



ELEKTRİKSEL KAS UYARILARINA KARŞI TOLERANS GELİŞİMİ¹

ÖZET

Elektromyostimülasyon (EMS), deri üzerinden kas dokusu ya da motor noktalara uygulanan elektriksel akımlarla performans gelişimi elde etme amaçlı konvansiyonel olmayan bir antrenman yöntemidir. EMS antrenmanlarının etkinliği antrenmanlar sırasında uygulanan elektriksel akımların şiddetiyle ilgilidir. EMS'ye tolerans, giderek artan elektriksel akımlara dayanabilme yeteneği olarak tanımlanabilir. Buna rağmen kas ve sinirlerin elektriksel akımlara toleransı ile ilgili çok az bilgi bulunmaktadır. İnsan bedeninin elektriksel akımlara tolerans geliştirip geliştirmedini bilmek bu metodun etkililiği için önem taşımaktadır. Buradan hareketle bu çalışmanın amacı, 18-27 yaş aralığındaki 18 sağlıklı spor bilimleri fakültesi öğrencisinin, 5 haftalık çok eklem içeren izometrik istemli kasılmalar üzerine uygulanan alt beden elektromyostimülasyon antrenmanları (AB-EMS) sırasında uygulanan maksimal tolere edilebilen akım şiddetine karşı tolerans gelişimi gösterip göstermediklerini araştırmaktır. Sonuçlara göre EMS'ye anlamlı düzeyde ($p < 0.05$) tolerans gelişiminin olduğu görülmüştür. Elektriksel akımlarına toleransın 5 haftalık EMS antrenmanının başlangıç aşamasında hızlı bir artış gösterdiği bu hızlı artışı kısa bir duraklamanın izlediği daha sonrasında yine bir artışın olduğu ve bu artışı takiben antrenmanın son dönemlerinde küçük bir düşüş gözlemlenmiş olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Elektromyostimülasyon, Tolerans, Antrenman.

Development Of Tolerance To Electrical Muscle Stimulations

ABSTRACT

Electrical muscle stimulation (EMS) can be defined a non-conventional method as being applied electrical currents to the muscle tissues or motor points in order to performance improvement in sport. The effectiveness of EMS training method is related to the intensity of electrical currents applied during training sessions. The tolerance to electromyostimulation can be define as the ability to tolerate progressively increasing current intensity. Despite that very little information exists related to tolerance to electrical currents of muscle and nervous. In order to know, whether the human body develop tolerance to electrical currents or not, is important for the effective use of this method. The aim of this study is to examine that whether the tolerance against to maximum comfortably tolerated electrical current intensity implemented during five weeks of isometric lower body electromyostimulation (LB-EMS) training program. Eighteen healthy students at sports sciences faculty between the ages of 18-27 implemented in a 5-week isometric LB-EMS training program. The results indicate that there is significant tolerance ($p < 0.05$) were found against the electrical current. The rapid increase in tolerance at the initial phase of the 5-week EMS training has shown the tolerance against electrical current, an increase again afterwards followed by that phase, and that increase is observed a slight decrease in the last period of training followed.

Key Words: Electromyostimulation, Tolerance, Training.

C. Kaçoğlu*

M. Kale*

* Anadolu Üniversitesi,
Spor Bilimleri Fakültesi
mkale@anadolu.edu.tr,
ckacoglu@anadolu.edu.tr

1 - Bu çalışmanın özeti 13.Uluslararası Spor Bilimleri Kongresinde (07-09 Kasım 2014, Konya) sözel bildiri olarak sunulmuştur.

Giriş

Elektrik akımlarıyla kası kasılması oluşturmanın mümkün olabileceği bilgisi ve bu alandaki ilk medikal çalışmalar 18. yüzyıla kadar uzanmaktadır (Beaudreau ve Finger, 2006; Vanderthommen ve Duchateau, 2007; Gondin ve ark., 2011). Spor alanında kullanımı ise Rus araştırmacı Yakov Kots'un 1977 yılında Concordia Üniversitesindeki bir sempozyumda elektriksel akımlarla gerçekleşen kontraksiyonların maksimal istemli kontraksiyonlardan %10-%30 daha fazla izometrik kuvvet ürettiği ve EMS programlarının üst düzey sporcularda %30-%40 kuvvet artışları sağladığı iddiasıyla popülerlik kazanmaya başlamıştır (Vanderthommen ve Duchateau, 2007). Spor alanında kullanılan elektromyostimülasyon (EMS) performans gelişimi elde etme amaçlı olarak kas dokularına ve motor noktalara deri üzerinden elektrik akımının rahatsız edici etkisinin minimum olacak şekilde tasarlanmış bir şiddette elektriksel akımlarla kasları aktiive etmeyi içeren bir yöntemdir. İskelet kası elektriksel akımlarla yapay olarak uyarıldığında motor üniteler, istemli aktivasyon sırasındaki Henneman'ın motor ünite katılımını ifade eden boyut prensibinden farklı olarak katılım gösterirler. Konvansiyonel antrenman yöntemlerine göre istemli aktivasyonu zor olan hızlı motor üniteleri elektriksel akımlarla senkron aktivasyon sağlaması EMS'nin avantajıdır (Cardinale ve ark., 2010; Maffiuletti ve Cardinale, 2011; Gregory ve Bickel, 2005; Kale ve ark., 2014; Henneman ve ark., 1965; Zatsiorsky ve Kraemer, 2006). Elektrik akımlarına karşı tolerans, kuvvetli bir kas kontraksiyonu sırasında bireye uygulanabilen konforlu maksimal elektriksel akım şiddeti, yani yüksek elektrik akım şiddetlerine dayanabilme yeteneği olarak tanımlanabilir (Alon ve Smith, 2005). EMS antrenmanının etkililiği antrenman sırasında uygulanan elektriksel akımların şiddetiyle ilgilidir. EMS'nin etkililiğinde anahtar faktör olan kas gerilimini azami dereceye çıkartmak için akım şiddetinin maksimum tolere edilebilen seviyede uygulanmasıdır. EMS antrenmanlarında kuvvet gelişimine en büyük problem sporcunun elektriksel uyarılara karşı sahip olduğu tolerans bir başka deyişle acıya intoleransdır. EMS'ye yüksek tolerans, etkili nöromuskuler antrenman ortaya koyabilmek için gereken kontraksiyon seviyelerinin ortaya konmasına yardımcı olabileceği ve elektriksel akımlarla artan toleransın istemli nöromuskuler antrenmanın etkililiğinin artmasında etkili olabileceği belirtilmektedir (Alon ve Smith, 2005; Dudley ve Stevenson, 2008; Miller ve ark., 1990; Cardinale ve ark., 2010).

Elektriksel uyarılara tolerans, EMS antrenmanının şiddetinin belirlenmesi konusunda önem taşımaktadır (Hartsell ve Kramer, 1992). EMS antrenmanlarına başladıktan kısa bir süre sonra yüksek şiddetlere tolerans gelişimi gösterilebileceği ve bu gelişimin bir süre sonra sabit duruma seyredeceği belirtilmekle beraber bu tolerans gelişimiyle beraber ağır hissinin de düşeceği ve daha kaliteli bir EMS antrenman uygulamasına imkan sağlayacağı belirtilmektedir (Delitto ve ark., 1992; Balogun ve ark., 1993; Gondin ve ark., 2011).

EMS uygulamalarında bifazik (iki fazlı) akımlarla iki kutuplu elektrot kombinasyonu sıklıkla kullanılmaktadır ve bifazik akımlar, monofazik (tek fazlı) akım uygulamalarına göre tolere edilebilirliği daha kolaydır (Baker ve Parker, 1986). Bunun yanı sıra erkekler dörtgensel akım formlarını bayanlara oranla daha fazla tolere edebilmektedir (Alon ve Smith, 2005). Kadınlarda genelde deri altı adipoz yapıdan dolayı akım ilerleyişinin daha azdır. Buna göre Quadriceps kasında duyuşal,

motor, supramotor ve ağır eşikleri erkeklerle kıyaslandığında kadınlarla daha düşük duyuşal eşik, supramotor eşiğe ulaşmak için daha düşük şiddet, motor eşikte daha az dayanma eşiği, supramotor eşikte daha fazla dayanma eşiği olduğu belirtilmektedir (Maffiuletti ve ark., 2008).

Kas ve sinir dokularının elektriksel akım şiddetine gösterdiği toleransla ilgili olarak literatürde çalışmalara ihtiyaç olduğu görülmektedir. Çok eklem içeren, bilateral bacak itme sırasındaki maksimal istemli izometrik kasılmalar üzerine baldır, uyluk ve kalça bölgesi kaslara uygulanan EMS'ye karşı bölgesel tolerans gelişimi konusunda literatürde bir bilgiye rastlanmamıştır. EMS uygulanan bölgelerin elektriksel akımlara lokal tolerans geliştirip geliştirmediğini bilmek EMS'nin etkin kullanımı için önem taşımaktadır. Buradan hareketle bu çalışmanın amacı, 18-27 yaş aralığındaki sağlıklı, fiziksel olarak aktif bireylerde (n=18) beş haftalık çok eklem içeren izometrik istemli kasılmalar üzerine uygulanan alt beden elektromyostimülasyon (AB-EMS) antrenman programı boyunca bireysel olarak ulaşabildikleri maksimal elektriksel akım şiddetine karşı EMS uygulanan kas bölgelerine özgü lokal tolerans gelişimi gösterip göstermediklerini incelemektir.

YÖNTEM

Bu çalışmaya Spor Bilimleri Fakültesi öğrencisi (yaş: 21.8 ± 2.3 yıl, boy: 176.4 ± 6.6 cm, vücut ağırlığı: 66.9 ± 8.4 kg, vücut yağ yüzdesi: 14.9 ± 6.2%) fiziksel olarak aktif 18 (6 kadın, 12 erkek) gönüllü olarak katılmıştır. Tüm katılımcılar 5 hafta süresince haftada 2 antrenman olmak üzere toplamda 10 AB-EMS antrenmanına katılmışlardır. Bir AB-EMS antrenmanı öncesinde şerit elektrotlar katılımcının baldır, uyluk ve kalça bölgesi kasları üzerine yerleştirilmiş ve katılımcı bir bacak itme egzersiz aletine diz eklem açısı 110-120° olacak şekilde pozisyonlandırılmıştır (Şekil-1). Bu pozisyonda maksimal istemli izometrik kontraksiyon ile (5s kontraksiyon, 10s dinlenme) senkron olacak şekilde bir cihazla (Miha Bodytech, Almanya) her katılımcının, görsel analog skala (VAS) (Gould ve ark., 2001; Bijur ve ark., 2001) derecelendirmesine göre, acı hissetmeden maksimal tolere edebildiği akım şiddetinde 5 saniye boyunca bilateral olarak uygulanmıştır.

Beş saniyelik bir EMS kontraksiyonunu (100Hz, 400µs, bifazik, simetrik, kesikli, dörtgensel dalgalı olan akımlar, iş döngüsü %33) 10 saniyelik dinlenme süreleri takip etmiştir. Bir AB-EMS antrenmanı her biri 20 kontraksiyon içeren 3 setten oluşmakta olup setler arası 5 dakikalık dinlenmeler bulunmaktadır. Şekil-2'de bir AB-EMS antrenman protokolü şematik olarak gösterilmiştir. Her AB-EMS antrenmanından sonra katılımcının ulaştığı maksimum akım şiddeti (V) kaydedilmiştir. Bu 5 haftalık AB-EMS antrenman periyodu süresince her antrenman sonu kaydedilen akım değerleri arasındaki fark tekrarlı ölçümlerde varyans analizi (ANOVA) testiyle (IBM SPSS 20) belirlenmiştir. Küresellik varsayımı anlamlı olduğu için multivariate (MANOVA) test tablosuna göre karar verilmiştir.



Şekil-1. AB-EMS antrenman düzeneği

AB-EMS Protokolü				
3 set AB-EMS antrenmanı: 5dk EMS sonrasında 5dk dinlenme				
←EMS 1→ 5 dk	←5 dk→	←EMS 2→ 5 dk	←5 dk→	←EMS 2→ 5 dk



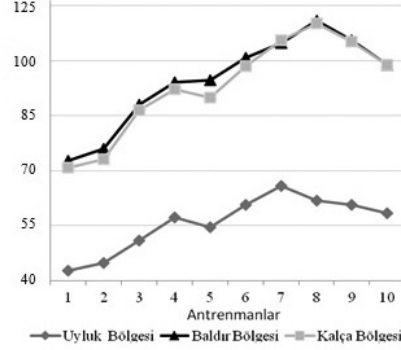
5 dakikalık bir set başına 20 kontraksiyon = 5s EMS ve takip eden 10s dinlenme (5+10=15s)																			
15s	15s	15s	15s	15s	15s	15s	15s	15s	15s	15s	15s	15s	15s	15s	15s	15s	15s	15s	15s

Bulgular

İstatistiksel Wilks' Lambda test sonuçlarına göre her bir AB-EMS antrenmanı sırasında katılımcıların her üç bölgede de ulaştıkları maksimum akım değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu görülmüştür (Kalça bölgesi Wilks' Lambda=0.06, F(9,9)=15.16, p=0.000, Baldır bölgesi, Wilks' Lambda=0.08, F(9,9)=11.47, p=0.001, Wilks' Lambda=0.13, F(9,9)=6.5, p=0.005) (Tablo-1). Bu sonuçlara göre hangi zaman dilimleri arasında anlamlı fark olduğu Bonferroni Post-Hoc testi sonuçlarına bakılarak belirlenmiştir. Bununla beraber elektriksel akım şiddetlerinin ortalamalarındaki değişimler Grafik-1'de gösterilmiştir. Grafik-1'de görüldüğü gibi her üç bölgeye uygulanan akım şiddeti de anlamlı oranda artış göstermiştir. Bu grafikte, akım şiddetlerinin izlemiş oldukları artış oranı her üç bölge içinde paralellik göstermektedir. Buna göre ise EMS antrenmanlarında uygulanan elektriksel akımlarının başlangıç aşamasında hızlı bir artış gösterdiği bu hızlı artışı kısa bir duraklamanın izlediği daha sonrasında yine bir artışın olduğu ve bu artışı takiben 5 haftalık EMS antrenmanının son dönemlerinde küçük bir düşüş gözlemlenmiş olduğu görülmektedir. Baldır bölgesinin son bölümdeki düşüşün uyluk ve kalça bölgesine göre biraz daha önce ortaya çıkmasının bir nedeni olarak yorgunluğun diğer bölgelere göre daha çabuk ortaya çıkmış olabileceği düşünülebilir.

Tablo-1. MANOVA test istatistikleri

	Varyansın Kaynağı	Değer	F	Hipotez Ser. Der.	Hata Ser. Der.	p	Partial Eta Squared
Kalça Bölgesi	Wilks' Lambda	0.062	15.162	9.000	9.000	0.000**	0.938
Baldır Bölgesi	Wilks' Lambda	0.080	11.474	9.000	9.000	0.001**	0.920
Uyluk Bölgesi	Wilks' Lambda	0.133	6.500	9.000	9.000	0.005*	0.867



Grafik-1. Maksimal akım şiddeti (V) ortalamaları değişim grafiği

Tartışma

İstatistik sonuçlarına göre katılımcıların tolere edebildikleri maksimal akım şiddetlerinin beş haftalık AB-EMS süresince göstermiş olduğu anlamlı artış elektriksel akımlara karşı nöromusküler toleransın EMS antrenman programı sürecinde artış gösterdiğini ortaya koymuştur. Elektriksel akımlarla artan tolerans istemli nöromusküler antrenmanın etkililiğinin artmasında etkili olabileceği belirtilmektedir (Alon ve Smith, 2005). Yapılan bir çalışmaya göre kronik obstrüktif akciğer hastalığı olan bireyler elektriksel kas uyarım antrenmanlarına heterojen olarak tolerans göstermiştir (Vivodtzev ve ark., 2012; 2014). Yaptığımız bu çalışmada ise sağlıklı ve fiziksel olarak aktif bireylerde bu toleransın daha homojen olduğu görülmektedir. Çok eklem içeren izometrik istemli kasılmalar üzerine uygulanan EMS'ye karşı gösterilen bu nöromusküler tolerans hakkında bilgi sahibi olmak EMS antrenman programlarında uygulanan akım şiddetlerinin planlanmasında ve EMS antrenmanlarından maksimum fayda sağlama konusunda spor bilimcilerine ve antrenörlere yarar sağlayacaktır.

Kaynaklar

1. Alon, G., Smith, G.V., *Tolerance and Conditioning to Neuro-Muscular Electrical Stimulation Within and Between Sessions and Gender*, J Sports Sci Med. 2005;4(4): 395-405.
2. Balogun, J.A., Onilari, O.O., Akeju, O.A., Marzouk, D.K., *High voltage electrical stimulation in the augmentation of muscle strength: effects of pulse frequency*, Arch. Phys. Med. Rehab., 1993;74(9): 910-916
3. Beaudreau, S.A., Finger, S., *Medical electricity and madness in the 18th century: The legacies of Benjamin Franklin and Jan Ingenhousz*, Perspect. Biol. Med., 49 (3), 333 (2006).
4. Bijur, P.E., Silver, W., Gallagher, E.J., *Reliability of the visual analog scale for measurement of acute pain*, Acad. Emerg. Med., 8 (12), 1153-7 (2001).
5. Cardinale, M., Newton, R., Nosaka, K., *Strength and Conditioning: Biological Principles and Practical Applications*, Wiley-Blackwell 2010, 193-197

6. Delitto, A., Strube, M.J., Shulman, A.D., Minor, S.D., A Study of Discomfort with Electrical Stimulation, *Phys Ther.* 1992; 72(6): 410-421.
7. Dreibatia, B., Laveta, C., Pintib, A., Poumarata, G., Characterization of an electric stimulation protocol for muscular exercise, *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 2011;54(1): 25-35
8. Gondin, J., Cozzone, P.J., Bendahan, D., Is high-frequency neuromuscular electrical stimulation a suitable tool for muscle performance improvement in both healthy humans and athletes?, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 2011;111(10), 2473-87
9. Gregory CM, Bickel CS. (2005). Recruitment Patterns in Human Skeletal Muscle During Electrical Stimulation, *Physical Therapy*. 85(4) 358-364.
10. Gould, D., Kelly, D., Goldstone, L., Gammon, J., Examining the validity of pressure ulcer risk assessment scales: Developing and using illustrated patient simulations to collect the data, *J. Clin. Nurs.*, 10 (5), 697-706 (2001).
11. Hartsell, H.D., Kramer, J.F., A comparison of the effects of electrode placement, muscle tension, and isometric torque of the knee extensors, *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 1992;15(4), 168-74
12. Henneman E, Somjen G, Carpenter DO. (1965). Excitability and inhibibility of motoneurons of different sizes. *Journal of Neurophysiology*, 28: 599-620.
13. Kale, M., Kaçoğlu, C., Gürol, B., "Elektromyostimülasyon Antrenmanlarının Nöral Adaptasyon Ve Sportif Performans Üzerine Etkileri", *Spor Bilimleri Dergisi*, 2014, 25:(3), 142-158
14. Maffiuletti, N.A., Cardinale, M., In: Chapter 2.7: Alternative Modalities of Strength and Conditioning: Electrical Stimulation and Vibration, *Strength and Conditioning: Biological Principles and Practical Applications*, Cardinale, M., Newton, R., Nosaka, K. (Eds.), Wiley-Blackwell, 2011, UK, s.194-195
15. Miller, C.R., Webers, R.L., The Effects of Ice Massage on an Individual's Pain Tolerance Level to Electrical Stimulation, *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 1990;12(3):105-10.
16. Vanderthommen, M., Duchateau, J., Electrical Stimulation as a Modality to Improve Performance of the Neuromuscular System, *Exercise and Sport Sciences Reviews* 2007 Oct;35(4):180-185.
17. Vivodtzev, I., Debigaré, R., Gagnon, P., Mainguy, V., Saey, D., Dubé, A., Paré, M.É., Bélanger, M., Maltais, F., Functional and muscular effects of neuromuscular electrical stimulation in patients with severe COPD: a randomized clinical trial, *Chest*. 2012;141(3):716-25
18. Vivodtzev, I., Rivard, B., Gagnon, P., Mainguy, V., Dube, A., Belanger, M., Jean, B., Maltais, F., Tolerance and Physiological Correlates of Neuromuscular Electrical Stimulation in COPD: A Pilot Study, *Plos one*; 2014; 9(5):1
19. Vladimir M. Zatsiorsky, William J. Kraemer, *Science and Practice of Strength Training*, Second Edition, Human Kinetics, 2006. Ss.63,132-133