sci 2016;8(2):66-75

**K**asılan kas hücreleri, fonksiyon gören diğer hücreler gibi elektriksel potansiyeller oluştururlar ve bu potansiyellerdeki değişiklikler elektromiyografi (EMG) ile kayıt edilerek iskelet kaslarının aktiviteleri değerlendirilir. EMG ölçümü bize kasılma tipi veya kasılması sonucu meydana gelen kuvvet hakkında tam bir bilgi vermemekle birlikte, motor ünite aksiyon potansiyellerinin analizi ile devreye giren kaslar ve motor sinirler ile ilgili bilgi vermektedir. Ayrıca EMG, izometrik veya dinamik egzersizler sırasında kas-taki gerimin değerlendirilmesinde veya yorgunluk derecesinin saptanmasında kullanılmaktadır. Kasılan kas hücrelerinin ürettiği elektrik sinyalleri, kasın statik ve dinamik kasılması sırasında kullanılan motor ünite sayısı ve üretilen kuvvet ile doğru orantılıdır.<sup>1</sup> Çalışan motor ünitelerin sayısı, ateşlenme frekansı ve senkronizasyonu EMG aktivitesinin miktarını belirlemektedir. Kasların bu aksiyon potansiyeli iğne, tel veya yüzey elektrotu kullanılarak ölçülmektedir.

Son yıllarda spor bilimlerinde iskelet kaslarının uyarılma mekanizması yüzeyel EMG (y-EMG) yöntemiyle değerlendirilmektedir. Direnç uygulanırken antagonist ve sinerjist bacak kaslarının y-EMG aktivitesi, farklı diz açılarındaki yapılan skuat hareketinde bacak kaslarının y-EMG aktiviteleri, skuat ve bacak presi hareketinde farklı ayak açılarında bacak kaslarının y-EMG aktivitelerini inceleyen çalışmalar bulunmaktadır.<sup>2,3</sup> y-EMG sistemlerinin kullanıldığı ve spor bilimlerinde uygulanan bu çalışmaların büyük çoğunluğu, takım veya bireysel sporlarda özel beceri gerektiren tekniklerin sergilenişi sırasında yapılmıştır. Bu çalışmalar, ilgili kaslarda meydana gelen kasılma ve gevşeme mekanizmasının saptanması ile sakatlık oluşumunun engellenmesi ve uygun tekniğin tespiti gibi konuları içermektedir.<sup>4</sup>

Müsabaka veya antrenman devresini takip eden sürede sporcunun hızla dinlenme sırasındaki biyolojik ve psikolojik durumuna dönmesi sportif başarıda önemli faktörlerden biridir. Antrenman ya da yarışmalardan sonra aktivite seviyesi dereceli olarak düşürülür ve bu yolla vücudun toparlanmasına izin verilerek kas ağırlarını içeren yorgunluk

belirtileri azaltılır. Aksi durumlarda yetersiz toparlanma periyodu kas ve tendon yaralanmalarına yol açabilir.<sup>5</sup>

Sporcularda çeşitli kontraksiyonlar sonrası toparlanma sürecini uzun periyotlarda EMG ile inceleyen ve daha çok kan analizlerinin kullanıldığı birçok araştırma vardır.<sup>6-11</sup> Ancak bilindiği kadarıyla literatürde konsentrik, eksentrik ve izometrik kontraksiyonlar sonrası toparlanma sürecini kısa periyotlarda inceleyen ve karşılaştıran bir çalışma bulunmamaktadır. Ayrıca, direnç antrenmanları sırasında hangi tip kontraksiyonlar içeren egzersizler sonucunda toparlanma sürecinin nasıl geliştiği ile ilgili yeterli bilgi mevcut değildir. Dolayısıyla bu araştırmanın amacı; konsentrik, eksentrik ve izometrik kontraksiyonlarla yapılan tek set maksimum yüklenmeli tüketici direnç egzersizleri sonrası toparlanma sürecini y-EMG değerleri bakımından incelemek ve kontraksiyon tiplerine bağlı olarak karşılaştırmaktır. Bu doğrultuda araştırmanın hipotezi, farklı kontraksiyon tipleriyle yapılan direnç egzersizi sonrasında y-EMG yanıtlarında düşüş olup olmadığını belirlemektir. İkinci hipotez ise kontraksiyon tiplerine bağlı olarak egzersiz sonrası y-EMG yanıtlarının değişip değişmediğini saptamaktır.

## GEREÇ VE YÖNTEMLER

Araştırmaya yaş, boy uzunluğu, vücut ağırlığı ortalaması sırasıyla 22,40±2,52 yıl, 173,53±5,30 cm ve 70,18±9,43 kg olan 15 futbolcu gönüllü olarak katılmıştır. Çalışmada rastgele çapraz deney deseni kullanılmış, futbolcular en az bir hafta aralıklarla maksimum yüklenmeli konsentrik, eksentrik ve izometrik uygulamalara katılmışlardır. Bütün uygulamalar için Abant İzzet Baysal Üniversitesi Tıbbi Araştırma Etik Komisyonundan onay alınmıştır. Çalışmaya katılma ölçütleri; düzenli futbol oynamak, 30 yaşın altında olmak, akut hastalığı ve instabil kardiyovasküler durumu bulunmamak olarak belirlenmiş ve bütün katılımcıların bilgilendirilmiş olur alma formunu imzalamaları sağlanmıştır. Değerler alınmadan önce bireylerin 48 saat şiddetli aktivite yapmamaları istenmiştir. Ayrıca, gün içerisinde herhangi bir fiziksel aktivite yapmaları engellenmiştir.

Araştırmaya katılan bireylere m. quadriceps femoris kasının m. vastus medialis ve m. rectus femoris parçaları üzerine referans değerini belirlemek için elektromiyografik değerlendirme yapılmış ve kasların normal motor ünite aksiyon potansiyelleri kaydedilmiştir. M. vastus medialis ve m. rectus femoris kaslarının normal motor ünite aksiyon potansiyellerinin maksimum ( $\mu\text{V}$ ) ve güç ( $\mu\text{V}/\text{sn}$ ) değerleri Myomed 932 y-EMG cihazı (Enraf-Nonius, Delft, the Netherlands) kullanılarak ölçülmüştür. Ölçüm için tek kullanımlık adeziv elektrotlar kullanılmıştır. Her iki kas içinde sırt üstü yatma pozisyonunda y-EMG elektrotları kasların motor noktalarına, referans elektrotu ise ön kola yapıştırılarak alınmıştır.<sup>12</sup> Sporculardan 3 saniye maksimum izometrik kontraksiyon istenmiş ve üç tekrar yapıldıktan sonra en iyi değer referans değer olarak kullanılmıştır. Referans değer alınırken, motor noktalara yapıştırılan elektrotların yeri diğer ölçümlerde kullanılmak üzere silinmez bir kalemle işaretlenmiştir. Ayrıca, ölçüm seansı boyunca elektrotlar çıkartılmamıştır.

Setlerdeki yüklerin belirlenmesi amacıyla yapılan ön çalışma sonucuna göre, ana çalışmada uygulamaların aşağıdaki gibi yapılmasına karar verilmiştir. Konsentrik uygulamalar, denek 1 tekrar maksimumun (1 TM) %85'i ile 10 tekrar olacak şekilde, Leg extension (Jimsa Pro, the Netherlands) cihazında ağırlığı dizini ekstansiyona getirerek kaldırmış ve tam kaldırdığında ağırlık alınmış ve başlangıç pozisyonuna ağırlıksız (boş) dönülerek yapılmıştır. Eksentrik uygulamalarda 1 TM'nin %115'i ile 10 tekrar olacak şekilde Leg extension cihazında ağırlık araştırmacı tarafından kaldırılmış, diz ekstansiyona getirilerek yük deneğe bırakılmış ve en az 4 saniye içinde ağırlığı kontrollü olarak indirmesi sağlanmıştır. İzometrik uygulamalarda ise denekten, 1 TM'nin %85'i ile Leg extension cihazında dizini ekstansiyon pozisyonunda tutabildiği kadar tutması istenmiş, tam diz ekstansiyonu bozulduğunda işleme son verilmiş ve tutabildiği süre kaydedilmiştir.

Deney uygulamaları sonrasında hemen kronometre çalıştırılarak sporcular referans ölçümün yapıldığı sırtüstü pozisyona alınmış ve birer dk arayla 8 dk boyunca y-EMG değerleri kaydedilmiştir. y-

EMG kayıtları cihazın EMG "work ve rest" modu kullanılarak alınmıştır. Her dakika başında 3 saniye izometrik kontraksiyon yaptırılarak "work" modunda ölçümler yapılmıştır.<sup>1</sup>

Bütün uygulamalar öncesi standart ısınma prosedürü olarak hafif tempo koşu (5 dk), m. quadriceps femoris (10 tekrar), Hamstring kasları (10 tekrar), m. gastro-soleus germe (10 tekrar) ve dizleri kendine doğru çekerek yerinde sayma (2-3 dk) egzersizi yapılmıştır. Uygulamalar dominant bacak ile yapılmış ve ölçümler günün 15.00 ile 17.00 saatleri arasında tam dinlenmiş olarak alınmıştır.

## İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Sporcuların demografik özellikleri ve y-EMG verilerinin aritmetik ortalama ve standart sapmaları hesaplanmıştır. Uygulamalar arası farkın belirlenmesi için tekrarlanan ölçümlerde iki yönlü varyans analizi yapılmıştır. Bulguların değerlendirilmesinde SPSS 16.0 istatistik programı kullanılmış ve anlamlılık düzeyi  $p < 0,05$  olarak kabul edilmiştir.

## BULGULAR

Sporcuların m. vastus medialis ve m. rektus femoris kaslarına ait y-EMG maksimum ( $\mu\text{V}$ ) ve güç ( $\mu\text{V}/\text{sn}$ ) değerleri ortalamaları sırasıyla Tablo 1 ve 2'de görülmektedir.

Tekrarlanan ölçümlerde iki yönlü varyans analizine göre m. vastus medialis kası y-EMG maksimum değerlerinin zaman içindeki değişiminde istatistiksel olarak anlamlı fark [ $F_{(8,336)}=3,444$ ;  $p=0,001$ ] bulunmuştur. Uygulama x zaman etkileşimi [ $F_{(16,336)}=0,724$ ;  $p=0,769$ ] ve uygulamalar arasında fark [ $F_{(2,42)}=0,038$ ;  $p=0,963$ ] saptanmamıştır. Egzersiz öncesi referans (EÖR) değer ile kıyaslandığında egzersiz sonrası 1. (ES1), 2. (ES2), 3. (ES3), 5. (ES5), 6. (ES6), 7. (ES7) ve 8. dakikalarki (ES8) y-EMG Maks değerleri istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde ( $p < 0,05$ ) düşük bulunmuştur (Tablo 3). Yine m. vastus medialis kası y-EMG güç değerleri için tekrarlanan ölçümlerde iki yönlü varyans analizine göre zaman içindeki değişimde istatistiksel olarak anlamlı fark [ $F_{(8,336)}=3,958$ ;  $p=0,001$ ] saptanmıştır. Uygulama x zaman etkileşimi [ $F_{(16,336)}=0,709$ ;  $p=0,785$ ] ve uygulamalar arasında fark [ $F_{(2,42)}=0,027$ ;  $p=0,973$ ] bulunmamıştır. EÖR

TABLO 1: Sporcuların m. vastus medialis kasının elektromiyografi değerleri ortalamaları.

Uygulama	EMG	EÖR	ES1. dk	ES2. dk	ES3. dk	ES4. dk	ES5. dk	ES6. dk	ES7. dk	ES8. dk
Konsentrik	Maks (µv)	484,40±184,36	481,20±239,30	440,27±202,18	435,60±183,41	474,87±318,58	433,07±191,46	424,73±201,25	428,13±212,18	420,07±209,49
	Güç (µv/sn)	1114,30±452,68	1029,20±537,18	1030,70±517,48	1017,70±449,03	979,33±532,98	977,80±506,44	977,07±484,29	963,47±465,41	918,33±469,39
Eksentrik	Maks (µv)	470,87±150,33	421,07±186,64	445,73±191,08	425,53±185,46	456,87±193,63	403,60±146,44	414,00±136,25	423,47±159,11	419,67±158,74
	Güç (µv/sn)	1055,70±326,88	946,40±412,98	998,60±429,16	951,87±392,96	996,40±389,28	996,40±389,28	931,53±343,23	996,40±370,65	999,20±401,46
İzometrik	Maks (µv)	480,00±170,64	417,53±145,62	428,67±155,39	438,00±157,34	429,40±155,15	443,00±149,77	418,20±144,83	435,60±153,09	411,47±150,88
	Güç (µv/sn)	1147,60±428,56	993,40±397,48	1022,50±394,80	1002,10±422,33	998,27±390,16	971,80±361,35	1007,20±356,35	975,67±326,78	1024,60±380,95

EÖR: Egzersiz öncesi referans değer, ES: Egzersiz sonrası.

TABLO 2: Sporcuların m. rektus femoris kasının elektromiyografi değerleri ortalamaları.

Uygulama	EMG	EÖR	ES1. dk	ES2. dk	ES3. dk	ES4. dk	ES5. dk	ES6. dk	ES7. dk	ES8. dk
Konsentrik	Maks (µv)	307,13 ±194,05	265,00 ±215,85	279,26 ±205,45	289,80 ±193,89	279,53 ±172,21	280,13 ±185,08	285,60 ±177,81	310,60 ±196,37	288,93 ±184,75
	Güç (µv/sn)	672,46 ±428,60	564,53 ±488,64	620,73 ±486,09	629,13 ±447,98	584,73 ±407,44	594,73 ±407,44	621,33 ±480,94	618,86 ±431,85	642,53 ±408,27
Eksentrik	Maks (µv)	312,13 ±141,34	246,93 ±146,42	255,60 ±127,22	236,60 ±120,78	242,33 ±125,47	250,73 ±105,23	263,60 ±108,22	264,06 ±125,50	265,80 ±128,55
	Güç (µv/sn)	629,86 ±341,81	523,33 ±347,55	550,73 ±314,52	578,00 ±517,98	542,93 ±303,08	526,20 ±245,68	529,06 ±236,82	568,33 ±290,38	585,73 ±331,50
İzometrik	Maks (µv)	296,06 ±145,26	271,40 ±219,90	264,66 ±146,90	239,93 ±120,20	260,06 ±128,94	255,20 ±140,60	258,93 ±138,52	259,33 ±118,98	258,46 ±131,75
	Güç (µv/sn)	640,46 ±330,72	521,20 ±302,01	546,60 ±275,53	530,33 ±301,63	554,20 ±314,64	546,66 ±305,30	546,13 ±285,49	556,00 ±273,55	603,66 ±326,61

EÖR: Egzersiz öncesi referans değer, ES: Egzersiz sonrası; EMG: Elektromiyografi.

değer ile karşılaştırıldığında ES1, ES2, ES3, ES4, ES5, ES6, ES7 ve ES8'deki y-EMG güç değerleri istatistiksel olarak anlamlı düzeyde ( $p<0,05$ ) daha düşük saptanmıştır (Tablo 4). Konsentrik, eksentrik ve izometrik uygulamalarda, m. vastus medialis kasından elde edilen y-EMG maksimum ve güç değerleri ortalamalarının zaman içindeki yüzdesel değişimleri sırasıyla Şekil 1 ve 2'de grafik olarak görülmektedir.

Tekrarlanan ölçümlerde iki yönlü varyans analizine göre, m. rektus femoris kası y-EMG maksimum değerlerinin zaman içindeki değişiminde istatistiksel olarak anlamlı fark [ $F_{(8-336)}=3,020$ ;  $p=0,001$ ] saptanmıştır. Uygulama x zaman etkileşimi [ $F_{(16-336)}=0,604$ ;  $p=0,881$ ] ve uygulamalar arasında anlamlı fark [ $F_{(2-42)}=0,158$ ;  $p=0,854$ ] saptanmamıştır. Bütün uygulamalardaki EÖR değere göre ES1, ES2, ES3, ES4, ES5, ES6, ES7 ve ES8'lerdeki y-EMG maksimum değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı ( $p<0,05$ ) düşüş saptanmıştır (Tablo 5). Yine m. rektus femoris kası y-EMG güç değerleri için tekrarlanan ölçümlerde iki yönlü varyans analizine göre zaman içindeki değişim istatistiksel olarak anlamlı [ $F_{(8,336)}=3,735$ ;  $p=0,001$ ] bulunmuştur. Uygulama x zaman etkileşimi [ $F_{(16,336)}=0,306$ ;  $p=0,996$ ] ve uygulamalar arasında fark [ $F_{(2,42)}=0,154$ ;  $p=0,858$ ] saptanmamıştır. EÖR değer ile kıyaslandığında ES1, ES2, ES3, ES4, ES5, ES6 ve ES7'deki y-EMG güç değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı ( $p<0,05$ ) düşüş saptanmıştır (Tablo 6). Kon-

**TABLO 3:** M. vastus medialis kasının elektromiyografi maksimum değerleri için tekrarlanan ölçümlerde iki yönlü varyans analizi testi sonuçları.

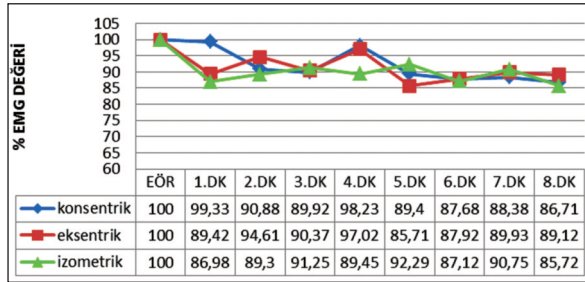
Değişkenler	KT	SD	KO	F	p
Zaman	131652,711	8	16456,589	3,444	0,001
Uygulamaxzaman	55378,296	16	3461,144	0,724	0,769
Uygulama	2192,204	2	1096,12	0,038	0,963
Uygulama içi hata	1605487,881	336	4778,238		
Uygulamalar arası hata	1225718,117	42	29183,765		

KT: Kareler toplamı; SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması.

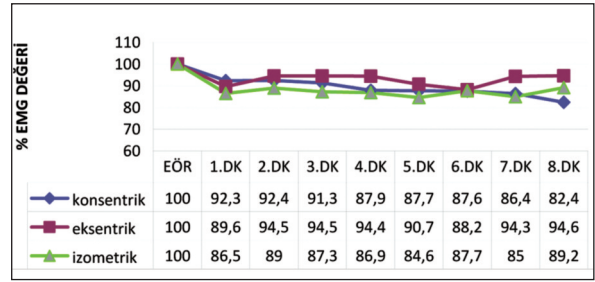
**TABLO 4:** M. vastus medialis kasının elektromiyografi güç değerleri için tekrarlanan ölçümlerde iki yönlü varyans analizi testi sonuçları.

Değişkenler	KT	SD	KO	F	p
Zaman	645411,442	8	80676,430	3,958	0,001
Uygulamaxzaman	231216,232	16	14451,015	0,709	0,785
Uygulama	8863,629	2	4431,814	0,027	0,973
Uygulama içi hata	6848432,548	336	20382,240		
Uygulamalar arası hata	67833769,984	42	161518,333		

KT: Kareler toplamı; SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması.

**ŞEKİL 1:** Konsentrik, eksentrik ve izometrik uygulama gruplarının m. vastus medialis kasının EMG maksimum % değerleri.

EMG: Elektromiyografi; GÖR: Egzersiz öncesi referans.

**ŞEKİL 2:** Konsentrik, eksentrik ve izometrik uygulama gruplarının m. vastus medialis kasının EMG güç % değerleri.

EMG: Elektromiyografi; GÖR: Egzersiz öncesi referans.

**TABLO 5:** M. rektus femoris kasının elektromiyografi maksimum değerleri için tekrarlanan ölçümlerde iki yönlü varyans analizi testi sonuçları.

Değişkenler	KT	SD	KO	F	p
Zaman	78872,938	8	9859,117	3,020	0,001
Uygulamaxzaman	31531,921	16	1970,745	0,604	0,881
Uygulama	6900,191	2	3450,096	0,158	0,854
Uygulama içi hata	1097021,585	336	3264,945		
Uygulamalar arası hata	917047,853	42	21834,473		

KT: Kareler toplamı; SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması.

sentrik, eksentrik ve izometrik uygulamalarda, m. rektus femoris kasından ölçülen y-EMG maksimum

ve güç değerlerinin yüzdesel değişimleri sırasıyla Şekil 3 ve 4'te grafikler hâlinde görülmektedir.



**TABLO 6:** M. rektus femoris kasının elektromiyografi güç değerleri için tekrarlanan ölçümlerde iki yönlü varyans analizi testi sonuçları.

Değişkenler	KT	SD	KO	F	p
Zaman	376611,644	8	47076,456	3,735	0,001
Uygulamaxzaman	61744,074	16	3859,005	0,306	0,996
Uygulama	38203,740	2	19101,870	0,154	0,858
Uygulama içi hata	4235207,837	336	12604,785		
Uygulamalar arası hata	5220445,337	42	124296,318		

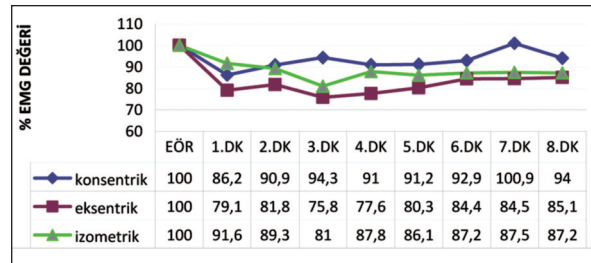
KT: Kareler toplamı; SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması.

## TARTIŞMA

Bu araştırmada temel olarak EÖR değere göre eksentrik, konsentrik ve izometrik olmak üzere her üç kontraksiyon tipiyle yapılan direnç egzersizi sonrasında y-EMG yanıtlarında anlamlı düşüş olduğu, bu düşüşün 8 dk boyunca devam ettiği ve EÖR değerlere dönüş olmadığı bulunmuştur. Ek olarak kontraksiyon tiplerine bağlı olarak egzersiz sonrası y-EMG yanıtlarının farklılaşmadığı, eksentrik, konsentrik ve izometrik uygulamalar arasında fark olmadığı saptanmıştır.

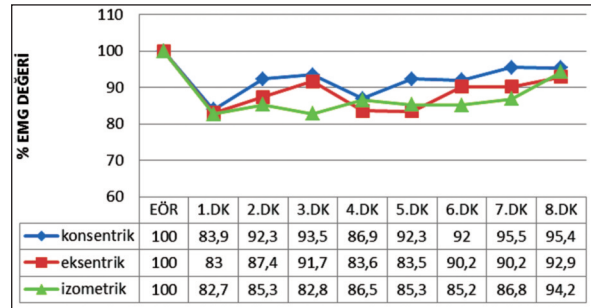
Bu araştırmada eksentrik, konsentrik ve izometrik kontraksiyonlarla ayrı ayrı tek set maksimum yüklenmeli tüketici direnç egzersizi protokolü uygulanmış ve sonrasında 1'er dk arayla 8 dk boyunca y-EMG aktiviteleri takip edilmiştir. y-EMG yanıtları baskın (dominant) bacakla yapılan ekstansiyon (Leg extension) hareketi öncesi ve sonrasında diz ekstansiyonunda görev alan m. vastus medialis ve m. rektus femoris üzerinden yüzeysel elektrotla alınmış, maksimum ve güç değerleri kaydedilmiştir. y-EMG maksimum ve güç değerleri egzersiz öncesi, hemen sonrası ve 8 dk boyunca kayıt edilerek incelenmiştir.

Mevcut araştırmada maksimum yüklenmeli yorucu direnç egzersizi sonrasında m. vastus medialis ve m. rektus femoris kaslarından elde edilen y-EMG maksimum ve güç değerleri EÖR değerlere göre anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur. Egzersizden hemen sonra düşüş yapan y-EMG değerleri zamanla biraz yükselmiş, sonrasında tekrar düşmeye başlamış veya sabit bir platoda devam etmiş ve nihayetinde 8 dk boyunca EÖR değerlere geri dönüş gerçekleşmemiştir. Güç; y-EMG ölçümlerinde sani-



**ŞEKİL 3:** Konsentrik, eksentrik ve izometrik uygulama gruplarının m. rektus femoris kasının EMG maksimum % değerleri.

EMG: Elektromiyografi; EÖR: Egzersiz öncesi referans.



**ŞEKİL 4:** Konsentrik, eksentrik ve izometrik uygulama gruplarının m. rektus femoris kasının EMG güç % değerleri.

EMG: Elektromiyografi; EÖR: Egzersiz öncesi referans.

yede kasın ortaya koyabildiği aksiyon potansiyeli olarak  $\mu\text{v}/\text{sn}$  cinsinden hesaplanmıştır. Bu araştırmada 8 dk'lık toparlanma periyodunda güç değerlerinin azaldığı görülmektedir. M. vastus medialis kası için güç değerleri eksentrik uygulamalarda EÖR değerinin %88,2'sine düşerken, konsentrik uygulamalarda EÖR değerinin %82,4'üne ve izometrik uygulamalarda EÖR değerinin %84,6'sına düştüğü görülmüştür. M. rektus femoris kası için ise güç değerleri eksentrik uygulamalarda EÖR değerinin %83'üne, konsentrik uygulamalarda EÖR değerinin %83,9'una düştüğü, uygulamalarda ise EÖR değerinin %81,3'üne düştüğü görülmektedir. Aynı kasların maksimum

değerlerinin düşüşüne bakılacak olursa; m. vastus medialis kası için maksimum değer eksentrik uygulamalarda EÖR değerini %85,7'sine, konsentrik uygulamalarda EÖR değerini %86,7'sine düşürken, izometrik uygulamalarda EÖR değerini %85,7'sine düşmüştür. M. rektus femoris kası için ise maksimum değer eksentrik uygulamalarda EÖR değerini %75,8'ine, konsentrik uygulamalarda EÖR değerini %86,2'sine ve izometrik uygulamalarda ise EÖR değerini %81,0'ine düşüştüğü görülmektedir. Bununla birlikte direnç egzersizi sonrası 8 dk'lık periyotta genellikle EÖR değere geri dönüşmemiştir. Bu sonuçlar, maksimum zorlanmalı direnç egzersizleri hemen sonrasında patlayıcı güç açığa çıkarmanın ve arka arkaya maksimum yüklenmeler yapmanın mümkün olmadığını göstermektedir. Linnamo ve ark., EMG kuvvet spektrumunun eksentrik ve konsentrik güç ve medyan frekanslarını maksimal eksentrik ve konsentrik egzersizi takiben bir haftalık dinlenme periyodunda ölçmüşler ve ortalama eksentrik kuvvetin eksentrik uygulama sonrası %53,3'e, konsentrik uygulama sonrası %30,6'ya düşüğünü, ortalama konsentrik kuvvetin ise konsentrik uygulama sonrası %49,9'a, eksentrik uygulama sonrası %38,4'e düşüğünü ifade etmişlerdir.<sup>13</sup> Dolayısıyla patlayıcı kuvvet açığa çıkarmanın önemli olduğu sporlarda bu durum dikkate alınarak yüklenme şiddeti ve dinlenme aralıkları planlanmalı ve müsabakalarda gerekli önlemler alınmalıdır.

Araştırmamızda elektrotlar motor noktalara (motor son plak) yerleştirilmiştir. Stephens ve Taylor, EMG tekniğini kullanarak izometrik kasılmalarla yaptıkları kısa süreli incelemede, performansın en önemli sınırlayıcı faktörünün motor son plak (nöromusküler kavşak) olduğu kanısına varmışlardır. Yorgunluğun daha çok hızlı kasılan kas liflerinin motor ünitelerinde gözlemlendiğini belirtmişlerdir. Motor ünitelerde uyarıların yavaş ilerleme sebebinin ise asetil kolin gibi transmitter maddelerin açığa çıkmasındaki yavaşlama olduğu görüşü hakimdir.<sup>14</sup> Linnamo ve ark. ise eksentrik yüklenme sonrası azalmış medyan EMG frekansını hızlı kasılan liflerin seçici hasarına bağlamışlardır.<sup>13</sup> Araştırmamızdaki y-EMG verilerinin 8 dk'lık toparlanma periyodunda normale dönmemesi yorgunlukla transmitter maddelerin salınmasındaki yavaşla-

maya bağlanabilir. Diğer bir sebep ise henüz net bir şekilde anlaşılmış olmasa da kas liflerine oksijen alımındaki yetersizliğin yorgunluğa sebebiyet vererek EMG verilerini etkilemesi olabilir.<sup>15</sup>

Genel olarak EMG ile sinir iletim hızları değerlendirilir. Sinir iletim çalışmaları sinirlerin ne kadar etkili elektrik sinyalleri gönderebileceğini ölçerler. Sinir iletim çalışmalarında iki veya daha fazla nokta arasındaki sinyallerin hızını ve gücünü ölçebilmek için cilt üzerine yapıştırılan elektrotlar arasında seyahat için geçen zaman sinir iletim hızını hesaplamak için kullanılır. Bu çalışmada direnç egzersizleri sonrası 8 dk'lık periyotta sinir iletim hızının yaklaşık olarak EÖR'nin %75-88 aralığına düşüştüğü görülmektedir. Bu da sadece miyopati ve diyabetik nöropati gibi patolojik durumlarda değil, direnç egzersizi sonrası veya kas hasarı nedeni ile de sinir iletim hızlarında bir azalma olduğunu göstermektedir.<sup>16,17</sup> Direnç egzersizleri sonrası kas EMG aktivitelerinin ne kadar süre sonra toparlanıp eski hâline döndüğü konusunun daha uzun takipler yapılarak incelenmesi gerekmektedir.

Literatüre bakıldığında spor araştırmalarında özellikle yüzey elektrotlar ile yapılan ölçümler okçuluk, tenis, golf gibi bireysel, softbol, futbol, voleybol gibi takım sporlarında sıklıkla kullanılmıştır.<sup>18-23</sup> Uzun yıllardan beri çeşitli spor dallarında ve çeşitli pozisyonlarda y-EMG ölçümü ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Kısa süreli toparlanma sürecini y-EMG verileri aracılığıyla değerlendiren araştırmaya rastlanmamakla birlikte, uzun süreli toparlanma periyotlarının incelenmesinde y-EMG verilerinin kullanıldığı araştırmalar mevcuttur.<sup>6-9</sup> Bunlardan birinde Rodrigues ve ark., setler ve egzersizler arası farklı dinlenme aralıkları olan direnç egzersizi programları sonrasında belirli zamanlarda kreatin kinaz [creatine kinase (CK)] ve laktat dehidrojenaz (LDH) konsantrasyonlarını karşılaştırmayı amaçlayarak, sedanter erkekleri set ve egzersizler arasında 1-3 dk'lık dinlenme periyodu olan iki farklı direnç egzersizi seansına tabi tutmuşlardır.<sup>24</sup> İki ayrı seans için egzersiz öncesinde ve 24, 48, 72 saat sonrasında CK ve LDH seviyeleri ölçülmüştür. Denekler 3 dk dinlenme

aralıklı egzersizlerde 1 dk'ya göre %24 daha fazla yükleme gerçekleştirmişlerdir. Test sonuçları, kas hasarının 3 dk dinlenme uygulandığında, 1 dk dinlenme periyoduna göre daha az kas hasarına uğradığını ifade etmişlerdir.<sup>24</sup> Bu araştırma plazma enzim seviyelerinin analizleri ile yapılmış ve 3 dk'lık dinlenmelerin daha az kas hasarına sebebiyet verdiği rapor edilmiştir. Toparlanma periyodunu değerlendirmede y-EMG ölçümünü kullanan mevcut araştırmada, EÖR değerlere en yakın egzersiz sonrası y-EMG değerlerinin 2-4. dk'larda olması dikkate alındığında, sonuçların Rodrigues ve ark.nın çalışmasının sonuçlarıyla örtüştüğü varsayılabilir. Bunun yanı sıra yüklenme periyotları sırasında EMG aktivitelerini inceleyen birçok çalışma bulunmaktadır.<sup>25-28</sup> van den Tillaar ve Saeterbakken, altı tekrar "bench press" uygulaması sırasında performans ve EMG aktivitelerini incelemişler ve primer kas ve gövde stabilizatörlerinin EMG verilerinde artış saptadıklarını bildirmişler.<sup>25</sup> Bu araştırmada bizim araştırmamızdan farklı olarak tükeninceye kadar yüklenme yaptırılmamış, yüklenme sonrasında değil yükleme sırasında EMG ölçümleri alınmış ve üst ekstremité kas aktivasyonları değerlendirilmiştir. Finn ve ark. antrene bireylerde sekiz setlik dirençli egzersizler sırasında ulaşılan yorgunluk platosunu EMG verileriyle değerlendirmişlerdir. Yorgunluk ve set tekrar sayılarında platoya ulaşıktan sonra, takip eden setlerin daha büyük yorgunluk ve kas aktivasyonu göstermesinin pek mümkün olmayacağını belirtmişlerdir.<sup>26</sup> Araştırmamızda da toparlanma periyodu sırasında 3-4. dk'dan sonra EMG verileri bir plato yapmaya başlamıştır. Bu da hem yüklenme sırasında hem de toparlanma EMG verilerinin belirli bir düzeyden sonra plato yapabileceğini göstermektedir. Jenkins ve ark. ise tükeninceye kadar yapılan 1 maksimumun %30-80'i ile dirençli egzersiz yaptırmışlardır. EMG amplitüdlerinin 1 maksimumun %80 ile yapılan dirençli egzersizlerde daha fazla olduğunu saptamışlardır.<sup>27</sup> Sundstrup ve ark., omuz ve boyun kaslarının EMG amplitüdünü analiz ederek tükeninceye kadar yapılan kuvvet antrenmanları sırasında bütün kaslar için doğrusal bir azalma saptamışlar ve bunu da progresif artan yorgunluğa bağlamışlardır.<sup>28</sup> Araş-

tırmamızda da farklı kontraksiyon tiplerinde 1 TM'nin çeşitli yüzdelerinde Jenkins ve ark. ile Sundstrup ve ark. gibi tükeninceye kadar yüklenme yaptırılmıştır. Yukarıda belirtilen araştırmalarda EMG aktiviteleri yüklenmeler sırasında ölçülmüş ve egzersiz sırasındaki yorgunluğu değerlendirmeye çalışmışlardır. Araştırmamızda ise toparlanma periyodundaki y-EMG verileri değerlendirmeye alınmıştır.

Kroon ve ark.nın yaptıkları çalışmada, beş erkek bireye maksimum istemli kontraksiyon eşiğinin %40-50'si olacak şekilde sol dirsek fleksörlerine izometrik, konsentrik ve eksentrik egzersiz verilmiş ve sonrasında ise düzenli aralıklarla kasın 30 saniye izometrik kontraksiyon testi ile y-EMG'sine ve kas performans parametrelerine bakılmıştır. İzometrik ve konsentrik egzersiz sonrası elin EMG değerinde büyük farklılık bulunmuş, eksentrik kasılma sonrası ise diğer elin EMG değerinde büyük farklılık görülmüştür. Eksentrik egzersiz EMG parametrelerinin EMG şiddeti (ortalama kare kök değeri) ve ortalama güç frekansı değişim oranı olmak üzere iki tanesinde değişim göstermiştir ve değişimler yedi güne kadar etkisini sürdürmüştür. İzometrik ve eksentrik egzersiz sonrası görülen değişimler ise bir ya da iki gün gibi kısa bir süre etki etmiştir. Egzersize bağlı olarak en fazla kasta yorgunluk şikâyeti eksentrik kasılma egzersizinde kaydedilmiş, sonuç olarak eksentrik egzersizin parametrelerinde ve kas performansında en fazla ve en uzun değişime neden olduğunu saptamışlardır.<sup>29</sup> Bu veriler araştırmamızla örtüşmemektedir. Esformes ve ark. ise izometrik, konsentrik, eksentrik, ve konsentrik-eksentrik kuvvetlendirme kontraksiyonlarını üst beden kuvvet ve güç performansı açısından karşılaştırmışlardır. Pectoralis majör ve "triceps" kaslarının EMG'lerini de ayrıca kaydetmişler ve konsentrik, eksentrik ve dinlenme arasında tepe kuvvet bakımından belirgin fark bulamamışlardır. Tepe güç, maksimum mesafe, güç artım oranı gibi parametrelerde de izometrik, konsentrik, eksentrik ve dinlenme arasında anlamlı fark bulmamışlardır. Bu bulgular araştırmamızın sonuçları ile benzerlik göstermektedir.<sup>30</sup> Mevcut araştırmada direnç egzersizleri sonrası kontraksiyon tiplerine bağlı olarak



y-EMG yanıtlarının farklılaşmadığı; konsentrik, eksentrik ve izometrik uygulamalar arasında fark olmadığı saptanmıştır. Ana uygulama öncesinde yapılan ön çalışma sonuçları kullanılarak setlerdeki yüklenmelerin eşitlenmesi ve ana uygulama sırasında her üç kontraksiyonda deneklerin tükenene kadar maksimum düzeyde zorlanmalarının sağlanması, farklı kontraksiyonlarla yapılan yüklenmeler sonrasında y-EMG yanıtlarının benzer olmasına neden olmuş olabilir. Buradan direnç egzersizlerinde yüklenme oranı eşitlendiğinde kontraksiyon tipi fark etmeksizin benzer tepkiler olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Bu araştırmanın sınırlılıkları olarak gösterilebilecek unsurlar bulunmaktadır. Birey sayısının yetersiz olması kontraksiyon tipleri arasında fark oluşmamasına sebep olmuş olabilir. EMG cihazı kablosuz y-EMG sistemi içeren bir cihazla ve di-

renç egzersizlerinin izokinetik cihazlarla yaptırılmaması uygulama ve veri kalitesini artırabilirdi.

## SONUÇ

Tek set maksimum yüklenmeli direnç egzersizi protokolündeki bütün kontraksiyon uygulamalarında her iki kas da EÖR değeri ile diğer ölçümler arasında, y-EMG değerleri bakımından zaman içindeki değişimde anlamlı fark olduğu görülmüştür. Antrenmanlar sırasında kısa süreli toparlanma periyodunda konsentrik, eksentrik ve izometrik kontraksiyonla yapılan uygulamaların toparlanması benzer özellik göstermiştir. Bu üç kontraksiyon tipi içinde dinlenme periyotlarının farklı olmadığı saptanmıştır. Çok setli antrenmanlar yaparken tek set maksimum yüklenmeli direnç egzersizi protokolündeki değerlerin altında antrenman şiddeti uygulanmalıdır.

## KAYNAKLAR

1. Yaprak Y, Tinazcı C, Ergen E. [Effects of elevated heels on EMG activities of Vastus Lateralis and Gastrocnemius muscles in isometric strength measurement]. *Sportmetre* 2009;7(2): 41-6.
2. Escamilla RF, Fleisig GS, Zheng N, Lander JE, Barrentine SW, Andrews JR, et al. Effect of technique variations on knee biomechanics during the squat and leg press. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33(9):1552-66.
3. Dionisio VC, Almeida GL, Duarte M, Hirata RP. Kinematic, kinetic and EMG patterns during downward squatting. *J Electromyogr Kinesiol* 2008;18(1):134-43.
4. Ertan H, Soylu AR, Korkusuz F. Quantification the relationship between FITA scores and EMG skill indexes in archery. *J Electromyogr Kinesiol* 2005;15(2):222-7.
5. Ergun N, Baltacı G. [Prevention of Sports Injuries]. *Spor Yaralanmalarında Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Prensipleri*. 2. Baskı. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu Yayınları; 2006. p.201-20.
6. Sbriccoli P, Felici F, Rosponi A, Aliotta A, Castellano V, Mazzà C, et al. Exercise induced muscle damage and recovery assessed by means of linear and non-linear sEMG analysis and ultrasonography. *J Electromyogr Kinesiol* 2001;11(2):73-83.
7. Pincivero DM, Coelho AJ, Campy RM, Salfetnikov Y, Bright A. The effect of voluntary contraction effort on quadriceps femoris electromyogram median frequency in humans: a muscle and sex comparison. *Eur J Appl Physiol* 2002;87(4-5):448-55.
8. Selseth A, Dayton M, Cordova ML, Ingersol CD, Merrick MA. Quadriceps concentric EMG activity is greater than eccentric EMG activity during the lateral step-up exercise. *J Sport Rehabilitation* 2000;9(2):124-34.
9. Chen TC. Effects of a second bout of maximal eccentric exercise on muscle damage and electromyographic activity. *Eur J Appl Physiol* 2003;89(2):115-21.
10. Lazarim FL, Antunes-Neto JM, da Silva FO, Nunes LA, Bassini-Cameron A, Cameron LC, et al. The upper values of plasma creatine kinase of professional soccer players during the Brazilian National Championship. *J Sci Med Sport* 2009;12(1):85-90.
11. Hody S, Rogister B, Leprince P, Wang F, Croiser JL. Muscle fatigue experienced during maximal eccentric exercise is predictive of the plasma creatine kinase response. *Scand J Med Sci Sport* 2013;23(4):501-7.
12. Anwer S, Equebal A, Nezamuddin M, Kumar R, Lenka PK. Effect of gender on strength gains after isometric exercise coupled with electromyographic biofeedback in knee osteoarthritis: a preliminary study. *Ann Phys Rehabil Med* 2013;56(6):434-42.
13. Linnamo V, Bottas R, Komi PV. Force and EMG power spectrum during and after eccentric and concentric fatigue. *J Electromyogr Kinesiol* 2000;10(5):293-300.
14. Şahin Z. [Mechanism of muscle fatigue]. *Atletizm Bilim ve Teknoloji Dergisi* 2001;41(1):5-18.
15. Hepple RT. The role of O<sub>2</sub> supply in muscle fatigue. *Can J Appl Physiol* 2002;27(1):56-69.
16. Stålberg E, Bischoff C, Falck B. Outliers, a way to detect abnormality in quantitative EMG. *Muscle Nerve* 1994;17(4):392-9.
17. Akashi PM, Sacco IC, Watari R, Hennig E. The effect of diabetic neuropathy and previous foot ulceration in EMG and ground reaction forces during gait. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2008;23(5):584-92.
18. Ertan H, Kentel B, Tümer ST, Korkusuz F. Activation patterns in forearm muscles during archery shooting. *Hum Mov Sci* 2003;22(1): 37-45.
19. Hatch GF 3rd, Pink MM, Mohr KJ, Sethi PM, Jobe FW. The effect of tennis racket grip size on forearm muscle firing patterns. *Am J Sports Med* 2006;1(34):1977-83.
20. Aggarwal A, Shenoy S, Sandhu JS. Comparison of lumbar and abdominal muscle activation during two types of golf swing: An EMG analysis. *Med Sport* 2008;12(4):109-14.
21. Maffet MW, Jobe FW, Pink MM, Brault J, Mathiyakom W. Shoulder muscle firing patterns during the windmill softball pitch. *Am J Sports Med* 1997;25(3):369-74.

22. Charnock BL, Lewis CL, Garrett WE Jr, Queen RM. Adductor longus mechanics during the maximal effort soccer kick. *Sports Biomech* 2009;8(3):223-34.
23. Salci Y, Kentel BB, Heycan C, Akin S, Korkusuz F. Comparison of landing maneuvers between male and female college volleyball players. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2004; 19(4):622-8.
24. Rodrigues BM, Dantas E, de Salles BF, Miranda H, Koch AJ, Willardson JM, et al. Creatine kinase and lactate dehydrogenase responses after upper-body resistance exercise with different rest intervals. *J Strength Cond Res* 2010;24(6):1657-62.
25. van den Tillaar R, Saeterbakken A. Effect of Fatigue Upon Performance and Electromyographic Activity in 6-RM Bench Press. *J Hum Kinet* 2014;9(40):57-65.
26. Finn HT, Brennan SL, Gonano BM, Knox MF, Ryan RC, Siegler JC, et al. Muscle activation does not increase after a fatigue plateau is reached during 8 sets of resistance exercise in trained individuals. *J Strength Cond Res* 2014;28(5):1226-34.
27. Jenkins ND, Housh TJ, Bergstrom HC, Cochrane KC, Hill EC, Smith CM, et al. Muscle activation during three sets to failure at 80 vs. 30% 1RM resistance exercise. *Eur J Appl Physiol* 2015;115(11):2335-47.
28. Sundstrup E, Jakobsen MD, Andersen CH, Zebis MK, Mortensen OS, Andersen LL. Muscle activation strategies during strength training with heavy loading vs. repetitions to failure. *J Strength Cond Res* 2012;26(7): 1897-903.
29. Kroon GW, Naeije M. Recovery of the human biceps electromyogram after heavy eccentric, concentric or isometric exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1991;63(6):444-8.
30. Esformes JI, Keenan M, Moody J, Bampouras TM. Effect of different types of conditioning contraction on upper body postactivation potentiation. *J Strength Cond Res* 2011;25(1): 143-8.