



Farklı Kasılma Çeşitlerinin Postaktivasyon Potansiyeline Etkisinin İncelenmesi

Investigation Effects of Different Contraction Methods on Postactivation Potential

 Serhat YAĞCI^a,
 Serdar Orkun PELVAN^b

^aMarmara Üniversitesi
Sağlık Bilimleri Enstitüsü,
^bMarmara Üniversitesi
Spor Bilimleri Fakültesi,
İstanbul, TÜRKİYE

Received: 21 Jun 2019
Received in revised form: 28 Sep 2019
Accepted: 15 Oct 2019
Available online: 16 Oct 2019

Correspondence:
Serdar Orkun PELVAN
Marmara Üniversitesi
Spor Bilimleri Fakültesi, İstanbul,
TÜRKİYE/TURKEY
orkunpelvan@gmail.com

ÖZET Amaç: Postaktivasyon potansiyeli (PAP), meydana gelen bir kas kasılmasının, takip eden ikinci bir kasılmanın şiddetini artıracacağı üzerine bir teoridir. Bu teori yapılan çalışmalarla desteklenmiş ve uzun süredir performans öncesi ısınma fazında kullanılan bir araç hâline gelmiştir. Bu çalışmada, elektromyostimülasyon (EMS) ile kaslarda oluşturulan istemsiz kasılmaların PAP artışına etkisi incelenmiştir. Bunun yanında, istemli ve istemsiz kasılmaların PAP etkisi karşılaştırılmıştır. **Gereç ve Yöntemler:** Çalışmada katılımcıların quadriceps kas gruplarında rastgele sıra ile farklı günlerde olmak üzere leg ekstensiyon makinası ile (1 RM'nin %85'i ile 6 tekrar) veya EMS cihazı ile (6 tekrar 120 Hz, 4 sn kasılma 4 sn dinlenme) iki farklı kasılma yaratılmıştır. Uygulamalardan önce ve 30.sn, 1. dk ve 3. dk sonrasında elde edilen dikey sıçrama yükseklikleri tekrarlayan ölçümlerde ANOVA analizi ile 0,05 anlamlılık düzeyinde incelenerek iki farklı uygulamanın PAP oluşturma etkileri incelenmiştir. **Bulgular:** Çalışma sonunda hem istemli kasılmalar hem de EMS ile oluşturulan istemsiz kasılmalar sonrası PAP cevabında anlamlı artış görülmüştür (p<0,05) İki uygulama arasında 30. sn ölçümlerinde PAP cevabında anlamlı bir fark bulunmazken; 1. dk ve 3. dk ölçümlerinde istemli kasılmalar ile sağlanan PAP cevabı EMS uygulamasına göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur (p<0,05). Çalışma sonunda, hem istemli yüksek şiddetli kasılmaların hem de EMS ile oluşturulan kasılmaların takip eden patlayıcı kuvvet özellikli kasılmaların şiddetini artırabileceği ve bu artışın 3. dk'da hâlâ devam ettiği görülmüştür (p<0,05). Bunun yanında, LE uygulaması ile elde edilen PAP artışı EMS uygulamasına göre daha erken ve yüksek görülmüştür. **Sonuç:** Bulgular ışığında, EMS ile oluşturulan istemsiz kasılmalar ile PAP artışı sağlanabileceği görülmüştür. Sonuç olarak, EMS'nin özellikle sportif yaralanma geçmişi olan ve yaralanma riski taşıyan sporcular tarafından PAP oluşumunda kullanılabilecek güvenli bir araç olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Postaktivasyon potansiyeli; elektromyostimülasyon

ABSTRACT Objective: Postactivation potential (PAP) is a theory that a muscle contraction will increase the intensity of a subsequent contraction. This theory has been supported by the studies and has been used as a tool in pre competition phases. In this study, it was investigated whether involuntary contractions based on electromyostimulation (EMS) is effective to increase PAP responses. Moreover, it was compared the effects of high intensity voluntary contractions and involuntary contractions based on EMS on PAP. **Material and Methods:** In different days in a random order, quadriceps muscles of participants were stimulated with leg extension (LE) (%85 of one repetition maximum, 6 reps) or stimulations were applied with EMS device (6 reps in 120 Hz, 4 sec contraction, 4 sec relaxation). Height of vertical jump was measured just before and after 30. sec, first minute, and third minute of applicaiton in order to investigate PAP responses. **Results:** Both the voluntary contractions and involuntary contractions based on EMS increased PAP values at 1 min and 3 min. (p<0.05). There was no significant difference in PAP responses after the LE and EMS application at 30. sec (p<0.05). However, significant increases were observed for leg extension against EMS at 1 min and 3 min (p<0.05). It was seen that both voluntary high-intensity contractions and EMS-induced contractions may increase the intensity of subsequent explosive contractions and was seen that this increment is still continuing at 3rd minute. Additionally, the increment of PAP responses obtained by voluntary contractions was seen earlier and higher than involuntary contractions. **Conclusion:** To conclude, it was seen that involuntary contractions based on EMS can be used to increase PAP responses (p<0,05). In the light of findings, it is thought that EMS can be a useable tool particularly to reduce the risk of injury by athletes who have a history of sports injury and who are at risk of injury.

Keywords: Postactivation potential; electromyostimulation

Sportif performans öncesi ısınmanın amacı, sporcuların fiziksel aktiviteye hazırlanmasıdır. Isınma ile performansı kolaylaştıran temel faktörlerden olan vücut ısısının artması sağlanır.¹ Isınma ile ilgili yapılan bir metaanalizde, ısınma uygulamalarının %79'unda performansta gelişme olduğu görülmüştür.² Uzun yıllardır araştırmacılar, optimum performans düzeyine ulaşmak için sportif performans öncesi ısınma periyodunda farklı ısınma yöntemleri ile ilgili araştırmalar yapmakta ve FIFA 11+ vb. müsabakaya hazırlık protokolleri üzerinde çalışmaktadırlar.

Postaktivasyon potansiyelizasyonu (PAP); meydana gelen bir kas kasılmasının, takip eden ikinci bir kasılmanın şiddetini artıracığı üzerine bir teoridir.³

Kas kasılma şiddeti ve yorgunluk karşıt iki kavram olmasına rağmen, kastaki şiddetli kasılma sonrası akut performansın arttığını gösteren çok sayıda çalışma mevcuttur. Naclerio ve ark.nın yaptıkları çalışmada, sporculara maksimal kuvvetlerinin %80'i ile 1 set 1 tekrar (düşük şiddet), 1 set 3 tekrar (orta şiddet) ve 3 set 3 tekrar (yüksek şiddet) şeklinde üç farklı yüklenmenin ardından başlangıç, 15. sn ve 1, 2, 3, 5, 8, 12. dk'larda dikey sıçrama testi uygulanmıştır. Çalışma sonunda, orta şiddetli yüklenmelerin düşük ve yüksek şiddetli yüklenmelere göre PAP oluşturmada daha etkili olduğu ve orta şiddetli yüklenmelerin ardından başlangıç ve 15. sn sıçrama testlerinin diğerlerine göre anlamlı derecede yüksek olduğu görülmüştür.⁴ Kırk üç genç erişkin üzerinde yapılan çalışmada, başlangıçta ve 6 set yapılan 20 tekrarlı alternatif leg lunge çalışmasının her seti sonrası yapılan ölçümlerde, dikey sıçrama yüksekliği başlangıç sonrası 4 sette başlangıç ölçümüne göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur (%3,1-3,8).⁵

Uyarım gücündeki bu artışın nedenleri ile ilgili farklı teoriler bulunmaktadır. Bunlardan biri, kastaki bu potansiyel artışın nedeni olarak miyozin düzenleyici hafif zincir fosforilasyonunu göstermektedir.⁶ Bir diğer tez, bu etkinin artan nöral aktivite ile harekete katılan motor ünite sayısındaki artış ve presinaptik inhibisyonun azalması ile oluştuğunu belirtmektedir.⁷⁻⁹ Diğer bir teoriye göre ise bu artış pennasyon açısındaki değişimden kaynaklanmaktadır.⁹

Kasların elektrotlar ile uyarılma yöntemi olan elektromiyostimülasyon (EMS)'un temeli İtalyan fizikçi Luigi Galvani'nin 18. yy'da kurbağa kası üzerinde yaptığı deneyde kasların elektrik ile kasılabildiğini göstermesine dayanmaktadır.¹⁰ Yaklaşık 200 yıldır kastan veya onun periferel sinirinden bir elektrik akımı geçirerek kasları uyarmanın mümkün olduğu bilinmekte ve bu yöntem, 20. yüzyılın büyük bir bölümünde rehabilitasyon tıbbında ve son 20 yıldır sportif performans için antrenmanlarda kullanılmaktadır.¹¹

Brocherie'nin 17 buz hokeyi sporcusu üzerinde yaptığı çalışmada, 3 hafta boyunca haftada 3 gün EMS ile 30 kasılma (4 sn, 85 Hz) uygulanan sporcularda izokinetik kuvvette anlamlı artış görülmüştür.¹² Maffiuletti ve ark.nın basketbolcular üzerinde yaptıkları çalışmada, 4 hafta boyunca haftada 3 gün EMS ile 48 kasılma (3 sn uyarı-17 sn dinlenme, 100 Hz) uygulanan sporcularda izometrik kuvvette ve squat sıçrama performansında anlamlı artış görülmüştür.¹³ Herrero ve ark.nın, 40 sağlıklı birey üzerinde yaptıkları çalışmada, 4 hafta boyunca haftada 4 gün EMS ile 5 Hz'lik ısınmayı takiben uygulanan 53 kasılma (3 sn uyarı-30 sn dinlenme, 120 Hz) sonrası kuvvette anlamlı artış (%9,1) görülmüştür.¹⁴

EMS antrenmanları sonucu kas hipertrofinde artış olmadan kas kuvvetinde artış görülen çalışmalar olması, EMS yönteminin maksimal kasılmaya etki eden nöral adaptasyonu sağlamada etkili bir yöntem olduğu görüşünü desteklemektedir.^{15,16} Bu çalışmada, bu iki farklı uygulamanın PAP üzerindeki etkileri, iki farklı kasılma yönteminden sonra dikey sıçrama yüksekliği karşılaştırılarak incelenmiştir.

Çalışmada, maksimal istemli kasılma sağlayan leg ekstensiyon çalışması ile oluşturulan istemli kasılmaları ve kasların deri üzerinden elektrotlar ile uyarılma yöntemi olan EMS cihazı ile oluşturulan istemsiz kasılmalarının PAP oluşumuna etkileri ve bu etkilerin ne kadar sürdüğü incelenmiştir.

İstemli kasılmalar sonrası PAP artışı olduğu daha önce yapılan çalışmalarla gösterilmiştir. Literatür incelendiğinde, EMS ile oluşturulan istemsiz izometrik kasılmalar ve istemli izotonik kasılmala-

rın kas kasılma potansiyeline etkisini karşılaştıran çalışmalara rastlanmamıştır. Bu çalışmada, EMS ile oluşturulan istemsiz kasılmaların PAP artışında etkili olup olmadığı araştırılmıştır ve bu etki istemli kasılmalar sonrası PAP cevabı ile karşılaştırılmıştır. Böylece kas kasılması sırasında bir eklem hareketi gerektirmeyen EMS'nin yarışma öncesi ısınma fazında PAP oluşumunda yaralanma riskini azaltmak için maksimal yüklenmeler yerine kullanılacak bir araç olup olmadığı araştırılmıştır.

Çalışmanın hipotezleri; maksimal istemli kasılmalar PAP oluşturur ve kasılmalar sonrası dikey sıçrama performansını artırır, EMS yoluyla oluşturulan kasılmalar PAP oluşturur ve kasılmalar sonrası dikey sıçrama performansını artırır.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Araştırmaya ait test ve ölçümler 2018 yılı içinde Marmara Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi spor salonunda gerçekleştirilmiştir. Çalışma cross-over dizayn ile uygulanmıştır. Katılımcıların öncelikle boy, ağırlık, beden kitle indeksi, bacak uzunluğu, oturma yüksekliği ölçülmüş ve "Leg ekstensiyon maksimal kuvvet testleri" yapılmıştır.

Çalışmada katılımcıların quadriceps kas gruplarında rastgele sıra ile farklı günlerde olmak üzere leg ekstensiyon makinesi ile (1 RM'nin %85'i ile 6 tekrar) veya EMS cihazı ile (6 tekrar 120 Hz, 4 sn kasılma 4 sn dinlenme) iki farklı kasılma yaratılmıştır. Uygulamalardan önce ve 30. sn, 1. dk ve 3. dk sonrasında elde edilen dikey sıçrama yükseklikleri incelenerek iki farklı uygulamanın PAP oluşturma etkileri incelenmiştir.

Katılımcıların dikey sıçrama yükseklikleri Fusion Sport marka (Smart Jump; Fusion Sport, Coopers Plains, Avustralya) sıçrama platformu kullanılarak ölçülmüştür. Dikey sıçrama testleri kol salınımı ve yaylanma olmadan squat jump şeklinde yapılmıştır.¹⁷ Bacak uzunluğu ölçümü boy uzunluktan oturma yüksekliği değeri çıkarılarak elde edilmiştir.¹⁸ Boy ölçümü ve oturma yüksekliği ölçümü için stadiometre (SECA, Hamburg, Almanya) kullanılmıştır. Boy uzunluğu ölçümü ayakta durur pozisyonda yapılmıştır. Ağırlık ve yağ oranı ölçümünde Tanita BC-418 model (Tanita 418

MA, Tokyo, Japonya) biyoempedans cihazı kullanılmıştır.¹⁹ Vücut ağırlığı ve vücut yağ oranı ölçümleri en az 3 saatlik açlık sonrası, son 1 saat sıvı alınmamış, son 24 saat kahve ve alkol tüketilmemiş, son 12 saat egzersiz yapılmamış olmak standartları dâhilinde çıplak ayakla ve katılımcıların üzerinde bir metal eşya olmadan yapılmıştır.

KATILIMCILAR

Çalışmaya, olasılıksız yöntemlerden uygun örneklem yöntemi ile seçilen, yaş aralığı 20-30 yıl olan lisanslı ve son 3 yıldır müsabakalara katılan 29 sağlıklı erkek sporcudan oluşan gönüllü grubu katılmıştır. Çalışma, Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Etik Kurulu'nun 07.11.2016 tarih ve 86 sayılı kararı ile onaylanmıştır. Çalışma, Helsinki Deklarasyonu Prensipleri'ne uygun şekilde yapılmıştır. Katılımcılar çalışmanın olası riskleri hakkında bilgilendirilmiştir ve çalışmaya katılmadan önce katılımlarını onayladıklarını gösteren onam formunu imzalamışlardır.

UYGULAMALAR

Elektromiyostimülasyon Uygulaması

EMS uygulaması Chattanooga marka Rehab model (Chattanooga Group International, Tennessee, USA) programlanabilir 4 kanallı EMS cihazı ile yapılmıştır. EMS uygulamasında elektrotlar quadriceps kas grubuna uygulanmıştır. Uygulamada her bir bacak için 1 adet 5x10 cm, 2 adet 5x5 cm elektrot kullanılmıştır. Büyük elektrotlar femur büyük trokanter hizasında ve elektrot dış sınırı anterior superior iliac spine hizasında olacak şekilde, küçük elektrotlar ise patellanın üst sınırının 3 cm üzerinde vastus medialis ve vastus lateralis kaslarının sonlanma bölgelerine yerleştirilmiştir. EMS çalışması denek leg ekstensiyon makinesinde diz açısı 45 derece olacak şekilde, oturur pozisyonda uygulanmıştır.

EMS ile yapılan kuvvet antrenmanı araştırmalarında kullanılan frekans aralığının genellikle 50-120 Hz olduğu, kullanılan uyarım süresinin ise 1-12 sn aralığında olduğu görülmektedir.²⁰ Maksimal kasılma sağlamak için EMS uyarımları 4 sn 120 Hz frekansta uyarım 4 sn 5 Hz frekansta dinlenme şeklinde 8 tekrar, toplamda 48 sn uygulanmıştır.

Leg Ekstensiyon Maksimal Kuvvet Testi

Sporcular ısınma protokolünün ardından leg ekstensiyon makinesinde tahmini olarak kaldırabileceği yüksek bir ağırlığı denemişlerdir. Sporcu, hareket açısı diz eklemi için 0-90 derece olacak şekilde hareketi maksimum tekrarda uygulamış ve denediği ağırlık ile 8 tekrarı geçtiği takdirde test durdurularak 5 dk dinlenme sonrasında ağırlık artırılarak ikinci bir deneme yaptırılmıştır. Üç deneme sonunda maksimal ağırlığın bulunmadığı durumlarda ise 48 saat sonra test tekrar edilmiştir. Sporcu hareketi 8 veya daha az tekrar sayısında uyguladığında, maksimal ağırlık Brzycki'nin geliştirdiği formül ile belirlenmiştir.²¹

Leg Ekstensiyon Uygulaması

Sporcular ısınma protokolünün ardından leg ekstensiyon makinesinde maksimal ağırlıklarının %85'inde 6 tekrar bacak ekstansiyonu yapmışlardır. Çalışmada her bir tekrar 2 sn konsantrik 2 sn eksantrik olacak şekilde 4 sn sürdürülmüştür.

Isınma Protokolü

Sporcular, sportif yaralanmayı önlemek için kuvvet uygulamaları ve sıçrama öncesi ısınma protokolünü uygulamışlardır. Isınma protokolü, maksimal kuvvet testinden önce, sıçrama testinde squat yüklemesinden önce ve EMS uygulamasından önce araştırmacı tarafından sporculara uygulanmıştır. Isınma protokolü 10 dk aerobik nitelikli koşu ve ardından dinamik egzersizlerden oluşmaktadır.

VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Katılımcılardan toplanan iki farklı uygulama sonrası dikey sıçrama verilerine ait ortalama, standart sapma, maksimum ve minimum değerler hesaplanacaktır. Testlerden elde edilen sonuçlar arasındaki ilişkiler 2x4 tekrarlayan ölçümler ANOVA analizi ile 0,05 anlamlılık düzeyinde incelenmiştir. Aynı zamanda katılımcıların boy, ağırlık, beden kitle indeksi, bacak uzunluğu, oturma yüksekliği ve leg ekstensiyon makinesi ile ölçülen bacak kuvvetleri ile dikey sıçrama yükseklikleri arasında Pearson korelasyon analizi yapılarak değişkenler arasında korelasyon bulunup bulunmadığı incelenmiştir.

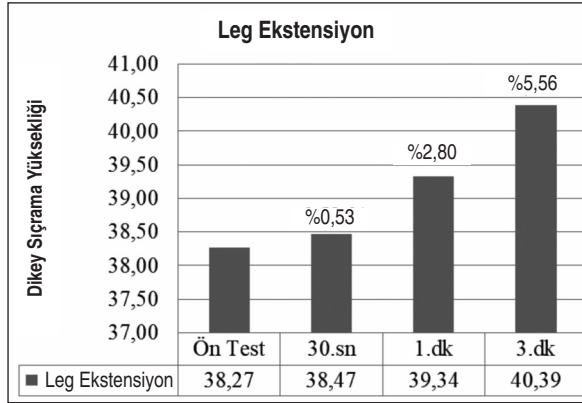
BULGULAR

Katılımcılara ait tanımlayıcı istatistikler **Tablo 1**'de verilmiştir. Katılımcıların leg ekstensiyon testi ortalama kuvvet değeri 159,08±25,19 kg olarak görülmüştür. Katılımcıların vücut yağ oranı ortalaması %13,54±6,18 ve beden kitle indeksi ortalaması 24,80±3,08 olarak görülmüştür.

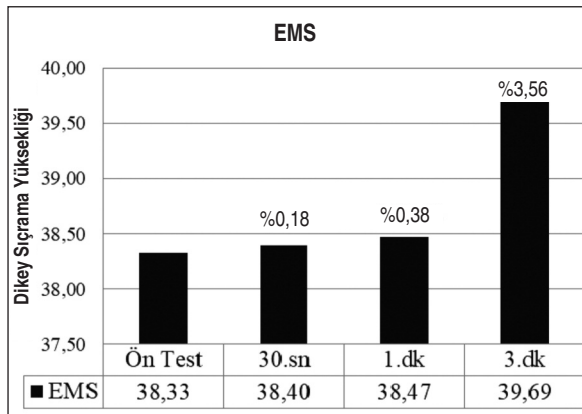
Leg ekstensiyon uygulaması ile oluşturulan istemli kasılmalar öncesi ve sonrası dikey sıçrama değerlerine ait farklar **Şekil 1**'de görülmektedir. Ön test ve 30. sn, 1. dk ve 3. dk ölçümleri karşılaştırılmıştır. Ön test ve 30. sn ölçümü arasında anlamlı fark görülmemiştir. Ön test ile 1. dk ve 3. dk ölçümleri arasında ise anlamlı fark bulunmaktadır (p<0,05). Leg ekstensiyon 1. dk ölçümü ön test ölçümüne göre %2,80, 3. dk ölçümü ise ön test ölçümüne göre 5,56 yüksek görülmüştür.

TABLO 1: Katılımcılara ait tanımlayıcı istatistikler.

	Değer	Eksik	Ortalama	Standart sapma	Minimum	Maksimum
Yaş (yıl)	29	0	23,07	2,927	20	30
Spor yaşı	29	0	10,41	3,521	4	16
Boy (cm)	29	0	182,931	7,704	168	198
Ağırlık (kg)	29	0	82,866	10,0324	60,6	101,7
Beden kitle indeksi (BKİ)	29	0	24,803	3,0826	19,8	32,3
Vücut yağ oranı (%)	29	0	13,545	6,1863	3	27
Bacak uzunluğu (cm)	29	0	85,74	5,284	70	95
Oturma yüksekliği (cm)	29	0	97,02	4,034	90	105
Leg ekst. maksimal (kg)	29	0	159,838	25,1936	110,3	208,9



ŞEKİL 1: Leg ekstensiyon uygulaması sonrası dikey sıçrama yüksekliği artış oranları.



ŞEKİL 2: Elektromiyostimülasyon sonrası dikey sıçrama yüksekliği artış oranları.

EMS uygulaması ile oluşturulan istemsiz kasılmalar öncesi ve sonrası dikey sıçrama değerlerine ait farklar Şekil 2'de verilmiştir. Ön test ve 30. sn, 1. dk ve 3. dk ölçümleri karşılaştırılmıştır. Ön test

ile 30. sn ve 1. dk ölçümler arasında anlamlı fark görülmemiştir. Ön test ile 3. dk ölçümleri arasında ise anlamlı fark bulunmaktadır ($p<0,05$). EMS 3. dk ölçümü ön test ölçümüne göre %3,56 yüksek görülmüştür.

İki uygulama arası farkların tekrarlı ölçümlerde ANOVA ile karşılaştırma sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Karşılaştırmaya bakıldığında, iki uygulama arası anlamlı bir fark bulunmaktadır ($p<0,05$) ($F=56,739$). Yapılan post-hoc analizde, iki uygulama karşılaştırıldığında, 30. sn ölçümleri arasında anlamlı fark bulunmazken; 1. dk ve 3 dk. ölçümlerinde leg ekstensiyon uygulaması sonrası dikey sıçrama değerleri EMS uygulaması sonrası değerlere göre anlamlı derecede yüksek görülmüştür ($p<0,05$).

Katılımcıların en yüksek dikey sıçrama değerleri ve vücut yağ oranı değerleri Pearson korelasyon analizi ile karşılaştırılmış ve bu iki değişken arasında orta düzey negatif korelasyon görülmüştür ($r=-0,454$).

Katılımcıların en yüksek dikey sıçrama değerleri ve beden kitle indeksi değerleri Pearson korelasyon analizi ile karşılaştırılmış ve bu iki değişken arasında orta düzey negatif korelasyon görülmüştür ($r=-0,399$).

TARTIŞMA

Çalışmada, istemli kas kasılması sonrası postaktivasyon oluşumu sonuçları konu ile ilgili yapılmış diğer çalışmalarla benzer sonuçlar vermiştir. Sonuçlar, özellikle bu araştırmada kullanılan maks-

TABLO 2: Leg ekstensiyon ve elektromiyostimülasyon uygulamalarının dikey sıçrama yüksekliğine etkilerinin karşılaştırılması.

Ölçümler	Yöntemler	Ortalama farklar	Std. hata	Sig.	Farklar için %95 güven aralığı sınırlar	
					Alt sınır	Üst sınır
30. sn	Leg ekstensiyon	0,071	0,317	0,824	-0,579	0,721
	EMS				-0,721	0,579
1. dk	Leg ekstensiyon	,862*	0,317	0,011*	0,213	1,511
	EMS				-1,511	-0,213
3. dk	Leg ekstensiyon	,700*	0,333	0,044*	0,019	1,382
	EMS				-1,382	-0,019

malin %85'i gibi yüksek şiddetli istemli kasılmaları takip eden dikey sıçrama performanslarını incelemiş araştırmacıların çalışmaları ile örtüşmektedir.

Evetovich ve ark.nın çalışmalarında, katılımcıların maksimal ağırlıklarının %90'ı ile 1 tekrar olarak uyguladıkları squat çalışması sonrasında dikey sıçrama yükseklikleri uygulama öncesine göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur (ön test=61,9±12,3 cm; son test=63,6±11,6, p<0,05). Çalışma bulgularımız Evetovich ve ark.nın çalışmasında elde edilen sonuçları desteklemektedir.²²

PAP'deki artışın süresi incelendiğinde, çalışma sonuçları Naclerio ve ark.nın 2015 yılında yaptıkları çalışma ile benzer sonuçlar vermiştir. Naclerio ve ark.nın çalışmalarında, katılımcıların maksimal ağırlıklarının %80'i ile 3 set ve 3 tekrar squat çalışması sonrası 1, 2, 3, 5, 8 ve 12. dk'larda dikey sıçrama yüksekliklerini test ederek yüksek şiddetli ve yüksek yoğunluklu istemli kasılmaların postaktivasyon süresine etkisini incelemişlerdir. Çalışma sonunda, 15. sn'de PAP'de anlamlı artış görülmezken, 1. ve 2. dk'larda anlamlı artış görülmüştür.⁴ Çalışmamızda da benzer şekilde, 30. sn ölçümlerinde PAP cevabında anlamlı artış görülmezken, 1. dk ölçümünde ortalama %2,8 ve 3. dk ölçümünde ortalama %5,56 artış görülmüştür (Şekil 3) (p<0,05).

PAP'nin etki süresini inceleyen diğer bir çalışmada, Seitz ve ark., katılımcıların squat maksimal ağırlıklarının %90'ı ile 3 tekrar uygulamalarından önce ve 15. sn, 3. dk, 6. dk, 9. dk ve 12. dk'larda dikey sıçrama yüksekliklerini incelemişlerdir. Çalışmada, 15. sn'de anlamlı bir değişim gö-

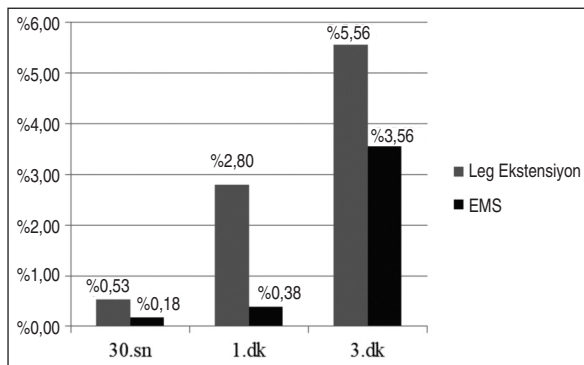
rülmezken, 3, 6, 9. dk'larda anlamlı artış görülmüştür. Çalışmamız, PAP süresi açısından Seitz ve ark.nın çalışması ile benzer sonuçlar vermiştir.²³

Kaçoğlu ve Kale'nin EMS'nin dikey sıçrama ve izokinetik kuvvete akut etkisini araştırdıkları çalışmalarında, 90° statik squat pozisyonunda quadriceps ve calf kas gruplarına farklı frekans düzeylerinde (30 Hz ve 100 Hz) 16 saniye uygulanan (4 sn kasılma, 4 sn dinlenme) EMS uygulaması öncesi ve 90 sn sonrası dikey sıçrama ve 60, 180 ve 300°/s hızlarda izokinetik kuvvet testleri yapılmıştır. Çalışma sonunda, EMS uygulaması sonrası dikey sıçrama yüksekliklerinde anlamlı artış görülmüştür (Kontrol: 28,9±3,1 30 Hz: 31,3±3,0, 100 Hz: 31,7±2,9, p<0,05).²⁴ Çalışmamızda, EMS uygulaması sonrası 3. dk'da oluşan PAP artışı (%3,56) Kaçoğlu ve Kale'nin çalışmasında elde edilen bulgularla benzerlik göstermektedir.²⁴

Requena ve ark.nın EMS ve istemli izometrik kasılmalardan hemen sonra ve 1. dk, 3. dk, 5. dk ve 10 dk.'larda diz ekstensör kaslarının twitch (sarsı) potansiyalizasyonunu araştırdığı çalışmada, kasların sarsı potansiyelinin istemli kasılmalardan hemen sonra ve 1. dk ve 3. dk'larda anlamlı şekilde artış gösterirken 5. dk ve 10. dk'larda anlamlı bir artış göstermediği görülmüştür. Çalışmanın EMS ölçümlerinde ise sarsı potansiyeli, uygulamadan hemen sonra yapılan ölçümde anlamlı artış göstermezken; 1. dk, 3. dk, 5. dk ve 10. dk ölçümlerinde anlamlı artış göstermiştir. EMS uygulaması sonrası sarsı potansiyelinde en yüksek artış 3. dk'da görülmüştür. Bu açıdan çalışmamız, Requena ve ark.nın çalışmasına benzer sonuçlar vermiştir.²⁵

Araştırmamızda, iki uygulamanın da ön test dikey sıçrama değerlerinin birbirine çok yakın olması iki farklı uygulamanın PAP'ye etkilerini daha net karşılaştırma imkânı vermiştir.

Çalışmadan elde edilen bulgulardan dikey sıçrama yükseklikleri ve yağ oranı arasındaki ilişkisi incelendiğinde, bu iki değişken arasında orta düzey negatif korelasyon görülmüştür (r=-0,457). Bu iki değişken arasında daha önce Saha tarafından, atletler ve sedanter arasında vücut kompozisyonu ve patlayıcı güç ilişkisinin incelendiği çalışmada da negatif korelasyon olduğu gösterilmiştir (r=-0,454).²⁶



ŞEKİL 3: Leg Extension ve EMS uygulamalarının dikey sıçrama yüksekliği artış oranları karşılaştırması.

Abidin ve Adam tarafından yapılan çalışmada da dikey sıçrama yüksekliği ve vücut yağ oranı arasında negatif ilişki gösterilmiştir ($p<0,001$).²⁷ Davis ve ark.nın yaptığı çalışmada ise vücut yağ oranının dikey sıçrama performansı için belirleyici faktörlerden biri olduğu gösterilmiştir ($p<0,0001$).²⁸ Çalışmamızda, daha önce dikey sıçrama yüksekliği ve vücut yağ oranı ilişkisini inceleyen çalışmaları destekleyen sonuçlar elde edilmiştir.

Çalışmamızda, dikey sıçrama yüksekliği ve beden kitle indeksi değerleri arasında orta düzey negatif korelasyon görülmüştür ($r=-0,379$). Inacio ve ark.nın çalışmasında, katılımcılara verilen %2'lik bir ek yük dikey sıçrama performanslarında anlamlı bir azalma yaratmıştır.²⁹

Çalışmamızda elde edilen beden kitle indeksi ve dikey sıçrama yüksekliği arasındaki negatif korelasyon, Inacio'nun yaptığı çalışmanın bulgularını desteklemektedir.

SONUÇ

Yapılan çalışmada, yüksek şiddetli istemli kasılmalarının takip eden patlayıcı kuvvet özellikli kasılmaların şiddetini artırabileceği gösterilmiştir. Bu sonuçla; maksimal istemli kasılmalar PAP oluşturur ve kasılmalar sonrası dikey sıçrama performansını artırır hipotezimiz doğrulanmıştır.

Çalışmamızda görülen diğer bir sonuç; PAP'deki artış EMS ile oluşturulan istemsiz kasılmalar sonrasında da oluşabilmektedir. Bu sonuçla; EMS yoluyla oluşturulan kasılmalar PAP oluşturur ve kasılmalar sonrası dikey sıçrama performansını artırır hipotezimiz doğrulanmıştır.

İki uygulama arasındaki karşılaştırmaya bakıldığında ise yüksek şiddetli istemli kasılmaların EMS ile oluşturulan kasımlara göre PAP cevabının anlamlı düzeyde daha yüksek ve daha erken olduğu görülmüştür. Bu sonuçla; iki kasılma yöntemi sonrası oluşan PAP cevapları arasında fark vardır hipotezimiz de doğrulanmıştır. Çalışmamızda ayrıca, iki uygulama sonunda da oluşan potansiyel artışın 3. dk'ya kadar devam edebileceği görülmüştür.

İstemli izotonik kasılmalar sonrası PAP cevabı 1. dk'da oluşmasına rağmen, EMS ile oluşturulan izometrik kasılmalar sonrası PAP cevabının 1. dk'da anlamlı bir artış göstermemesi, bunun yanında izometrik kasılmalar sonrası 3. dk ölçümünde PAP cevabında artış görülmesi izometrik kasımların 1. dk ölçümüne kadar devam eden bir yorgunluğa neden olmuş olabileceğini düşündürmektedir. Stull ve Calrek'in yaptığı çalışmada, izometrik çalışmalar sonrası yorgunluğun izotonik çalışmalara göre daha erken ortaya çıktığı ve toparlanmanın daha uzun sürdüğü görülmüştür.³⁰ Schmitz ve ark.nın çalışmasında, 120 sn süren izotonik ve izometrik kasılmalar boyunca tork/kuvvet değişimleri takip edilmiş ve izometrik kasılmaların 30. sn ölçümüne kadar izotonik kasılmaya göre daha yüksek yorgunluk yarattığı görülmüştür.³¹

Bu sonuçların yanında, çalışmamızda, vücut yağ oranı ve beden kitle indeksi değerlerindeki artışın dikey sıçrama yüksekliğini negatif yönde etkileyebileceği gösterilmiştir.

Çalışmamızda elde edilen bulgular ışığında, EMS uygulamasının müsabaka öncesi ısınma fazında PAP'de artış için özellikle sportif yaralanma geçmişi olan ve yaralanma riski taşıyan sporcular tarafından yaralanma riskini azaltmak için kullanılabilirliği düşünülmektedir.

Çalışmamızda, maksimum kasılma düzeyine ulaşabilmek için EMS uyarımları 120 Hz frekansta kullanılmış ve kasılma fazı 4 sn olarak uygulanmıştır. EMS ve PAP ilişkisini inceleyen farklı frekans düzeylerinde ve farklı sürelerde elektrik stimülasyon uygulamaları ile yapılacak çalışmalar EMS yönteminin PAP üzerindeki etkilerini daha iyi anlayabilmek için faydalı olacaktır.

Finansal Kaynak

Bu çalışma, Marmara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu Başkanlığı tarafından SAG-C-YLP-090517-0255 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, her-

hangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

Yazar Katkıları

Fikir/Kavram: Serhat Yağcı, Orkun Pelvan; **Tasarım:** Serhat Yağcı, Orkun Pelvan; **Denetleme/Danışmanlık:** Orkun Pelvan;

Veri Toplama ve/veya İşleme: Serhat Yağcı, Orkun Pelvan; **Analiz ve/veya Yorum:** Serhat Yağcı, Orkun Pelvan; **Kaynak Taraması:** Serhat Yağcı, Orkun Pelvan; **Makalenin Yazımı:** Serhat Yağcı, Orkun Pelvan; **Eleştirel İnceleme:** Serhat Yağcı, Orkun Pelvan.

KAYNAKLAR

- Bompa T, Buzzichelli C. Periodization Training for Sports, 3E. 3rd ed. Champaign, Illinois: Human Kinetics; 2015. p.158.
- Fradkin AJ, Zazryn TR, Smoliga JM. Effects of warming-up on physical performance: a systematic review with meta-analysis. J Strength Cond Res. 2010;24(1):140-8. [Crossref] [PubMed]
- Esformes JI, Bampouras TM. Effect of back squat depth on lower-body postactivation potentiation. J Strength Cond Res. 2013;27(11):2997-3000. [Crossref] [PubMed]
- Naclerio F, Chapman M, Larumbe-Zabala E, Massey B, Neil A, Triplett TN. Effects of three different conditioning activity volumes on the optimal recovery time for potentiation in college athletes. J Strength Cond Res. 2015;29(9):2579-85. [Crossref] [PubMed]
- Horan SA, Watson SL, Lambert C, Weeks BK. Lunging exercise potentiates a transient improvement in neuromuscular performance in young adults. J Strength Cond Res. 2015;29(9):2532-7. [Crossref] [PubMed]
- Pääsuke M, Ereline J, Gapeyeva H. Twitch potentiation capacity of plantarflexor muscles in endurance and power athletes. Biol Sport. 1998;15(3):171-8.
- Hultborn H, Illert M, Nielsen J, Paul A, Ballegaard M, Wiese H. On the mechanism of the post-activation depression of the H-reflex in human subjects. Exp Brain Res. 1996;108(3):450-62. [Crossref] [PubMed]
- Aagaard P. Training-induced changes in neural function. Exerc Sport Sci Rev. 2203;31(2):61-7. [Crossref] [PubMed]
- Tillin NA, Bishop D. Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. Sports Med. 2009;39(2):147-66. [Crossref] [PubMed]
- Galvani L, Aldini G. Commentary on the Effect of Electricity on Muscular Motion. 1st ed. Cambridge: E. Licht; 1953. p.97.
- Enoka RM. Muscle strength and its development. New perspectives. Sports Med. 1998;6(3):146-68. [Crossref] [PubMed]
- Brocherie F, Babault N, Cometti G, Maffiuletti N, Chatard JC. Electrostimulation training effects on the physical performance of ice hockey players. Med Sci Sports Exerc. 2005;37(3):455-60. [Crossref] [PubMed]
- Maffiuletti NA, Cometti G, Amiridis IG, Martin A, Pousson M, Chatard JC. The effects of electromyostimulation training and basketball practice on muscle strength and jumping ability. Int J Sports Med. 2000;21(6):437-43. [Crossref] [PubMed]
- Herrero JA, Izquierdo M, Maffiuletti NA, García-López J. Electromyostimulation and plyometric training effects on jumping and sprint time. Int J Sports Med. 2006;27(7):533-9. [Crossref] [PubMed]
- Gondin J, Guette M, Ballay Y, Martin A. Electromyostimulation training effects on neural drive and muscle architecture. Med Sci Sports Exerc. 2005;37(8):1291-9. [Crossref] [PubMed]
- Hortobágyi T, Maffiuletti NA. Neural adaptations to electrical stimulation strength training. Eur J Appl Physiol. 2011;111(10):2439-49. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Lloyd RS, Radnor JM, De Ste Croix MB, Cronin JB, Oliver JL. Changes in sprint and jump performances after traditional, plyometric, and combined resistance training in male youth pre- and post-peak height velocity. J Strength Cond Res. 2016;30(5):1239-47. [Crossref] [PubMed]
- Sherar LB, Mirwald RL, Baxter-Jones AD, Thomis M. Prediction of adult height using maturity-based cumulative height velocity curves. J Pediatr. 2005;147(4):508-14. [Crossref] [PubMed]
- Jaffrin MY. Body composition determination by bioimpedance: an update. Curr Opin Clin Nutr Metab Care. 2009;12(5):482-6. [Crossref] [PubMed]
- Hainaut K, Duchateau J. Neuromuscular electrical stimulation and voluntary exercise. Sports Med. 1992;14(2):100-13. [Crossref] [PubMed]
- Brzycki M. Strength testing-predicting a one-rep max from reps-to-fatigue. Journal of Physical Education Recreation & Dance. 1993;64(1):88-90. [Crossref]
- Evetovich TK, Conley DS, McCawley PF. Postactivation potentiation enhances upper- and lower-body athletic performance in collegiate male and female athletes. J Strength Cond Res. 2015;29(2):336-42. [Crossref] [PubMed]
- Seitz LB, de Villarreal ES, Haff GG. The temporal profile of postactivation potentiation is related to strength level. J Strength Cond Res. 2014;28(3):706-15. [Crossref] [PubMed]
- Kaçoğlu C, Kale M. Acute effects of lower body electromyostimulation application with two different frequencies on isokinetic strength and jumping performance. Journal of Physical Education and Sport. 2016;16(1):38-45.
- Requena B, Gapeyeva H, García I, Ereline J, Pääsuke M. Twitch potentiation after voluntary versus electrically induced isometric contractions in human knee extensor muscles. Eur J Appl Physiol. 2008;104(3):463-72. [Crossref] [PubMed]
- Saha S. Somatotype, body composition and explosive power of athlete and non-athlete. LASE Journal of Sport Science. 2014;5(1):26-34. [Crossref]
- Abidin NZ, Adam MB. Prediction of vertical jump height from anthropometric factors in male and female martial arts athletes. Malays J Med Sci. 2013;20(1):39-45. [PubMed]
- Davis DS, Briscoe DA, Markowski CT, Saville SE, Taylor CJ. Physical characteristics that predict vertical jump performance in recreational male athletes. Phys Ther Sport. 2003;4(4):167-74. [Crossref]
- Inacio M, Dipietro L, Visek AJ, Miller TA. Influence of upper-body external loading on anaerobic exercise performance. J Strength Cond Res. 2011;25(4):896-902. [Crossref] [PubMed]
- Stull GA, Clarke DH. Patterns of recovery following isometric and isotonic strength decrement. Med Sci Sports. 1971;3(3):135-9. [Crossref] [PubMed]
- Schmitz RJ, Arnold BL, Perrin DH, Granata KP, Gaesser GA, Gansneder BM. Changes in the mechanical and electromyographic output during isotonic and isometric exercise in men and women. Isokinet Exerc Sci. 2000;8(3):119-27. [Crossref]